

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO

**BACIA DO RIBEIRÃO CACHOEIRA DE CIMA, ITAPAGIPE  
(MG):** Avaliação ambiental integrada e alternativas de uso.

ALÉCIO PERINI MARTINS

UBERLÂNDIA/MG  
2009

ALÉCIO PERINI MARTINS

**BACIA DO RIBEIRÃO CACHOEIRA DE CIMA, ITAPAGIPE  
(MG): Avaliação ambiental integrada e alternativas de uso.**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geografia.

Área de concentração: Geografia e Gestão do Território.

Orientador: Prof. Dr. Washington Luiz Assunção

UBERLÂNDIA/MG  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
2009

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

---

M386b    Martins, Alécio Perini, 1985-  
          Bacia do ribeirão Cachoeira de Cima, Itapagipe (MG) : avaliação  
          ambiental integrada e alternativas de uso / Alécio Perini Martins. -2009.  
          225 f.: il.

          Orientador: Washington Luiz Assunção.  
          Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Pro-  
          grama de Pós-Graduação em Geografia.  
          Inclui bibliografia.

          Bacias hidrográficas - Itapagipe (MG) - Teses. 2. Recursos hí-  
          dricos - Conservação - Teses. 3. Desenvolvimento sustentável - As-  
          pectos ambientais - Teses. 4. Monitoramento ambiental - Teses. 5. Im-  
          pacto ambiental - Teses. I. Assunção, Washington Luiz. II. Universida-  
          de Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geogra-  
          fia . III. Título.

---

CDU: 911.2:556.51

Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UFU / Setor de Catalogação e Classificação

Alécio Perini Martins

Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima, Itapagipe (MG): Avaliação ambiental integrada e alternativas de uso.

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geografia.

Área de concentração: Geografia e Gestão do Território.

Uberlândia, 14 de agosto de 2009

Banca examinadora:

---

Profa. Dra. Vania Silvia Rosolen - IG/UFU

---

Prof. Dr. Washington Luiz Assunção (Orientador) – IG/UFU

---

Prof. Dra. Zilda de Fátima Mariano – UFG/Jataí

Resultado: \_\_\_\_\_

Aos meus pais,  
familiares e amigos.

## AGRADECIMENTOS

Talvez este seja o momento mais complicado e delicado de toda a pesquisa, não por ser difícil agradecer, mas temo ser traído pela memória...

Agradeço em primeiro lugar à Deus, ou a esta força maior que rege o Universo, que tem permitido que eu trilhe com sabedoria e segurança um caminho que acredito já estar traçado há tempos;

Aos meus pais, Lázaro e Fátima, pelo companheirismo e paciência, por compreenderem minha ausência e, acima de tudo, por apoiarem minhas decisões mesmo quando estas implicam em perdas;

À toda minha família, por entender meu afastamento e minha ausência constante;

Ao Prof. Dr. Washington Luiz Assunção pela amizade e paciência com que me orienta há mais de 5 anos, tendo participação direta em boa parte de minhas conquistas acadêmicas;

À todos os professores e funcionários do Instituto de Geografia da UFU pelos ensinamentos, favores e “trocas de figurinhas”, em especial à Cynara e a Dilsa, secretárias da pós-graduação e ao Sr. Malaquias e à Rosângela, do Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos, pelo apoio na análise de amostras de solo;

À Prof. Dra. Vania Silvia Rosolen por ter aceitado participar de mais essa etapa da minha vida acadêmica, sempre com contribuições extremamente enriquecedoras às minhas pesquisas;

Ao Prof. Dr. Paulo Cezar Mendes, pelas contribuições no exame de qualificação;

À Prof. Dra. Zilda de Fátima Mariano, agora colega de trabalho, pela atenção dedicada ao meu trabalho e pelas valorosas contribuições;

Ao meu grande companheiro de trabalho Prof. Dr. Washington Mendonça Moragas, com quem aprendi muito nesse curto e intenso período de convívio, parceiro de projetos, idéias e dúvidas. A cada dia me trazendo novos livros, artigos, idéias, fez com que eu modificasse praticamente toda a minha pesquisa nos últimos 8 meses e, graças a essas modificações, hoje apresento um trabalho bem melhor e mais completo. E tenho certeza que, de onde estiver, estará torcendo pelo meu êxito;

À todos os companheiros de trabalho da minha nova casa (UFG/Jataí), pelo apoio, torcida e por entenderem minha ausência em algumas atividades para me dedicar ao mestrado;

À Prefeitura Municipal de Itapagipe, na pessoa do Secretário de Meio Ambiente e Turismo, Dr. Mardone Balduino pelo apoio e incentivos prestados ao desenvolvimento da pesquisa;

À COPASA de Itapagipe, na pessoa do Sr. Milton, pela coleta e fornecimento de dados pluviométricos e outras informações que foram fundamentais à pesquisa, e ao escritório central da COPASA em Belo Horizonte, em especial à Sra. Heloísa, pelo envio dos dados históricos de precipitação e vazão do Ribeirão Cachoeira de Cima e pela presteza e educação ao nos atender.

À toda a comunidade, proprietários e produtores da bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima, pela acolhida e pelo apoio prestado à pesquisa. Em especial, agradeço às famílias e funcionários dos senhores Silvino Borges, Adilar Lopes, José Roberto Barcelos, Carlos Alberto Barcelos, Antônio Aparecido da Silva e aos funcionários da Granja Cobb (antiga granja Hygen Hybro) e da Estância Rio Grande e Açougue Rio Grande, pela coleta diária dos dados de precipitação e por todas as informações fornecidas durante mais de um ano de pesquisa. Sem essas pessoas dificilmente chegaríamos a 1/3 dos resultados aqui apresentados;

Às famílias do Arlei e do Edgar, pela “guarita” durante os trabalhos de campo;

À Adriana, “mamy” por todos aqueles “pequenos favores que salvam o mundo”, pelo companheirismo, paciência e amor com que sempre me ajudou e atendeu em todos os momentos em que precisei e à Luciana por ter revisado em poucos dias mais de 200 páginas de um texto confuso e técnico, tornando-o mais apresentável. Sem essa dupla eu dificilmente estaria nesta defesa hoje;

Ao meu “anjo da guarda cartográfico” Mirna Karla, que tem me salvado nos momentos de sufoco, seja na elaboração dos mapas da dissertação, seja nos momentos de dúvidas e problemas que brotam no trabalho;

À Aninha, minha amiga, companheira e “diva” pelo abstract e por todo o apoio durante o mestrado;

À Naiara, por ouvir pacientemente todas as minhas reclamações durante o mestrado e pelas sugestões na parte escrita do trabalho;

E, o mais importante, à todos os meus amigos, família que escolhi a dedo e que têm me apoiado a cada dia, de perto ou de longe, dando gás e fôlego pra continuar meu caminho, seguir em frente. Obrigado por todos os momentos de estudo, descontração, alegria, loucura, emoção e por entenderem (e relevarem) meu mau humor. Tentei colocar o nome de todos nestes agradecimentos, mas a norma diz que devemos ser breves e já havia atingido duas folhas apenas com nomes... Mas vocês sabem o quanto sou grato!

*"Trate bem a terra. Ela não foi doada à você  
pelos seus pais. Ela foi emprestada à você  
pelos seus filhos."*

Provérbio antigo do Quênia.

## RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima localiza-se no município de Itapagipe, porção oeste da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (Minas Gerais) e apresenta-se como um sistema de fundamental importância ao município por ser responsável pelo abastecimento de água à população urbana e por abrigar parte considerável do rebanho leiteiro do município, que tem na produção de leite e derivados uma de suas principais atividades econômicas. A pesquisa desenvolvida teve como objetivo realizar o monitoramento pluviométrico e a avaliação ambiental integrada da bacia, contemplando não apenas a questão da preservação ambiental e, sim, a aliança entre preservação e desenvolvimento socioeconômico, buscando promover o desenvolvimento sustentável da área de estudo e garantindo a manutenção do regime hídrico da bacia. A necessidade da realização de uma avaliação ambiental justifica-se pelo fato de o sistema possuir significativas diversidades físicas e ambientais, apresentando áreas de relevo residual, solo extremamente arenoso e elevada fragilidade natural e áreas com características físico-ambientais ideais para o desenvolvimento de diversas atividades agropecuárias, em uma porção territorial relativamente pequena, de 210 Km<sup>2</sup>. A integração destes elementos, aliados aos diferentes tipos de uso e manejo da terra, na maioria das vezes inadequado, leva o sistema a uma situação de alerta em relação à produção de água e a disponibilidade deste recurso em quantidade e qualidade adequadas para sustentar todas as atividades desenvolvidas na área a médio/ longo prazo. Nesse sentido, justifica-se também o monitoramento pluviométrico realizado, que pode otimizar o aproveitamento da água pluvial e reduzir seus impactos negativos no sistema. Procura-se, a partir dos resultados da avaliação ambiental integrada e do monitoramento pluviométrico, propor ações que visem recuperar a qualidade ambiental do sistema “Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima”, proporcionando uma melhor gestão, manejo e conservação dos recursos naturais.

**Palavras-chave:** gestão de bacias hidrográficas; avaliação ambiental integrada; monitoramento pluviométrico.

## ABSTRACT

### *Ribeirão Cachoreira de Cima's Basin, Itapagipe (MG): Environmental and Integrated evaluation and use alternatives*

Ribeirão Cachoreira de Cima's watershed is located in the municipality Itapagipe, west mesoregion portion of Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba (Minas Gerais) and presents a system of fundamental importance for the municipality because it's responsible for the water supply to the urban population and for taking part of the county's dairy herd, which has in its production of milk and derivatives one of its main economic activities. The developed research aimed to complete the precipitation monitoring and the environmental and integrated evaluation of the basin, covering not only the environmental preservation issue and, also, the alliance between preservation and socioeconomic development, trying to promote sustainable development of the studied area and ensuring the water maintenance regime of the basin. The necessity of conducting an environmental evaluation is justified by the fact that the system has significant physical and environmental diversity, showing areas of residual relief, very sandy soil and high vulnerability areas with natural and physical-environmental ideas for the development of several farming activities in an area of relatively small portion of about 210 km<sup>2</sup>. The integration of these elements, combined with different types of land use, most of times inadequate, leads the system to a state of alert for the production of water use and availability of this resource in adequate quantity and quality to support all the activities developed in a medium/long period of time. According to these information, it is also justified the rainfall monitoring made, which can optimize the rainwater use and reduce its negative impacts on the system. From the results of the environmental and integrated evaluation and the rainfall monitoring, we intend to propose actions the aim recovering the environmental quality of the Ribeirão Cachoreira de Cima's basin, providing better management, handling and conservation of the natural resources.

**Keywords:** management of river basins, environmental and integrated evaluation, monitoring rainfall.

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabela 01.</b> Análise granulométrica de amostras de solo coletadas no alto curso da BHRCC.                 | 81  |
| <b>Tabela 02.</b> Análise granulométrica de amostras de solo coletadas no médio curso da BHRCC.                | 88  |
| <b>Tabela 03.</b> Análise granulométrica de amostras de solo coletadas no baixo curso da BHRCC.                | 92  |
| <b>Tabela 04.</b> Uso da terra e cobertura vegetal (1985) na BHRCC.                                            | 94  |
| <b>Tabela 05.</b> Uso da terra e cobertura vegetal (2008) na BHRCC.                                            | 94  |
| <b>Tabela 06.</b> BHRCC: Classes de fragilidade das declividades.                                              | 108 |
| <b>Tabela 07.</b> Análise granulométrica das amostras de solo.                                                 | 112 |
| <b>Tabela 08.</b> Análise empírica das amostras de solo – BHRCC.                                               | 114 |
| <b>Tabela 09.</b> BHRCC: Classes de fragilidade dos solos                                                      | 116 |
| <b>Tabela 10.</b> Classes de Fragilidade Natural para a BHRCC.                                                 | 120 |
| <b>Tabela 11.</b> Fragilidade ambiental natural: distribuição espacial na BHRCC                                | 122 |
| <b>Tabela 12.</b> Grau de proteção dado pelo uso da terra ao ambiente                                          | 122 |
| <b>Tabela 13.</b> Precipitação mensal e anual média para o município de Itapagipe (MG) e entorno. (1995-2008*) | 135 |
| <b>Tabela 14.</b> Totais pluviométricos mensais e anuais (mm) para o entorno da BHRCC.                         | 144 |
| <b>Tabela 15.</b> BHRCC – Precipitação total para o ano de 2008 e ano hidrológico 2007/2008 (mm).              | 146 |
| <b>Tabela 16.</b> BHRCC – Precipitação total (mm) no verão de 2007/2008.                                       | 149 |
| <b>Tabela 17.</b> BHRCC – Precipitação total (mm) no inverno de 2008.                                          | 159 |
| <b>Tabela 18.</b> Balanço hídrico do solo simplificado para o ano hidrológico 2007/2008 na BHRCC.              | 164 |

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 01.</b> Localização do Município de Itapagipe (Minas Gerais – Brasil) e da bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima (área de estudo).                                                                                          | 20 |
| <b>Quadro 01.</b> Bases para o gerenciamento dos recursos hídricos.                                                                                                                                                                 | 35 |
| <b>Quadro 02.</b> Principais marcos na evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil.                                                                                                                                          | 36 |
| <b>Figura 02.</b> Etapas da Avaliação Ambiental Integrada.                                                                                                                                                                          | 48 |
| <b>Quadro 03.</b> Prioridades do Planejamento Estratégico no setor hídrico.                                                                                                                                                         | 50 |
| <b>Figura 03.</b> Exemplo de geração de áreas de influência de estações pluviométricas.                                                                                                                                             | 53 |
| <b>Figura 04.</b> Esquema do balanço hídrico local.                                                                                                                                                                                 | 54 |
| <b>Figura 05.</b> Pluviômetro instalado na granja Cobb.                                                                                                                                                                             | 64 |
| <b>Figura 06.</b> Metodologia utilizada para calcular área da seção do Ribeirão Cachoeira de Cima, onde foram medidas as vazões.                                                                                                    | 66 |
| <b>Figura 07.</b> Carta de localização das estações pluviométricas e pontos de aferição de vazão.                                                                                                                                   | 67 |
| <b>Figura 08.</b> Funcionário da COPASA, medindo as vazões do Ribeirão Cachoeira de Cima utilizando molinete hidrológico.                                                                                                           | 68 |
| <b>Figura 09.</b> Medição da seção transversal do Ribeirão Cachoeira de Cima.                                                                                                                                                       | 68 |
| <b>Quadro 04.</b> Localização das estações pluviométricas da ANA.                                                                                                                                                                   | 73 |
| <b>Figura 10.</b> Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima, Itapagipe (MG): Sub-bacias.                                                                                                                                     | 77 |
| <b>Figura 11.</b> Escarpas erosivas que compõem áreas de relevo residuais na Serra dos Talhados pertencentes à Formação Marília.                                                                                                    | 78 |
| <b>Figura 12.</b> Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima, Itapagipe (MG): Geologia.                                                                                                                                       | 79 |
| <b>Figura 13:</b> Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima, Itapagipe (MG): Geomorfologia.                                                                                                                                  | 80 |
| <b>Figura 14.</b> Fundo de vale plano rodeado por serras residuais no alto curso do Córrego dos Talhados.                                                                                                                           | 81 |
| <b>Figuras 15 e 16.</b> Amostras das principais litologias encontradas na Serra dos Talhados e Chapadão dos Queirós: ( <b>figura 15</b> ), arenito de granulação grosseira; ( <b>figura 16</b> ) argilito de granulação média/fina. | 82 |
| <b>Figura 17.</b> Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima, Itapagipe (MG): Solos.                                                                                                                                          | 83 |
| <b>Figura 18.</b> Área de campo limpo no topo da Serra dos Talhados.                                                                                                                                                                | 84 |
| <b>Figura 19.</b> Área de pastagem localizada na baixa vertente da Serra dos Talhados.                                                                                                                                              | 85 |
| <b>Figura 20.</b> Nascente do Córrego dos Talhados.                                                                                                                                                                                 | 85 |
| <b>Figura 21.</b> Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima, Itapagipe (MG): Vegetação natural                                                                                                                               | 86 |

|                                                                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 22.</b> Deposição de grande quantidade de areia no leito do Córrego da Aroeira.                                                                   | 87  |
| <b>Figura 23.</b> Vertedouro da barragem de captação da COPASA..                                                                                            | 88  |
| <b>Figura 24.</b> Bancos de areia formados aproximadamente 200 metros à montante da captação de água da COPASA.                                             | 89  |
| <b>Figura 25.</b> Área de acumulação em fundo de vale, bacia do Córrego dos Talhados.                                                                       | 90  |
| <b>Figura 26.</b> Corte na MG-255 evidenciando uma amostra de basalto.                                                                                      | 91  |
| <b>Figura 27.</b> Em primeiro plano, fundo de vale plano e, em segundo plano, estrutura característica de áreas basálticas, evidenciando níveis de derrame. | 92  |
| <b>Figura 28.</b> Uma das dezenas de pequenas quedas observadas na calha do Ribeirão Cachoeira de Cima.                                                     | 93  |
| <b>Figura 29.</b> Mapa de uso da terra e cobertura vegetal para o ano de 1985 na BHRCC.                                                                     | 95  |
| <b>Figura 30.</b> Mapa de uso da terra e cobertura vegetal para o ano de 2008 na BHRCC.                                                                     | 97  |
| <b>Figura 31.</b> Área de pastagem associada à espécies nativas do cerrado (pastagem sombreada).                                                            | 98  |
| <b>Figura 32.</b> Mapa de cobertura vegetal arbórea (1985) na BHRCC.                                                                                        | 99  |
| <b>Figura 33.</b> Mapa de cobertura vegetal arbórea (2008) na BHRCC.                                                                                        | 100 |
| <b>Figura 34.</b> Área localizada entre a bacia do Córrego da Aroeira e a bacia do Córrego dos Talhados sendo preparada para o plantio de milho.            | 101 |
| <b>Figura 35.</b> A mesma área da figura 34, coberta por cana-de-açúcar recém plantada.                                                                     | 102 |
| <b>Quadro 05.</b> Itapagipe – MG: Efetivo de Rebanhos (1974-2008)                                                                                           | 103 |
| <b>Figura 36.</b> Itapagipe (MG): Número de vacas ordenhadas – 1974/2007.                                                                                   | 104 |
| <b>Quadro 06.</b> Itapagipe (MG): Principais produtos agrícolas – área plantada (ha) – 1990/2007.                                                           | 105 |
| <b>Figura 37.</b> Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima: Carta de declividade.                                                                   | 109 |
| <b>Figura 38.</b> Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima: Carta de exposição de vertentes.                                                        | 110 |
| <b>Figura 39.</b> Fotomontagem da vertente esquerda do Córrego Três Barras, exemplificando a tendência das vertentes voltadas pra oeste da área de estudo.  | 111 |
| <b>Figura 40.</b> Localização dos pontos onde as amostras de solo foram coletadas.                                                                          | 113 |
| <b>Figura 41.</b> Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima: Carta de Avaliação do Relevo                                                            | 118 |
| <b>Figura 42.</b> Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima: Fragilidade ambiental natural.                                                          | 121 |
| <b>Figura 43.</b> Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima: Grau de proteção do solo pelo uso da terra (2008).                                      | 123 |
| <b>Figura 44.</b> Capacidade de uso dos recursos naturais (solo, clima e relevo)                                                                            | 125 |
| <b>Quadro 08.</b> Classes de Capacidade de Uso da Terra na BHRCC.                                                                                           | 127 |
| <b>Figura 45.</b> Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima: Carta de capacidade de uso da terra na BHRCC.                                           | 128 |

|                                                                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 46.</b> Distribuição espacial das chuvas totais anuais na região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais.                                                                                            | 132 |
| <b>Figura 47.</b> Distribuição espacial das temperaturas médias anuais na região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais.                                                                                      | 134 |
| <b>Figura 48.</b> Distribuição espacial das precipitações no município de Itapagipe (MG) e entorno.                                                                                                       | 136 |
| <b>Figura 49.</b> Distribuição pluviométrica entre os meses de outubro e março (verão) no município de Itapagipe e seu entorno.                                                                           | 138 |
| <b>Figura 50.</b> Distribuição pluviométrica entre os meses de abril e setembro (inverno) no município de Itapagipe e seu entorno.                                                                        | 138 |
| <b>Figura 51.</b> Variação térmica anual no município de Itapagipe e seu entorno.                                                                                                                         | 139 |
| <b>Figura 52.</b> Variação espacial da evapotranspiração potencial média (mm) no município de Itapagipe e seu entorno.                                                                                    | 141 |
| <b>Figura 53.</b> Variação espacial do déficit hídrico anual (mm) no município de Itapagipe e seu entorno.                                                                                                | 142 |
| <b>Figura 54.</b> Variação espacial do excedente hídrico anual (mm) no município de Itapagipe e seu entorno.                                                                                              | 143 |
| <b>Figura 55.</b> Distribuição da precipitação média anual (mm) no entorno da BHRCC.                                                                                                                      | 145 |
| <b>Figura 56.</b> Distribuição da precipitação total no ano de 2008 na BHRCC.                                                                                                                             | 147 |
| <b>Figura 57.</b> Distribuição da precipitação total no ano hidrológico de 2007/2008 na BHRCC.                                                                                                            | 148 |
| <b>Figura 58.</b> Distribuição espacial das precipitações na BHRCC no verão 2007/2008.                                                                                                                    | 150 |
| <b>Figuras 59 e 60.</b> Comparação entre o vertedouro da captação de água da COPASA nos meses de dezembro de 2007 (mês chuvoso normal) e no dia 21 de abril.                                              | 153 |
| <b>Figura 61.</b> Foram encontradas árvores caídas, galhos e pequenos troncos arrastados pela correnteza em áreas de mais de 2 metros acima do leito normal do médio-baixo curso do Córrego dos Talhados. | 153 |
| <b>Figura 62.</b> Distribuição espacial das precipitações em 19/01/2008 na BHRCC.                                                                                                                         | 154 |
| <b>Figura 63.</b> Distribuição espacial das precipitações em 20/01/2008 na BHRCC.                                                                                                                         | 154 |
| <b>Figura 64.</b> Distribuição espacial das precipitações em 28/02/2008 na BHRCC.                                                                                                                         | 155 |
| <b>Figura 65.</b> Distribuição espacial das precipitações em 29/02/2008 na BHRCC.                                                                                                                         | 155 |
| <b>Figura 66.</b> Distribuição espacial das precipitações em 13/03/2008 na BHRCC.                                                                                                                         | 156 |
| <b>Figura 67.</b> Distribuição espacial das precipitações em 14/03/2008 na BHRCC.                                                                                                                         | 156 |
| <b>Figura 68.</b> Distribuição espacial das precipitações no inverno de 2008 na BHRCC.                                                                                                                    | 160 |
| <b>Figura 69.</b> Variação espacial das temperaturas médias anuais na BHRCC.                                                                                                                              | 162 |
| <b>Figura 70.</b> Serra dos Talhados.                                                                                                                                                                     | 163 |
| <b>Figura 71.</b> Variação espacial da evapotranspiração potencial do ano hidrológico 2007/2008 na BHRCC.                                                                                                 | 166 |
| <b>Figura 72.</b> Variação espacial do excedente hídrico do ano hidrológico 2007/2008 na BHRCC.                                                                                                           | 167 |

|                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 73.</b> Variação espacial do déficit hídrico do ano hidrológico 2007/2008 na BHRCC.                                                                    | 168 |
| <b>Figura 74.</b> Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 1, localizado na Captação de Água da COPASA.                                             | 169 |
| <b>Figura 75.</b> Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 01.                         | 170 |
| <b>Figura 76.</b> Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 01, na foz da BHRCC. | 170 |
| <b>Figura 77.</b> Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 2, localizado na Fazenda Cachoeira de Cima.                                              | 171 |
| <b>Figura 78.</b> Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 02.                         | 171 |
| <b>Figura 79.</b> Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 02.                  | 172 |
| <b>Figura 80.</b> Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 3, localizado na Estância Rio Grande, divisor de águas da BHRCC.                         | 173 |
| <b>Figura 81.</b> Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 03.                         | 173 |
| <b>Figura 82.</b> Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 03.                  | 174 |
| <b>Figura 83.</b> Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 4, localizado na Fazenda Três Barras.                                                    | 174 |
| <b>Figura 84.</b> Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 04.                         | 175 |
| <b>Figura 85.</b> Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 04.                  | 175 |
| <b>Figura 86.</b> Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 5, localizado na Fazenda de José Roberto Barcelos.                                       | 176 |
| <b>Figura 87.</b> Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 05.                         | 177 |
| <b>Figura 88.</b> Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 05.                  | 177 |
| <b>Figura 89.</b> Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 6, localizado na Fazenda de Carlos Alberto Barcelos, base do Chapadão dos Queirós.       | 178 |
| <b>Figura 90.</b> Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 06.                         | 179 |
| <b>Figura 91.</b> Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 06.                  | 179 |
| <b>Figura 92.</b> Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 7, localizado na Fazenda Perneiras.                                                      | 180 |
| <b>Figura 93.</b> Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 07.                         |     |

|                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 94.</b> Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 07.                                                                                                        | 181 |
| <b>Figura 95.</b> Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 8, localizado na propriedade da Granja Cobb, no topo da Serra dos Talhados.                                                                                                    | 182 |
| <b>Figura 96.</b> Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 07.                                                                                                               | 183 |
| <b>Figura 97.</b> Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 08.                                                                                                        | 183 |
| <b>Figura 98.</b> Curva-chave da BHRCC à jusante da captação de água da COPASA.                                                                                                                                                                        | 184 |
| <b>Figura 99.</b> Relação precipitação média/ vazão para o ano hidrológico 2007/2008 na BHRCC.                                                                                                                                                         | 185 |
| <b>Figura 100.</b> Situação atual das áreas com vegetação natural na BHRCC (agosto de 2008)                                                                                                                                                            | 196 |
| <b>Figura 101.</b> No vale do médio/baixo curso do Ribeirão Cachoeira de Cima, o solo fértil e argiloso é bastante utilizado para plantio de “roças” de milho, arroz e cana-de-açúcar, na maioria das vezes invadindo áreas de preservação permanente. | 197 |
| <b>Figura 102.</b> BHRCC: APPs previstas em lei (matas ciliares, de galeria e nascentes).                                                                                                                                                              | 199 |
| <b>Figura 103.</b> Aproximação do mapa da figura 102 para o baixo curso do Ribeirão Cachoeira de Cima. Note que, em alguns pontos, não existem mais matas ciliares.                                                                                    | 200 |
| <b>Figura 104.</b> “Aguadas”, áreas onde o gado acessa os cursos d'água.                                                                                                                                                                               | 201 |
| <b>Quadro 09.</b> Metas estabelecidas para a recuperação das APP's na Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima, segundo os pressupostos do Planejamento Estratégico.                                                                                        | 203 |
| <b>Figura 105.</b> Cenário pretendido – projeto de recuperação de Áreas de Preservação Permanente na BHRCC.                                                                                                                                            | 204 |
| <b>Figura 106.</b> BHRCC: Áreas com declividade superior a 20%.                                                                                                                                                                                        | 208 |
| <b>Figura 107.</b> Áreas indicadas para criação do Parque Municipal da Serra dos Talhados.                                                                                                                                                             | 211 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO                                                                                                                 | 18 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA                                                                                                      | 22 |
| 2.1. Planejamento e gestão de bacias hidrográficas                                                                            | 22 |
| 2.1.1. Recursos Hídricos e tratados ambientais internacionais.                                                                | 32 |
| 2.1.2. Recursos Hídricos e tratados ambientais internacionais.                                                                | 34 |
| 2.2. Avaliação integrada e Planejamento Estratégico: aplicações nos estudos de Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas. | 46 |
| 2.3. Aspectos climato-hidrológicos e interfaces com o Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas.                          | 52 |
| 2.4. Geotecnologias aplicadas ao planejamento, uso e gestão de bacias hidrográficas.                                          | 56 |
| 3. BASES METODOLÓGICAS, MATERIAIS E PROCEDIMENTOS UTILIZADOS.                                                                 | 59 |
| 3.1. Localização da área de estudo                                                                                            | 59 |
| 3.2. Materiais, métodos e técnicas associadas.                                                                                | 60 |
| 3.2.1. Equipamentos e softwares                                                                                               | 60 |
| 3.2.2. Levantamento de fontes secundárias                                                                                     | 62 |
| 3.2.2.1. Dados gerais                                                                                                         | 62 |
| 3.2.2.2. Bases cartográficas e imagens de satélite                                                                            | 62 |
| 3.2.3. Coleta de dados em campo                                                                                               | 63 |
| 3.3. Mapeamento, espacialização e análise das características sócioambientais e dos dados coletados.                          | 69 |
| 3.4. Adequabilidade entre diagnóstico socioambiental e preceitos do planejamento estratégico                                  | 74 |

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4. AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA DA BACIA DO RIBEIRÃO CACHOEIRA DE CIMA.                                          | 76  |
| 4.1. Caracterização geral: meio físico                                                                            | 76  |
| 4.2. Evolução do uso da terra e cobertura vegetal entre os anos de 1985 e 2008 na BHRCC.                          | 94  |
| 4.3. Atividades econômicas e produção de renda na BHRCC.                                                          | 102 |
| 4.4. Fragilidade ambiental natural da BHRCC.                                                                      | 107 |
| 4.4.1. Análise dos padrões de declividade e exposição de vertentes na BHRCC.                                      | 107 |
| 4.4.2. Classificação e análise das amostras de solo para definição de níveis de fragilidade.                      | 111 |
| 4.4.3. Definição dos níveis de fragilidade natural a partir dos temas declividade e solos                         | 117 |
| 4.5. Capacidade de uso da terra na BHRCC                                                                          | 124 |
| 5. DINÂMICA CLIMATO-HIDROLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO CACHOEIRA DE CIMA.                              | 130 |
| 5.1. O clima regional                                                                                             | 130 |
| 5.2. O clima local                                                                                                | 135 |
| 5.3. Caracterização e análise da dinâmica pluviométrica na BHRCC                                                  | 144 |
| 5.3.1. Caracterização Geral                                                                                       | 144 |
| 5.3.2. Verão 2007/2008                                                                                            | 149 |
| 5.3.3. Inverno 2008.                                                                                              | 158 |
| 5.4. Análise dos elementos temperatura, evapotranspiração e topografia e sua influência na dinâmica pluviométrica | 161 |
| 5.5. O Balanço Hídrico do solo na BHRCC                                                                           | 164 |
| 5.6. Regime hidrológico, variação espaço-temporal e relações precipitação/vazão.                                  | 184 |

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6. PROPOSTAS DE USO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS NATURAIS,<br>MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO E ENCAMINHAMENTOS | 188 |
| 6.1. Proposta de formação de um Mini-Comitê para a BHRCC.                                          | 190 |
| 6.2. O Projeto Cachoeira Legal                                                                     | 193 |
| 6.2.1. 1ª Etapa – Cenário atual e tendencial                                                       | 194 |
| 6.2.2. 1ª Etapa – Cenário Pretendido                                                               | 202 |
| 6.2.3. 2ª Etapa: Cenário atual e tendencial                                                        | 205 |
| 6.2.4. 2ª Etapa: Cenário pretendido                                                                | 209 |
| 6.2.5. 3ª e 4ª Etapas: Considerações e encaminhamentos                                             | 212 |
| 7. CONCLUSÃO                                                                                       | 214 |
| REFERÊNCIAS                                                                                        | 218 |

## 1. INTRODUÇÃO

No decorrer de sua história evolutiva, a humanidade tem demandado, cada vez mais, recursos naturais capazes de fundamentar seu sistema produtivo, em especial, a água, elemento fundamental ao surgimento e evolução de toda forma de vida conhecida. Neste início do terceiro milênio, mais de 6 bilhões de seres humanos, exercendo suas mais variadas atividades econômicas, provocam extraordinária pressão sobre os sistemas naturais, cujos desdobramentos não podem ser previstos ao certo. Neste contexto, os recursos hídricos aparecem como o início deste ciclo evolutivo e, na grande maioria dos casos, como o destino final de boa parte dos resíduos gerados por estas atividades. Além disso, mudanças bruscas nas relações de uso e ocupação das terras, em especial pela supressão de florestas, e a ocupação desordenada de fundos de vales e áreas de recarga de aquíferos, entre outros, interferem diretamente no ciclo hidrológico, reduzindo a capacidade do sistema de “produzir” água e, conseqüentemente, a oferta deste recurso, sem o qual, toda a humanidade entraria em colapso.

Mesmo com 77% de sua superfície coberta por água, nem todas as regiões da Terra dispõem desse recurso em quantidade e qualidade suficientes para oferecer condições dignas de sobrevivência às sociedades humanas e às plantas e aos animais. Na obra “Atlas da Água”, os autores Clarke e King (2005) apontam que 67% da superfície terrestre apresenta fontes hídricas insuficientes, escassas ou no limite considerando as necessidades da população local e que, em 2050, 4 bilhões de pessoas viverão em países com escassez crônica de água. Frente à mentalidade de “desenvolvimento a qualquer custo”, arraigada no cerne da sociedade de consumo atual, percebe-se uma tendência auto-destrutiva, sendo as maiores vítimas, até o momento, as populações de baixa renda e as pessoas que vivem em países onde os recursos hídricos não são tão abundantes.

Rebouças (1997) destaca que a disponibilidade de 2.000 m<sup>3</sup>/hab/ano é a quantidade de água por habitante limite considerada razoável pela Organização Mundial de Saúde e, como pode ser verificado nos estudos de Clarke e King (2005), países como Israel, Arábia Saudita e Hungria não dispõem de mais do que 1.000 m<sup>3</sup>/hab/ano de água potável. Assim, chega-se à reflexão de que é preciso, com urgência, encontrar formas de uso sustentável da água, bem como seu tratamento e reaproveitamento, e de se adotar unidades de estudo e planejamento eficazes para o gerenciamento desse recurso que tende, nos próximos 50 anos, a tornar-se cada vez mais raro.

O crescimento desordenado dos centros urbanos e a intensa atividade industrial contribuem de forma direta com o agravamento da atual situação, porém, sem dúvida, a maior pressão sobre os recursos hídricos, que interferem diretamente na produção e oferta de água às diferentes atividades humanas, é exercida pelas práticas agropecuárias. Ao utilizarem a água para a produção agrícola e para a criação de animais, os produtores rurais provocam transformações profundas na paisagem e na oferta de recursos naturais. No trabalho de Clarke e King (2005), observa-se que, para a produção de 1 Kg de soja são necessários 1.650 litros de água e, para a produção de 1 Kg de carne, aproximadamente 15.000 litros de água durante o ciclo de vida do gado. Quanto à irrigação, os mesmos autores colocam que apenas 17% das lavouras do mundo são irrigadas, mas, em contrapartida, produzem mais de 1/3 dos alimentos do planeta. Dessa forma, fica cada vez mais evidente a necessidade de se planejar e gerenciar o uso dos recursos hídricos para que estes estejam disponíveis para as próximas gerações em quantidade e qualidade suficientes para suprir as necessidades diárias para uso doméstico, industrial e na agropecuária.

Nas últimas três décadas, muito tem sido discutido sobre temas ligados à escassez e à necessidade de gestão e conservação dos recursos naturais, com destaque aos recursos hídricos, fundamentais à existência de qualquer forma de vida no planeta. Em 1972 foi realizada em Estocolmo (Suécia) a primeira Cúpula Mundial sobre o meio ambiente e, em 1987, como resultado destas discussões, foi publicado o documento “Nosso Futuro Comum”, ou “Relatório Brundtland”, onde se fala pela primeira vez em desenvolvimento sustentável. A partir daí, muito tem sido discutido, mas pouco se tem avançado no sentido de reverter os processos que degradam o ambiente levando à escassez de recursos vitais, principalmente quando o que está em questão é a oposição entre preservação ambiental e desenvolvimento econômico.

O tão sonhado “Desenvolvimento Sustentável” seria uma linha tênue entre essas duas variáveis: há que se promover o crescimento econômico sem, no entanto, degradar o ambiente, para que este ofereça condições ao desenvolvimento a longo prazo. E é neste sentido que foi desenvolvido o estudo apresentado, traçando alternativas e metodologias que visem a promoção do desenvolvimento sustentável.

Na área selecionada como locus do estudo que se apresenta, a grande questão não é a disponibilidade e distribuição dos recursos, uma vez que a região apresenta uma quantidade considerável de cursos d’água, mas sim, o tratamento dado a esses recursos e ao solo no nível da bacia hidrográfica, que comprometem a sustentabilidade dos sistemas produtivos a médio-

longo prazo. A Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima localiza-se no município de Itapagipe, microrregião de Frutal e mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, no oeste do estado de Minas Gerais (figura 01).

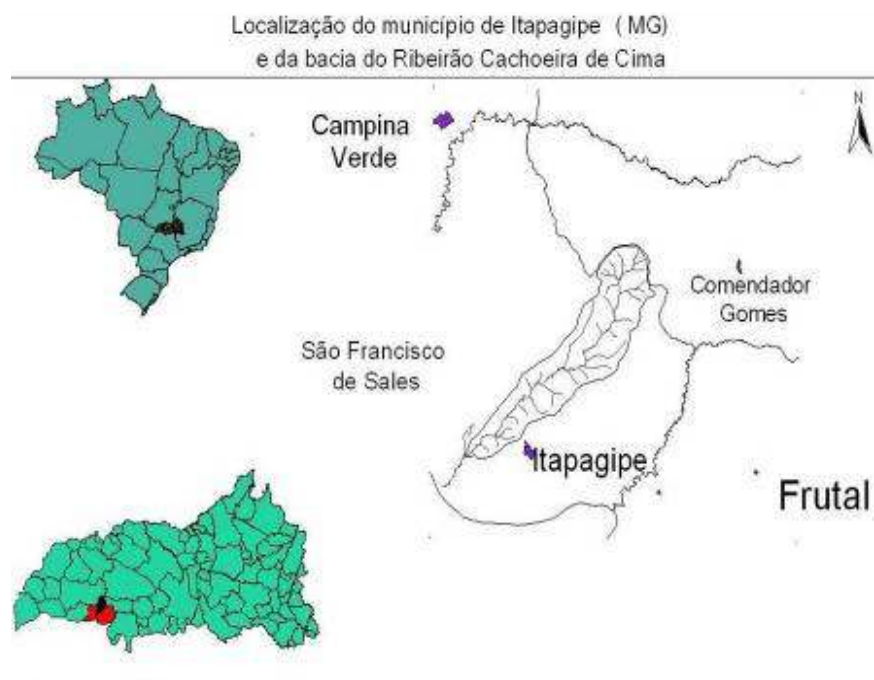


**Figura 01.** Localização do Município de Itapagipe (Minas Gerais – Brasil) e da bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima (área de estudo).

**Fonte:** IBGE, 2008. Figura sem escala.

**Organizado por:** MARTINS, A.P./2008.

A área selecionada para o presente estudo mostra sua importância por se tratar de uma das maiores bacias hidrográficas do município de Itapagipe, além de ser responsável pelo abastecimento de água à população. Soma-se a isso o fato de grandes e médias propriedades responsáveis por boa parte da produção de leite no município localizarem-se no interior desta bacia e, por este rebanho ser o principal responsável por alguns pontos identificados de assoreamento, degradação de matas e reservas e, com uma análise mais profunda, por uma série de fatores que culminam na redução das vazões dos cursos d'água que compõem a bacia.

A pesquisa teve como objetivo central realizar o monitoramento climato-hidrológico e a avaliação ambiental integrada da bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima, contemplando não apenas a questão da preservação ambiental e, sim, a aliança entre preservação e desenvolvimento socioeconômico, buscando promover o desenvolvimento sustentável da área de estudo e garantindo a manutenção do regime hídrico da bacia, oferecendo água de

qualidade à população de Itapagipe e melhores condições de vida aos habitantes da área de estudo.

Entre os objetivos específicos podem ser destacados:

- Levantar as principais características físicas (geologia, geomorfologia, solos, clima, hidrografia), socioeconômicas e ambientais (áreas degradadas, áreas de reserva, etc.), bem como as formas de uso da terra e inter-relacionar esses fatores num processo integrado de avaliação ambiental;
- Estudar a dinâmica climato-hidrológica da bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima e monitorar as precipitações e as vazões através da instalação de estações pluviométricas (pluviômetros) e medição das vazões médias;
- Apontar formas de uso racional dos recursos e desenvolvimento sustentável na área de estudo;
- Propor metodologias de estudo e ação que sirvam como base para outros projetos em bacias hidrográficas;

É de grande urgência a realização de um completo diagnóstico sócioambiental da bacia que aponte as principais áreas e os principais temas que merecem atenção do poder público, bem como propor alternativas e ações para reduzir os impactos diagnosticados sem que, para isso, seja necessário afetar o desenvolvimento econômico da área. E o grande desafio, após a realização do diagnóstico, será justamente aliar estes dois lados da questão: preservação e desenvolvimento.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Planejamento e gestão de bacias hidrográficas**

A Revolução Industrial, no século XVIII, introduziu o uso da água no processo de transformação da matéria-prima em produtos industrializados, aumentando a demanda por este recurso. A partir desse período, a população mundial aumentou rapidamente, o que também aumentou a demanda de água para uso doméstico, para a produção de alimentos e para a produção industrial graças ao aumento do consumo, o que não foi acompanhado por um programa de conscientização ambiental e de conservação dos recursos naturais, principalmente da água, destino final da maioria dos dejetos domésticos e dos meios de produção.

No campo, a Revolução Verde, amplamente discutida por Brum (1988), introduziu o uso em larga escala de insumos agrícolas como máquinas, fertilizantes, agrotóxicos, etc., além de modernas técnicas de irrigação que, com a mesma proporção que aumentaram a produção comercial de alimentos, aceleraram o processo de degradação dos Recursos Hídricos, seja pelo uso sem controle na irrigação, seja pela poluição dos cursos d'água e lençóis subterrâneos pelos agrotóxicos e fertilizantes, ou mesmo pelo mau uso do solo, causando processos erosivos e, conseqüentemente, o assoreamento dos cursos d'água. Todos esses usos, a maioria feitos de maneira desordenada, culminaram numa situação de “alerta” quanto à escassez de água nas últimas três décadas.

A questão da escassez hídrica, o planejamento e gerenciamento do uso da água na agricultura, na indústria, nas residências; assim como a gestão de bacias hidrográficas, vem sendo amplamente discutidos nas últimas décadas, principalmente a partir da década de 1980, quando dezenas de obras técnicas e teóricas acerca do tema foram lançadas, com destaque às publicações de dissertações de mestrado e teses de doutorado desenvolvidas no Brasil todo, especialmente nos campi da Universidade Estadual Paulista (UNESP), da Universidade de São Paulo (USP), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e na Universidade Federal de Viçosa (UFV), bem como publicações da Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH).

De acordo com Conte e Leopoldo (2001, p.12), essa crescente preocupação com a questão da água está fundamentada na previsão de futuras crises decorrentes de sua insuficiente

disponibilidade frente às necessidades da sociedade, o que comprometeria sua existência, impulsionando a busca pelo tão discutido “desenvolvimento sustentável”. Essa preocupação mundial ficou clara nas diversas conferências ambientais, principalmente na Eco-92, realizada na cidade do Rio de Janeiro, que teve como resultado a Agenda 21, cujo capítulo 18 manifestou as preocupações com o futuro da água, definindo um rigoroso programa de suporte técnico para a gestão dos recursos hídricos em todo o mundo.

A preocupação com a degradação e o esgotamento dos recursos hídricos vem sendo tema constante de debates em todo o mundo, principalmente em países como França, Alemanha e Inglaterra, entre outros, que perceberam a necessidade de se implantar uma legislação específica relacionada ao uso da água (...).

No Brasil, a gestão de recursos hídricos tem merecido, nos últimos anos, ampla discussão em razão da degradação qualitativa e quantitativa desses recursos. No início, tal discussão detinha-se em torno de problemas relacionados à produção energética, ao armazenamento e à contenção das cheias, por meio da construção de barragens. Em um segundo momento, a preocupação foi com o controle dos despejos industriais e domésticos que, via de regra, são jogados in natura nos cursos d'água. Avançando mais nessa discussão, verificou-se a necessidade de se pensar em desenvolvimento sustentado, no qual as decisões devem ser descentralizadas, integradas e participativas, tendo sido recomendada, tanto pela Legislação sobre Recursos Hídricos como pela comunidade científica, a utilização de uma abordagem integrada envolvendo a bacia de drenagem e o conceito de ecossistema, necessários para o planejamento e gerenciamento dessas unidades de trabalho. (CONTE E LEOPOLDO, 2001, p.18)

Atualmente, muito se discute sobre a necessidade de adoção de parâmetros, modelos e unidades de estudo “ideais” para atividades de planejamento, uso e gestão dos recursos hídricos, discussão que adquire grande respaldo na legislação ambiental e de recursos hídricos do país e do Estado de Minas Gerais. O primeiro passo, neste longo caminho em direção à sustentabilidade do atual sistema produtivo é entender a estrutura e o funcionamento dos diversos sistemas que compõem o ambiente.

Neste sentido, muitos autores, entre eles Bertrand (1972), Bertalanffy (1973) e Christofolletti (1980), trabalham com o conceito de “Sistema” para justificar que a natureza (entendida como um organismo) desempenha funções interdependentes, tanto em situações de estabilidade como de desequilíbrio. Dessa forma, impactos e medidas preventivas ou paliativas devem ser pensados como relações de causa-efeito em uma visão mais abrangente, onde qualquer alteração pontual pode vir a interferir em áreas adjacentes, transmitindo os impactos em velocidade difícil de prever ou controlar.

Segundo Moragas (2005, p.22), “o paradigma sistêmico se orienta não somente pela hierarquização dos níveis mas pela integração destes níveis em um todo. Para isso, torna-se

necessário estabelecer o entendimento sobre formas, estruturas, funções, fluxos e armazenagem de energia e matéria.”

Bertrand (1972), ao trabalhar com o conceito de geossistema, afirma que a combinação de elementos físicos, biológicos e antrópicos atribuem à paisagem uma característica de conjunto, indissociável e em evolução permanente.

Adaptando esta visão sistêmica à metodologias de estudo em bacias hidrográficas, os elementos de entrada seriam representados pela precipitação pluvial e seus fluxos (infiltração e escoamento), o solo e a estrutura geológica como armazenadores e condutores dos fluxos e a saída, pela vazão final medida no ponto onde determinado curso d'água desagua em outro curso superficial, lago ou oceano, perpassando por processos de transporte e uso que provocam “perdas” ou “desvios” relativos de matéria (água), que podem retornar ou não ao sistema, o que caracteriza a bacia hidrográfica como um sistema aberto, de fundamental interesse, que permite *“reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação”*, representando também uma *“unidade ideal de planejamento de uso das terras”* (BOTELHO, 1999, p.269). A energia solar, e o impacto das gotas de chuva e transporte de sedimentos também são componentes do sistema.

Moragas (2005, p.32) contribui com esta discussão ao afirmar que

Numa visão fisiográfica, a bacia hidrográfica pode ser entendida como área drenada por uma rede de canais influenciada por diversas características topográficas, litológicas, tectônicas, de vegetação, dentre outras. Mas a bacia hidrográfica representa um complexo sistema integrado de inter-relações ambientais, sócio-econômicas e políticas.

Com base nos estudos de Lima (1999), Attanasio (2004, p.29) argumenta que as bacias hidrográficas constituem

a manifestação bem definida de um sistema natural aberto e pode ser vista como a unidade ecossistêmica da paisagem em termos da integração dos ciclos naturais de energia, de nutrientes e, principalmente, da água. Dessa forma, ela apresenta uma condição singular e conveniente de definição espacial do ecossistema, dentro do qual é possível o estudo detalhado das interações entre o uso da terra e a quantidade e qualidade da água produzida.

Ainda no que diz respeito aos paradigmas conceituais que fundamentam os estudos em bacias hidrográficas, além da visão sistêmica, utiliza-se pressupostos das ciências naturais, como os trabalhados pela Geografia da Paisagem ou pela Ecologia da Paisagem, originadas no século XIX nos estudos de Alexander Von Humboldt, grande pioneiro da Geografia Física moderna.

O termo “Ecologia da Paisagem”, segundo Valente (2003, p.21) foi trabalhado, pela primeira vez, por Carl Troll (1939), enquanto estudava problemas de uso da terra e o desenvolvimento do oeste da África, ao imaginar a revolução que o uso de fotografias aéreas trariam ao estudo das paisagens.

A dissociação homem-natureza iniciada no período das grandes navegações (século XV), séculos mais tarde impulsionada pelas inovações tecnológicas trazidas pela Revolução Industrial e pelo modelo de “desenvolvimento a qualquer custo” baseado no “American way of life”, já no século XX, fez com que o ambiente sofresse uma pressão até então desconhecida, levando à desestabilidade dos sistemas naturais.

A reaproximação entre homem e meio e a centralização das atenções de geógrafos e cientistas naturais nos desdobramentos da relação entre sociedade e natureza é algo recente, que data da segunda metade do século XX.

Quando o objeto da Geografia passou a ser a relação homem-meio (natureza) (...) o espaço geográfico deixou de ser pensado segundo as formas físicas e passou a ser visto como o resultado das formas como os homens organizam sua vida e suas formas de produção. A Geografia concebe a relação natureza-sociedade sob o ponto de vista da apropriação, a natureza como recurso à produção. (VINAUD, 2008 p. 28)

A mesma autora, baseada nos estudos de Troll (1950) afirma que

Paisagem é um conceito que permite analisar o espaço sob a dimensão do encontro de elementos naturais e técnicos, sócio-econômicos e culturais. Pode-se imaginar a paisagem como forma - formação – e funcionalidade – organização -. O conceito de paisagem privilegia a coexistência de objetos e ações sociais na sua face econômica e cultural manifesta (VINAUD, 2008, p.29).

Não se pretende, neste momento, fazer uma discussão filosófico-conceitual sobre as categorias de espaço geográfico, tampouco dos pressupostos que originaram os diversos conceitos dados a estas categorias, mas esta abordagem é importante por ser impossível realizar uma avaliação ambiental de uma bacia hidrográfica de forma integrada, sem enxergá-la como um sistema natural modificado por ações humanas, que lhe conferem toda a complexidade de uma paisagem onde as atividades econômicas geram, ao mesmo tempo, saldos (lucros econômicos e desenvolvimento social) e débitos (impactos ambientais – assoreamento, diminuição na produção de água, erosão, perda de biodiversidade, entre outros).

No caso específico da área deste estudo (Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima), ao ser entendida como um sistema, há que se considerar no processo de avaliação integrada e, consequentemente, na proposição de planos de gestão, que se trata de um sistema de uso predominantemente agropecuário, cuja vazão de saída é responsável pelo abastecimento de

água ao município de Itapagipe. Constituído por três formações litológicas principais (Formação Marília, Formação Adamantina e Formação Serra Geral), onde ocorrem diferentes tipos de solo, categorias de uso da terra, extratos de vegetação etc., com uma distribuição pluviométrica peculiar por apresentar aspectos de orografia, este sistema apresenta-se especialmente interessante por apresentar diferentes níveis de fragilidade e capacidade de uso, devendo ser cuidadosamente estudado pois, dele, advém a água que abastece uma população de aproximadamente 9.500 indivíduos.

Considerado o “Pai das Águas”, é no cerrado que se localizam grande parte das nascentes que originam as principais bacias hidrográficas do país (Rio São Francisco, Rio Paranaíba, Rio Araguaia, entre outros), cujos córregos, ribeirões e rios correm, em grande parte, nas grandes áreas planas com declividades inferiores a 10%, entremeadas por veredas e covaais, onde aflora o lençol freático e surgem as nascentes, sendo também as áreas que oferecem condições favoráveis ao desenvolvimento de lavouras comerciais, permitindo o uso intenso de maquinário agrícola e técnicas de irrigação, principalmente por pivô central, além de abrigar extensas áreas de pastagem (natural e cultivada), tornando o cerrado brasileiro uma das mais importantes regiões de produção de carne, leite e grãos da América do Sul.

Porém, o intenso uso agropecuário faz com que essas áreas comecem a demonstrar sinais de estresse, principalmente quando se analisa a diminuição da vazão dos cursos d’água e o assoreamento e diminuição do nível da água de reservatórios artificiais, assim como a ausência de áreas de preservação permanente, como reservas legais e matas ciliares e de galeria, cuja função seria auxiliar na reposição de água ao solo e manter a “saúde” dos cursos d’água, tanto no período chuvoso quanto seco. Assim, segundo afirma Mendes (1991, p.53),

A necessidade de um gerenciamento dos recursos hídricos torna-se cada vez mais evidente, embora ainda prevaleça a falsa consciência de que esses recursos são ilimitados, e que os conflitos inerentes aos seus usos têm mais raízes éticas e morais do que objetivas. Na verdade, nossas reservas de água são limitadas e sua posse e uso geram, atualmente, conflitos de interesses que acabam por causar o caos na organização dos nossos hidrossistemas. Caos este que pode chegar ao nível de catástrofe, para cuja terapia fatalmente são mobilizados mais esforços econômicos e sociais do que para sua prevenção.

Nesse ponto, encontra-se a grande preocupação com a sustentabilidade econômica e ambiental desses agrossistemas que, além do uso intenso da água, ameaça a qualidade do solo, do ar e da água pelo uso de agrotóxicos e pela destinação das embalagens vazias. O emprego de máquinas em todas as etapas do processo produtivo diminui a oferta de empregos

no campo e causa danos graves ao solo, como compactação e erosão, embora a utilização do sistema de plantio direto tenha reduzido esses impactos.

A adoção de bacias hidrográficas como unidades de estudo e planejamento foi regulamentada pela Política Nacional de Recursos Hídricos (1997) que, entre seus princípios fundamentais, confere às bacias hidrográficas a condição de unidade físico-territorial de planejamento.

Baseado nos estudos de Lanna (1995), Moragas (2005, p.36) afirma que

a opção da administração dos recursos hídricos, enfocando apenas a água em todas as suas fases, meteórica, superficial e subterrânea é muito importante e aparentemente a mais simples de se executar. Todavia, a bacia hidrográfica como unidade de gestão está imbricada de outros elementos que interferem no ciclo natural da água, como as atividades antrópicas.

E, ao abranger o fator antrópico no processo de avaliação, planejamento e gestão dos recursos hídricos, estas se tornam tarefas demasiadamente complexas por exigirem a adoção de modelos capazes de prever os impactos destas atividades a curto, médio e longo prazo, necessitando de estratégias de planejamento e de controle mais eficazes. Assim, torna-se imprescindível a elaboração de diagnósticos ou, numa visão mais avançada, de um processo de avaliação integrada, proposição de Tucci e Mendes (2006), que pressupõe que a etapa de diagnóstico vá muito além da simples descrição dos elementos que compõe o sistema “Bacia Hidrográfica”, exigindo que se estabeleça relações coerentes entre estes elementos para que, assim, os problemas possam ser mais bem entendidos e mais eficientemente solucionados.

De acordo com Santos (2008, p.31),

O diagnóstico visa ao desenvolvimento sustentável, para prevenção e correção de prováveis impactos ambientais, indesejáveis do ponto de vista econômico, social e ecológico. Realizado em bacias hidrográficas, tem auxiliado no ordenamento do uso e ocupação da paisagem, observados a partir das aptidões existentes no local e a sua distribuição espacial.

Seguindo esta visão integradora e detalhada do manejo da bacia hidrográfica, Mota (2000) propõe, entre outras, algumas etapas fundamentais ao processo de diagnóstico: 1. Macrozoneamento da bacia hidrográfica; 2. Proteção de áreas especiais (encostas, matas ciliares e de galerias, áreas de declividade acentuada ou de importância à preservação da biodiversidade); 3. Definição de usos múltiplos dos Recursos Hídricos; 4. Controle do parcelamento do solo; 5. Programa de controle de poluição e de gerenciamento de drenagem urbana.

Lanna (1995) aponta algumas vantagens e desvantagens na adoção de bacias hidrográficas como unidades de estudo, planejamento e gestão dos recursos hídricos. Entre as vantagens, está o fato de a rede de drenagem de uma bacia ser capaz de indicar relações de causa-efeito, especialmente quando envolvem o meio hídrico. A desvantagem é que, nem sempre, os limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia, fazendo com que existam duas unidades de planejamento: uma unidade ambiental (bacia hidrográfica) e uma unidade territorial (limites políticos), sendo que esta última constitui a unidade oficial.

Silva e Laranja (2005, p.4552-4553), fundamentados nos estudos de Barth e Pompeu (1987) e Lanna (2000), afirmam que “o gerenciamento dos recursos hídricos deve envolver a consideração de uma grande quantidade de objetivos (econômicos, ambientais, sociais etc.) e usos (irrigação, geração de energia, abastecimento público, indústria etc.)” Dessa forma, a atividade de planejamento mostra-se uma atividade complexa e interdisciplinar, visando “a avaliação prospectiva das demandas e das disponibilidades desse recurso e a sua alocação entre usos múltiplos, de forma a obter benefícios econômicos e sociais”.

Barth e Pompeu (1987) estabeleceram alguns princípios básicos para a gestão dos recursos hídricos, entre eles, os princípios referentes ao aproveitamento da água, tida como essencial e necessária para todas as atividades humanas, devendo se prestar a usos múltiplos, cada um com suas especificidades. Em situações de escassez, precisa ser gerenciada como um bem comum e de alto valor econômico.

As águas da Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima, apesar de serem utilizadas para diversos fins, destinam-se por instrumento de outorga apenas ao abastecimento urbano (uso consuntivo essencial). Os demais usos (dessedentação de animais, piscicultura, irrigação de pequenas parcelas de pasto, lavouras de subsistência e hortaliças) não possuem processo de outorga, nem declaração de uso insignificante junto aos órgãos competentes, o que compromete de certa forma o processo de gerenciamento por não ser possível quantificar ao certo o volume total que é retirado do sistema.

Silva e Laranja (2005, p.4554), citando Freitas (2001) apontam inúmeras dificuldades no gerenciamento em bacias hidrográficas, estando suas origens ligadas à sua natureza institucional, “pois a adequação administrativa 'água x meio ambiente' é de difícil solução, haja visto a disparidade de organismos que tratam de recursos ambientais.” Nesse sentido, a lei 9433 de 1997, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, surge como norteadora das atividades de planejamento, gestão e fiscalização dos recursos hídricos, atribuindo responsabilidades diferentes às diferentes agências e organismos de fiscalização e

gerenciamento ambiental. No caso do Ribeirão Cachoeira de Cima, a agência responsável por seu gerenciamento é a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Turismo de Itapagipe, por se tratar de um ribeirão com seu curso inteiramente em território municipal.

Ainda segundo Freitas (2001), a gestão integrada de bacias hidrográficas deve seguir alguns princípios básicos, entre eles: 1. conhecimento do ambiente da bacia; 2. planejamento das intervenções, considerando os múltiplos usos das águas e das terras; 3. participação dos usuários; 4. implementação de mecanismos de financiamento das intervenções (usuário-pagador).

Revisando a literatura sobre gestão e manejo de recursos hídricos, foi possível identificar diferenças entre os conceitos de planejamento de recursos hídricos e de bacias hidrográficas. As principais delas, são apontadas por Moragas (2005, p.40) ao afirmar que, enquanto o planejamento de recursos hídricos “visa compatibilizar as ofertas e demandas de água”, o planejamento de bacias hidrográficas “analisa, de forma integrada as demandas e ofertas das principais variáveis que integram a bacia hidrográfica, inclusive suas formas de uso”.

A água, como elemento indispensável à vida, tem sido fator importante na localização e desenvolvimento das cidades. Além do atendimento às necessidades biológicas do homem, a água cada dia se torna mais necessária para outros usos, tais como: suprimento às indústrias, produção de energia, irrigação, recreação, pesca, etc. Assim, é importante, sob o aspecto da ocupação do solo para fins urbanos, que a água seja garantida em quantidade e qualidade necessárias aos usos para os quais se destina. Toda a água disponível faz parte do ciclo hidrológico, no qual este líquido circula através do ar, da superfície do solo e do subsolo, compreendendo processos como precipitação, infiltração, escoamento superficial (“runoff”), escoamento subterrâneo, evaporação e evapotranspiração. (MOTA, 1999)

Carvalho (2003, p.11-12) contribui com esta questão ao afirmar que

A necessidade de gestão das águas, através de técnicas, invenções/ transformações da natureza, engendrou novas relações sociais e espaciais – a cidade. As cidades se expandem e se exacerbam no uso da água. As técnicas para a gestão das águas evoluem e passam a ter uma autonomia que somente os problemas imprevistos parecem colocá-las em xeque em vários momentos da história.

A atual situação dos recursos hídricos no Brasil, em especial quando se trata do abastecimento de populações urbanas, inspira cuidados e atenção por parte de pesquisadores e gestores públicos. No estudo do caso em questão – a Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima, trata-se de uma bacia rural, que abastece uma área urbana, demandando duas abordagens diferentes: a

primeira, por apresentar uma forma de uso e ocupação pautados principalmente na produção agrícola (cana-de-açúcar, milho e sorgo) e criação (PECUÁRIA) extensiva e de gado leiteiro, atividades que demandam uma quantidade considerável de água, além da degradação que provocam ao ambiente; e uma segunda abordagem, por se tratar de uma fonte vital de abastecimento para aproximadamente 9500 pessoas que necessitam de água em quantidade e qualidade suficientes para suprir suas necessidades diárias. Outro ponto de análise, é a localização da área urbana de Itapagipe, localizada na bacia do Córrego Lajeado, o que cria a necessidade de transposição da água utilizada para o abastecimento da Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima. Da área de captação à caixa d'água que faz a distribuição da água para outras duas caixas d'água que abastecem a cidade existem condutos com 4,6Km de extensão.

A Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima se mostra como um interessante lócus para este estudo por estar inserida em uma das mais importantes bacias leiteiras da Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, e necessita de atenção especial quando se trata da oposição histórica entre preservação ambiental e desenvolvimento econômico e da resistência de proprietários rurais em se enquadrar na legislação ambiental vigente.

Valente e Gomes (2003) contribuem com esta discussão ao afirmar que

O produtor rural precisa não só ser considerado no Sistema, mas também ajudado financeiramente para que possa cuidar adequadamente daquela parte da bacia que está sob o seu domínio exploratório. Vale ressaltar aqui, que apesar de não ser o dono da água, (...), a sua existência ao longo de todo o ano depende essencialmente do comportamento do produtor no trato da superfície das bacias. E não será apenas com o rigor das leis e nem com o aumento indiscriminado de faixas protetoras e de áreas de preservação permanente que o problema será resolvido. Em uma área produtiva, elas nunca vão resumir as superfícies das bacias hidrográficas, que precisam ser tratadas como um todo, como corporações de propriedades e de produtores rurais. Reconhecendo isso, os Comitês de Bacias precisam cadastrar também os produtores e não só os consumidores de água, como tem sido a tendência atual.

Dessa forma, acredita-se que as associações de produtores rurais devam ter não só uma função econômica e, sim, ambiental, principalmente na gestão dos recursos naturais (com destaque aos recursos hídricos), cobrando e fiscalizando para que a legislação seja cumprida, que as áreas de recarga sejam mantidas e que se faça uso racional dos solos, das águas e de todos os recursos naturais disponíveis que, juntos, compõem uma bacia hidrográfica.

Embora o planejamento e a gestão de recursos hídricos exijam medidas estruturais (projetos e ações) e não-estruturais (legislações), o objetivo desta pesquisa restringe-se às medidas estruturais, entre as quais a produção de água nas bacias hidrográficas mostra-se uma das

mais urgentes, visto que engloba uma série de projetos e ações que contribuem com a recuperação e conservação dos mananciais de abastecimento que, em seu sentido mais amplo,

devem englobar não só as fontes de captação de concessionárias ou de departamentos municipais de abastecimento de núcleos urbanos, mas todas aquelas responsáveis pelo fornecimento de água para quaisquer outras atividades, incluindo consumos domiciliares rurais, usos agrícolas e industriais, geração de energia elétrica etc. (GOMES, BORGES, FRANCO E CORRÊA, 2003, p.01).

Nesse sentido as bacias hidrográficas se mostram como unidades ideais de estudo. Tratando-se especificamente da produção de água em bacias hidrográficas é preciso, antes de tudo, elaborar projetos que visem aumentar essa capacidade de produção, seja pelo aumento na rugosidade das superfícies das bacias para aumentar o tempo de retenção superficial, facilitar a infiltração, diminuir as enxurradas, criando condições para a recarga dos lençóis; seja pelo cuidado em não aumentar as perdas de água por evapotranspiração pela prática de reflorestamento; ou pela construção de fossas sépticas para o tratamento de resíduos, entre outras ações. De acordo com Lima (2006, p.02),

A expressão “produção de água” refere-se à descarga total da bacia durante um determinado período. Em termos da equação simplificada do balanço hídrico de uma bacia, representa, portanto, a fração da precipitação que não é perdida por evapotranspiração.

Ou seja:  $Q = P - ET$ <sup>1</sup>

Como na área da Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima as médias pluviométricas anuais ficam acima de 1400 mm, acredita-se que o problema não seja a disponibilidade de águas pluviais, embora estas sejam mal distribuídas ao longo do ano e, sim, a permanência desta água pluvial no sistema, que é relativamente curta. Assim, percebe-se a urgência na implementação de projetos que visem o ordenamento e o zoneamento do processo de uso e ocupação do solo nessa área, fornecendo condições para que o deflúvio, “*volume total de água que passa, em determinado período, pela secção transversal de um curso d’água*” (DNAEE, 1970 *apud* LIMA, 2006, p.01), seja o mais lento possível, aumentando, assim, a produção de água e sua disponibilidade à população (com o aumento das vazões mesmo no período de estiagem).

---

<sup>1</sup> Q = vazão; P = precipitação; ET = evapotranspiração.

### 2.1.1. Recursos Hídricos e tratados ambientais internacionais.

A partir da Cúpula de Estocolmo (1972), a evolução de idéias e paradigmas que visam o desenvolvimento sustentável é notável, culminando nas oito metas do milênio elaboradas na Cúpula do Milênio (Nova York, 2000). Assuntos como a erradicação da pobreza, controle demográfico, alfabetização, saneamento, saúde, abastecimento de água, entre outros, vêm sendo discutidos, a cada cúpula, com maior detalhamento e apontando caminhos.

O documento resultante da Cúpula de Estocolmo (1972), apesar de ser bastante genérico, constituiu o pontapé inicial nas discussões e, a partir dele, foi elaborado em 1987 o Relatório Brundtland, que aborda especificamente alguns temas, tendo como um de seus objetivos principais reexaminar as questões críticas relativas ao meio ambiente e reformular propostas realísticas para abordá-las. No que diz respeito aos recursos hídricos, a abordagem feita por esses dois documentos ainda se mostra bastante superficial, inclusive em temas como “redução da pobreza” ou “conservação dos recursos naturais”, mostrando uma maior preocupação com sua disponibilidade às gerações futuras, porém sem mostrar caminhos para tal.

Pereira e Rêgo (s/d, p. 02), argumentam que

No cenário internacional, as primeiras discussões chamando a atenção para a necessidade de reforma e modernização da gestão dos recursos hídricos ocorreram na Conferência das Nações Unidas sobre Água, realizada em Mar Del Plata no mês de março de 1977, cujo Plano de Ação, recomendava dentre outras que: “Cada país deve formular e analisar uma declaração geral de políticas em relação ao uso, à ordenação e a conservação da água, como marco de planejamento e execução de medidas concretas para a eficiente aplicação dos diversos planos setoriais. Os planos e políticas de desenvolvimento nacional devem especificar os objetivos principais da política sobre o uso da água, a qual deve ser traduzida em diretrizes e estratégias, subdivididas, dentro do possível, em programas para o uso ordenado e integrado do recurso.”

Em janeiro de 1992, na cidade de Dublin, Irlanda, foi realizada uma pré-conferência sobre água, antes da realização da Rio-92, onde a água foi definida como um recurso finito e vulnerável, essencial para sustentar a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente (DECLARAÇÃO DE DUBLIN).

O tema “Gestão dos Recursos Hídricos” é trabalhado com maior cuidado a partir da Cúpula do Rio de Janeiro (1992), da qual resultou a Agenda 21, com 40 capítulos, onde o capítulo 18 é totalmente dedicado à proteção da qualidade e do abastecimento dos Recursos Hídricos.

De acordo com o capítulo 18, o objetivo geral é assegurar a manutenção na oferta de água doce de qualidade para a população mundial, concomitantemente à preservação das funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas. Ressalta a necessidade de adaptação das atividades humanas aos limites da capacidade da natureza, além do combate de doenças relacionadas à água.

O planejamento e a gestão do uso da água devem considerar os seus usos múltiplos, evitando uma possível situação de escassez generalizada ou de agravamento nos níveis de poluição, o que colocaria em risco a sobrevivência da maioria das formas de vida conhecidas atualmente, inclusive o homem. Ao contrário dos demais documentos, o capítulo 18 da Agenda 21 traz sete áreas de programas para o setor de água doce, com atenção especial ao abastecimento de água potável, saneamento e ao desenvolvimento.

No que diz respeito aos prazos, o documento estabelece que até o ano 2000 todas as nações devem estabelecer programas de uso sustentável dos recursos, com metas e recursos financeiros definidos, além de estruturas institucionais e jurídicas eficientes. Até o ano de 2005, essas nações deveriam ter atingido as metas subsetoriais das áreas relativas aos programas sobre recursos de água doce, mas sabe-se que a realidade não é bem esta. Muitos países tiveram seus abastecimentos de água bastante prejudicados nesse período, o que pode ser explicado, em parte, pelo não cumprimento das diretrizes propostas no capítulo 18, assim como nos outros capítulos, principalmente nos que tratam da erradicação da pobreza e do controle demográfico, que talvez seja o alicerce para o cumprimento de todas as outras metas.

No Brasil, a ação mais significativa na busca de atingir estas metas foi a criação da Agenda 21 brasileira, com texto semelhante à mundial e com pequenas adaptações setoriais. A promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos, a criação da Agência Nacional de Águas e o estabelecimento de diretrizes para outorga e pagamento pelo uso dos recursos hídricos foram grandes passos em busca da sustentabilidade dos sistemas hídricos e colocaram o Brasil na posição de exemplo a outros países na questão do gerenciamento de recursos hídricos, embora este sistema apresente falhas estruturais, principalmente de implementação e fiscalização, que inviabilizam o pleno cumprimento das metas.

Em 1998, na Conferência Internacional sobre Água e Desenvolvimento Sustentável, em Paris, discutiu-se sobre a necessidade de melhorar o conhecimento em todos os níveis dos recursos hídricos para, assim, traçar metodologias de gerenciamento e proteção, além de formas de uso eficiente e sustentável destes recursos, tidos como “essenciais à satisfação das necessidades

humanas básicas, de saúde, energia e produção de alimentos (...) assim como ao desenvolvimento social e econômico” (DECLARAÇÃO DE PARIS).

Assim, pode-se observar que as discussões acerca da água potável nesses 36 anos avançaram, mas não o suficiente. É preciso que sejam propostos programas mais rígidos, inclusive com sanções àqueles países que não reduzirem seus níveis de consumo e poluição da água, assim como em outros indicadores, para que se possa atingir, efetivamente, um estado de sustentabilidade no planeta.

### **2.1.2. Recursos Hídricos no Brasil: bases legais e institucionais.**

Toda ação de planejamento e ou de ordenamento territorial necessita de uma legislação específica que a regule, visto que, sem normas claras é impossível estabelecer uma ordem. Parece arbitrário mas, devido à visão de que os recursos naturais devem servir exclusivamente como base ao crescimento econômico, arraigada na cultura nacional, só é possível utilizar sustentavelmente os recursos ambientais se existirem leis que regulamentem estes usos e ofereçam sanções aos infratores.

A importância de legislações que garantam o ordenamento no uso dos recursos hídricos e ofereçam instrumentos de gestão e controle é evidenciada por Leal (2001), baseado em Coimbra et. al. (1999) ao discorrer sobre as bases para o gerenciamento dos recursos hídricos (Quadro 01).

Quanto aos agentes, estes são responsáveis pela composição das bases para o gerenciamento dos recursos hídricos, e se apropriam da água de acordo com as necessidades de cada grupo e, principalmente, do sistema capitalista. Para Fracalanza (2005, p.32-33),

Para fins de análise, podem ser considerados os seguintes grupos de agentes: os agentes sociais – no caso os usuários da água, que necessitam da água para viver; os agentes sociais que possuem interesses relacionados à valorização de seu capital e do espaço onde se encontra a água; os agentes governamentais – expressos através dos aparelhos de Estado – que, além de promover ações que utilizam água, implementam políticas que podem privilegiar alguns dos usos dos recursos hídricos em detrimento de outros usos; e os agentes governamentais responsáveis por disciplinar a atuação dos agentes sociais na apropriação dos recursos disponíveis. Deve-se observar que estes grupos de agentes não são obrigatoriamente excludentes entre si, podendo existir agentes que pertençam a mais de um grupo.

| Bases                     | Características                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Base técnica              | Composta por equipes com vários graus de escolaridade, para assegurar confiabilidade e eficácia da base técnica. Visa garantir o conhecimento dos regimes dos rios e suas sazonalidades, os regimes pluviométricos das diversas regiões hidrográficas e mais uma série de informações do ciclo hidrográfico, e garantir a elaboração de instrumentos importantes, como os Planos Diretores de Bacias, Planos Regionais de Recursos Hídricos, Planos de Desenvolvimento Regionais e Planos setoriais, onde a água é insumo dos processos. Pode incluir a montagem de rede de monitoramento hidrológico, para coletar e tratar informações no tempo e espaço, incluindo redes pluviométricas, fluviométrica, hidrogeoquímica, evaporimétrica, piezométrica, etc. |
| Base legal                | O gerenciamento dos recursos hídricos deve ser embasado em sólidos fundamentos legais e contar sempre com o apoio jurídico. As leis relativas aos recursos hídricos constituem importantes instrumentos de gestão que o gestor deve ter constantemente ao seu alcance. Compete também ao gestor, em matéria legal, conhecer objetivos e estruturas dos órgãos, organismos e associações que de alguma forma tratam da oferta, uso, controle e conservação dos recursos hídricos.                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Ordenamento Institucional | Tendo em vista os domínios e os usos da água, bem como as diversas organizações governamentais e não-governamentais ocupadas com a questão hídrica, deve-se estabelecer uma forma sistêmica de gerenciamento dos recursos hídricos, adotando a composição de colegiados em diversos níveis, seguindo a estrutura básica – colegiado superior, colegiados de bacias hidrográficas e apoio técnico e administrativo. Essa estrutura básica poderá ser utilizada nos níveis estadual, federal e internacional. Colegiados intermediários, câmaras técnicas, braços executivos de Colegiados de Bacias, tais como agências de bacias, também poderão ser criados dependendo da peculiaridade das áreas e questões fundamentais a serem tratadas.                   |

**Quadro 01.** Bases para o gerenciamento dos recursos hídricos.

**Fonte:** Coimbra et al. (1999), apud. LEAL (2001).

As primeiras leis com conteúdo voltado ao estabelecimento de normas para uso e conservação dos recursos naturais, em âmbito federal, datam do ano de 1934, quando são editados o Código Florestal (Decreto 23.793, de 23 de janeiro de 1934) e o Código das Águas (Decreto 24.643, de 10 de julho de 1934). Anteriormente, de acordo com Setti et. al (2000 p.119), já haviam sido criados o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em 1909 e o Ministério da Agricultura e da Diretoria de Águas, logo transformada em Serviço de Águas (1933).

A descentralização quanto ao domínio das águas é sinalizado apenas na Constituição de 1946, quando estados e municípios adquirem uma maior autonomia para legislar, complementarmente ao governo federal, sobre os recursos hídricos.

Moragas (2005, p. 42) argumenta que

As legislações imprecisas, dúbias e incoerentes, somadas à inoperância dos instrumentos do Estado, deixavam à mercê o saque ambiental e social dos recursos do país. No legislativo, judiciário e executivo acentuava-se um claro descontrole da situação do meio ambiente no país, tanto nas grandes cidades, absorvendo milhares de pessoas pelo êxodo rural, quanto no campo onde matas, animais e outros recursos eram consumidos indistintamente.

Setti et. al. (2000, p. 119-123) estabelecem uma sequência histórica da evolução da administração de águas no Brasil, que se encontra organizada no quadro 02.

| Ano  | Principais marcos                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1909 | Criação do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET                                                                                                                                                                                                                             |
| 1933 | Criação, no Ministério da Agricultura, da Diretoria de Águas, logo transformada em Serviço de Águas.                                                                                                                                                                              |
| 1934 | Decorrente da Reforma Juarez Távora, o Serviço de Águas foi inserido na estrutura do Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM; Edição do Código Florestal (Decreto nº 23.793, de 23/01/1934), do Código de Águas (Decreto nº 24.643, de 10/07/1934) e do Código de Minas. |
| 1940 | Serviço de Água torna-se Divisão de Águas (Decreto nº 6.402/40); Criação do Departamento Nacional de Obras de Saneamento – DNOS.                                                                                                                                                  |
| 1945 | Criação da Companhia Hidroelétrica do São Francisco – CHESF; Criação do Departamento Nacional de Obras Contra Secas – DNOCS.                                                                                                                                                      |
| 1948 | Criação da CODEVASF.                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1952 | Criação das Centrais Elétricas de Minas Gerais – CEMIG.                                                                                                                                                                                                                           |
| 1953 | Criação das Usinas Hidroelétricas do Paranapanema S.A. – USELPA.                                                                                                                                                                                                                  |
| 1954 | Criação do Fundo Federal de Eletrificação.                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1957 | Criação de Furnas – Centrais Elétricas S.A.                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1960 | Criação da Companhia Hidroelétrica do Rio Pardo – CHERP.                                                                                                                                                                                                                          |
| 1961 | Transferência do DNPM para o Ministério de Minas e Energia; Criação das Centrais Elétricas de Urubupungá S.A. – CELUSA.                                                                                                                                                           |
| 1962 | Criação das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – ELETROBRAS e início da criação de importantes companhias de eletricidade.                                                                                                                                                       |
| 1965 | Edição do novo Código Florestal (Lei nº 4.771, de 15/09/1965); A Divisão de Águas foi transformada no Departamento Nacional de Águas e Energia – DNAE (Lei nº 4.904/65).                                                                                                          |
| 1968 | Denominação alterada para Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE (Decreto nº 63.951/68).                                                                                                                                                                       |
| 1969 | Extinção do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica – CNAEE, cujas atribuições passaram para a competência do DNAEE (Decreto-Lei nº 689/69); Início da criação das Companhias Estaduais de Saneamento.                                                                      |
| 1973 | Criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente – SEMA no âmbito do Ministério do Interior e início da criação dos órgãos estaduais de meio ambiente.                                                                                                                             |
| 1976 | Estabelecimento da classificação das águas interiores (Portaria GM-00 13); enquadramento das águas federais na classificação será estabelecido pela SEMA, ouvido o DNAEE.                                                                                                         |
| 1978 | Criação do comitê especial intitulado CEEIBH (Portaria Interministerial nº 90, de 29/03/1978), incumbido da classificação dos cursos d'água da União, bem como do estudo                                                                                                          |

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | integrado e do acompanhamento da utilização racional dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios federais, no sentido de se obter o aproveitamento múltiplo de cada uma;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1979    | A Portaria Interministerial nº 003 aprova o regimento do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas – CEEIBH.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1980-84 | O DNAEE desenvolve diagnósticos de 2.500.000 km <sup>2</sup> de bacias hidrográficas visando a classificação das águas e início de um processo de gerenciamento co-participativo, baseado em informações confiáveis.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1981    | Edição da Lei nº 6.938, de 31/08/1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1984    | CPI de Recursos Hídricos, início das atividades do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA e edição pela SEMA do Relatório da Qualidade do Meio Ambiente – RQMA.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1980-85 | Alguns comitês de bacia evoluem, tais como Paranapanema, Paraíba do Sul e Doce.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1985    | Criado o Ministério Extraordinário da Irrigação com o Programa Nacional de Irrigação – PRONI e Programa de Irrigação do Nordeste – PROINE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1986    | Edição da Resolução CONAMA nº 20, de 18/06/1986, que estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas no território nacional em nove classes, segundo seus usos preponderantes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1988    | Promulgação da Constituição Federal de 1988, que estabelece o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1989    | A Lei nº 7.990, de 28/12/1989, institui para os Estados, Distrito Federal e Municípios compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva; Criação do IBAMA pela fusão da SEMA, IBDF, SUDHEVEA e SUDEPE, pela Lei nº 7.735, de 22/02/1989.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1990    | Edição da Lei nº 8.001, de 13/03/1990, que define os percentuais da distribuição da compensação financeira de que trata a Lei nº 7.990/89.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1991    | O poder executivo encaminha projeto de lei que dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e altera a redação do artigo 1º da Lei nº 8.001/90.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1995    | Criada a Secretaria de Recursos Hídricos, pela Medida Provisória nº 813, de 01/01/1995 (mais tarde convertida na Lei nº 9.649, de 27/05/1998).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1996    | Criação da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL pela Lei nº 9.427, de 26/12/1996, autarquia sob regime especial, com finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica, de acordo com a legislação específica e em conformidade com as diretrizes do governo federal.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1997    | Aprovada a Lei nº 9.433, de 08/01/1997, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e modifica os critérios estabelecidos pela Lei nº 8.001/90                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1998    | Sancionada a Lei nº 9.605, de 12/02/98, conhecida como “Lei de Crimes Ambientais”, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e a Lei nº 9.648, de 27/05/1998, que ratifica a compensação financeira de 6% a ser paga por titular de concessão ou autorização para exploração de potencial hidráulico aos estados e aos municípios em que se localize o aproveitamento ou que tenham áreas alagadas por águas de reservatório;<br>Estabelecido, em 03/06/1998, pelo Decreto nº 2.612, o regulamento do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH;<br>Estabelecida, em 05/06/1998, pelo Decreto nº 2.619, a estrutura regimental do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal; |
| 1999    | Reorganizada a Administração Federal pela Medida Provisória nº 1911-8, de 29/07/1999 (texto original: MP nº 1.795 de 01/01/1999)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2000 | Sancionadas as seguintes leis:<br>Lei nº 9.984, de 17/07/2000, que dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA;<br>Lei nº 9.985, de 18/07/2000, que regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências;<br>Lei nº 9.986, de 18/07/2000, que dispõe sobre a gestão de recursos humanos das agências reguladoras e dá outras providências;<br>Lei nº 9.991, de 21/07/2000, que dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências;<br>Lei nº 9.993, de 24/07/2000, que destina recursos da compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e pela exploração de recursos minerais para o setor de ciência e tecnologia. |
| 2002 | Sancionado o decreto 4.136, de 20/02/2002, que dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às infrações às regras de prevenção, controle e fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sobre jurisdição nacional, prevista na Lei 9966, de 28 de abril de 2000, e dá outras providências.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2003 | Sancionado o decreto 4.613, de 11/03/2003, que regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2005 | Sancionado o decreto de 22 de março de 2005, que institui a década brasileira da água, a se iniciar nesta data.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

**Quadro 02.** Principais marcos na evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil.

**Adaptado de:** Setti et. al (2000 p.119-123).

Para Collares (2000), as bases para a criação de uma política ambiental para o Brasil surgiram na década de 1970, após a realização da Conferência de Estocolmo, sendo resultado da pressão de organizações internacionais insatisfeitas com a ausência de legislações ambientais específicas no país. Como resposta, é criada, em 1973, a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA).

Em 1981, a Lei 6.938 (Política Nacional de Meio Ambiente) fornece novos rumos à Legislação Ambiental Brasileira ao adotar princípios como racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar; planejamento e fiscalização do uso dos recursos naturais; proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas; recuperação de áreas degradadas; controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras; educação ambiental, entre outros. Entre os instrumentos, podem ser elencados, entre outros:

- estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
- zoneamento ambiental;
- avaliação de impactos ambientais;
- licenciamento e revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;
- incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologias voltadas à melhoria da qualidade ambiental;

- criação de espaços protegidos pelo poder público, como áreas de proteção ambiental, reservas extrativistas e de relevante interesse ecológico;
- penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento de medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental;
- cadastro técnico federal de atividades potencialmente poluidoras e ou utilizadoras dos recursos ambientais.

Outro desdobramento da aprovação da Lei 6.938 foi a criação de um órgão normativo, o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que formula diretrizes à Política Nacional do Meio Ambiente, além da formação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), destinado à proteção e melhoria da qualidade ambiental.

Collares (2000, p.24) argumenta que

Um ponto fundamental na Lei 6.938, radicalmente contrária à posição da União até então, com respeito às questões ambientais, foi a descentralização da execução da política de controle ambiental, motivando a ação dos estados e municípios e reservando a ela a supervisão e edição de normas gerais da política ambiental, endossando, assim, a idéia da internalização da gestão ambiental pelos governos locais. Com a nova legislação, os estados podem elaborar normas, quando delegado pela união (competência privativa) ou então complementar as normas gerais elaboradas pela União, desde que sejam de caráter mais restritivo. Os municípios, assim como os estados, podem também legislar complementando as normas estabelecidas pelos estados e pela União.

A Constituição Federal de 1988 dedicou um capítulo inteiro ao Meio Ambiente, fazendo referência ao direito coletivo a um meio ambiente protegido, com atribuições (inclusive criminais) de responsabilidades aos danos a ele causados.

Das ações apresentadas no quadro 02, sem dúvida, as mais significativas ocorreram apenas no ano de 1997, com a aprovação da Lei 9433, de 08 de janeiro de 1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos) e da Lei 9.984, de 18 de julho de 2000, que cria a Agência Nacional de Águas e dá outras providências.

Especificamente para o Estado de Minas Gerais, são de fundamental interesse a Lei 13.199, de 29 de janeiro de 1999 (Política Estadual de Recursos Hídricos) e o Decreto 44.046, de 13 de junho de 2005 (regulamentando a cobrança pelo uso dos recursos hídricos no domínio do Estado). Também foram utilizados como base para o desenvolvimento deste estudo a Lei 14.309, de 19 de junho de 2002 (Política Estadual de Meio Ambiente) e o Decreto 43.710, de 08 de janeiro de 2004, que estabelecem critérios para a delimitação de Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal.

A Lei Federal nº 9433 define uma política de Recursos Hídricos para o Brasil, fornecendo diretrizes para a organização do setor de planejamento e gestão de Recursos Hídricos, em âmbito nacional, implementando mecanismos que possibilitem tornar esse recurso natural disponível, em quantidade e qualidade, a toda sociedade brasileira (ABRH, 1997). Segundo Romano (1997, p.09),

A Política Nacional de Recursos Hídricos tem como alicerce a constatação de que a água é o bem mineral mais importante da natureza e vital à vida. Nesse sentido, esse bem mineral de valor inestimável deve ser gerenciado de modo participativo, descentralizado e integrado, considerando-se seus aspectos qualitativos e quantitativos bem como a indissociabilidade das fases de ciclo hidrológico.

A Política Nacional de Recursos Hídricos tem como princípios básicos (Artigo 1º):

- água é um bem de domínio público;
- água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é 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 uma unidade de gestão territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos;
- a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

O artigo 3º da Lei 9.433 aborda as diretrizes gerais de ação, entre as quais estão:

- a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;
- a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;
- a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
- a articulação do planejamento de recursos hídricos com os dos setores usuários e com os planejamentos regionais, estadual e nacional;
- a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;
- a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas de estuários e zonas costeiras.

Entre os instrumentos de gestão, destacam-se (Artigo 5º):

- os Planos de Recursos Hídricos
- O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- a cobrança pelo uso de recursos hídricos
- a compensação aos municípios;
- o sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

No que diz respeito ao arranjo institucional, foram criadas organizações com a finalidade de administrar, gerir e fiscalizar o uso dado aos recursos hídricos. Entre eles, Setti et. al (2000, p.109) destacam:

- *o Conselho Nacional de Recursos Hídricos*, órgão mais elevado da hierarquia do Sistema Nacional de Recursos Hídricos em termos administrativos, a quem cabe decidir sobre as grandes questões do setor, além de dirimir as contendas de maior vulto;
- *os comitês de bacias hidrográficas*, tipo de organização inteiramente novo na administração dos bens públicos do Brasil, contando com a participação dos usuários, prefeituras, sociedade civil organizada, demais níveis de governo (estaduais e federal), e destinados a agir como fórum de decisão no âmbito de cada bacia hidrográfica;
- *as agências de água*, também um tipo de organismo inteiramente novo, destinado a gerir os recursos oriundos da cobrança pelo uso da água;
- *as organizações civis de recursos hídricos*, que são entidades atuantes no setor de planejamento e gestão do uso dos recursos hídricos e que podem ter destacada participação no processo decisório e de monitoramento das ações.

Moragas (2005, p.47) complementa esta discussão ao afirmar que,

numa leitura rápida, que o que irá se planejar e gerir é a água. Contudo, está implícito o planejamento e gestão do território que compõe a bacia de drenagem, com todas as suas complexidades, ambientais e sócio-econômicas regionais. Se a água é o fim para contemplar as demandas locais/regionais, a área da bacia é o meio; na verdade é o princípio para se discutir, numa visão sistêmica e de forma democrática, o planejamento e gestão do território.

Com base nos estudos de Assis (1996), Collares (2000, p.26) salienta que o primeiro passo rumo à instituição de uma política efetiva de recursos hídricos utilizando-se de bacias hidrográficas como unidades de planejamento e gestão foi dado em 1987, com o início da formulação do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, promulgado como lei em 1991.

Talvez este seja o princípio mais acertado da Lei 9.433, claramente baseada nas disposições do capítulo 18 da Agenda 21 e ainda com resíduos do senil Código das Águas de 1934: a adoção de bacias hidrográficas como unidades de gestão dos recursos hídricos e de implementação dos Planos de Recursos Hídricos. A bacia hidrográfica concentra uma série de relações socioambientais, sendo as atividades desenvolvidas pela sociedade, em harmonia ou não com o ambiente, mensuradas como relações de causa e efeito, o que permite uma visão mais ampla de todas as nuances apresentadas pelo espaço e, conseqüentemente, a proposição de planos de ações integradas, visando a estabilidade do sistema.

No Estado de Minas Gerais, a Lei 13.199, de 29 de janeiro de 1999 (substituindo a Lei 11.504, de 20 de junho de 1994), cria a Política Estadual de Recursos Hídricos que, em sua

essência, pouco difere da Política Nacional de Recursos Hídricos, embora complementar a lei nacional em diversos pontos, constituindo, assim, uma legislação mais completa e abrangente. Por exemplo, a lei estadual prevê, já em seus princípios, a vinculação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos às disponibilidades quantitativas e qualitativas e às peculiaridades das bacias hidrográficas; a prevenção dos efeitos adversos da poluição, das inundações e da erosão do solo; e a compensação ao município afetado por inundação resultante da implantação de reservatório ou por restrição decorrente de lei ou outorga relacionada com os recursos hídricos.

No que diz respeito aos Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, o artigo 11 dispõe que

O planejamento de recursos hídricos, elaborado por bacia hidrográfica do Estado e consubstanciado em Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas tem por finalidade fundamentar e orientar a implementação de programas e projetos e conterá, no mínimo:

- I - diagnóstico da situação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica;
- II - análise de opções de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificação dos padrões de ocupação do solo;
- III - balanço entre disponibilidades e demandas atuais e futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
- IV - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- V - medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados para o atendimento de metas previstas, com estimativas de custos;
- VI - prioridade para outorga de direito de uso de recursos hídricos;
- VII - diretrizes e critérios para cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- VIII - proposta para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção de recursos hídricos e de ecossistemas aquáticos.

Teoricamente, tanto a legislação federal quanto a estadual sobre recursos hídricos abrangem amplamente todos os setores de usuários e fazem uma ponte com a necessidade premente de regulamentação dos usos e conservação dos recursos hídricos às gerações futuras (princípios do desenvolvimento sustentável). Na prática, porém, sua execução não tem sido satisfatória. Atualmente, poucas bacias hidrográficas possuem um Plano Diretor de Recursos Hídricos ou um Comitê formado. Além disso, muitas áreas que necessitam urgentemente de um Plano Diretor de Recursos Hídricos, por apresentarem conflitos de uso, não possuem um Comitê estruturado, pois a aplicação da legislação exigiria uma série de concessões por parte dos usuários e, muitos deles, não estão dispostos a abrir mão de atividades lucrativas para fazer cumprir a lei. Outro fator, é que o processo de criação de Comitês de Bacias Hidrográficas esbarra na falta de informações técnicas por parte de usuários e da sociedade civil como um todo, que não tem a noção exata da dimensão dos impactos ambientais que a região onde vivem pode vir a sofrer caso não sejam estabelecidas metas e planos de uso sustentável dos

recursos naturais no âmbito da bacia hidrográfica. Em suma, falta informação, falta iniciativa, falta fiscalização, embora a legislação de Recursos Hídricos de Minas Gerais seja considerada uma das mais rígidas e completas do país.

De acordo com o artigo 18 da Lei 13.199, são sujeitos a outorga pelo poder público, independentemente da natureza pública ou privada dos usuários:

- I - as acumulações, as derivações ou a captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, até para abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
  - II - a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
  - III - o lançamento, em corpo de água, de esgotos e demais efluentes líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
  - IV - o aproveitamento de potenciais hidrelétricos;
  - V - outros usos e ações que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.
- § 1º - Independem de outorga pelo poder público, conforme definido em regulamento, o uso de recursos hídricos para satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais distribuídos no meio rural, bem como as acumulações, as derivações, as captações e os lançamentos considerados insignificantes.

A regulamentação de cobrança pelo uso da água está disposta no Decreto 44.046, de 13 de junho de 2005, sancionado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, que atribui às Agências de Bacias Hidrográficas e aos Comitês de Bacias Hidrográficas uma maior autonomia para aplicar os instrumentos de cobrança. Já a liberação ou não de outorga é de responsabilidade do Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM).

Assim, a definição de valor associado aos conflitos decorrentes dos diferentes usos dados aos recursos hídricos relacionam-se à possibilidade de criação de valor e de degradação da água por atividades humanas que utilizam este recurso para sua realização (Fracalanza, 2005 p.31).

Os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados na bacia hidrográfica em que foram gerados e serão utilizados, segundo o artigo 28 da Lei 13.199:

- I - no financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídos no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica;
  - II - no pagamento de despesas de monitoramento dos corpos de água e custeio dos órgãos e entidades integrantes do SEGRH-MG, na sua fase de implantação.
- § 1º - O financiamento das ações e das atividades a que se refere o inciso I deste artigo corresponderá a, pelo menos, dois terços da arrecadação total gerada na bacia hidrográfica.
- § 2º - A aplicação nas despesas previstas no inciso II deste artigo é limitada a sete e meio por cento do total arrecadado.
- § 3º - Os valores previstos no “caput” deste artigo poderão ser aplicados a fundo perdido em projetos e obras que alterem a qualidade, a quantidade e o regime de vazão de um corpo de água, considerados benefícios para a coletividade.

Neste ponto, caso a legislação seja amplamente aplicada, abre-se um leque de oportunidades para que instituições de ensino e pesquisa (inclusive não-governamentais) encaminhem projetos que visem a conservação dos Recursos Hídricos e de áreas de Proteção Ambiental da bacia hidrográfica em questão, beneficiando estas instituições e, ainda mais, as bacias hidrográficas que serão beneficiadas pelas ações propostas. Esta poderia ser uma alternativa à Prefeitura Municipal de Itapagipe no caso de implementação das ações conservacionistas que serão propostas no item 07 desta dissertação.

Considera-se, ainda, que a legislação nacional e estadual de recursos hídricos só tem valia quando associada às legislações ambientais, notadamente à Política Nacional de Recursos Hídricos que, apesar de antiga, corresponde a maior referência nos processos de planejamento e gestão ambiental, e à Política Florestal e de Proteção a Biodiversidade do Estado de Minas Gerais (Lei 14.309, de 19 de junho de 2002). Esta última dispõe, em seu artigo 3º, que

a utilização dos recursos vegetais naturais e as que importem uso alternativo do solo serão conduzidas de forma a minimizar os impactos ambientais delas decorrentes e a melhorar a qualidade de vida, observadas as seguintes diretrizes:

- I – proteção e conservação da biodiversidade;
- II – proteção e conservação das águas;
- III – preservação do patrimônio genético;
- IV – compatibilização entre o desenvolvimento socioeconômico e o equilíbrio ambiental.

O conhecimento e aplicação desta lei é de suma importância no processo de planejamento e gestão de Recursos Hídricos e Bacias Hidrográficas por garantir a preservação de áreas responsáveis pela manutenção dos cursos d'água e infiltração da água no solo para recarga de lençóis subterrâneos, além de proteger áreas de encostas, reduzindo a possibilidade de transporte de sedimentos pelas águas pluviais aos canais fluviais. Outro ponto importante é que o artigo 14 estabelece diretrizes para delimitação de áreas de Reserva Legal que, junto com as Áreas de Preservação Permanente, ajudam a manter o regime hídrico da bacia hidrográfica, independentemente do uso que é dado às terras e aos recursos hídricos.

De acordo com o artigo 10, da lei 14.309, devem ser destinadas à Preservação Permanente as áreas situadas:

- I – em local de pouso de aves de arribação, assim declarado pelo poder público ou protegido por convênio, acordo ou tratado internacional de que o Brasil seja signatário;
- II – ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, a partir do leito maior sazonal, medido horizontalmente, cuja largura mínima, em cada margem, seja de:
  - a) 30m (trinta metros), para curso d'água com largura inferior a 10m (dez metros);
  - b) 50m (cinquenta metros), para curso d'água com largura igual ou superior a 10m (dez metros) e inferior a 50m (cinquenta metros);

- c) 100m (cem metros), para curso d'água com largura igual ou superior a 50m (cinquenta metros) e inferior a 200m (duzentos metros);
- d) 200m (duzentos metros), para curso d'água com largura igual ou superior a 200m (duzentos metros) e inferior a 600m (seiscentos metros);
- e) 500m (quinhentos metros), para curso d'água com largura igual ou superior a 600m (seiscentos metros);

III – ao redor de lagoa ou reservatório de água, natural ou artificial, desde o seu nível mais alto, medido horizontalmente, em faixa marginal cuja largura mínima seja de:

- a) 15m (quinze metros) para o reservatório de geração de energia elétrica com até 10ha (dez hectares), sem prejuízo da compensação ambiental;
- b) 30m (trinta metros) para a lagoa ou reservatório situados em área urbana consolidada;
- c) 30m (trinta metros) para corpo hídrico artificial, excetuados os tanques para atividade de aquicultura;
- d) 50m (cinquenta metros) para reservatório natural de água situado em área rural, com área igual ou inferior a 20ha (vinte hectares);
- e) 100m (cem metros) para reservatório natural de água situado em área rural, com área superior a 20ha (vinte hectares);

IV – em nascente, ainda que intermitente, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50m (cinquenta metros);

V – no topo de morros monte ou montanha, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura da elevação em relação à base;

VI – em encosta ou parte dela, com declividade igual ou superior a cem por cento ou 45° (quarenta e cinco graus) na sua linha de maior declive, podendo ser inferior a esse parâmetro a critério técnico do órgão competente, tendo em vista as características edáficas da região;

VII – nas linhas de cumeada, em seu terço superior em relação à base, nos seus montes, morros ou montanhas, fração essa que pode ser alterada para maior, a critério técnico do órgão competente, quando as condições ambientais assim o exigirem;

VIII – em borda de tabuleiro ou chapada, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100m (cem metros), em projeção horizontal;

IX – em altitude superior a 1.800m (mil e oitocentos metros);

X – em ilha, em faixa marginal além do leito maior sazonal, medida horizontalmente, de conformidade com a largura mínima de preservação permanente exigida para o corpo d'água;

XI – em vereda.

§ 1º – Considera-se, ainda, de preservação permanente, quando declarada por ato do poder público, a área revestida ou não com cobertura vegetal, destinada a:

I – atenuar a erosão;

II – formar as faixas de proteção ao longo das rodovias e das ferrovias;

III – proteger sítio de excepcional beleza, de valor científico ou histórico;

IV – abrigar população da fauna ou da flora raras e ameaçadas de extinção;

V – manter o ambiente necessário à vida das populações indígenas;

VI – assegurar condições de bem-estar público;

VII – preservar os ecossistemas.

§ 2º – No caso de reservatório artificial resultante de barramento construído sobre drenagem natural, a área de preservação permanente corresponde à estabelecida nos termos das alíneas “d” e “e” do inciso III do “caput” deste artigo, ressalvadas a abrangência e a delimitação de área de preservação permanente de represa hidrelétrica, que será definida no âmbito do licenciamento ambiental do empreendimento, com largura mínima de 30m (trinta metros), observado o disposto no artigo 10, III, “a”, desta lei.

§ 3º – Os limites da área de preservação permanente previstos na alínea “a” do inciso III deste artigo poderão ser ampliados, de acordo com o estabelecido no licenciamento ambiental e, quando houver, de acordo com o Plano de Recursos Hídricos da bacia onde o reservatório se insere.

Assim como a legislação de recursos hídricos, a legislação ambiental do Estado de Minas Gerais pode ser considerada uma das mais rígidas e completas do país e, caso seja devidamente aplicada, em consonância com a legislação de recursos hídricos, é capaz de proporcionar um bom nível de proteção aos recursos naturais e, aliado ao uso e manejo correto e consciente da terra, reduzirá as possibilidades de ocorrência de impactos ambientais como erosões, selamento do solo, assoreamento de cursos d'água, redução de vazões, escassez de água, proliferação de doenças, entre outros.

## **2.2. Avaliação integrada e Planejamento Estratégico: aplicações nos estudos de Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas.**

A atual situação dos recursos hídricos no Brasil, em especial quando se trata do abastecimento a populações urbanas, inspira cuidados e atenção por parte de pesquisadores e gestores públicos. A Bacia do Ribeirão da Cachoeira de Cima se mostra como um interessante lócus para este estudo por estar inserida em uma das mais importantes bacias leiteiras da Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, e necessita de atenção especial quando se trata da oposição histórica entre preservação ambiental e desenvolvimento econômico. Valente e Gomes (2003) contribuem com esta discussão ao afirmar que

O produtor rural precisa não só ser considerado no Sistema, mas também ajudado financeiramente para que possa cuidar adequadamente daquela parte da bacia que está sob o seu domínio exploratório. Vale ressaltar aqui, que apesar de não ser o dono da água, (...), a sua existência ao longo de todo o ano depende essencialmente do comportamento do produtor no trato da superfície das bacias. E não será apenas com o rigor das leis e nem com o aumento indiscriminado de faixas protetoras e de áreas de preservação permanente que o problema será resolvido. Em uma área produtiva, elas nunca vão resumir as superfícies das bacias hidrográficas, que precisam ser tratadas como um todo, como corporações de propriedades e de produtores rurais. Reconhecendo isso, os Comitês de Bacias precisam cadastrar também os produtores e não só os consumidores de água, como tem sido a tendência atual.

Dessa forma, acredita-se que as associações de produtores rurais devam ter não só uma função econômica, mas também ambiental, principalmente na gestão dos recursos naturais (com destaque aos recursos hídricos), cobrando e fiscalizando para que a legislação seja cumprida, para que as áreas de recarga sejam mantidas e para que se faça um uso racional dos solos, da água e de todos os recursos naturais disponíveis que, juntos, compõem uma bacia hidrográfica.

De acordo com Gomes et al (2003, p.02-03),

Os mananciais, para serem fontes permanentes de água precisam ser gerenciados adequadamente, respeitando as condições naturais, econômicas e sociais das bacias que os suportam. [...] a gestão dos recursos hídricos pode ser dividida em dois blocos bem distintos. O **de Manejo de Bacias** trata das inter-relações da água de chuva com os vários componentes da superfície, produzindo enxurradas ou abastecendo aquíferos subterrâneos. O segundo caminho é o mais interessante, já que transforma a bacia em um imenso reservatório de água, que vai sendo cedida aos cursos d'água de maneira regular ao longo do ano. O primeiro caminho é mais perverso, já que além de deslocar a água rapidamente para outras regiões, acaba, muitas vezes, provocando cheias e inundações, com todas as consequências sentidas anualmente por várias comunidades brasileiras.

O bloco de **Manejo de Águas** trata dos aspectos de captação, tratamento e distribuição da água, visando disponibilizá-la para diferentes usos. Ai, é claro, estão envolvidos, além dos aspectos tecnológicos, todas as implicações administrativas e econômicas.

O ideal, portanto, é manejar a bacia hidrográfica para que a água de chuva seja levada aos lençóis e possa ser retirada posteriormente por poços tubulares, poços escavados ou por nascentes, conforme afirmação de Rebouças (2002).

Assim, esta reflexão remete, mais uma vez, ao embate entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental, visto que os projetos e programas de gestão e manejo de bacias encontram uma série de obstáculos que, na maioria das vezes, são intransponíveis por dependerem mais de questões políticas do que de pesquisas técnicas e acadêmicas. Nascimento (1995) *apud* Silva, Schulz e Camargo (2004, p.95), destacaram alguns aspectos que podem interferir negativamente em projetos de manejo de Recursos Hídricos, entre eles o pouco envolvimento das instituições (inclusive da sociedade diretamente envolvida no processo) e a descontinuidade da liberação de recursos financeiros.

Desta forma, decidiu-se trabalhar nesta pesquisa, com duas abordagens que, apesar de diferentes, se complementam: a Avaliação Ambiental Integrada e o Planejamento Estratégico. Os conceitos e metodologias de trabalhos pautados na Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica foram baseados na obra homônima de Tucci e Mendes (2006), que a definem como

um processo interdisciplinar e social, ligando conhecimento e ação no contexto de decisão pública, para a identificação, análise e avaliação de todos os relevantes processos naturais e humanos e suas interações com atual e futuro estado da qualidade do meio ambiente e recursos nas apropriadas escalas de tempo e espaço, assim facilitando a definição e implementação de políticas e estratégias.

A Avaliação Ambiental Integrada (AAI) é uma ferramenta que pode ser utilizada pela AAE (Avaliação Ambiental Estratégica) na identificação dos impactos e na avaliação dos cenários propostos em suas políticas, planos e programas. A AAI na bacia hidrográfica trata de estudar os impactos ambientais previstos nas Políticas, Planos e Programas previstos para o desenvolvimento da bacia hidrográfica e avaliados no AAE. O que distingue uma avaliação da outra é que a AAI é a análise ambiental de cenários e impactos na bacia dentro das políticas existentes ou planejadas e a AAE envolve além da avaliação integrada a compatibilização das

políticas, planos e programas de gestão dos usos e da conservação dos recursos naturais de um território. (TUCCI e MENDES, 2006 p.236-237)

Neste sentido, ao propor cenários diferentes às variadas ações de planejamento e intervenção, a Avaliação Ambiental Integrada se aproxima dos preceitos do Planejamento Estratégico, tornando-se categorias complementares de estudo. A figura 02 mostra as etapas fundamentais do processo de AAI.

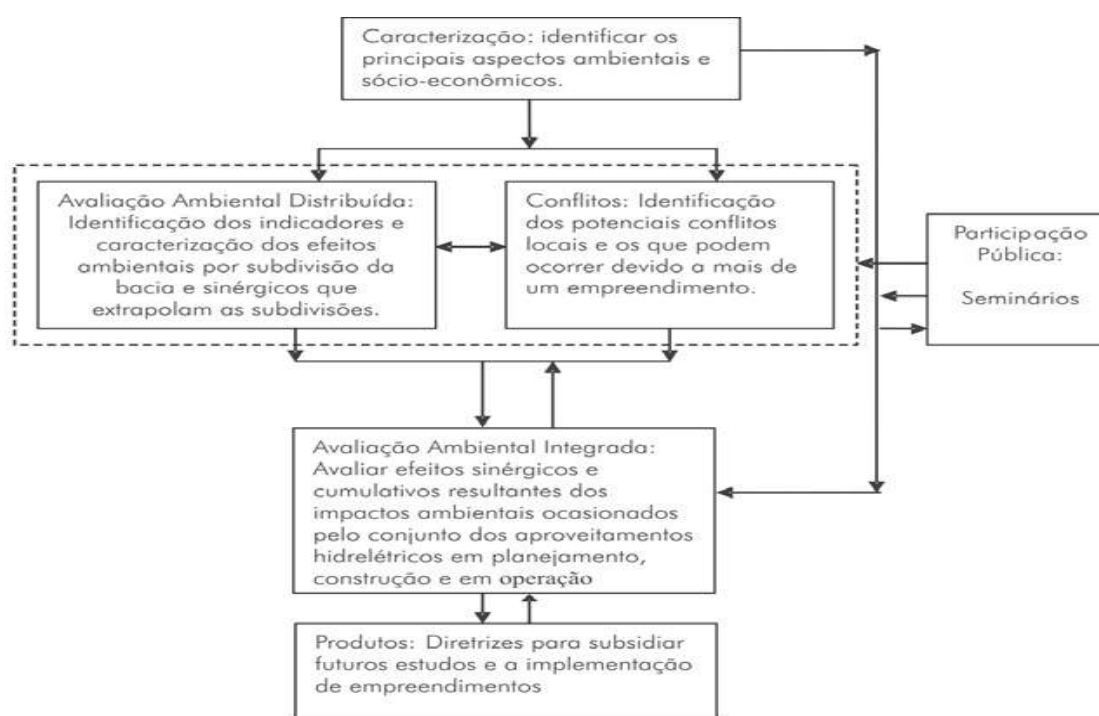


**Figura 02.** Etapas da Avaliação Ambiental Integrada.

**Fonte:** TUCCI e MENDES, 2006 p.244.

Analisando a figura 02, a caracterização pode ser entendida como a identificação espaço-temporal das principais nuances socioambientais que fornecem uma visão abrangente dos efeitos cumulativos e sinérgicos dos principais usos da terra e dos recursos hídricos na bacia, com o objetivo de obter um panorama geral da bacia, permitindo a identificação e espacialização dos elementos que mais se destacam na situação atual e suas tendências evolutivas (planejamento estratégico), tais como as potencialidades da bacia e os espaços de gestão ambiental. (TUCCI e MENDES, 2006, p. 244). A caracterização do meio físico e dos ecossistemas terrestres poderá contemplar, segundo Tucci e Mendes (2006, p. 247):

- a) As unidades geológicas e geomorfológicas, identificando a dinâmica superficial da bacia, suas principais feições, grau de estabilidade e suas formas erosivas e deposicionais;

- b) Caracterização do solo da bacia, descrevendo a aptidão agrícola e silvicultural e diferentes tipos e níveis de susceptibilidade à erosão;
- c) caracterização das diferentes formações vegetacionais e demais ecossistemas presentes, considerando seus estados de conservação (...);
- d) Caracterização dos sedimentos, da fauna e flora de áreas representativas da bacia, destacando os aspectos relevantes relacionados à biodiversidade ao nível das diferentes formações vegetais e demais ecossistemas presentes e seus estados de conservação (...);
- e) Áreas de sensibilidade ambiental, unidades de conservação e demais áreas protegidas por legislação específica.

Na caracterização socioeconômica, devem ser apresentados uma série de indicadores, sendo os principais (no caso específico da área de estudo) a demografia, o potencial turístico, a infraestrutura de saneamento ambiental, as condições gerais de saúde, a estrutura fundiária e as principais atividades econômicas (TUCCI e MENDES, 2006 p. 247-248)

Finalmente, a caracterização dos recursos hídricos deve contemplar os seguintes aspectos:

- a) Caracterização física da bacia e suas variáveis principais: Entende-se aqui pelo conhecimento das características importantes que influenciam o escoamento a gestão da água e ambiental do estudo sobre geomorfologia dos rios e bacia, geologia, uso do solo natural e antrópico. (...);
- b) Características hidrológicas média, sazonalidade e extremos: precipitação, características climáticas, evapotranspiração, escoamento: médio, máximo e mínimo; disponibilidade hídrica superficial e subterrânea (...);
- c) Qualidade de água superficial e subterrânea: riscos distribuídos e sinérgicos da qualidade da água, trechos potencialmente críticos, analisados dentro de uma visão de carga e não de condicionamento instantâneo;
- d) Usos dos recursos hídricos por sub-bacia: usos consuntivos e não-consuntivos, estimativa das demandas;
- e) Vegetação marginal; ocorrência de macrófitas; ictiofauna, espécies ameaçadas e endêmicas, considerando os aspectos ecológicos de suporte para manutenção das espécies na bacia; a existência de espécies de peixes migratórios, com informações sobre rotas preferenciais e barreiras naturais. (TUCCI e MENDES, 2006 p.248)

Apesar de ser mais aplicável a grandes bacias hidrográficas que apresentem diversas categorias de uso dos recursos hídricos, em especial aproveitamentos hidrelétricos, esta metodologia pode ser adaptada à bacias hidrográficas de menor extensão e de uso predominantemente agropecuário (como é o caso da Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima), uma vez que nestas áreas também são identificados uma série de impactos decorrentes do uso incorreto e ou desordenado das terras e dos recursos hídricos.

Conforme visto até aqui, é preciso encontrar formas de aliar preservação e desenvolvimento. Tarefa complicada, mas que tem a seu favor uma série de pesquisas e metodologias desenvolvidas por diversas áreas do conhecimento, já que a questão do manejo de bacias hidrográficas permite uma grande interdisciplinaridade. Algumas destas metodologias estão pautadas no Planejamento Estratégico, cuja eficácia não se restringe aos meios administrativo

e empresarial, mas também na gestão de recursos naturais. Mauad e Lima (2003, p.99), destacam que a técnica do Planejamento Estratégico “ênfatiza a importância de antecipar possíveis acontecimentos por meio de técnicas de análise e formulação de cenários”. Citando Webster e Le-Huu (2003), Mauad e Lima (2003, p.100) destacam alguns princípios do planejamento estratégico, entre eles:

- [...]
- A meta é baseada em problemas (falhas em atingir as expectativas) identificados em conjunto pelos principais responsáveis, em vez de ser baseadas em objetivos predeterminados isoladamente.
- A ação é enfatizada, a implementação que leva a realização da meta é mais valorizada do que a idealização dos planos. De fato, planos são considerados sem valor, a menos que sejam implementados, e o ato de fazer planos é pouco valorizado.
- [...] é preferível combater as causas de um problema do que atacar seus sintomas. Por exemplo, embora combater uma enchente seja importante, um processo estratégico seria direcionado para as causas do problema (por que as pessoas estão vivendo em área inundável? A enchente pode ser reduzida ou prevenida?).
- O planejamento estratégico ênfatiza a importância da antecipação por meio de técnicas como análise e formulação de cenários, porque esse tipo de planejamento reconhece que o mundo é um lugar de mudanças rápidas. O planejamento estratégico reconhece que tentar prever o futuro é imprudente, mas reconhece que o conjunto de possibilidades de mudanças e de possíveis eventos futuros provavelmente pode ser antecipado.

Ao abordar especificamente o planejamento estratégico no setor hídrico, Webster e Le-Huu (2003) apontam que, em nível setorial e organizacional, deve-se estabelecer algumas prioridades para que as metas sejam plenamente atingidas, conforme o quadro 03.

| Nível          | Prioridades |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Setorial       | 1.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar diferentes instituições, tomadores de decisão, programas de trabalho dos diferentes setores e encorajar sua participação;</li> <li>• Alcançar os resultados esperados no prazo previsto;</li> <li>• <u>Identificar objetivos comuns e visão compartilhada.</u></li> </ul>           |
|                | 2.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilitar rápido desenvolvimento competitivo dos recursos limitados;</li> <li>• Proporcionar critérios para a distribuição do orçamento;</li> <li>• Proporcionar orientação para atingir os resultados tangíveis;</li> <li>• <u>Coordenar atividades a longo e curto prazos.</u></li> </ul> |
|                | Outros      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhorar a estrutura legal, ajustando a legislação;</li> <li>• Reavaliar o desempenho;</li> <li>• Conservar os recursos hídricos para uso sustentável;</li> <li>• Responder às necessidades dos diferentes grupos.</li> </ul>                                                                  |
| Organizacional | 1.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer efetivo plano de ação;</li> <li>• Identificar metas bem definidas;</li> <li>• <u>Criar parcerias para alcançar a meta.</u></li> </ul>                                                                                                                                              |
|                | 2.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer indicadores de desempenho;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                              |

**Quadro 03.** Prioridades do Planejamento Estratégico no setor hídrico.

**Fonte:** Webster e Le-Huu (2003) *apud* Mauad e Lima (2003, p.101-102).

**Adaptado por:** MARTINS, A. P./ 2008.

As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, ao interagirem em um ambiente SIG, tornam-se poderosas ferramentas no processo de gestão e manejo de bacias hidrográficas, por permitirem a representação precisa de dados espaciais em um ambiente interativo que oferece múltiplos recursos, seja na etapa de levantamento de dados e diagnósticos, ou na análise e leitura destes dados, auxiliando ainda em atividades de monitoramento e previsão de situações futuras, no caso do presente estudo, de cenários criados a partir do planejamento estratégico.

Neste sentido, Frota e Campos (2005, p.5034) argumentam que

O diagnóstico ambiental das bacias hidrográficas constrói cenários que identificam as potencialidades, fragilidades, acertos e conflitos. Essas observações permitem desenvolver, para a região de estudo, um conjunto de alternativas que trata da solução dos impactos, das fragilidades, da reabilitação de paisagens, do desenvolvimento das potencialidades, do atendimento aos anseios sociais e da sustentação dos aspectos acertados. Algumas variáveis do meio físico estão presentes em todos os diagnósticos e estudos técnicos que irão caracterizar a oferta e a demanda de recursos hídricos, como exemplo, temos a análise do clima, geologia, geomorfologia e solo.

[...] O exercício do diagnóstico consiste então na análise da situação para se poder planejar. A escala do planejamento corresponde à escala do diagnóstico. Nessa situação, o diagnóstico é territorial. Refere-se a um espaço determinado, de maneira a refletir suas potencialidades assim como as representações, as aspirações, as propostas e os projetos da população.

Dessa forma, o que se propõe nas ações que serão apresentadas é oferecer alternativas inteligentes e sustentáveis para a recuperação das Áreas de Preservação Permanente (inicialmente as matas ciliares, de galeria e áreas úmidas) visando a recuperação da capacidade de produção de água do Ribeirão Cachoeira de Cima, sem, no entanto, prejudicar as atividades produtivas que movimentam a economia do município de Itapagipe. Para isso, necessita-se diagnosticar os problemas (avaliação ambiental integrada), estabelecer horizontes caso nada seja feito e comprovar, por meio de estudos, os possíveis benefícios proporcionados pela execução das propostas (planejamento estratégico). Deverão ser estabelecidos metas e planos de ação a serem atingidos em um espaço de tempo que dependerá da equipe ou órgão executor, provavelmente do poder público municipal e das associações de produtores rurais.

### **2.3. Aspectos climato-hidrológicos e interfaces com o Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas.**

O entendimento das relações socioambientais no âmbito da bacia hidrográfica possui forte ligação com o conhecimento dos aspectos climato-hidrológicos da mesma. Pode parecer uma visão um tanto quanto determinista, mas a existência e desenvolvimento das sociedades humanas depende das características climáticas e da oferta de água na região onde vivem. Não foi à toa que as primeiras cidades surgiram em vales de Rios como o Tigre e o Eufrates, na Babilônia (atual Iraque).

Por ser um sistema natural, com limites naturalmente constituídos, a bacia hidrográfica se mostra como uma unidade interessante de análise e planejamento por concentrar todas as fases do ciclo hidrológico, seja em sua fase atmosférica (precipitação), responsável pela entrada de água no sistema, seja em sua fase superficial e subsuperficial (escoamento superficial e subsuperficial, infiltração, evapotranspiração etc.). Ainda, concentra relações de causa e efeito entre atividades humanas e fatores ambientais que vão além dos limites territoriais.

No que concerne aos aspectos climatológicos, o elemento que mais importa, no caso específico deste estudo, é a precipitação, monitorada por uma rede de pluviômetros estrategicamente instalados com a finalidade de cobrir toda a área de interesse (Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima). A figura 03, extraída de Tucci e Mendes (2006, p.181) apresenta um exemplo de polígonos de Thiessen, obtidos pelo cálculo da distância para a célula fonte mais próxima, que permitem a geração da área de influência de cada estação pluviométrica. Com os dados de cada estação e, por meio de triangulações e interpolação de dados e áreas, é possível traçar isoietas que permitem conhecer melhor a distribuição espacial das precipitações, que interferem diretamente na dinâmica hidrológica da bacia.

Mariano (2005, p.23) argumenta que

Para a realização do zoneamento climático há necessidade do conhecimento dos elementos climáticos de uma região, como os registros dos elementos meteorológicos, que, de acordo com a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) devem constar de uma série de 30 anos, para aferir uma tipologia climática e observar a variabilidade desses elementos no tempo e no espaço geográfico.

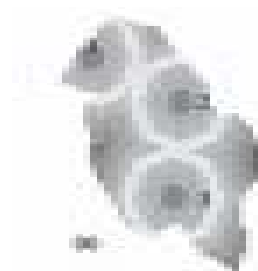


**Figura 03.** Exemplo de geração de áreas de influência de estações pluviométricas.

**Fonte:** Tucci e Mendes (2006, p.181)

Não existem dados pluviométricos de 30 anos disponíveis para a área de estudo. Para a realização deste zoneamento, utilizou-se os dados disponíveis de estações da Agência Nacional de Águas (ANA) para os municípios de Itapagipe, Campina Verde, Comendador Gomes, Frutal, Iturama, Prata e Campo Florido (entorno). Por operações de interpolação foi possível analisar a variação climática no período estudado, bem como a tendência climática, de acordo com os estudos de Christofolletti (1992). Assim, é possível identificar anos com precipitação acima, abaixo ou na média e, a partir destes dados, comparar as precipitações ocorridas no período 2007/2008 para os quais se dispõe de dados da rede pluviométrica instalada.

A partir de estimativas de temperatura por equações de regressão, é possível calcular o balanço hídrico do solo, visto por Moragas (2005, p.60) como

uma das representações mais interessantes para o estudo da bacia hidrográfica, pois se baseia em entradas e saídas de matéria e energia numa dada área. Sendo uma bacia ele permite compreender mais facilmente este sistema de entrada (precipitação), armazenamento (solo e litologia) e saída (vazão ou evapotranspiração).

O balanço hídrico (figura 04) permite ainda conhecer a capacidade que cada área dentro da bacia hidrográfica possui de armazenar água e, aliados às categorias de uso da terra e estágios de conservação, de produzir água, regularizando as vazões dos cursos d'água e ajudando a prevenir inundações ou secas severas.

A saída do sistema “bacia hidrográfica” é representada pela evapotranspiração da água e pela vazão dos cursos d'água sendo, este último parâmetro, de suma importância ao estudo realizado na Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima, por ser este o responsável pelo abastecimento de água à população urbana de Itapagipe. Considera-se como vazão a quantidade total de água escoada em uma seção transversal de um curso d'água, proveniente da precipitação pluvial e dos processos de escoamento (superficial e subsuperficial) no interior da bacia, descontadas as perdas por

evapotranspiração e os desvios por tipos de uso (captação para abastecimento urbano, irrigação, dessedentação de animais etc.).

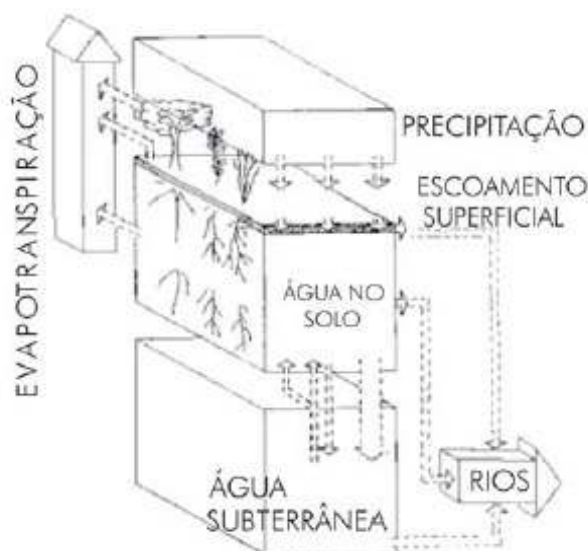


**Figura 04.** Esquema do balanço hídrico local.

**Fonte:** Tucci e Mendes (2006, p.184)

Na Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima existe apenas um ponto de medida de vazões, a montante da captação de água da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), situada em área próxima à foz do Ribeirão. Aferidos mensalmente, estes dados de vazão foram utilizados neste estudo como forma de conhecer o total de água escoada no ponto de saída do sistema “Cachoeira de Cima”, chegando-se, assim, ao conhecimento do hidrograma da bacia, definido por Tucci e Mendes (2006, p.23) como

a variação da vazão na seção de saída da bacia hidrográfica como resposta à precipitação no tempo e no espaço sobre a bacia hidrográfica. (...) O hidrograma representa a integração de todos os processos do ciclo hidrológico que ocorreu entre precipitação e vazão na bacia hidrográfica.

Conhecendo-se o hidrograma da bacia hidrográfica e de sua curva-chave (relação cota-vazão) é possível aplicar técnicas como previsão de vazão, variabilidade hidrológica, curvas de probabilidade e estimativas de vazão, entre outras propostas por Tucci e Mendes (2006).

Ao trabalhar especificamente com a importância dos conhecimentos climato-hidrológicos em atividades de planejamento, Moragas (2005, p.60) argumenta que

de uma forma geral, uma série histórica de pluviosidade e vazão possibilita que vários atores sociais, sejam agricultores, planejadores, engenheiros, usuários de recursos hídricos, possam ter uma referência sobre o comportamento destes

elementos no tempo e com devidas abordagens entendê-los e correlacioná-los a outras áreas.

Neste sentido, conhecer estas características climato-hidrológicas é tarefa imprescindível no processo de diagnóstico e análise ambiental integrada que precede a fase de planejamento de atividades de uso, manejo e conservação de recursos hídricos em bacias hidrográficas.

Para Attanasio (2004, p.17), estudos em bacias hidrográficas fornecem metodologias que contribuem com a implementação de um novo paradigma de manejo agrícola, definido por ele como “manejo ecossistêmico”.

Black (1996) apud Attanasio (2004, p.17) define três objetivos gerais em manejo de bacias hidrográficas: 1) restauração de áreas alteradas, degradadas ou abandonadas; 2) proteção de áreas sensíveis; 3) melhoramento das características dos recursos hídricos por meio de manejo correto.

Assim, destaca-se a importância da vegetação no balanço de energia e no fluxo de volumes de água na bacia hidrográfica, visto que ela intercepta a parcela inicial da precipitação e aumenta a capacidade de infiltração do solo, reduzindo o escoamento superficial e o transporte de sedimentos, além de colaborar com a recarga dos lençóis subterrâneos, que irão abastecer os cursos d'água no período de estiagem. Além disso, a presença de vegetação aumenta o tempo de concentração da água no interior da bacia, tido como “o tempo que uma gota de água leva para escoar superficialmente o ponto mais distante da bacia até a seção principal. É indicador da memória de resposta da bacia” (TUCCI e MENDES, 2006 p.21).

A manutenção da vegetação em áreas de Preservação Permanente e nas Reservas Legais (previstas em lei), aliadas a técnicas sustentáveis de manejo do solo e ocupação das terras, garante a “saúde” da bacia hidrográfica, definida por Walker et. al. (1996) apud Attanasio (2004, p.29) como

um estado sustentável compatível com o uso dos recursos naturais para a produção de bens demandados pela sociedade. Diferente do conceito de integridade da microbacia, que se refere a sua condição natural, decorrente dos processos evolutivos do ecossistema. Os valores sociais são parte da definição de saúde da microbacia e incluem a capacidade do sistema sustentar:

- a qualidade da água para uso doméstico e para armazenamento;
- a qualidade da água dos rios para preservar a biodiversidade e suas funções;
- a produtividade das terras para a manutenção da produção de alimentos e de sua viabilidade econômica;
- a biodiversidade para preservar as funções ecológicas dos ecossistemas;
- os valores estéticos da paisagem que contribuem para melhorar a qualidade de vida.

As condições precárias que, muitas vezes, se observam nos rios e que são indicativos de que sua “saúde” não vai bem, são o resultado final de problemas que já vem ocorrendo há algum tempo ao longo de uma bacia, em variados níveis do processo produtivo. Intervenções em pontos isolados desta cadeia de causa-efeito (dragagens, barragem, canalizações) falham na maioria das vezes por não considerarem a bacia como um sistema e, desta forma, não atacarem as origens do problema (TUCCI e MENDES, 2006 p.171).

Seguindo os princípios da sustentabilidade ambiental, visando a manutenção da saúde das bacias hidrográficas e a gestão inteligente dos recursos hídricos, foram propostos alguns planos de ação baseados em experiências que deram certo, como o projeto “Conservador das águas” da Prefeitura Municipal de Extrema (MG), projetos de recuperação de áreas de proteção ambiental desenvolvidos em algumas prefeituras do Estado de Mato Grosso e outras ações baseadas no programa “Produtor de Água” da Agência Nacional de Águas (ANA).

#### **2.4. Geotecnologias aplicadas ao planejamento, uso e gestão de bacias hidrográficas.**

Atualmente as geotecnologias tem se mostrado instrumentos imprescindíveis para atividades de diagnóstico, análise, planejamento e gestão ambiental, permitindo a visualização e a distribuição de fenômenos geográficos, tanto físicos quanto sociais, facilitando a tomada de decisões por qualquer agente que se interesse pelo uso e ocupação do espaço.

Rosa (2003) define Geoprocessamento como “um conjunto de tecnologias de coleta, processamento, análise e oferta de informações com referências geográficas”. Entre as tecnologias de geoprocessamento ou “geotecnologias” destacam-se os instrumentos de cartografia digital (CAD's), técnicas de sensoriamento remoto, topografia e sistema de posicionamento global e, em especial, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG's).

Santos (2008) comenta que os sistemas de informação geográfica destinam-se ao tratamento de dados referenciados espacialmente, possibilitando a aquisição, o armazenamento, o gerenciamento e a exibição de dados espaciais. Os bancos de dados onde as informações utilizadas em SIG são armazenadas permitem o cruzamento de informações, gerando produtos que auxiliam no processo de análise espacial, como cartas de fragilidade, aptidão de uso, entre outros.

Xavier-da-Silva e Zaiden (2004, p.20) consideram que

O Geoprocessamento tornou possível, em uma escala inimaginada, analisar a Geotopologia de um ambiente, ou seja, investigar sistematicamente as propriedades e relações posicionais dos eventos e entidades representados em uma base de dados georreferenciados, transformando dados em informação destinada ao apoio à decisão.

O uso de Sistemas de Informação Geográfica no processo de diagnóstico, gestão e análise ambiental em bacias hidrográficas é indicado, entre outras funções, por permitir a geração de Modelos Digitais do Terreno (MDT) para a extração de bordas, topos, curvas de nível, extração de drenagem etc., que, em conjunto com mapas de solos, geologia, geomorfologia, entre outros, permitem a análise integrada das diversas características ambientais da bacia hidrográfica. Moragas (2005, p.70) contribui com esta discussão ao afirmar que

Instrumentos como zoneamento e ordenamento do território podem ser produzidos no ambiente de geoprocessamento. Esta modelização da realidade pode auxiliar os agentes intervenientes e, principalmente, gestores públicos a reorganizarem as ações sobre a bacia hidrográfica, tomando como referência as fragilidades e potencialidades destacadas no zoneamento, colaborando na gestão dos recursos naturais, do ponto de vista sócio-econômico e ambiental.

Muito além da eficácia na etapa de diagnóstico, as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto mostram-se essencialmente interessantes quando o objetivo é criar uma espécie de Sistema de Informação Geográfica específico para trabalhar com sistemas hídricos, com todas as particularidades que o tema exige. São os Sistemas de Suporte à Decisão (SSD), definidos como essenciais por Mauad e Lima (2003, p.102) por possibilitarem “a integração de diversas ferramentas e técnicas em um único sistema, auxiliando na escolha da alternativa que melhor se adapte aos interesses dos usuários e da sociedade em geral”.

Assim como os SIG's mais utilizados, um SSD integra subsistemas como base de modelos, banco de dados e módulo de diálogo para integração entre usuário e sistema (MAUAD e LIMA, 2003). E, de acordo com os autores, os SSD são primordiais ao planejamento estratégico de sistemas hídricos, pois visam

auxiliar na análise, na operação e no planejamento de sistemas hídricos, fornecendo resultados que podem ser analisados e entendidos por usuários não especializados, o que permite que todos os envolvidos participem do processo decisório. (MAUAD e LIMA, 2003, p.104).

Apesar de existirem alguns SSD específicos, como os elaborados por Chadderton (1989), Krejcik e Vanecek, 2000 (MIKE BASIN 2000), Alcoforado e Cirilo (2001), entre outros (MAUAD e LIMA, 2003), a grande maioria das atividades de planejamento podem ser

desenvolvidas a partir dos SIG's mais utilizados como o SPRING, o IDRISI, o ArcView 3.2, ArcGis 9.3 etc. Basta que o usuário saiba utilizar essas ferramentas a seu favor ou mesmo combiná-las para atingir resultados satisfatórios.

Na pesquisa aqui apresentada, a utilização de Geotecnologias foi de extrema importância, seja na elaboração de cartas temáticas como tipos de solos, geologia, geomorfologia, vegetação a partir de cartas topográficas do IBGE e de dados do Projeto RADAMBRASIL, seja na obtenção de cartas temáticas mais elaboradas, como as de evolução do uso da terra (a partir de imagens do Satélites Landsat5 (1985 e 2008), hipsometria, declividade e exposição de vertentes (a partir de Modelos Digitais do Terreno gerados no software SPRING 5.0.2), fragilidade ambiental, aptidão de uso e áreas de Preservação Permanente (elaboradas por meio de operações de álgebra). As técnicas de sensoriamento remoto permitiram o tratamento e análise das imagens de satélite, identificando as categorias de uso da terra por meio de chaves de interpretação da resposta espectral das diferentes superfícies (matas, culturas, pastagens, solo preparado para plantio etc.).

Os produtos resultantes destes mapeamentos e análises serviram como suporte à proposição de planos de ação visando a conservação das Áreas de Preservação Permanente, a recuperação daquelas que estão degradadas e a proposição de formas de ocupação e manejo sustentável das terras na Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima.

### 3. BASES METODOLÓGICAS, MATERIAIS E PROCEDIMENTOS UTILIZADOS.

#### 3.1. Localização da área de estudo

A Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima está situada na zona UTM 22 entre as coordenadas 692 e 660 Km a oeste de Greenwich e entre as coordenadas de latitude 8792 e 8026 Km ao Sul do Equador, no município de Itapagipe, Estado de Minas Gerais (Figura 01, pág. 20).

Município de pequeno porte, Itapagipe apresentou, no censo de 2007, uma população total de 14.019 habitantes e um crescimento populacional de 15,8% em relação ao censo de 2000, uma taxa de crescimento alta, se comparada aos demais municípios da região. Com uma área de 1.798 Km<sup>2</sup>, constitui uma das mais importantes “bacias leiteiras” da região, sendo responsável por 3,7%<sup>2</sup> da produção de leite da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, abrigando uma das principais cooperativas de produtores de leite da região – a COOPAPI (Cooperativa Agropecuária de Itapagipe) e a central de produção do leite longa vida *Lactus*, de importância para a economia regional. Em novembro de 2008, na etapa de finalização deste estudo, a COOPAPI anunciou falência e não mais recolhe a produção de leite, constituindo um grave problema aos produtores (mais detalhes no item 4.3)

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima encontra-se a noroeste da área urbana de Itapagipe, se estendendo desde a divisa com o município de Comendador Gomes (BR 364) até sua confluência com o Ribeirão da Moeda, que desagua no Rio Grande, um dos principais rios do Sudeste brasileiro. Inteiramente dentro dos limites políticos municipais, o Ribeirão Cachoeira de Cima, cuja bacia possui 210 Km<sup>2</sup>, apresenta suas principais nascentes (formadoras do Córrego dos Talhados) em uma área residual de Superfície Erosiva Tabular (RADAMBRASIL, 1983) na Serra dos Talhados e Chapadão do Queirós (Formação Marília), passando por áreas sedimentares provenientes da Formação Adamantina e com baixo curso sobre afloramentos de basaltos da Formação Serra Geral, que origina solos com alto teor de argila e óxidos de ferro.

Além do uso essencialmente agropecuário, seja na dessedentação de animais ou na produção de gêneros agrícolas secundários, como milho, cana-de-açúcar, sorgo e laranja, as águas da

---

<sup>2</sup> Cálculo feito sobre o número de vacas ordenhadas que, segundo o IBGE, no ano de 2005, foi de 39.684 cabeças, enquanto que na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba esse número foi de 1.075.463 cabeças. A produção de leite no município, no mesmo ano segundo o IBGE, foi de 45.199 litros.

Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima são responsáveis pelo abastecimento de água à cidade de Itapagipe, sendo o abastecimento de água de responsabilidade da COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais), que fornece à cidade 35 litros por segundo de água tratada, armazenada em três caixas d'água, a principal com capacidade de 917 m<sup>3</sup> localiza-se no divisor de águas das Bacias do Ribeirão Cachoeira de Cima e do Córrego Lageado. A água é redistribuída por queda natural (gravidade) para outras duas caixas d'água com capacidade de 120m<sup>3</sup> cada, de onde a água é novamente distribuída, desta vez para as residências.

O uso predominante dado aos solos corresponde às pastagens, que aparecem associadas a áreas de cerrado ou a pequenas lavouras de milho, sorgo ou cana-de-açúcar, usados na alimentação do gado nos períodos secos. As áreas de vegetação nativa estão restritas a algumas matas ciliares ou de galeria e a pequenas reservas, embora muitas destas não estejam fechadas à circulação do gado, que se alimenta nestas áreas em períodos de seca. Estas e outras características sócioambientais estão mais bem definidas no item 04 desta dissertação.

### **3.2. Materiais, métodos e técnicas associadas.**

#### **3.2.1. Equipamentos e softwares**

Para a realização do estudo, vários equipamentos foram utilizados em momentos distintos e com finalidades diferentes. Na primeira pesquisa de campo (de 22 a 24 de outubro de 2007) foram instaladas 10 estações pluviométricas, sendo os equipamentos utilizados:

- 10 Pluviômetros tipo “Ville de Paris”, confeccionados em Zinco,
- Suporte de madeira;
- Provetas plásticas de 1.000 ml;

Nos sete trabalhos de campos realizados, foi feito um minucioso levantamento fotográfico, registrando as diferentes categorias de uso da terra e cobertura vegetal, pontos degradados e áreas de potencial conflito. Estas áreas tiveram suas coordenadas geográficas e altitudes registradas, o que auxiliou na finalização da carta de uso da terra e cobertura vegetal e na espacialização de outras variáveis. As vazões foram aferidas em dois pontos distintos: o primeiro, à montante da captação de água da COPASA, no Ribeirão Cachoeira de Cima; o

segundo, no baixo curso do Córrego dos Talhados, principal tributário da bacia. Entre os equipamentos utilizados:

- Câmera fotográfica Olympus X-760 6.0 megapixels;
- GPS de navegação Garmim;
- Materiais para medição de vazão: Trena de 25m, régua de 3m, flutuadores (frascos de 90 ml) e cronômetro;

Para a coleta de amostras de solo em campo e posterior análise física (granulometria) no Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos da UFU foram utilizados os seguintes materiais:

- Trado de 1m, sacos plásticos e identificadores para coleta de amostras de solo;
- Conjunto de peneiras, provetas, pipetas, cadinhos, frascos, balança de precisão e agitador mecânico.

Em escritório, os dados foram sistematizados e espacializados com o auxílio dos seguintes equipamentos e softwares:

- Microcomputador Pentium Core2Duo, 512 Mb RAM, HD 80 Gb, Monitor SVGA, Gravador CD/DVD, teclado e mouse;
- Software SPRING 5.0.2 (mapas temáticos e cruzamentos booleanos);
- Software ArcView3.2 (tratamento da base de dados do IBGE; elaboração dos mapas climatológicos);
- Software MicroStationV8 (conversão da base de dados do IBGE do formato.dgn para o formato .dxf)
- Software Idrisi32 (auxílio no tratamento de informações espaciais posteriormente trabalhadas no SPRING 5.0.2);
- Programa em Excel para cálculo do Balanço Hídrico Normal por Thorntwaite e Mather (1955), desenvolvido pela ESALQ/USP;
- Microsoft Excel 2003 (sistematização de tabelas, gráficos e fórmulas);
- Microsoft Word 2003 (redação final).

### **3.2.2. Levantamento de fontes secundárias**

#### **3.2.2.1. Dados gerais:**

- Levantamento de referencial teórico-metodológico completo sobre o tema: artigos em periódicos e anais de eventos específicos, livros, sites sobre Recursos Hídricos e Meio Ambiente, dissertações e teses, entre outros;
- Dados populacionais, de produção agropecuária e de principais serviços urbanos obtidos no site do IBGE;
- Dados de precipitação e vazão no ponto de captação de água, fornecidos pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA – Itapagipe);
- Totais diários, mensais e anuais de precipitação nos municípios de Itapagipe, Comendador Gomes, Campina Verde, Frutal, Iturama, Fronteira, Prata e Campo Florido, obtidos no site da Agência Nacional de Águas (ANA);
- Informações físicas e socioeconômicas obtidas no Plano Diretor de Irrigação da Bacia do Baixo Rio Grande;

#### **3.2.2.2. Bases cartográficas e imagens de satélite:**

- Carta Topográfica do IBGE (1973) na escala 1:100.000 de Campina Verde (SE-22-Z-B-IV) em formato digital e na extensão “.dgn” obtida no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com dados de drenagem, limites, curvas de nível, pontos cotados, sedes de fazendas, área urbana e principais estradas e vias;
- Mapa Geológico do Projeto RADAMBRASIL, folha SE-22 na escala de 1:1.000.000;
- Mapa Geomorfológico do Projeto RADAMBRASIL, folha SE-22 na escala de 1:1.000.000;
- Mapa Exploratório de Solos do Projeto RADAMBRASIL, folha SE-22 na escala de 1:1.000.000;
- Mapa de Avaliação do Relevo do Projeto RADAMBRASIL, folha SE-22 na escala de 1:1.000.000;
- Mapa de Capacidade de Uso dos Recursos Naturais do Projeto RADAMBRASIL, folha SE-22 na escala de 1:1.000.000;
- Mapa de Vegetação do Projeto RADAMBRASIL, folha SE-22 na escala de 1:1.000.000;

- Imagem do Sensor TM do Satélite Landsat 5 (resolução de 30m), bandas 3, 4 e 5, de agosto de 1985;
- Imagem do Sensor TM do Satélite Landsat 5 (resolução de 30m), bandas 3, 4 e 5, de agosto de 2008;
- Imagem SRTM da folha SE-22-V-D;
- Coordenadas UTM coletadas em campo com GPS de navegação Garmin para georeferenciamento das imagens, registro de pontos cotados e espacialização de dados coletados em campo.

### **3.2.3. Coleta de dados em campo**

Foram realizados 07 trabalhos de campo, com duração média de 02 dias cada e com roteiro preestabelecido, quando foram instaladas estações pluviométricas, coletados dados referentes a tipos de solos, cotas altimétricas, precipitações (por meio dos pluviômetros instalados), vazões dos principais cursos d'água, mapeamento do uso e ocupação dos solos etc., e visitadas algumas propriedades onde foram levantados dados como as principais atividades econômicas, a existência de áreas de reserva, a participação em cooperativas, as formas de escoamento da produção, entre outros. Paralelamente, fez-se o registro fotográfico de pontos estratégicos em datas diferentes, permitindo comparações destas áreas em períodos secos e chuvosos.

Em trabalho de campo realizado entre os dias 22 e 24 de outubro 2007, determinou-se dez pontos onde foram instaladas estações pluviométricas (Figuras 05 e 06). A coleta de dados de precipitação e vazão, bem como o balanço hídrico do solo e a elaboração de curvas-chave, hidrogramas e previsão de vazões a curto, médio e longo prazos foram realizadas no período entre outubro de 2007 e dezembro de 2008, abrangendo um ano hidrológico completo, o que permitirá uma melhor fundamentação dos resultados e das propostas.

Em campo, são levantadas as seguintes informações, baseado na metodologia proposta por Valério e Santos (1997, p.53): formações vegetais nativas; veredas e classificações quanto ao estágio de conservação; identificação de áreas cultivadas e, em especial, de áreas irrigadas; identificação de campos naturais e pastagens naturais; identificação de áreas de mineração, aglomerados urbanos e áreas industriais; identificação de áreas degradadas, represas naturais

e/ou artificiais, infra-estrutura viária e categorias de uso e ocupação do solo e interação com a gestão dos recursos hídricos.



**Figura 05.**

Pluviômetro instalado na granja Cobb, componente da rede de monitoramento climatológico “Cachoeira de Cima”.

**Autor:** MARTNS, A. P./2008.

Para a elaboração dos estudos hidrometeorológicos foram utilizados os procedimentos indicados por Valério e Santos (1997, p.58-59), pautados na coleta e análise de dados disponíveis de precipitação (postos da Agência Nacional de Águas, além dos dados das estações pluviométricas instaladas); na organização e implantação de base de dados para processamento, bem como seu tratamento estatístico; caracterização flúvio-morfológica da bacia e do regime hídrico; regionalização das vazões médias, máximas e mínimas, elaborando as curvas-chave; avaliação do uso da água e identificação dos usuários cadastrados (outorgas).

Para a aferição das vazões mensais, foram escolhidos dois pontos distintos (Figura 07): um no Ribeirão Cachoeira de Cima, à montante do ponto de captação da COPASA e outro no médio curso do Córrego dos Talhados, principal tributário do Ribeirão Cachoeira de Cima. A COPASA realiza, mensalmente, medições de vazão em ponto à jusante da captação (descontando-se a quantidade de água captada) e, diariamente, registros de pluviosidade, dados que foram gentilmente cedidos à esta pesquisa e que nortearam as análises climato-hidrológicas (Figura 07). As vazões do Córrego Cachoeira de Cima também foram medidas em trabalhos de campo realizados nos dias 22/10, 08/11, 01/12 de 2007; 21/04 e 10/07 de

2008, número pequeno, mas significativo, levando-se em conta a distância da área de estudo em relação à Instituição que o realizou e outras dificuldades encontradas. No Córrego dos Talhados, estas medições foram realizadas nos dias 20/10 e 08/11 de 2007; 21/04 e 10/07 de 2008. Os dados utilizados para análise foram fornecidos pela COPASA, visto que o pequeno número de medições realizadas e os intervalos irregulares não permitem uma análise mais aprofundada desses dados, que serviram como parâmetro de comparação..

Em campo, o processo de medição de vazão abrange os seguintes procedimentos:

1. Com o auxílio de uma trena de 25 metros, mediu-se a superfície da água e a área de inundação (leito menor e leito maior, respectivamente) e realizou-se a batimetria de uma seção transversal do curso d'água (Figuras 06 e 09), utilizando uma régua de 3 m (“metro de pedreiro”) e, assim, obteve-se a área da seção ou a “caixa” do curso d'água pela equação simplificada (DOUHI, 2005):

$$A = L.P \text{ (m}^2\text{)}$$

onde A corresponde à área da seção, L à largura do canal (lâmina d'água) e P à profundidade média.

2. Nessa mesma seção, realizaram-se as medidas de velocidade da água, com a utilização de frascos plásticos de 90 ml (flutuadores) e cronômetro. Em uma seção praticamente uniforme com 10 metros de distância entre o ponto A e o ponto B (seção transversal) o frasco é lançado em A e o tempo que leva para chegar ao ponto B é cronometrado; a velocidade é obtida pela divisão entre área percorrida e tempo gasto:

$$V = D/T \text{ (m/s)}$$

Cada frasco é lançado três vezes em três pontos diferentes da seção A, sendo a primeira vez, completamente vazio; a segunda, com metade preenchida com água; e, a terceira, completamente cheio. A velocidade média é obtida por meio de cálculo de média simples de todas as medições.

A vazão média da seção é, assim, conhecida por meio da equação:

$$Q = A.V \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Em laboratório, utiliza-se papel milimetrado para o cálculo da área da seção, adotando-se escalas diferentes de acordo com a dimensão da seção. Por exemplo, no Ribeirão Cachoeira de Cima adotou-se uma escala horizontal de 1:50 onde cada mm<sup>2</sup> corresponde a 0,0005 m<sup>2</sup> da superfície real (figura 09). No caso deste estudo, a metodologia foi adaptada no software

Microsoft Excel2003, onde cada célula de trabalho foi redimensionada para reproduzir as quadrículas do papel milimetrado.

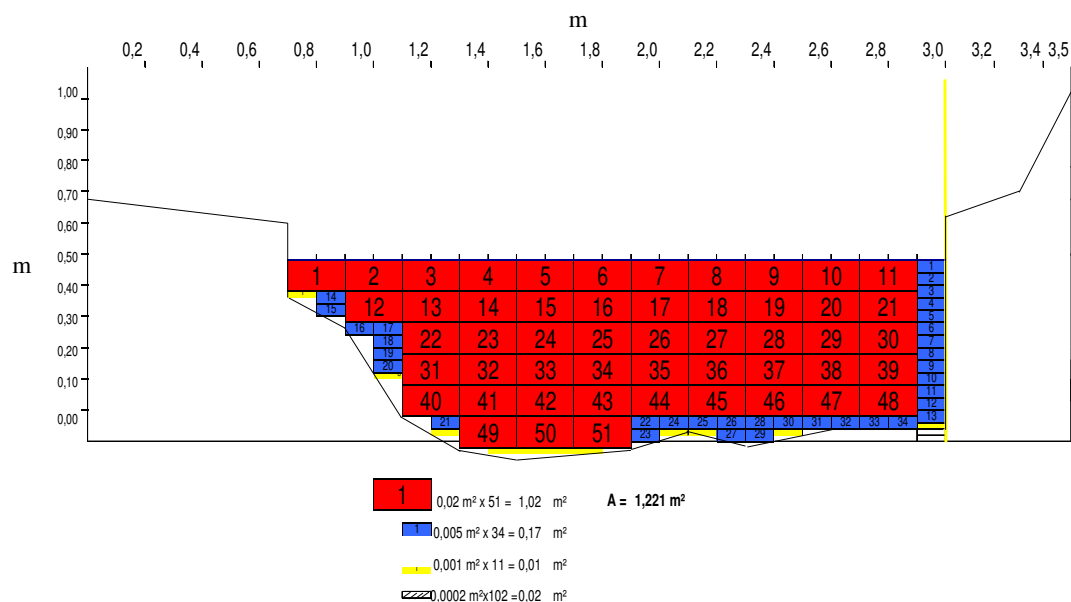


**Figura 06.** Metodologia utilizada para calcular área da seção do Ribeirão Cachoeira de Cima, onde foram medidas as vazões.

**Fonte:** MARTINS, A. P. (2007).

Em trabalho de campo realizado no dia 10 de julho de 2008, foram coletadas 20 amostras de solo em transectos, abrangendo o divisor de águas, um ponto intermediário, e um ponto próximo à calha dos cursos d'água (Figura 40, pág. 113, item 4.4.2) com a finalidade de identificar características como cor, textura, estrutura, plasticidade e consistência das amostras (procedimentos de campo), que auxiliam na identificação de cada tipo de solo, mesmo que de forma superficial. Estes transectos foram traçados levando em consideração as diferentes litoestruturas que compõem a área de estudo e as amostras coletadas, em sua maioria, próximas às estradas, mas longe de áreas de aterros ou modificadas por maquinário.

As amostras foram obtidas a 20 cm de profundidade por meio de gradagem, identificadas e, logo após, comparadas às cores da Carta de Munsell. A textura foi aferida através de observação tátil, friccionando as amostras na mão. A estrutura foi aferida por observação visual, identificando a presença de grumos e a organização destes nas amostras. E a plasticidade foi observada após o umedecimento das amostras e, após posterior secagem natural, aferiu-se a consistência das amostras.

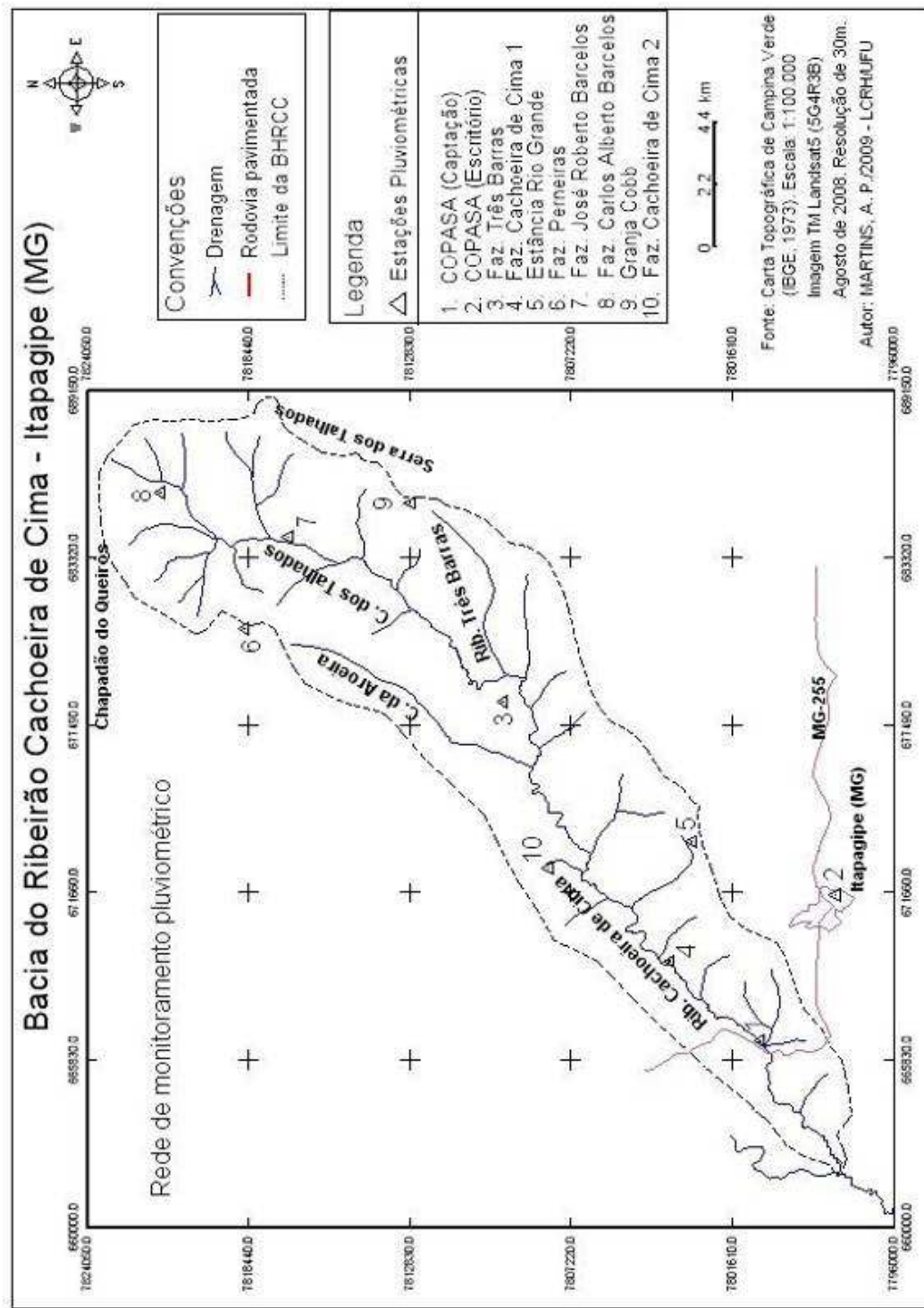


**Figura 07.** Carta de localização das estações pluviométricas e pontos de aferição de vazão.



**Figura 08.** Funcionário da COPASA, medindo as vazões do Ribeirão Cachoeira de Cima utilizando molinete hidrológico.

**Autor:** MARTINS, A. P./2007.



**Figura 09.** Medição da seção transversal do Ribeirão Cachoeira de Cima para cálculo de vazão.

**Autor:** ASSUNÇÃO, W. L./2007.

Destas 20 amostras, as 08 mais representativas foram levadas ao Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos da Universidade Federal de Uberlândia (LAGES) onde foram feitas análises granulométricas. As amostras passaram por um processo preliminar de secagem, foram destorroadas e pesadas; em seguida, 20 gramas de terra fina seca foram depositadas em um frasco com uma solução de 100 ml de água destilada e 15ml de NaOH a 4% e agitadas por 15 horas em agitador mecânico a 180 orbitais por minuto. As amostras retiradas do agitador foram lavadas em uma peneira de 0,053 (retenção das areias), sendo que as outras frações (silte e argila) passaram pela peneira e foram direto para uma proveta de 1000 ml, completada com água destilada. Estas areias foram levadas à estufa e, posteriormente, passaram por uma peneira de 0,210mm de malha para separar as areias finas das grossas.

O material da proveta foi agitado manualmente por um minuto e deixado em repouso por 4 horas, quando foi feita uma pipetagem a 5 cm de profundidade para coleta de argila (solução de 25 ml). A solução foi novamente agitada por um minuto, deixada em repouso por três minutos para, então, se fazer uma nova pipetagem a 10cm de profundidade para coleta de argila e silte. O material resultante das pipetagens foi disposto em cadinhos de porcelana devidamente secos na estufa e identificados, sendo levados à estufa a 110°C para secagem. No final do processo, são feitos os seguintes cálculos:

- a) o peso da argila em 25ml;
- b) peso do silte = (argila + silte) – argila
- c) o peso das areias finas;
- d) o peso das areias grossas.

Os resultados dos cálculos podem ser visualizados no item 04 desta dissertação. O resultado final da análise granulométrica foi comparado ao mapa de tipos de solo do projeto RADAMBRASIL para subsidiar a elaboração do mapa simplificado de tipo de solos da Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima, necessário à elaboração dos mapas e análises de fragilidade ambiental e aptidão de uso.

### **3.3. Mapeamento, espacialização e análise das características sócioambientais e dos dados coletados.**

O processo de mapeamento, espacialização e análise dos dados coletados e das características socioambientais da Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima, que fundamentaram o processo de

avaliação integrada e a proposição de alternativas de uso e desenvolvimento sustentável seguiu os seguintes procedimentos:

**Elaboração da base cartográfica:** Foram utilizadas informações como rede de drenagem, curvas de nível, pontos cotados e rede viária obtidos em meio digital (site do IBGE) e em formato “.dgn” da Carta Topográfica de Campina Verde (SE-22-Z-B-IV) de 1973 e na escala de 1:100.000. Informações sobre a estrutura litológica, tipos de solo, geomorfologia, vegetação, recomendações de uso, avaliação do relevo e capacidade de uso dos recursos naturais foram adaptadas das cartas temáticas do projeto RADAMBRASIL, de 1983 (Folha SE-22, na escala de 1:1.000.000). Foi necessário utilizar o software MicrostationV8 para modificar a unidade métrica das bases vetoriais do IBGE (de quilômetros para metros) e converter estes arquivos para o formato “.dxf”, que tanto os softwares da ESRI quanto o SPRING aceitam.

A partir de imagens do sensor TM do satélite Landsat5 (1985 e 2008) e com o auxílio de informações vetoriais do IBGE (drenagem e curvas de nível), identificou-se o limite da Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima e, a partir deste, todos os Planos de Informação da área de estudo foram recortados.

As categorias de uso das terras e cobertura vegetal foram definidas a partir do estabelecimento de uma chave de interpretação para as imagens TMLandsat5, observando principalmente a cor (resposta espectral dos alvos) e a textura. São elas: 1. Mata/Cerradão, que são as matas ciliares e de galeria e às áreas de Cerrado mais denso, que correspondem às áreas de reserva ou remanescentes); 2. Cerrado/Pastagem, correspondente à áreas vegetadas que apresentam cor e textura menos intensa que às áreas anteriores, interligadas a áreas de pasto (pastagem sombreada) e de pasto cultivado (alguns com o uso de irrigação) para silagem; 3. Cultura/Solo exposto, categoria criada para identificar áreas de formato na maioria das vezes geométrico e que se encontram sem vegetação, uma vez que a imagem foi obtida no auge do período seco na região, o que leva a crer que, no período das águas, estas áreas destinam-se ao cultivo de cana, milho, feijão e arroz ou à canaviais utilizados para alimentar o gado no período de estiagem; 4. Pastagem, principal categoria em termos de área de abrangência, representada por áreas com resposta espectral em tons suaves e textura mais lisa; 5. Áreas Úmidas/ Encostas Úmidas, representando áreas que oferecem uma resposta espectral de tonalidades mais escuras, evidenciando a grande presença de água no solo ou sombras provocadas pelas encostas na Serra dos Talhados, principalmente.

Optou-se por não criar uma categoria específica para corpos d'água, visto que nenhum curso apresenta largura maior que 20 metros, fazendo com que não seja possível visualizá-los em imagens com resolução espacial de 30 metros. Além disso, as poucas represas identificadas na área de estudo são pequenas e de pouca expressão.

No processamento das imagens, foi utilizado o software IMPIMA 5.0.2 para converter as imagens do formato .tiff para o formato .spg (SPRING) e a ferramenta “Registro” para o georeferenciamento destas imagens a partir da base hidrográfica do IBGE (registro em tela) do software SPRING 5.0.2. Ainda no SPRING 5.0.2, cada banda utilizada (3, 4 e 5) recebeu um tratamento de realce e contraste para, assim, montar a composição colorida 5G,3R,4B para a imagem de 1985 e 5R,4G,3B para as imagens de 2002 e 2008. A partir das ferramentas de Classificação do SPRING 5.0.2, fez-se a classificação supervisionada das imagens que deram origem às cartas de uso da terra e cobertura vegetal de 1985, 2002 e 2008, permitindo estabelecer um padrão de evolução destas variáveis.

Ainda no SPRING 5.0.2, foram elaborados os mapas de Geologia, Geomorfologia, Tipos de Solos (com o uso da base do RADAMBRASIL e das análises de solo coletados em campo), Vegetação Original, Avaliação do Relevo e Capacidade de Uso dos Recursos Naturais Renováveis; tendo como base dados do RADAMBRASIL, seguindo as curvas de nível para delimitar as classes. Apesar de genéricos (visto a escala em que foram elaborados), estes mapas traduzem com satisfatória fidelidade as características observadas em campo, além de servirem de base para a elaboração das cartas de fragilidade ambiental e aptidão de uso.

Esporadicamente, utilizou-se os softwares Idrisi32, ArcView3.2 e ArcGis9.3 para tratar alguma imagem ou informação vetorial e convertê-la para formatos aceitos pelo Spring.

Com o uso de imagem do satélite SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) foram geradas isolinhas (curvas de nível) e o modelo numérico do terreno (grade retangular), que permitiram que fossem elaboradas as cartas de hipsometria, declividade e exposição de vertentes a partir das ferramentas “Geração de Isolinhas”, “Fatiamento” e “Declividade” do menu MNT do SPRING 5.0.2.

Para obter a Carta de Fragilidade Natural foram cruzados os mapas de declividade e tipos de solo, com cinco classes estabelecidas: 1. Muito baixa; 2. Baixa; 3. Média; 4. Alta; 5. Muito Alta. A partir do mapa de uso da terra e cobertura vegetal de 2008 foi elaborado um mapa mostrando o grau de proteção que estes usos fornecem ao solo.

Todas as cartas e mapas foram finalizados no SCARTA e gerados na escala de 1:50.000 em papel A3. Em escritório, também foram processados e analisados os dados de precipitação, vazão e balanço hídrico do solo que, juntos, definem as características hidrológicas da bacia em estudo.

A escolha das propriedades onde seriam instalados os pluviômetros procurou seguir alguns critérios, entre eles os métodos dos polígonos de Thiessen e das isoietas descritos por Tucci (1993), segundo os quais uma rede pluviométrica com aparelhos bem distribuídos no espaço é utilizada para traçar triângulos (triangulações) entre estes aparelhos e, posteriormente, identificar linhas de igual valor de precipitação entre estes pluviômetros (isoietas), permitindo o conhecimento da distribuição espacial das chuvas.

Neste sentido, efetuou-se dois tipos de análises: 1. Análise de série histórica dos dados pluviométricos das estações da ANA do município de Itapagipe e entorno (quadro 04); 2. Análise da distribuição sazonal e espacial das precipitações no período entre outubro de 2007 e dezembro de 2008, no qual o projeto foi desenvolvido (rede pluviométrica instalada, fig. 06, pág. 57).

Como não se dispunha de dados suficientes para uma série histórica de 30 anos, período ideal para análises pluviométricas, optou-se por trabalhar com médias anuais para a composição do mapa de isoietas no software ArcView3.2 (ferramenta 3D Analyst) e, a partir destas médias, proceder conforme metodologia descrita por Mariano (2005, p.64) para estabelecer categorias para o comportamento da precipitação anual com o uso de médias regionais (baseada nos estudos de Monteiro (1971) apud Sant'Anna Neto (1995):

- a) anos secos: pluviosidade excepcionalmente reduzida, com desvios negativos superiores a 30% da média normal. No caso da Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima, valores inferiores a 1029 mm;
- b) ano tendente a seco: pluviosidade ligeiramente reduzida, com desvios negativos oscilando entre -30 e -15% (valores entre 1028 e 1250 mm);
- c) ano normal: pluviosidade normal, com desvios entre -15 e +15% em relação à média regional (valores entre 1251 e 1690 mm);
- d) ano tendente a chuvoso: pluviosidade ligeiramente elevada, com desvios positivos entre 15 e 30% em relação à média regional (valores entre 1690 e 1910 mm);

e) ano chuvoso: pluviosidade excepcionalmente elevada, com índices positivos superiores a 30% (valores acima de 1911 mm).

| Estação ANA | Município              | Latitude | Longitude | Altitude |
|-------------|------------------------|----------|-----------|----------|
| 1949007     | Itapagipe              | 670494   | 7799582   | 400      |
| 1949005     | Comendador Gomes       | 700844   | 7820791   | 557      |
| 1949004     | Campina Verde          | 659149   | 7838462   | 525      |
| 2048102     | Frutal                 | 715174   | 7784790   | 516      |
| 1949000     | São Francisco de Sales | 630915   | 7808314   | 400      |
| 2049001     | Paulo de Faria (SP)    | 667350   | 7784021   | 444      |
| 2049072     | Fronteira              | 687857   | 7756041   | 458      |
| 1950000     | Iturama                | 584704   | 7818771   | 458      |
| 1948005     | Prata                  | 755847   | 7870048   | 722      |
| 1948007     | Campo Florido          | 754180   | 7812080   | 570      |

**Quadro 04.** Localização das estações pluviométricas da ANA utilizadas como base para os estudos climatológicos.

**Organizado por:** MARTINS, A. P./2008

A partir destes parâmetros, definiu-se a categoria na qual o ano hidrológico 2007/2008 para a área de estudo se enquadra. A distribuição espacial das precipitações foi feita considerando-se as estações que mais se destacam na região: o verão, de outubro de 2007 a março de 2008, período que apresenta temperaturas mais elevadas e maiores índices de precipitação; e o inverno, de abril a setembro de 2008, período de estiagem, com baixa precipitação, temperaturas amenas e umidade relativa do ar baixa. Os reflexos destas precipitações foram comparadas aos dados de vazão do Ribeirão Cachoeira de Cima cedidos pela COPASA, permitindo a construção do hidrograma da bacia, evidenciando a relação chuva/deflúvio.

Quanto aos dados de temperatura, como não existem dados concretos e confiáveis, estes foram estimados utilizando-se a equação de regressão para estimativa de temperatura para o Estado de Minas Gerais, que utiliza coeficientes que são multiplicados pela latitude, longitude e altitude da localidade, simplificada em um programa em Microsoft Excel2003 de elaboração própria. Com os dados de temperatura e precipitação, calculou-se o balanço hídrico do solo por meio de metodologia proposta por Thorntwaite e Mather (1955), sistematizada em um programa elaborado por Rolim e Sentelhas (2002) no Microsoft Excel. Dessa forma, foi possível calcular a Evapotranspiração potencial, os excedentes e déficits hídricos, parâmetros que foram espacializados com o uso da ferramenta “3D Analyst” do software ArcView 3.2.

Para o cálculo do balanço hídrico foram utilizados valores diferenciados de Capacidade de Armazenamento (CAD), seguindo as características de cada tipo de solo identificados em

campo, de acordo com valores calculados por Spera et. al.1999 e ratificados por Mariano e Scopel (2005). Para as áreas cobertas por Neossolos Quartzarênicos foi utilizado um valor de 67,7mm para profundidade de até 2m, categoria que possui a mais baixa capacidade de armazenamento por ser predominantemente arenosa e apresentar baixa retenção de água, o que faz com que uma pequena quantidade hídrica seja armazenada pelo solo e utilizada pelas plantas (SPERA et. al. 1999, p. 11). Para áreas que apresentam Latossolos, utilizou-se CAD de 318,8mm; para Nitossolos, 677,4mm e, para Argissolos (Podzólicos), 150 mm (até 2 metros de profundidade). Esta diferenciação permite identificar, mesmo sem medições concretas, em que pontos da bacia hidrográfica a absorção e retenção de água no solo é maior, além de indicar onde o escoamento superficial é possivelmente mais intenso.

Nas análises hidrológicas realizadas, considerou-se apenas valores simplificados de precipitação, evapotranspiração potencial e vazão média, máxima e mínima para caracterizar a relação chuva/deflúvio aferida no ponto de medição de vazão próximo à foz do Ribeirão Cachoeira de Cima. Assim, foi possível ter uma noção geral de todos os processos de entrada e saída de água em uma área de 210Km².

Os dados de vazão aferidos em campo foram utilizados para a construção, em Microsoft Excel2003, do hidrograma da bacia e da curva-chave, que evidencia o comportamento das vazões em diferentes níveis apresentados pelo curso d'água (cotas), que variam de acordo com as precipitações e os consequentes processos de escoamento. A curva-chave permite, também, estimar as vazões médias a partir de suposição de cotas específicas (previsão de vazão).

### **3.4. Adequabilidade entre diagnóstico socioambiental e preceitos do planejamento estratégico**

Partindo das análises resultantes do processo de avaliação ambiental integrada da Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima e da caracterização da dinâmica climato-hidrológica no ano hidrológico base de 2007/2008, foi possível identificar as áreas onde o ambiente apresenta maior fragilidade e que devem ser destinadas exclusivamente à proteção de cursos d'água, nascentes e encostas; e áreas de fragilidade alta ou média, cujos usos da terra devem ser restringidos e desenvolvidos seguindo técnicas sustentáveis de manejo e áreas de baixa fragilidade, que se destinam aos mais variados usos, desde que manejados corretamente (cartas de fragilidade e aptidão de uso). Assim, foram traçadas metas baseadas nos preceitos

do Planejamento Estratégico, indicando os cenários tendenciais (caso nenhuma intervenção seja feita) e os cenários possíveis, alcançados com a implementação das ações propostas. Entre estas ações, que podem ser observadas no item 7 desta dissertação, estão a adequação à legislação ambiental e de recursos hídricos do Estado de Minas Gerais, o estabelecimento de critérios para o uso das terras e o apontamento sobre quais usos são mais adequados para cada área.

Com base em exemplos que deram certo, como o Projeto “Conservador das Águas” da Prefeitura do Município de Extrema (MG), inspirado no programa “Produtor de Água” da Agência Nacional de Águas e de projetos de recuperação de Áreas de Preservação Permanente desenvolvidos em diferentes municípios brasileiros, foi proposto o projeto “Cachoeira Legal”, visando identificar e intervir positivamente em todas as áreas que, por lei, devem ser destinadas à Preservação Permanente na Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima e que sugere à Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Turismo de Itapagipe que seja oferecida uma compensação em dinheiro aos produtores rurais que conservam suas APPs e Reservas Legais (seguindo o exemplo de Extrema), além de suporte técnico para que os proprietários implementem técnicas de manejo sustentável na produção de leite (principal atividade econômica da área) e na produção de “roçados” de subsistência, cana e capim para alimentação do gado no período de estiagem.

Os projetos visam, ainda, identificar quais áreas apresentam solos com maior capacidade de infiltração e armazenamento de água para serem conservadas, possibilitando que esta água seja gradativamente escoada em subsuperfície para a rede de drenagem, regularizando as vazões ao longo do ano, e quais áreas apresentam solos mais frágeis e que fornecem sedimentos que acabam assoreando os cursos d'água, propondo formas de manejo a fim de reduzir este transporte de sedimentos.

Embora a vontade da equipe executora deste projeto fosse de implementar as ações propostas, verificando sua eficiência, não há tempo hábil para isto, visto o período de pesquisa para dissertação de mestrado ser de apenas 02 anos. Mesmo assim, pretende-se acompanhar a implementação, caso o poder público municipal abrace estas idéias.

#### **4. AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA DA BACIA DO RIBEIRÃO CACHOEIRA DE CIMA.**

Atividades de planejamento, uso e gestão são possíveis apenas quando se parte de uma realidade conhecida. Suposições vãs sobre áreas hipotéticas, na maioria das vezes, resultam em modelos inaplicáveis. A fase de diagnóstico das características sócioambientais é fundamental a qualquer processo de planejamento e gestão de recursos hídricos no nível da bacia hidrográfica. Neste capítulo, propõe-se uma abordagem que transcende o puro e simples levantamento de características físicas, socioeconômicas e ambientais. O que se propõe aqui é a realização de uma avaliação ambiental integrada, considerando a bacia hidrográfica como um todo, com seus elementos fortemente interligados, sendo que qualquer alteração em um destes componentes pode alterar todos os outros em uma espécie de reação em cadeia. Assim, não serão abordados separadamente aspectos como geologia, geomorfologia, solos, etc. como nas abordagens clássicas.

##### **4.1. Caracterização geral: meio físico**

A área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima (BHRCC), com uma área de 210 Km<sup>2</sup> é formada por 04 sub-bacias, utilizadas como unidades de análise (figura 10): a bacia do Córrego dos Talhados, principal afluente do Ribeirão Cachoeira de Cima, com 82 Km<sup>2</sup>; a bacia do Ribeirão Três Barras que, junto com o Córrego dos Talhados forma o Ribeirão Cachoeira de Cima, com 11.5 Km<sup>2</sup>; a bacia do Córrego da Aroeira, que desagua no Ribeirão Cachoeira de Cima quando este já está constituído, com 20.5 Km<sup>2</sup>; e a bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima propriamente dita, com 96 Km<sup>2</sup> de extensão a partir da junção das três bacias anteriormente citadas. De acordo com a classificação de Straller a bacia apresenta canais de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordem, apresentando uma densidade de 0,6 Km/Km<sup>2</sup> (600 metros de canais de drenagem para cada quilômetro quadrado), conforme equação definida por Horton (1945) apud Christofolletti (1980), apresentando um padrão dendrítico (CHRISTOFOLETTI, 1974).

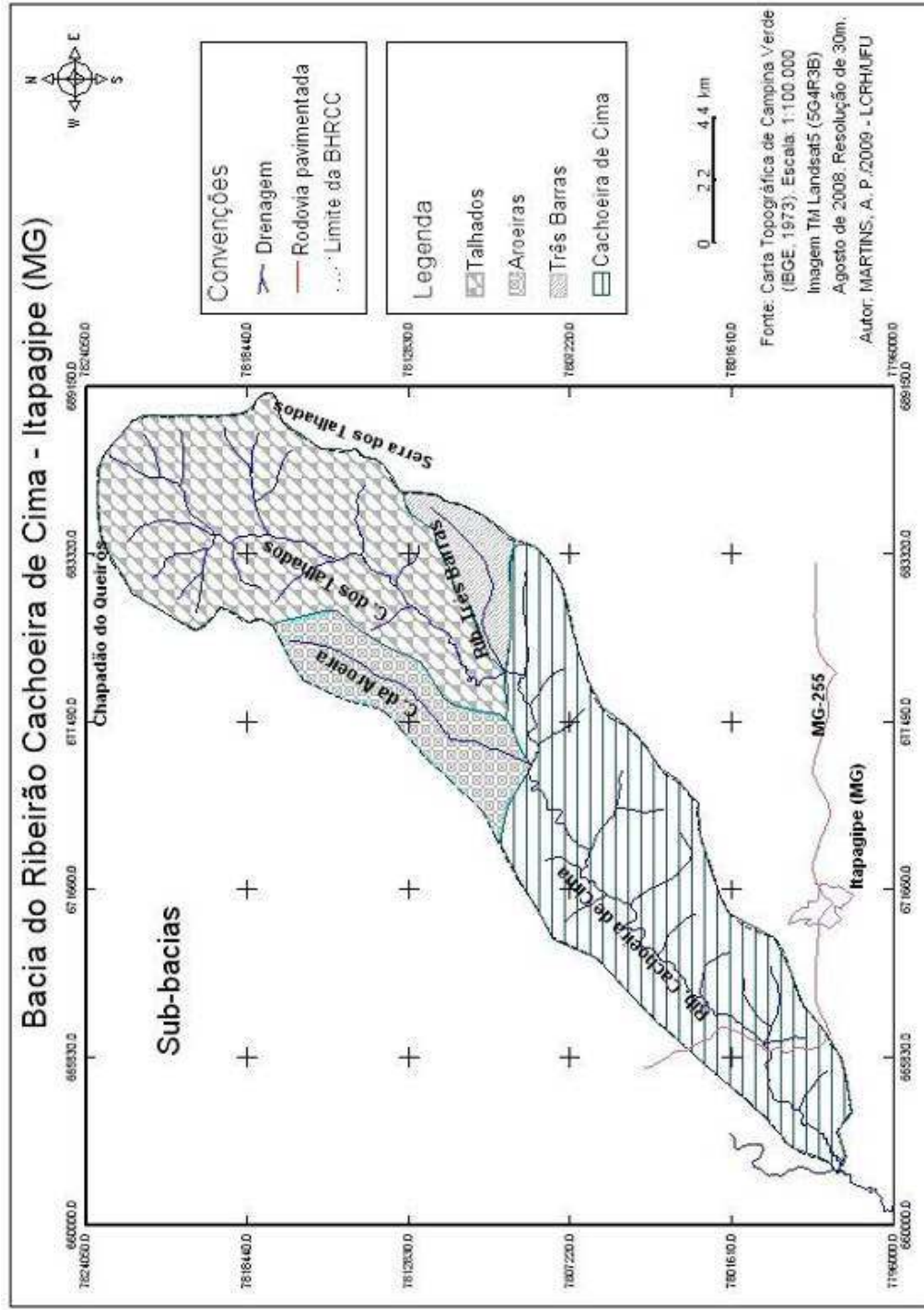


**Figura 10.** Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima, Itapagipe (MG): Sub-bacias.

A BHRCC está situada em uma região onde se observam três litoestratigrafias diferentes: as formações Marília e Adamantina (Grupo Bauru) e a Formação Serra Geral (Grupo São Bento). Estas unidades litológicas foram identificadas no RADAMBRASIL (BRASIL, 1983) e no artigo de Hasui (1969) e confirmadas em trabalhos de campo por meio de coleta de amostras e fotografias, que posteriormente foram comparadas a exemplares destas estruturas para se ter a confirmação (figura 12).

As principais nascentes do Córrego dos Talhados localizam-se na Serra dos Talhados e no Chapadão dos Queirós, áreas com altitudes superiores a 650 m e representadas por relevo residual (ver mapa geomorfológico, figura 13 e figura 14) de topo aplainado, provavelmente testemunho de superfície aplanada, limitada por escarpas erosivas (BRASIL, 1983).

Estas áreas estão associadas à argilitos, arenitos grosseiros e conglomerados da Formação Marília (Figuras 11, 15 e 16), datados do período cretáceo superior (entre 80 e 70 milhões A. P.), com espessura inferior a 100 metros na região (BRASIL, 1983) e que recobrem 13,8% da área de estudo.



**Figura 11.** Escarpas erosivas que compõem áreas de relevo residuais na Serra dos Talhados pertencentes à Formação Marília.

**Autor:** MARTINS, A. P./2007.

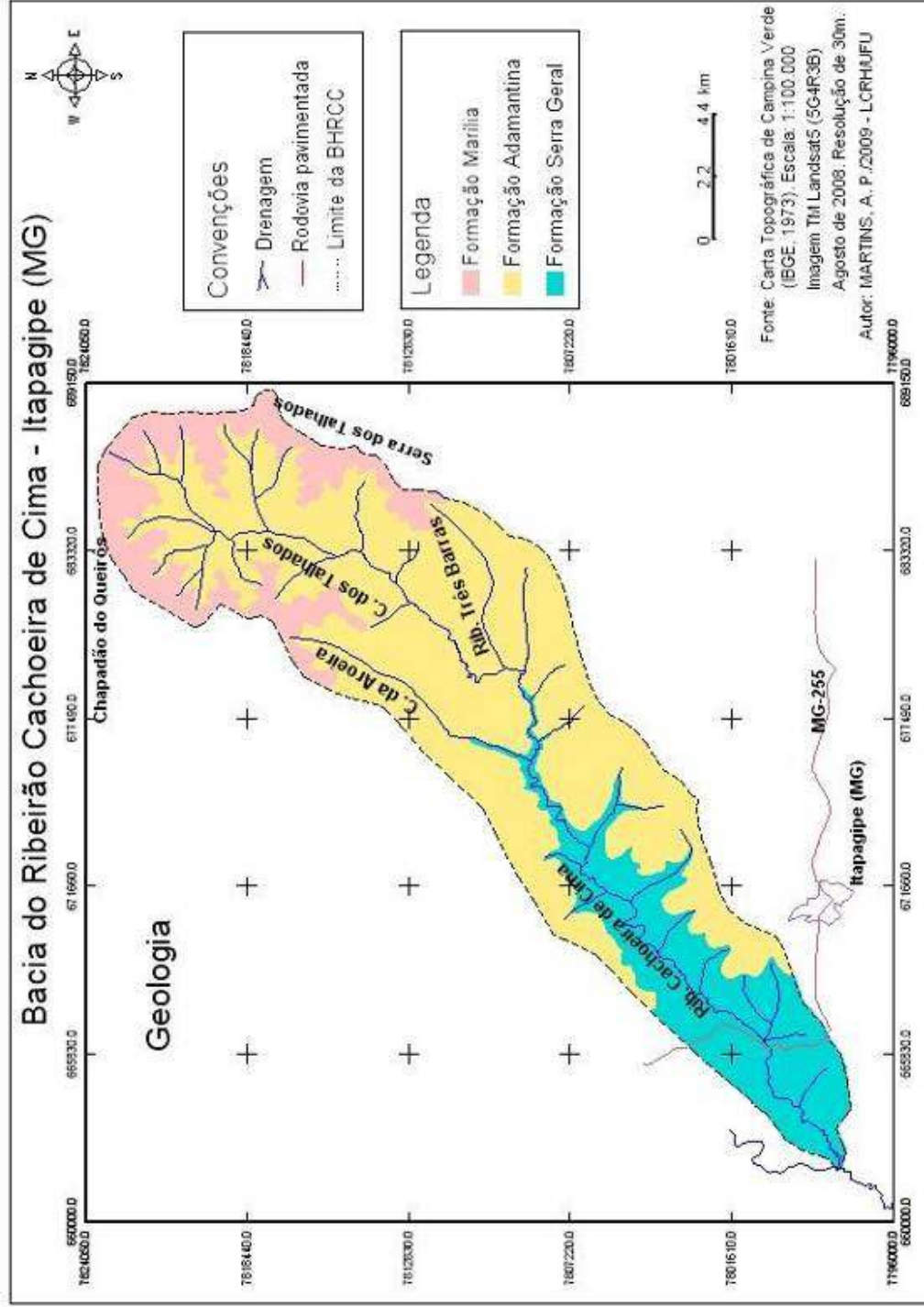


**Figura 12.** Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima, Itapagipe (MG): Geologia.

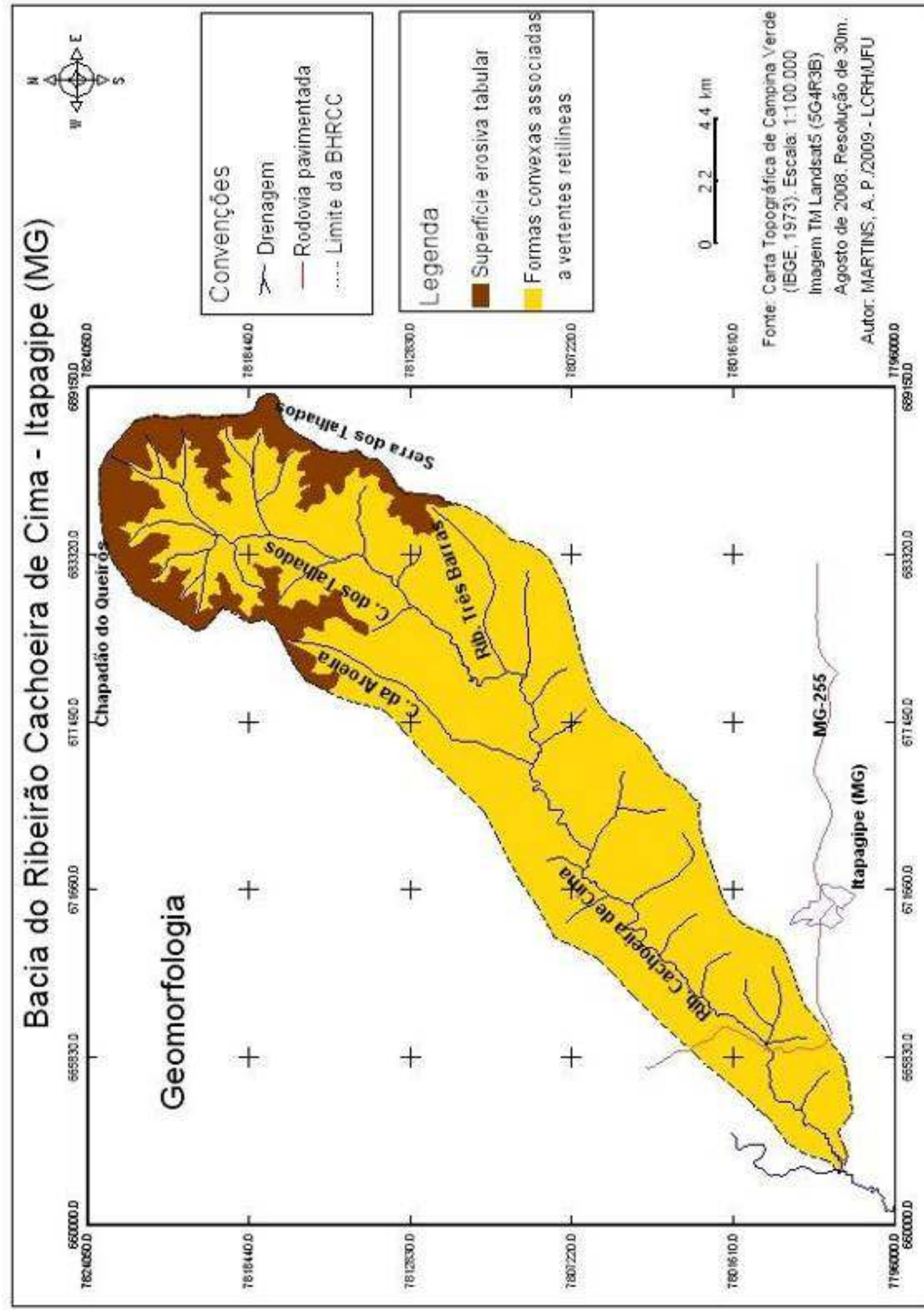


**Figura 13.** Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima, Itapagipe (MG): Geomorfologia.



**Figura 14.** Fundo de vale plano rodeado por serras residuais no alto curso do Córrego dos Talhados. As áreas de fundo de vale são as mais utilizadas para agricultura e pastoreio. É possível observar a degradação das matas ciliares e a presença de processos erosivos.

**Autor:** MARTINS, A. P./2007.

Os tipos de solos associados a estas litologias, em condições de relevo mais acidentado (maiores declividades) são classificados, conforme o RADAMBRASIL e com nomenclatura atualizada (EMBRAPA, 2006), como Neossolos Quartzarênicos (topos das escarpas) e Argissolos vermelho-amarelo (base das encostas), com alto teor de areias, conforme verificou-se em análises granulométricas realizadas nas amostras 17 e 18 (tabela 01 e mapa de solos, figura 17). Os Neossolos Quartzarênicos correspondem a 6,5% da área da bacia e, os Argissolos vermelho-amarelo, a 7,3%.

**Tabela 01.** Análise granulométrica de amostras de solo coletadas a 20 cm de profundidade no alto curso da BHRCC.

| Amostra | Argila (%) | Silte (%) | Areia fina (%) | Areia Grossa (%) | Areia total (%) |
|---------|------------|-----------|----------------|------------------|-----------------|
| 17      | 19,6       | 4,4       | 37,7           | 38,3             | 76              |
| 18      | 22,6       | 1,1       | 50,5           | 25,8             | 76,3            |

A amostra 17 foi coletada em área de Neossolo Quartzarênico e, segundo Brasil (1983) apresenta-se associada a áreas de Latossolo vermelho-amarelo, com perfil pouco profundo. A capacidade de armazenamento de água em um perfil de 2m (baseado em Spera et. al (1991),

com ratificações de Mariano e Scopel (2005)) é de 67,7mm, o que torna a quantidade de água armazenada a ser utilizada pelas plantas reduzida, o que explica em partes a má qualidade do pasto formado nestas áreas (figura 18). Já a amostra 18 (figura 19) foi coletada em área de acumulação classificada por Brasil (1983) como de solos Podzólicos vermelho-amarelo, Argissolos vermelho-amarelo pela nova classificação (EMBRAPA, 2006). O maior teor de argila e de areia fina evidenciam um maior grau de evolução destes solos em relação ao anterior.

Ambas amostras apresentam elevado grau de susceptibilidade à erosão por apresentarem partículas pouco coesas e localizarem-se em áreas de declividade mais acentuada, o que favorece a formação de processos erosivos, que são agravados pelo manejo incorreto das terras utilizadas para produção nestas áreas.



**Figuras 15 e 16.** Amostras das principais litologias encontradas na Serra dos Talhados e Chapadão dos Queirós: a esquerda, arenito de granulação grosseira em estágio de intemperismo e a direita argilito de granulação média/fina. Ambos dão origem a solos com alto teor de areias.

**Autor:** MARTINS, A. P./2007.

De acordo com Brasil (1983), estas áreas originalmente correspondem a uma zona de contato entre Savanas e Floresta Estacional Semidecidual (13,8% da área de estudo), com espécies arbóreas popularmente conhecidas como Muxoxo, Jequitibá, Jutaí, Breu e Copaíba, entre outras (veja mapa de Vegetação Natural, figura 22). Atualmente, o alto curso do Córrego dos Talhados apresenta-se coberto por pastagens associadas a diversas feições de cerrado, desde campos sujos até áreas de cerradão (ver item 4.2, que aborda exclusivamente a evolução do uso da terra e cobertura vegetal). Duas estações pluviométricas encontram-se instaladas nestas áreas de relevo residual, que apresentam os maiores volumes de chuvas, conforme pode ser visto no item 05 desta dissertação.

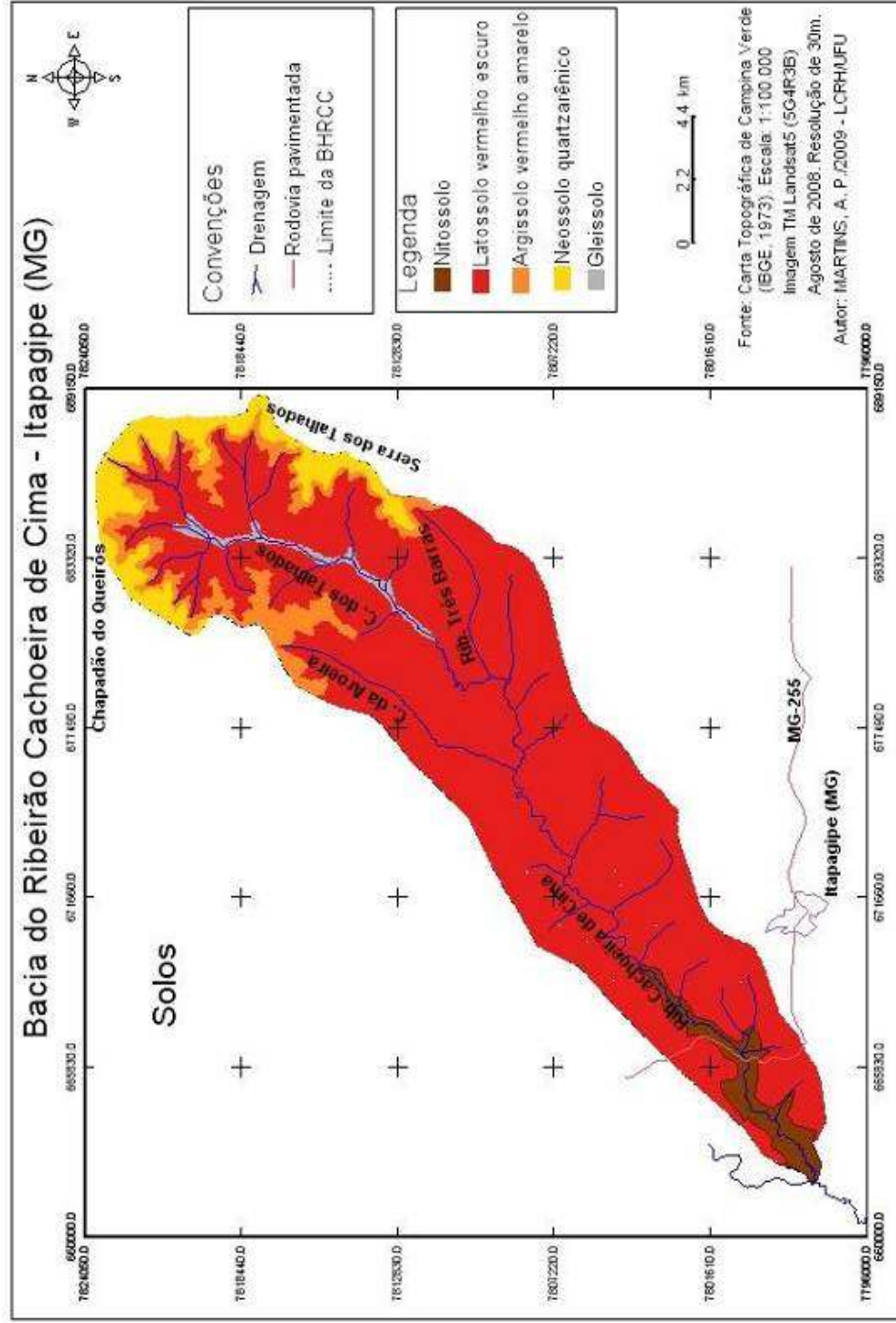


**Figura 17.** Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima, Itapagipe (MG): Solos.



**Figura 18.** Área de campo limpo no topo da Serra dos Talhados. A grande quantidade de areias, baixa fertilidade e pequena capacidade de retenção de água destes solos não permite a formação de bons pastos.

**Autor:** MARTINS, A. P./2008.

É possível identificar em pontos específicos da bacia a presença de algumas veredas, embora não tenham sido identificadas no mapeamento do RADAMBRASIL áreas significativas de solo hidromórfico (Gleissolos); apenas algumas manchas que margeiam o Córrego dos Talhados no alto curso da bacia, em um fundo de vale plano ocasionalmente alagado no período chuvoso (1,3% da área da bacia). A figura 20 mostra a área onde se localiza a primeira nascente do Córrego dos Talhados, a pouco mais de 200m da BR 364, onde é possível observar uma das poucas veredas encontradas.

Quanto às propriedades rurais e suas atividades econômicas, predominam fazendas de pequeno e médio porte, de estrutura familiar e de produção de leite, com pequenos roçados de subsistência nos fundos de vale (arroz e milho, principalmente), e pequenas áreas plantadas com cana-de-açúcar e capim “anapiê”, utilizados para alimentar o gado no período de estiagem. Praticamente todas as propriedades possuem tanque de resfriamento e o leite é coletado a cada 02 ou 03 dias (dependendo da produção) pelas cooperativas de leite do município de Itapagipe (item 4.4).



**Figura 19.** Área de pastagem localizada na baixa vertente da Serra dos Talhados, que apresenta solos um pouco mais profundos e com maior capacidade de retenção de água (argissolo vermelho-amarelo).  
**Autor:** MARTINS, A. P./2008.



**Figura 20.** Nascente do Córrego dos Talhados.  
**Autor:** MARTINS, A. P./2008.

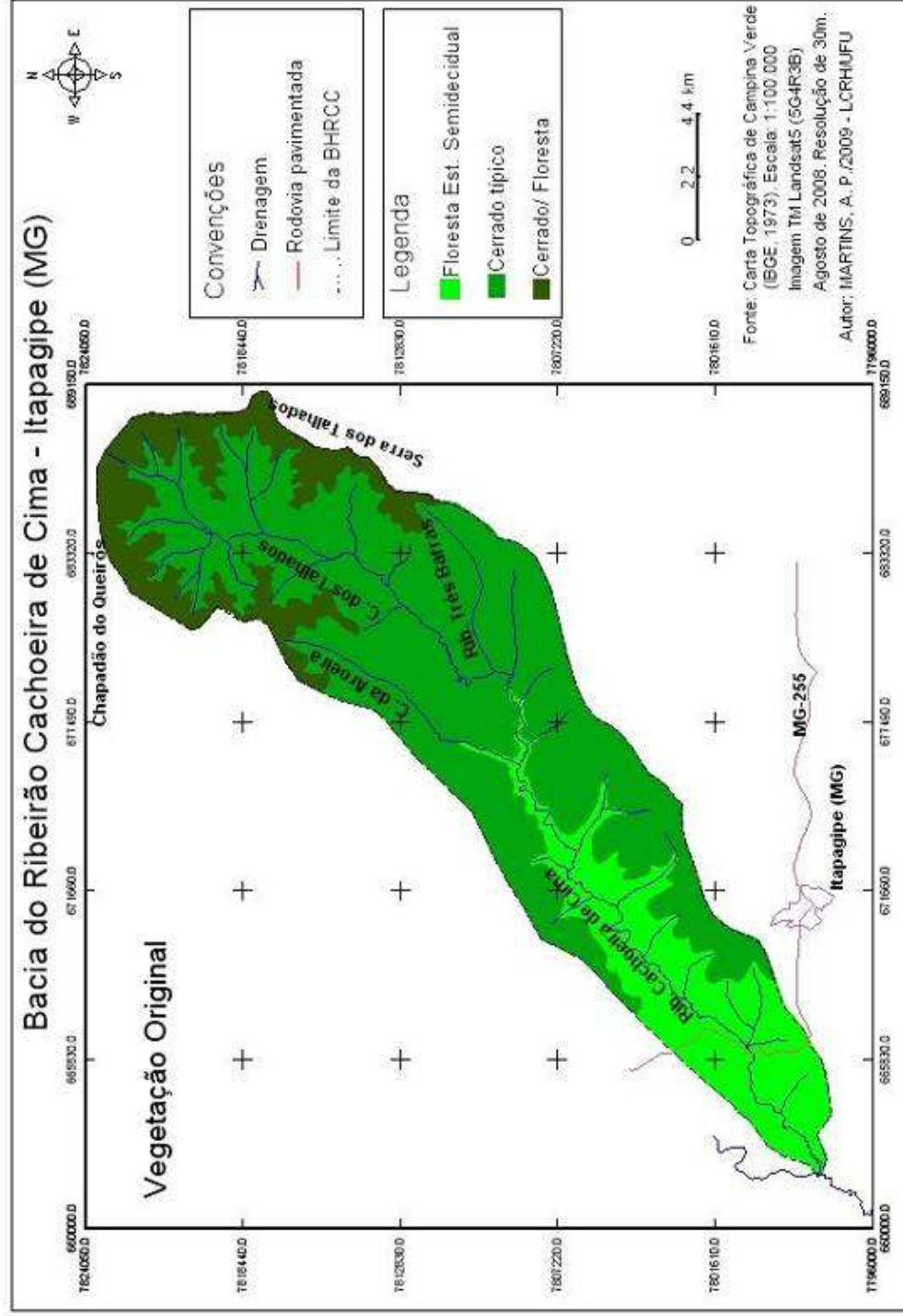


**Figura 21.** Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima, Itapagipe (MG): Vegetação natural

Em uma camada inferior à representada pela Formação Marília, encontram-se elementos atribuídos à Formação Adamantina, que recobre 64% da BHRCC, entre as cotas de 550 e 650m, caracterizados por um pacote sedimentar tendo em sua porção inferior um conglomerado basal seguido por uma alternância cíclica de camadas areníticas, lamíticas, conglomeráticas, siltíticas, argilíticas e carbonáticas (BRASIL, 1983). Recobre a Formação Serra Geral que, por sua vez, é recoberta pela Formação Marília, não sendo possível a identificação de exemplares rochosos desta formação, apenas o material inconsolidado originado a partir dela.

O relevo nestas áreas é representado por formas convexas, classificado como medianamente dissecado e com intensidade de aprofundamento da drenagem muito fraca (BRASIL, 1983). A desagregação do material originado na Formação Adamantina (idade aproximada de 80 milhões de anos) origina extensos e espessos areais, responsáveis pelo assoreamento de boa parte dos cursos d'água que correm nestes terrenos, em especial na bacia do Córrego da Aroeira e do Córrego dos Talhados (figura 22).



**Figura 22.** Deposição de grande quantidade de areia no leito do Córrego da Aroeira.  
**Autor:** MARTINS, A. P./2008.

Não foram feitos cálculos e medidas de material particulado em suspensão, até porque este não era um dos objetivos da pesquisa, mas acredita-se que boa parte dos sedimentos (areias) acumulados na calha do Ribeirão Cachoeira de Cima, próximos à área de captação de água da COPASA sejam provenientes destas áreas de solo predominantemente arenoso do alto e médio curso da bacia (figuras 23 e 24).



**Figura 23.** Vertedouro da barragem de captação da COPASA no dia 21 de abril de 2008, após 03 dias de precipitações com total acumulado médio de mais de 80mm. Observe o volume de água (aproximadamente 120% maior do que o volume médio) e a quantidade de sedimentos carregados pela água.

**Autor:** MARTINS, A. P./2008.

Nas áreas com origem na Formação Adamantina, predominam os Latossolos vermelho-escuro de textura média (BRASIL, 1983) a arenosa, com teor de argila maior em áreas de fundo de vale, correspondendo a 80.9% da área de estudo. Das amostras de solo analisadas (tabela 02), duas correspondem a este tipo específico de solo:

**Tabela 02.** Análise granulométrica de amostras de solo coletadas a 20 cm de profundidade, no médio curso da BHRCC.

| Amostra | Argila (%) | Silte (%) | Areia Fina (%) | Areia Grossa (%) | Areia total (%) |
|---------|------------|-----------|----------------|------------------|-----------------|
| 07      | 26,50      | 1,20      | 58,50          | 13,80            | 72,30           |
| 13      | 24,30      | 1,60      | 57,30          | 16,80            | 74,10           |
| 15      | 29,40      | 7,10      | 54,30          | 9,20             | 63,50           |

Nota-se que as amostras 07 (bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima) e 13 (Divisor entre as bacias dos Córregos da Aroeira e dos Talhados) apresentam porcentagens texturais muito semelhantes, evidenciando a pouca variação das características físicas deste tipo de solo, bastante estável. Já a amostra 15 foi obtida em uma área de acumulação (figura 25), em um fundo de vale plano na bacia do Córrego dos Talhados, caracterizados como Gleissolos. Esta classificação não aparece no mapa exploratório de solos do RADAMBRASIL, pois é uma manifestação pontual, não representada pela escala de 1:1.000.000 do projeto. Os teores de argila e silte são um pouco maiores do que nas duas amostras anteriores, obtidas em áreas com formações semelhantes, mas sem a ação intensa da água em seu processo de evolução.



**Figura 24.** Bancos de areia formados aproximadamente 200 metros à montante da captação de água da COPASA, com sedimentos provenientes das áreas de cobertura sedimentar.  
**Autor:** MARTINS, A. P./2008.

No que diz respeito à vegetação original, que pode ser melhor compreendida no mapa da figura 21 baseado em dados do RADAMBRASIL, esta porção da bacia corresponde à áreas típicas de Savana, atualmente coberta por pastagens, que recobrem 64,12% da área de estudo. Quanto às categorias de uso da terra e cobertura vegetal, estas são bastante diversificadas,

embora predomine, assim como em toda área de estudo, as áreas de pastagens, em alguns pontos associadas à feições de cerrado degradado. A atividade econômica predominante é a produção de leite, com algumas áreas de agricultura e áreas de vegetação bastante reduzidas, o que acelera processos de erosão e assoreamento dos cursos d'água.



**Figura 25.** Área de acumulação em fundo de vale, bacia do Córrego dos Talhados.  
**Autor:** MARTINS, A. P./2008.

No baixo curso da BHRCC, à medida que o potencial de escavação do Ribeirão aumenta, são expostas feições da Formação Serra Geral, componente do Grupo São Bento e representada por basaltos (figura 26) que, na junção de diferentes camadas de derrames, formam saltos e cachoeiras que dão nome ao Ribeirão. Segundo Brasil (1983, p.216):

Na rodovia MG-255, 7 Km a SE do município de Itapagipe-MG, observou-se uma seção contendo na base basalto escuro, afanítico uniforme, compacto, fraturado, sobreposto por basalto microcristalino, coloração esverdeada, pouco alterado, quebradiço, com amígdalas preenchidas por calcita e nontronita, indicativa da parte superior do derrame. Acima desta zona, notificam-se ocorrência de basaltos microcristalinos, cores esverdeadas, que devido talvez a fraturamentos horizontais mostram aspecto “estratificado” ou “placóide”. No topo da encosta aparecem ainda ocorrências de basaltos alterados, amarronzados, na qual se percebem lentes intertrapeadas de arenito róseo, granulação fina, cimento esbranquiçado e grãos de quartzo arredondados. A referida exposição caracteriza 2 eventos sucessivos de lavas basálticas, baseadas que foram no critério de campo que assegura ser uma zona amigdaloidal indicativa de topo de derrame, além da verificação in loco de lentes intertrapeados.



**Figura 26.** Corte na MG-255 evidenciando uma amostra de basalto de mais de 6 metros, expondo 2 derrames sucessivos e que ajudam a contar a história litológica da região.

**Autor:** MARTINS, A. P./2007.

Esta formação pode ser identificada em todo o baixo curso, até cotas em torno de 500m de altitude. Nesta porção, predominam áreas de Floresta Estacional Semidecidual, conhecidas popularmente como “Matas Secas”, que já foram bastante degradadas, aparecendo em áreas onde as características do terreno impedem a ocupação e, principalmente, próximas à calha do Ribeirão Cachoeira de Cima (figura 27), onde há o afloramento do basalto (22% da área). As demais áreas são ocupadas por pastagens e cultivos diversos, visto que os solos argilosos são bastante valorizados pelos produtores rurais. A partir do mapa de tipos de solo do RADAMBRASIL e de análises de campo e em laboratório, identificou-se, em cotas inferiores a 500m (4% da área de estudo), material inconsolidado com características de Nitossolos

Vermelhos Eutróficos (Terra Roxa Estruturada, pela classificação antiga). Em áreas próximas aos cursos d'água apresentam-se pedregosos e com alto teor de argila. Das amostras coletadas, três destas áreas foram analisadas:

**Tabela 03.** Análise granulométrica de amostras de solo coletadas a 20 cm de profundidade, no baixo curso da BHRCC.

| Amostra | Argila (%) | Silte (%) | Areia Fina (%) | Areia Grossa (%) | Areia total (%) |
|---------|------------|-----------|----------------|------------------|-----------------|
| 01      | 44,00      | 35,10     | 12,40          | 8,50             | 20,90           |
| 02      | 34,30      | 11,30     | 36,90          | 17,50            | 54,40           |
| 04      | 35,40      | 13,90     | 19,50          | 31,20            | 50,70           |

O grande teor de silte observado na amostra 01 deve-se ao fato da amostra ter sido retirada em área de solo ainda em formação, pouco evoluído. A textura argilosa e médio-argilosa, aliadas a outras características, conferem aos Nitossolos capacidade de armazenamento (CAD) muito alta, de 677,4mm (Spera et. al, 1991, com cálculos ratificados por Mariano e Scopel, 2005) transformando-os nos grandes reservatórios de água da bacia, já que apresentam maior resistência à erosão. A amostra 02 enquadra-se na categoria de “Latosolo Vermelho Escuro”, e foi coletada no divisor de águas das bacias do Ribeirão Cachoeira de Cima e do Córrego Lajeado.



**Figura 27.** Em primeiro plano, fundo de vale plano e, em segundo plano, estrutura característica de áreas basálticas, evidenciando níveis de derrame.

**Autor:** MARTINS, A. P./2008.

Quanto à geomorfologia, observam-se camadas diferenciadas por derrames distintos que compõem a Formação Serra Geral nesta porção da bacia, e um pouco mais encaixados do que no médio curso, mas ainda de fundo plano (figura 27). O Ribeirão Cachoeira de Cima flui sempre sobre o embasamento basáltico e, na ruptura destas estruturas, apresenta pequenas cachoeiras (figura 28).



**Figura 28.** Uma das dezenas de pequenas quedas observadas na calha do Ribeirão Cachoeira de Cima. Em segundo plano, parte da Floresta Estacional Semidecidual característica desta área.

**Autor:** MARTINS, A. P./2008.

Hasui (1969) sintetiza bem as características físicas gerais da região ao afirmar, que o Planalto dos Basaltos é o domínio das Formações Bauru e Serra Geral.

Da primeira [Grupo Bauru], as rochas dentrícas arenosas a conglomeráticas com cimento carbonático têm distribuição digitiforme nos interflúvios do Triângulo Mineiro e parte ocidental do Alto Paranaíba. As elevações, de extensão variável, têm topos aplainados, com cobertura de areiões e cascalheiras, e bordas escarpadas, constituindo as formações denominadas chapadões, mesas, piões e outros nomes locais. As encostas exibem estrutura tabular, em degraus, relacionada com a resistência diferencial oferecida pelas camadas superpostas, feição essa particularmente destacada no extremo oeste. A erosão atingiu profundamente a Formação Bauru e exumou os basaltos, que condicionam a existência de cachoeiras, saltos e corredeiras. Em conexão com a erosão das duas formações, constituíram-se as extensas planícies aluviais nos vales dos grandes rios e nos baixos cursos de seus afluentes maiores. (HASUI, 1969 p.52).

#### 4.2. Evolução do uso da terra e cobertura vegetal entre os anos de 1985 e 2008 na BHRCC.

Apesar de se caracterizar como uma área de modo de produção tradicional, pautado na propriedade familiar e no uso de técnicas convencionais, a BHRCC vem passando nos últimos 23 anos por algumas transformações relacionadas ao uso e ocupação das terras, conforme pode ser observado nas figuras 29 e 30 e tabelas 04 e 05 que representam, respectivamente, as categorias de uso da terra e cobertura vegetal nos anos de 1985 e 2008. O ideal seria comparar uma imagem da década de 1970 com uma atual, o que não foi possível pela indisponibilidade de imagens de satélite deste período.

**Tabela 04.** Uso da terra e cobertura vegetal (1985) na BHRCC.

| <b>Categoria de Uso (1985)</b> | <b>Área Total (Km<sup>2</sup>)</b> | <b>Área Total (%)</b> |
|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Mata/Cerradão                  | 40,2                               | 19,2                  |
| Cerrado/Pasto                  | 62,0                               | 29,5                  |
| Pastagem                       | 74,6                               | 35,5                  |
| Cultura/Solo Exposto           | 33,3                               | 15,8                  |
| Total                          | 210,1                              | 100                   |

**Tabela 05.** Uso da terra e cobertura vegetal (2008) na BHRCC.

| <b>Categoria de Uso (2008)</b> | <b>Área Total (Km<sup>2</sup>)</b> | <b>Área Total (%)</b> |
|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Mata/Cerradão                  | 34,5                               | 16,4                  |
| Cerrado/Pasto                  | 58,3                               | 27,7                  |
| Pastagem                       | 110,0                              | 52,4                  |
| Cultura/Solo Exposto           | 7,3                                | 3,5                   |
| Total                          | 210,1                              | 100                   |

É perceptível que entre os anos de 1985 e 2008, as áreas ocupadas por pastagens tiveram um aumento de aproximadamente 32%, o que pode ser comprovado pelo quadro 05, p. 103, que evidencia um aumento de mais de 70.000 cabeças de gado no município entre os anos de 1985 e 1994 (auge da atividade pecuária), sendo que a área da BHRCC segue as tendências apresentadas pelo município. Apesar da atual redução dos efetivos de rebanhos, as áreas de pastagens ainda ocupam mais de 50% das terras da área em estudo, o que leva a crer que, em meados da década de 1990 esta área tenha sido maior.

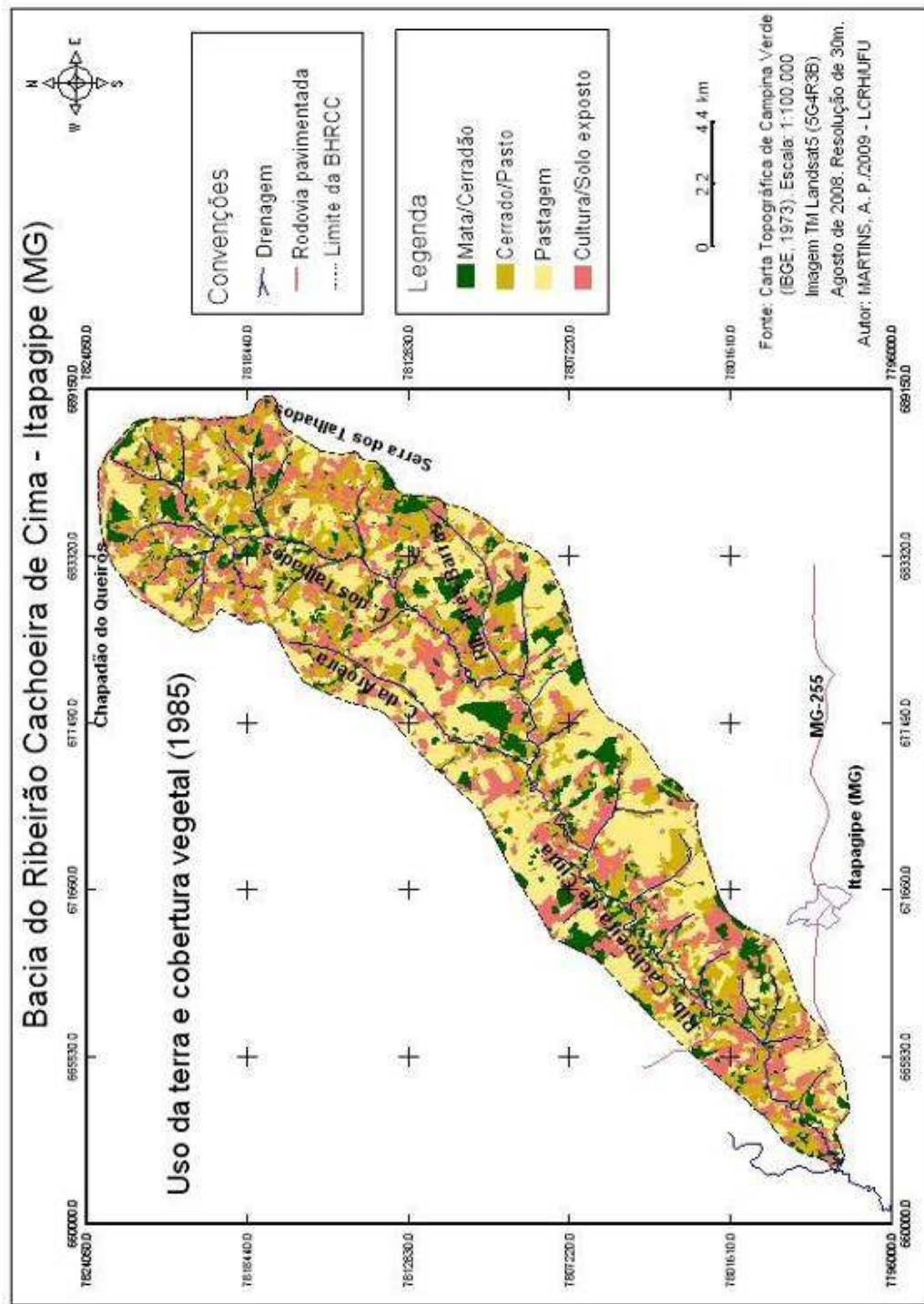


**Figura 29.** Mapa de uso da terra e cobertura vegetal para o ano de 1985 na BHRCC.

A categoria classificada como “Mata/Cerradão” representada por matas ciliares, de galeria e de encosta, além de feições mais fechadas de cerrado, o Cerradão, identificado principalmente em áreas de Reserva Legal, sofreu uma redução de menos de 3%, que pode ser considerada insignificativa, embora a área total seja bastante pequena e muito aquém do ideal para uma área de tal importância (16,4 Km<sup>2</sup>). Observando os mapas das figuras 33 e 34 confirma-se que esta redução é praticamente imperceptível. Estas figuras foram elaboradas a partir da classificação supervisionada de imagens do sensor TM do satélite Landsat5, com o estabelecimento de 2 classes: 1. Mata; 2. Outros usos. Quando são atribuídos tons de vermelho à banda 4 e verde à banda 5, as feições de vegetação aparecem na imagem com cor verde e são facilmente identificáveis, e as áreas de mata e cerradão aparentam textura “rugosa”, o que permitiu a individualização destas feições. Às outras feições foi atribuída a classificação “Outros usos” e, comparando-se os mapas de cobertura vegetal arbórea dos anos de 1985 e 2008 nota-se que a redução foi de pouco mais de 1%. Mas, ao observar a distribuição desta vegetação na área de estudo, percebe-se que ela está restrita a algumas áreas de mata ciliar ou de galeria (que nem sempre correspondem ao que a legislação estabelece) e a áreas de encosta e alguns topos da Serra do Talhados e Chapadão do Queirós, que são de difícil ocupação.

Outra classe que chama a atenção nas cartas de uso da terra e cobertura vegetal é aquela classificada como “Cerrado/Pasto” (figura 31), que corresponde a áreas destinadas à pastagens, mas que ainda apresentam espécies nativas de cerrado (arbórea e arbustiva), o que faz com que estes alvos apresentem resposta espectral diferenciada e, por isso, não foram classificados como pastagens, embora sejam utilizadas para criação extensiva de gado bovino (corte e leite). Estas áreas localizam-se, principalmente, entre a média e baixa vertente do vale do Ribeirão Cachoeira de Cima, onde o relevo um pouco mais acidentado oferece algumas restrições à ocupação, estando as pastagens intercaladas com áreas de Resíduo de Floresta Semidecidual Estacional (Matas Secas), localizadas em pontos de ruptura ou contato de derrames da estrutura basáltica, que caracteriza do baixo curso da bacia. Em algumas porções das bacias dos Córregos dos Talhados, da Aroeira e Três Barras, estas feições são identificadas próximas aos fundos de vale e em áreas de ocupação mais complexa das áreas de serra, onde as pastagens apresentam ainda muitas espécies nativas do Cerrado. No caso de uma nova expansão da atividade pecuária, acredita-se que estas feições venham a ser gradativamente substituídas por pastagens abertas, com técnicas de cultivo e manejo mais apuradas, visando uma maior produtividade.

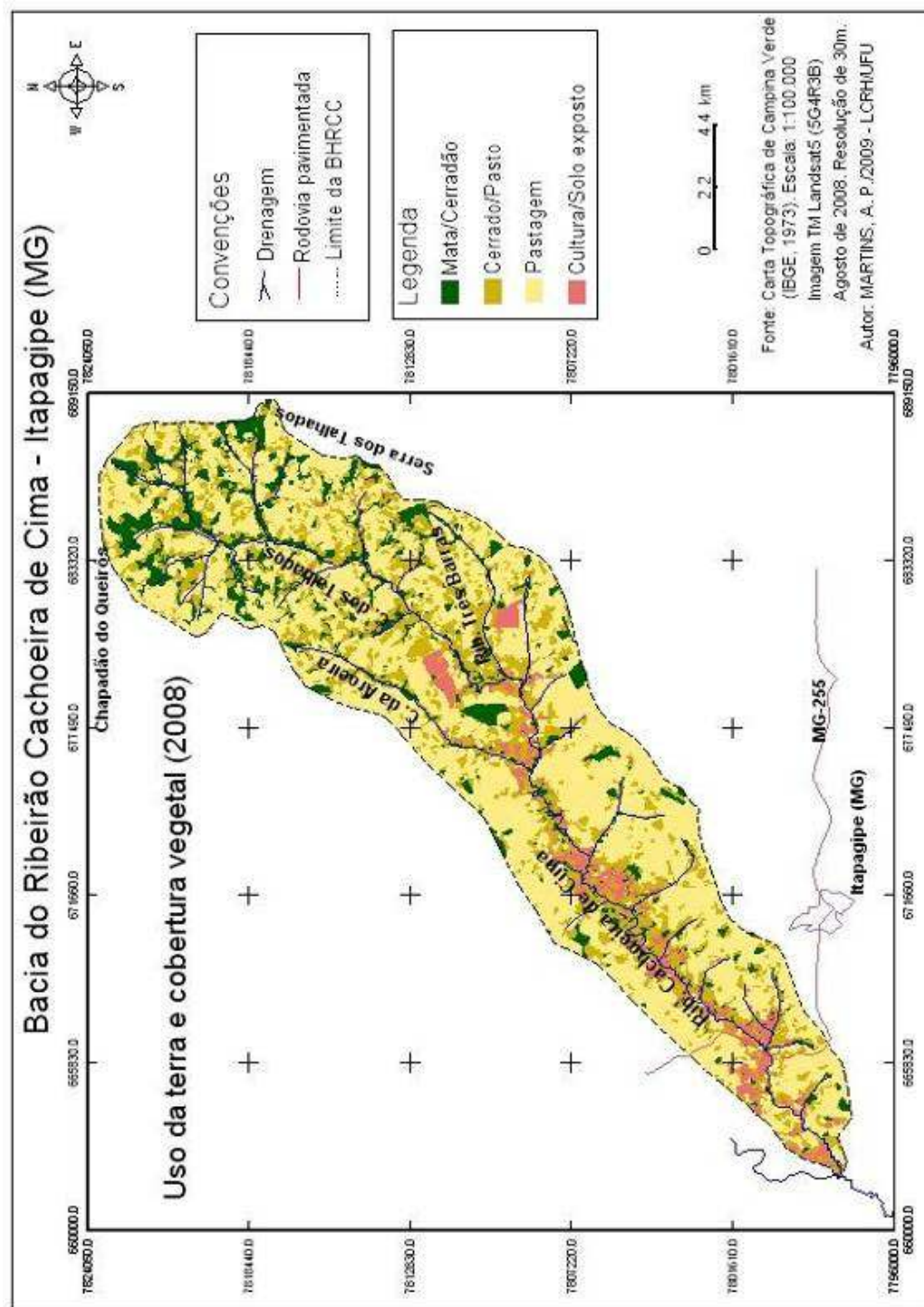


**Figura 30.** Mapa de uso da terra e cobertura vegetal para o ano de 2008 na BHRCC.



**Figura 31.** Área de pastagem associada às espécies nativas do cerrado (pastagem sombreada).

**Autor:** MARTINS, A. P./2007.

A maior redução em área ocupada foi observada na classe “Cultura/Solo exposto”, com uma queda na área relativa de mais de 12%. Esta categoria recebeu esta denominação pelo fato de as imagens utilizadas terem sido obtidas no mês de agosto, em pleno período de estiagem, quando as áreas destinadas ao cultivo estão praticamente sem cobertura, aparecendo em tons de azul e violeta na imagem.

Não existem grandes culturas comerciais na BHRCC, apenas lavouras e roçados de subsistência ou para a venda em pequenas quantidades, em feiras e mercados da região. Estas áreas que, em 1985 eram ocupadas principalmente por cultivos de arroz, feijão e milho, foram substituídas por áreas de pasto, provavelmente em meados da década de 1990, devido ao crescimento da atividade pecuária no município e ao possível aumento no preço do leite pago ao produtor. Atualmente, é possível observar algumas áreas plantadas com cana-de-açúcar, utilizada na alimentação do gado na estiagem, também áreas cultivadas com capim utilizado para silagem e áreas com pequenos roçados de milho, arroz e feijão.

Outro fator que pode ter contribuído com esta redução foi o declínio da produção de arroz no município, comprovado no quadro 06, p.105, onde se observa uma redução em área plantada de aproximadamente 95% entre os anos de 1990 e 2007. As características climáticas e topográficas da área exigiriam um maior investimento em maquinário e técnicas de manejo, o que desencorajou muitos proprietários a se enveredarem no campo da produção agrícola.

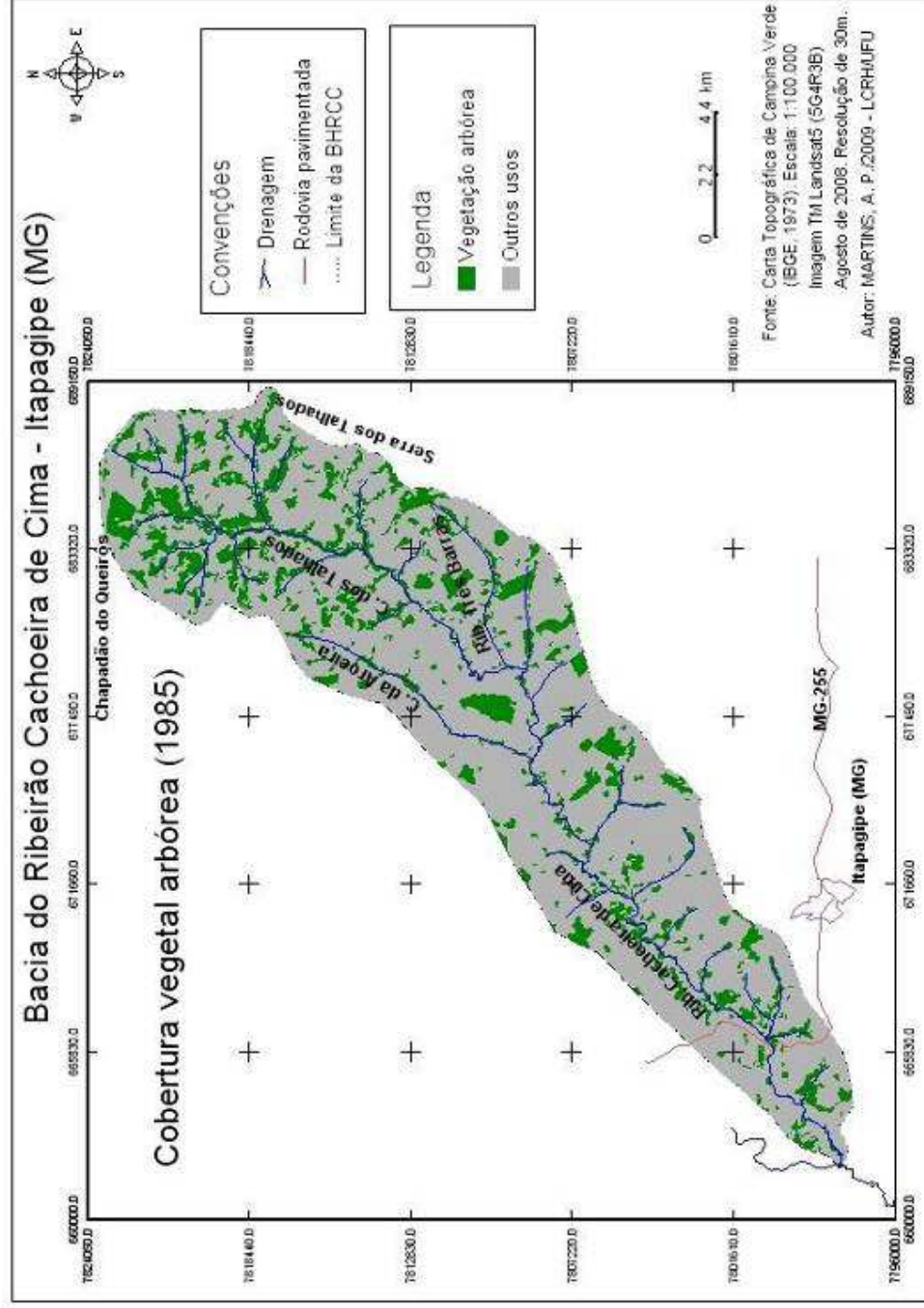


**Figura 32.** Mapa de cobertura vegetal arbórea (1985) na BHRCC.

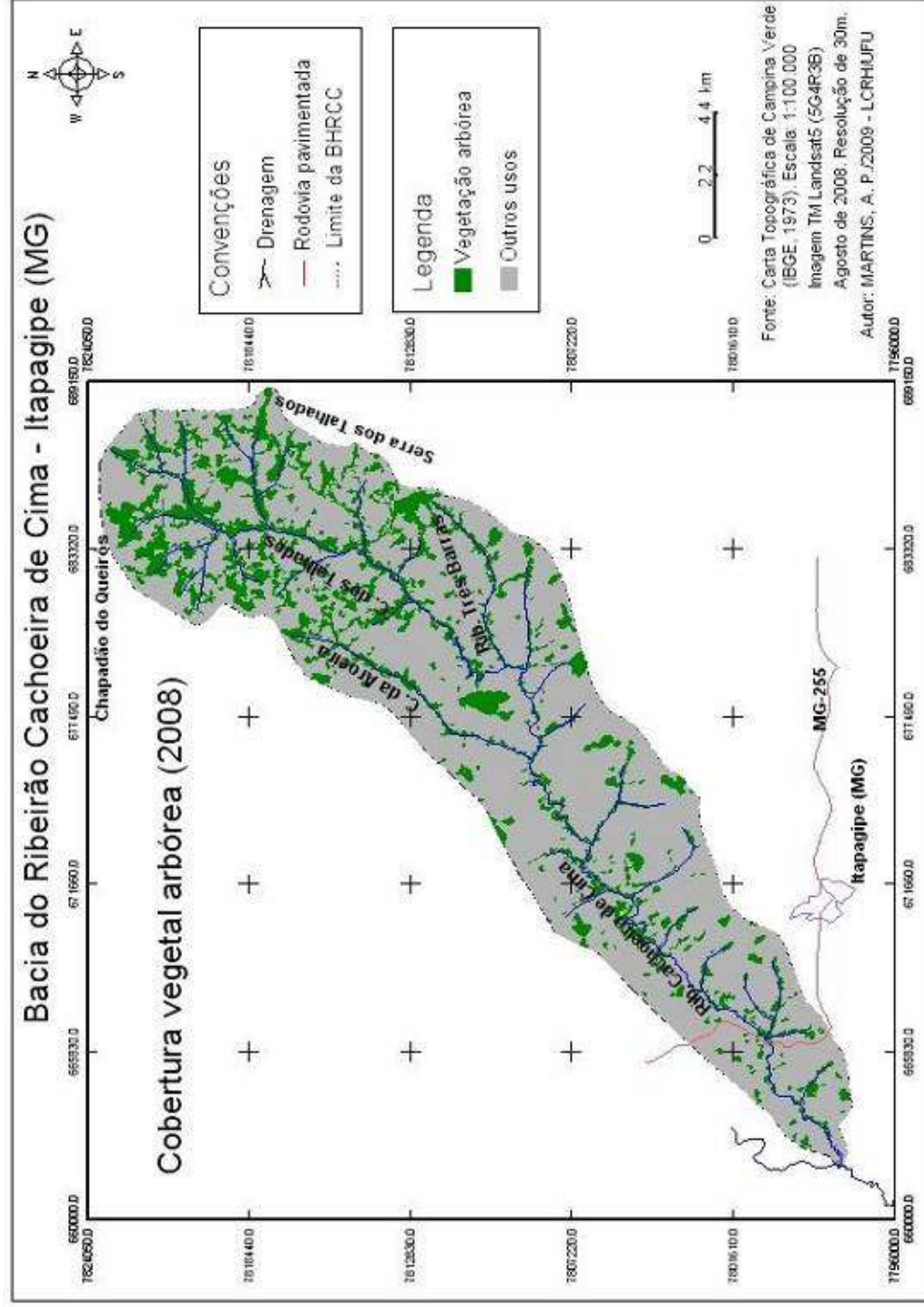


**Figura 33.** Mapa de cobertura vegetal arbórea (2008) na BHRCC.

Foi identificada, ainda, em trabalhos de campo, uma área na BHRCC que, no mês de novembro de 2007 estava sendo preparada para o plantio de milho, e que em julho de 2008 estava coberta por cana-de-açúcar recém plantada (altura pouco superior a 15cm), evidenciando que uma tendência na região do Triângulo Mineiro chega, aos poucos, à área de estudo: a substituição de áreas agrícolas e pastagens por plantações de cana-de-açúcar (figuras 34 e 35). Na região, muitos proprietários rurais tem se dirigido às pequenas cidades e arrendando suas terras a grandes grupos de produção de álcool e açúcar, visto que apenas no município de Itapagipe já estão em pleno funcionamento duas usinas, além das que estão em funcionamento em municípios próximos como São Francisco de Sales, Frutal, Iturama, Fronteira e Campo Florido. Com o baixo preço pago pelo leite aos produtores, muitos tem preferido obter uma renda fixa pelo aluguel de suas terras para ir desenvolver outras atividades nos centros urbanos. Aliado à vinda de trabalhadores para as usinas, o município de Itapagipe apresentou entre 2000 e 2007 um acréscimo de 15,8% em sua população total, sendo aproximadamente 74% em sua população urbana.



**Figura 34.** Área localizada entre a bacia do Córrego da Aroeira e a bacia do Córrego dos Talhados sendo preparada para o plantio de milho (outubro de 2007).

**Autor:** MARTINS, A. P./2007.



**Figura 35.** A mesma área da figura 34, coberta por cana-de-açúcar recém plantada. (julho de 2008).  
**Autor:** MARTINS, A. P./2008.

#### **4.3. Atividades econômicas e produção de renda na BHRCC.**

Município de pequeno porte (14.019 habitantes, no censo de 2007 do IBGE), Itapagipe tem sua economia fundamentada na produção agropecuária, sobretudo na produção e beneficiamento de leite e, mais recentemente, na produção de cana-de-açúcar e derivados (com duas usinas de álcool e açúcar em pleno funcionamento). Desde sua emancipação, no ano de 1948, quando foi desmembrado do município de Frutal, Itapagipe se destaca no cenário regional como importante bacia leiteira, além de abrigar outros tipos de rebanho, principalmente gado de corte e granjas de aves. O quadro 05 demonstra bem estes efetivos e sua evolução desde o ano de 1974 (IBGE, 2008).

| Ano  | Bovino  | Eqüino | Suíno  | Caprino | Ovino | Galináceos |
|------|---------|--------|--------|---------|-------|------------|
| 1974 | 63.420  | 3.037  | 32.268 | 190     | 1.150 | 140384     |
| 1975 | 124.048 | 3.367  | 21.471 | 268     | 1.217 | 113130     |
| 1976 | 141.904 | 3.332  | 2.011  | 275     | 1.187 | 110697     |
| 1977 | 127.389 | 3.263  | 2.031  | 241     | 1.195 | 106057     |
| 1978 | 121.500 | 3.400  | 2.075  | 237     | 1.200 | 119500     |
| 1979 | 121.600 | 3.542  | 27.000 | 395     | 1.100 | 119000     |
| 1980 | 139.598 | 3.584  | 13.876 | 117     | 994   | 96612      |
| 1981 | 144.640 | 5.950  | 14.205 | 135     | 1.100 | 98750      |
| 1982 | 149.230 | 5.200  | 14.172 | 130     | 1.000 | 112460     |
| 1983 | 151.318 | 5.100  | 13.820 | 130     | 1.030 | 83400      |
| 1984 | 152.942 | 4.980  | 14.110 | 130     | 1.020 | 121400     |
| 1985 | 181.854 | 5.030  | 11.237 | 120     | 1.200 | 80800      |
| 1986 | 190.396 | 5.160  | 12.080 | 135     | 1.340 | 85480      |
| 1987 | 200.675 | 5.495  | 12.990 | 150     | 1.490 | 92750      |
| 1988 | 204.700 | 6.000  | 13.900 | 190     | 1.550 | 94800      |
| 1989 | 211.746 | 6.890  | 14.178 | 226     | 2.008 | 97644      |
| 1990 | 215.746 | 7.280  | 15.260 | 240     | 2.180 | 104200     |
| 1991 | 222.680 | 7.600  | 16.200 | 260     | 2.700 | 107240     |
| 1992 | 241.160 | 8.265  | 17.305 | 285     | 2.960 | 115295     |
| 1993 | 255.870 | 8.900  | 18.710 | 306     | 3.230 | 123485     |
| 1994 | 272.500 | 9.470  | 19.875 | 340     | 3.475 | 133830     |
| 1995 | 191.246 | 8.320  | 13.939 | 520     | 3.110 | 122868     |
| 1996 | 177.858 | 7.238  | 11.711 | 690     | 2.581 | 124169     |
| 1997 | 201.238 | 4.020  | 11.442 | 48      | 1.534 | 148382     |
| 1998 | 165.318 | 4.100  | 12.567 | 52      | 1.419 | 155009     |
| 1999 | 143.900 | 3.920  | 13.908 | 109     | 1.100 | 131222     |
| 2000 | 151.095 | 4.116  | 14.764 | 118     | 1.155 | 136471     |
| 2001 | 191.316 | 3.650  | 16.092 | 125     | 1.050 | 150645     |
| 2002 | 197.977 | 2.178  | 18.234 | 143     | 1.120 | 111739     |
| 2003 | 201.866 | 2.291  | 19.870 | 168     | 1.050 | 129354     |
| 2004 | 202.915 | 2.107  | 18.480 | 185     | 1.069 | 115674     |

**Quadro 05.** Itapagipe – MG: Efetivo de Rebanhos (1974-2008)

**Fonte:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2008.

**Organizado por:** MARTINS, A. P./2008

Na segunda coluna, que refere-se ao rebanho bovino, é possível observar que este efetivo praticamente dobrou entre os anos de 1974 e 1975, atingindo mais de 270.000 cabeças no ano de 1994, considerado como o auge da produção de leite e carne no município. Para o ano de 2007, este efetivo sofreu uma redução de quase 35%, resultado atribuído principalmente à substituição das pastagens por plantações de cana-de-açúcar, que chegaram ao município no final da década de 1990. Variações no preço da carne e do leite também podem ter motivado esta redução. Enquanto o rebanho suíno apresenta pequena variação no período, é possível observar uma redução praticamente constante nos demais rebanhos, o que indica que o

município vem diversificando suas atividades produtivas, antes pautada essencialmente na criação de gado.

Já o gráfico da figura 36 traça a evolução no efetivo de vacas ordenhadas no município de Itapagipe entre os anos de 1974 e 2007, evidenciando que os maiores efetivos foram registrados entre os anos de 1991 e 1997 e que, no ano de 2007, foi registrada uma redução de aproximadamente 30% em relação ao ano de 1995, que registrou o maior número de vacas ordenhadas. Esta redução também pode ser atribuída ao crescimento das áreas plantadas com cana-de-açúcar onde antes haviam pastos (os pecuaristas vem arrendando suas terras para as usinas da região), aliado ao baixo preço pago ao produtor pelo litro de leite.

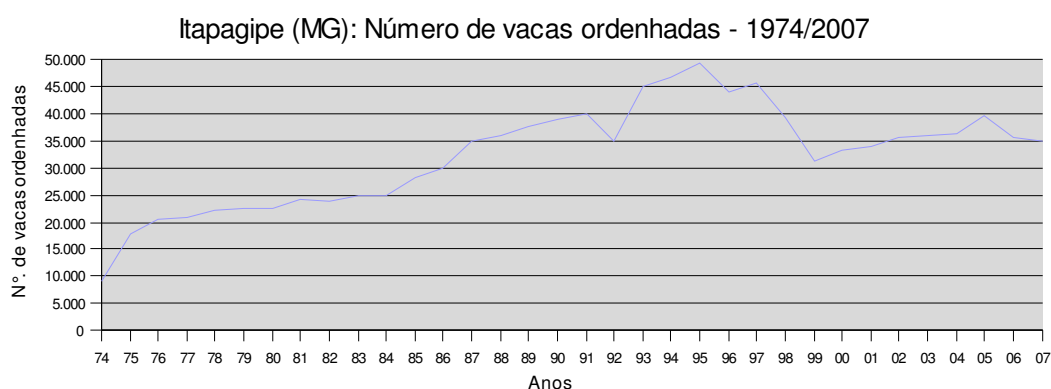


**Figura 36.** Itapagipe (MG): Número de vacas ordenhadas – 1974/2007.

**Fonte:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2008.

**Organizado por:** MARTINS, A. P./2008.

O aumento do efetivo de rebanhos (tanto de corte quanto leiteiro) entre os anos de 1985 e 2008 podem ser comparados às cartas de uso da terra e cobertura vegetal dos referidos anos, onde percebe-se um aumento de mais de 30% nas áreas de pastagem, pequenas reduções em áreas de mata, cerradão e áreas de pasto e cerrado consorciadas, e reduções mais bruscas em áreas de cultivo.

Os números apresentados no quadro 05 e figura 36 correspondem à todo o município, mas a área da BHRCC apresenta a mesma tendência, embora a substituição de pastagens por canaviais nesta região ainda seja incipiente. A grande maioria das propriedades visitadas no decorrer da pesquisa possuem sistema produtivo pautado na produção de leite. As terras são utilizadas, quase em sua totalidade, para cultivo de pastagens (a grande maioria com a utilização de brachiaria, algumas com pequenos pastos com colônia) que recebem ocasionalmente tratamentos básicos de calagem e adubação. Pequenas áreas são utilizadas

para cultivo de cana e capim colonião ou anapiê, utilizados para silagem e alimentação do gado no período de estiagem. Em algumas propriedades, é comum o cultivo de milho, feijão e arroz no período das chuvas, mas a pequena produção é voltada para subsistência das famílias ou comercialização em feiras e pequenos mercados. A produção agrícola do município entre os anos de 1990 e 2007 (IBGE, 2008) podem ser observadas no quadro 06.

|      | Abacaxi (Mil frutos) | Arroz (T) | Cana-de-açúcar (T) | Feijão (T) | Milho (T) | Soja (T) | Sorgo granífero (T) | Laranja (T) |
|------|----------------------|-----------|--------------------|------------|-----------|----------|---------------------|-------------|
| 1990 | 232                  | 2.540     | 160                | -          | 4.200     | 1.500    | -                   | -           |
| 1991 | 202                  | 1.520     | 160                | -          | 3.100     | 1.000    | -                   | -           |
| 1992 | 110                  | 1.300     | 150                | -          | 2.780     | -        | -                   | -           |
| 1993 | 110                  | 228       | 160                | -          | 2.630     | -        | -                   | -           |
| 1994 | 110                  | 176       | 160                | -          | 2.800     | -        | -                   | -           |
| 1995 | 85                   | 176       | 160                | -          | 2.800     | -        | -                   | -           |
| 1996 | 12                   | 222       | 160                | -          | 1.424     | -        | -                   | -           |
| 1997 | 400                  | 380       | 470                | -          | 3.150     | -        | -                   | -           |
| 1998 | -                    | 300       | 500                | 30         | 3.200     | 2.000    | 50                  | 10          |
| 1999 | 450                  | 280       | -                  | 41         | 3.052     | 2.300    | 1.014               | 10          |
| 2000 | 420                  | 180       | 800                | 70         | 1.820     | 2.200    | 1.900               | 30          |
| 2001 | 280                  | 174       | 900                | 15         | 3.200     | 2.500    | 720                 | 280         |
| 2002 | 65                   | 148       | -                  | 9          | 3.269     | 2.300    | 590                 | 72          |
| 2003 | 90                   | 50        | -                  | -          | 3.100     | 2.100    | 515                 | 100         |
| 2004 | 90                   | 90        | -                  | 3.000      | 1.800     | 4.000    | -                   | 115         |
| 2005 | 100                  | 110       | -                  | 350        | 1.850     | 4.000    | 400                 | 115         |
| 2006 | 100                  | 125       | 484                | -          | 2.300     | 1.550    | 450                 | 115         |
| 2007 | -                    | 120       | -                  | -          | 2.200     | 2.100    | 450                 | -           |

**Quadro 06.** Itapagipe (MG): Principais produtos agrícolas – área plantada (há) – 1990/2007.

**Fonte:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), setembro de 2008.

**Organizado por:** MARTINS, A. P./2008.

Como pode ser observado, a produção de gêneros agrícolas não é muito significativa, considerando toda a área do município e, na BHRCC é ainda menor, destacando-se o cultivo de milho e soja. Apesar dos poucos dados disponíveis, é notável o aumento da área plantada de cana-de-açúcar a partir do ano de 1997, coincidindo com a redução dos efetivos de rebanhos. Outra característica importante de se observar é a redução na área plantada com arroz, cultura utilizada como “pioneira” na colonização de áreas de cerrado para produção agrícola e, posteriormente, substituída por pastagens. Atualmente, a produção de arroz no município é destinada à subsistência e à venda em pequenas quantidades em feiras e mercados da cidade.

Não foi possível levantar dados sobre o número certo de propriedades existentes na área de estudo, até porque Prefeitura, IBGE e INCRA não possuem um registro exato e atualizado destas propriedades (apenas do município), bem como seu sistema de produção, adequação à

legislação ambiental e de recursos hídricos, escoamento de produção etc., o que dificultou em partes o entendimento da dinâmica produtiva na BHRCC, levando a optar por uma avaliação ambiental de caráter mais restrito às características apresentadas pelo meio físico e os fatores ambientais decorrentes dos diferentes usos registrados por imagens de satélite e aferidos em campo. Devido à extensão da área de estudo e à distância em relação a Uberlândia, considerou-se logisticamente inviável visitar todas as propriedades, demarcando-as e registrando as principais atividades desenvolvidas. Cerca de 30 propriedades foram visitadas e, por meio de questionário informal, foram diagnosticadas características como principais atividades produtivas, cumprimento da legislação ambiental no que concerne à preservação de APP's e delimitação de Áreas de Reserva, outorga para uso dos recursos hídricos, escoamento da produção etc.

Conforme levantamento de campo, a grande maioria dos produtores de leite fornece sua produção às cooperativas do município, principalmente a COOPAPI (Cooperativa Agropecuária Itapagipe), que também beneficia, embala e comercializa o leite (tipo longa vida) com a marca Lactus, de boa aceitação no mercado regional. Alguns produtores vendem a produção de leite a outras empresas, entre elas a Entreminas (vinculada à Empresa Paulista D'allora), especializada na produção de requeijão, a Shefa (que apenas resfria o produto) e a Matilat, que não possui filial no município, já que é apenas um entreposto para compra do produto.

De acordo com Queiroz, Souza e Calegari (2008), a COOPAPI foi fundada em 1979 por produtores rurais da cidade de Itapagipe (MG) e, em 1982, a cooperativa ingressou na atividade de laticínios com atividades de captação, resfriamento e venda do leite in natura. Em 1996, passou a produzir o Leite Longa Vida Lactus, com produção de 35.000 litros/dia. Em 1998, essa produção já era de 220.000 litros/dia, valor que condiz com os dados apresentados na figura 38, onde pode ser observado que o maior número de vacas ordenhadas no município foi registrado entre os anos de 1993 e 1998.

A COOPAPI que, no segundo semestre de 2008 enfrentou graves problemas financeiros, apesar da boa aceitação de seus produtos no mercado, anunciou falência em novembro de 2008, deixando de comprar leite dos cooperados que, com a crise, passaram a fornecer sua produção a outras cooperativas, até mesmo de municípios da região como Frutal, Campina Verde e Comendador Gomes. Esta falência pode vir a agravar a crise na produção de leite que vem se estendendo nos últimos anos devido aos baixos preços pagos aos produtores e impulsionar a substituição de áreas de pastagem por cultivo de cana-de-açúcar. Outros

desdobramentos desta crise são o êxodo rural e as possibilidades de agravamento dos atuais problemas ambientais apresentados pela BHRCC e, em longo prazo, reduzir a capacidade do ambiente em produzir água, comprometendo o abastecimento municipal.

#### **4.4. Fragilidade ambiental natural da BHRCC.**

Entende-se como Fragilidade Ambiental a vulnerabilidade natural do ambiente associada aos graus de proteção que diferentes usos da terra e cobertura vegetal exercem sobre o sistema (KAWAKUBO et. al. 2005, p. 2204). Para chegar a um mapa-síntese indicando a fragilidade natural que o ambiente apresenta, seguiu-se os seguintes procedimentos: 1. Elaboração da carta de declividade da BHRCC (figura 37); 2. Elaboração do mapa de tipos de solo, com base no mapeamento do RADAMBRASIL e de levantamentos de campo (figura 18); 3. Cruzamento entre as informações da carta de declividade e do mapa de tipos de solo por operação booleana com o uso da ferramenta “LEGAL” do SPRING 5.0.2; 4. Dessa forma, atinge-se o objetivo maior que é a elaboração da Carta de Fragilidade Natural, que traz as cinco categorias de fragilidade definidas: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa.

##### **4.4.1. Análise dos padrões de declividade e exposição de vertentes na BHRCC:**

Analisando as figuras 37 e 38, que trazem respectivamente os mapas de declividade e exposição de vertentes na BHRCC, é possível observar que os terrenos que se enquadram nas classes de declividade mais acentuadas localizam-se na Serra dos Talhados e nas áreas próximas ao vale do Ribeirão Cachoeira de Cima. Destas classes, as que aparecem nas cores vermelha e marrom (declividades superiores a 20%) devem ser destinadas à Preservação Permanente por apresentarem alta susceptibilidade à erosão. Áreas com declividades entre 12 e 20% também merecem atenção no processo de planejamento e gestão ambiental por possuírem potencial erosivo pelo escoamento superficial da água e, se aliado à características do solo como alta quantidade de areias, este risco pode ser agravado. A tabela 06 traz as categorias hierárquicas de declividade identificadas na BHRCC, as áreas percentuais de cada uma e as classes de fragilidade associadas a elas, de acordo com Kawakubo et al (2005, p.2207).

**Tabela 06.** BHRCC: Classes de fragilidade das declividades.

| <b>Categoria de declividade</b> | <b>Área de ocorrência (%)</b> | <b>Classe de fragilidade associada</b> | <b>Código atribuído</b> |
|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|
| 0-6%                            | 59,3                          | Muito Baixa                            | 1                       |
| 6-12%                           | 32,3                          | Baixa                                  | 2                       |
| 12-20%                          | 5,8                           | Média                                  | 3                       |
| 20-30%                          | 2,3                           | Alta                                   | 4                       |
| >30%                            | 0,3                           | Muito Alta                             | 5                       |

**Fonte:** Kawakubo et. al. (2005, p.2207)

Adaptado por: MARTINS, A. P./2008.

É possível observar que as áreas com menos de 12% de declividade somam 91,6% da área total, o que evidencia que o terreno não oferece grandes empecilhos à ocupação, desde que bem manejada. A associação com os Latossolos vermelho escuros, que recobrem 80,9% da área, torna essas áreas de fragilidade baixa a muito baixa, sendo o seu manejo menos complicado que o de áreas como as localizadas nas encostas e topos da Serra dos Talhados.

Em uma comparação preliminar entre a carta de declividade e a de uso da terra e cobertura vegetal, é possível perceber que as áreas com declividade entre 0 e 6% apresentam-se quase em sua totalidade ocupada por pastagens, embora possam ser utilizadas por cultivos comerciais por não oferecerem grandes obstáculos à mecanização e até mesmo a técnicas de irrigação. São justamente estas áreas que em outras bacias hidrográficas do município vem sendo substituídas por plantações de cana-de-açúcar. As áreas que apresentam declividade entre 6 e 12% apresentam-se cobertas por áreas de pastagem associadas a feições de cerrado e floresta (pastagem sombreada) e por algumas áreas de mata e reserva legal, constituindo, também, área potencial para o avanço da cultura da cana-de-açúcar, embora necessite de técnicas de manejo mais avançadas.

Áreas com declividade um pouco mais acentuada, entre valores que vão de 12 a mais de 30% estão restritas à áreas onde o substrato rochoso é aflorante, como nas encostas residuais da Serra dos Talhados e do Chapadão do Queirós e no baixo curso do Ribeirão Cachoeira de Cima, em cotas inferiores a 450 m. A ocupação nestas áreas deve ser restrita e cuidadosamente planejada e manejada.

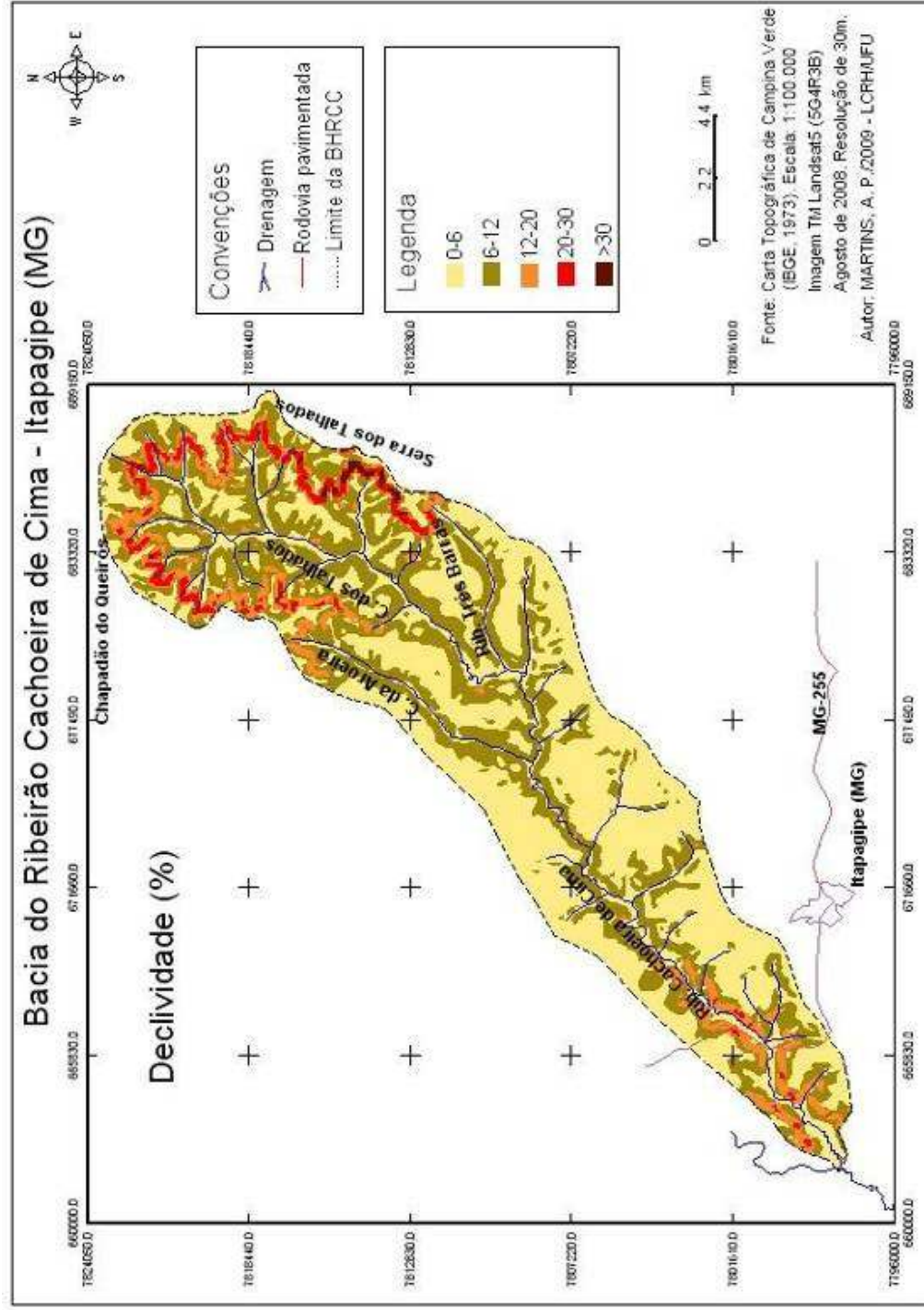


**Figura 37.** Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima: Carta de declividade.

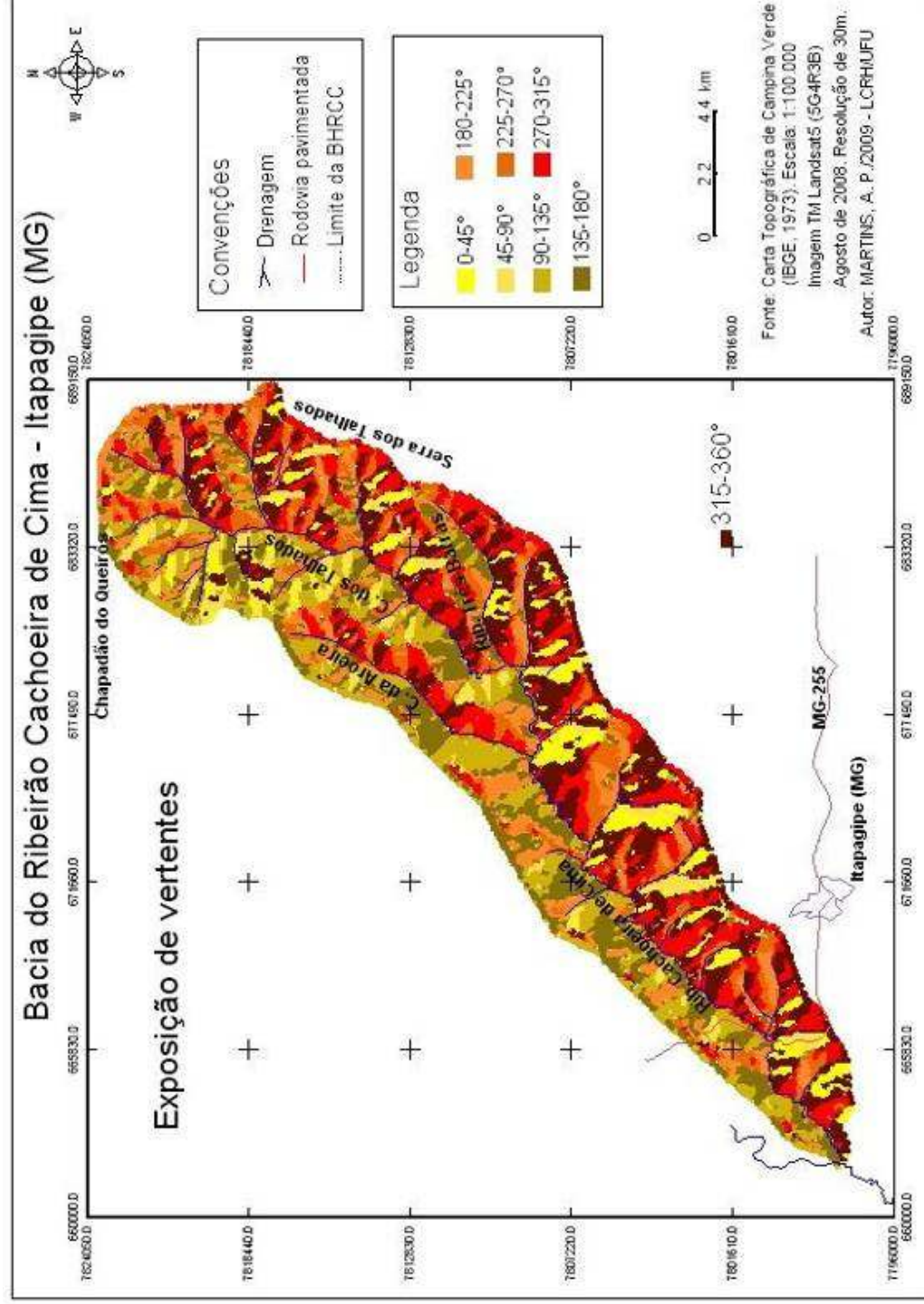


**Figura 38.** Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima: Carta de exposição de vertentes.

Já a figura 38 traz a carta de exposição de vertentes da BHRCC, que corresponde à direção da variação da declividade do terreno, medida em graus. Observa-se que os maiores valores são registrados na vertente esquerda da BHRCC, o que indica que estas porções apresentam-se mais expostas à ação da radiação solar, dos ventos e, principalmente, do escoamento superficial de águas pluviais. Assim, estas áreas apresentam-se mais susceptíveis a processos erosivos, necessitando de cuidados especiais no que concerne ao manejo destinado a estas terras. A fotomontagem da figura 39 (vertente esquerda do Córrego Três Barras) ajuda a compreender melhor a forma como as vertentes estão expostas, em sua maioria voltadas para oeste.



**Figura 39.** Fotomontagem da vertente esquerda do Córrego Três Barras, exemplificando a tendência das vertentes voltadas pra oeste da área de estudo.

**Autor:** MARTINS, A. P./2007.

#### **4.4.2. Classificação e análise das amostras de solo para definição de níveis de fragilidade**

Em trabalho de campo realizado no dia 10 de julho de 2008, foram coletadas 19 amostras de solo em diferentes pontos da bacia, seguindo faixas previamente traçadas, a fim de realizar amostragens das diferentes litoestruturas que compõem a BHRCC (figura 40). Estas amostras foram analisadas em campo, em duas situações: amostras secas e úmidas. Foram analisados 10 parâmetros (adaptado de Marques, 1958, que estabeleceu alguns critérios para análise de solo em campo, citado por Bertoni e Lombardi Neto, 1999 no livro “Conservação do Solo”): 1. Cor; 2. Profundidade efetiva; 3. Textura; 4. Estrutura; 5. Permeabilidade; 6. Fertilidade aparente; 7. Drenagem; 8. Risco de inundação; 9. Declividade; 10. Uso da terra (tabela 08). Amostras foram escolhidas para passar por um processo de análise granulométrica, para quantificação das frações areia, silte e argila (tabela 07).

Em laboratório, estas análises foram comparadas com dados do mapa exploratório de solos do projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1983) e com amostras de diferentes pontos.

**Tabela 07.** Análise granulométrica das amostras de solo.

| <b>Amostra</b> | <b>Argila (%)</b> | <b>Silte (%)</b> | <b>Areia Fina (%)</b> | <b>Areia Grossa (%)</b> | <b>Areia Total (%)</b> | <b>Classificação</b>       |
|----------------|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|
| 01             | 44,00             | 35,10            | 12,40                 | 8,50                    | 20,90                  | Nitossolo                  |
| 02             | 34,30             | 11,30            | 36,90                 | 17,50                   | 54,40                  | Latosolo Vermelho Escuro   |
| 04             | 35,40             | 13,90            | 19,50                 | 31,20                   | 50,70                  | Nitossolo                  |
| 07             | 26,50             | 1,20             | 58,50                 | 13,80                   | 72,30                  | Latosolo Vermelho Escuro   |
| 13             | 24,30             | 1,60             | 57,30                 | 16,80                   | 74,10                  | Latosolo Vermelho Escuro   |
| 15             | 29,40             | 7,10             | 54,30                 | 9,20                    | 63,50                  | Hidromórfico               |
| 17             | 19,60             | 4,40             | 37,70                 | 38,30                   | 76,00                  | Neossolo Quazarênico       |
| 18             | 22,60             | 1,10             | 50,50                 | 25,80                   | 76,30                  | Argissolo vermelho-amarelo |

**Elaborado por:** SOUZA, M. J. – Técnico do Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos/ UFU;  
MARTINS, A. p./2008.

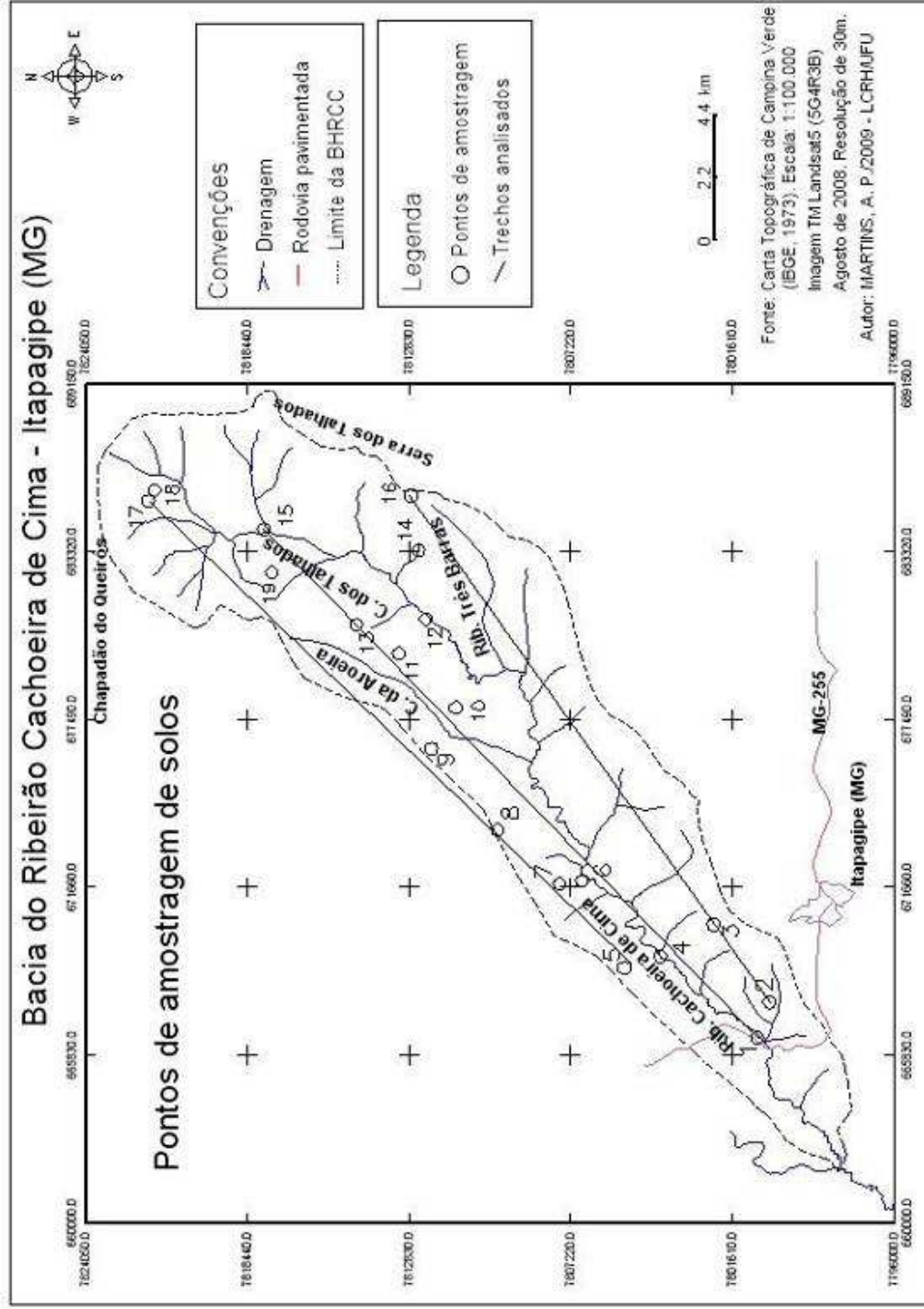


**Figura 40.** Localização dos pontos onde as amostras de solo foram coletadas.

**Tabela 08.** Análise empírica das amostras de solo - BHRCC.

| Amostra | Cor                 | Profundidade efetiva   | Textura        | Estrutura | Permeabilidade                           | Fertilidade aparente | Drenagem                | Risco de inundação      | Declividade | Uso do solo                      | Classificação                                                    |
|---------|---------------------|------------------------|----------------|-----------|------------------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 01      | Roxo                | Raso                   | Argilosa       | Forte     | (5) moderada no solo e no subsolo        | alta                 | Ligeiramente deficiente | (1) ocasionais e curtas | Moderada    | Floresta Semieccidial Estacional | Nitossolo                                                        |
| 02      | vermelho            | Moderadamente profundo | Argilosa       | Moderada  | (5) moderada no solo e no subsolo        | média                | adequada                | (0) não identificada    | Suave       | Pastagem                         | Latossolo Vermelho Escuro                                        |
| 03      | Vermelho            | Profundo               | areno-barrenta | Moderada  | (2) Rápida no solo e moderada no subsolo | média                | adequada                | (0) não identificada    | Suave       | Pastagem                         | Latossolo Vermelho Escuro                                        |
| 04      | Vermelho arroxeado  | Moderadamente profundo | argilosa       | Forte     | (5) moderada no solo e no subsolo        | alta                 | Ligeiramente deficiente | (1) ocasionais e curtas | Moderada    | Cultura (Laranja)                | Nitossolo                                                        |
| 05      | vermelho            | Muito profundo         | areno-barrento | Moderada  | (2) Rápida no solo e moderada no subsolo | média                | Adequada                | (0) não identificada    | Suave       | Pastagem                         | Latossolo Vermelho Escuro                                        |
| 06      | Vermelho arroxeado  | Moderadamente profundo | areno-barrento | Moderada  | (5) moderada no solo e no subsolo        | alta                 | Adequada                | (0) não identificada    | Moderada    | Pastagem                         | Transição Nitossolo/Latossolo Vermelho Escuro                    |
| 07      | vermelho            | Profundo               | areno-barrento | Moderada  | (5) moderada no solo e no subsolo        | média                | Adequada                | (0) não identificada    | Suave       | Pastagem                         | Latossolo Vermelho Escuro                                        |
| 08      | vermelho            | Muito profundo         | arenoso        | Moderada  | (1) Rápida no solo e no subsolo          | média                | Adequada                | (0) não identificada    | Suave       | Pastagem                         | Latossolo Vermelho Escuro                                        |
| 09      | Vermelho alaranjado | Muito profundo         | arenoso        | Moderada  | (1) Rápida no solo e no subsolo          | baixa                | Adequada                | (0) não identificada    | Suave       | Pastagem                         | Transição - Latossolo Vermelho Escuro/Latossolo Vermelho-amarelo |
| 10      | Vermelho-alaranjado | Muito profundo         | arenoso        | Moderada  | (1) Rápida no solo e no subsolo          | baixa                | Adequada                | (0) não identificada    | Suave       | Pastagem                         | Transição - Latossolo Vermelho Escuro/Latossolo Vermelho-        |

|    |                    |                        |                |          |                                          |            |                         |                         |                |                                 |                            |
|----|--------------------|------------------------|----------------|----------|------------------------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|----------------|---------------------------------|----------------------------|
| 11 | Vermelho           | Muito profundo         | arenoso        | Fraca    | (1) Rápida no solo e no subsolo          | baixa      | Adequada                | (0) não identificada    | Suave          | Cultua (Canavial)               | Latossolo Vermelho Escuro  |
| 12 | Bruno avermelhado  | Moderadamente profundo | areno-barrento | Moderada | (5) moderada no solo e no subsolo        | alta       | Ligeiramente deficiente | (1) ocasionais e curtas | Moderada       | Mata (fundo de vale)            | Latossolo Vermelho Escuro  |
| 13 | vermelho           | Muito Profundo         | arenoso        | Moderada | (2) Rápida no solo e moderada no subsolo | média      | Adequada                | (0) não identificada    | Suave          | Reserva                         | Latossolo Vermelho Escuro  |
| 14 | Vermelho           | Profundo               | Arenoso        | Moderada | (1) Rápida no solo e no subsolo          | baixa      | Adequada                | (0) não identificada    | Moderada       | Campo limpo                     | Latossolo Vermelho Escuro  |
| 15 | Cinza muito escuro | Profundo               | Arenoso        | Forte    | (9) lenta no solo e subsolo              | Muito alta | deficiente              | (8) anuais e médias     | Suave          | Alagadiço (pasto)               | Hidromórfico               |
| 16 | Vermelho amarelado | Profundo               | Arenoso        | Fraca    | (1) Rápida no solo e no subsolo          | baixa      | Adequada                | (0) não identificada    | Moderada       | Pasto/Cerrado em média encosta. | Argissolo Vermelho-Amarelo |
| 17 | rosado             | Profundo               | Arenoso        | Fraca    | (1) Rápida no solo e no subsolo          | baixa      | Excessiva               | (0) não identificada    | Moderada/Forte | Campo limpo                     | Neossolos Quartzarênicos   |
| 18 | Vermelho amarelado | Profundo               | Arenoso        | Moderada | (2) Rápida no solo e moderada no subsolo | média      | Adequada                | (0) não identificada    | Moderada       | Reserva                         | Argissolo Vermelho-Amarelo |
| 19 | Vermelho           | Muito profundo         | Arenoso        | Moderada | (2) Rápida no solo e moderada no subsolo | média      | Adequada                | (0) não identificada    | Suave          | Pastagem                        | Latossolo Vermelho Escuro  |

No final deste processo de análise e classificação, foram identificados cinco grupos de solos que foram espacializados (figura 17, p. 83) e, de acordo com metodologia exposta por Kawakubo (2005, p.2207), estabeleceu-se classes de fragilidade de acordo com a classificação de cada tipo de solo encontrado, conforme tabela 09, abaixo:

**Tabela 09:** BHRCC: Classes de fragilidade dos solos

| <b>Categoria hierárquica</b>      | <b>Área de ocorrência (%)</b> | <b>Classe de Fragilidade</b> | <b>Código atribuído</b> |
|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Latossolo vermelho escuro (LEa1)  | 80.9                          | Muito Baixa                  | 1                       |
| Argissolo vermelho-amarelo (PVd5) | 7.3                           | Média/Alta                   | 3                       |
| Neossolos quartzarênicos (AQa5)   | 6.5                           | Alta/ Muito Alta             | 4                       |
| Nitossolos (TRe3)                 | 4.0                           | Baixa                        | 2                       |
| Hidromórficos (GM)                | 1.3                           | Muito Alta                   | 5                       |

**Fonte:** Kawakubo et. al. (2005, p.2207)

**Adaptado por:** MARTINS, A. P./ 2008.

Nota-se que o maior grau de fragilidade foram atribuídos aos Neossolos Quartzarênicos, com quantidade de areias superior a 75% e localizados no topo plano da superfície erosiva tabular (relevo residual) da Serra dos Talhados e do Chapadão do Queirós e também aos solos Hidromórficos, localizados em alguns pontos do vale do Córrego dos Talhados, onde o terreno passa parte do ano encharcado. A fragilidade mais baixa é atribuída ao Latossolo vermelho escuro, solo muito desenvolvido, bem estruturado e bem drenado. Esta classificação pode parecer arbitrária, uma vez que análises químicas e mineralógicas mais aprofundadas não foram realizadas, mas para efeito de classificação e análise de fragilidade, os resultados obtidos são satisfatórios.

Estas análises foram de fundamental importância, também, para a identificação da capacidade de armazenamento de água (CAD) dos solos, parâmetro utilizado para o cálculo do balanço hídrico do solo. A partir de elementos como teor de areia, profundidade, permeabilidade e estrutura é possível dizer se um solo é capaz de reter maior ou menor quantidade de água e disponibilizá-la às plantas. Isto também interfere diretamente em parâmetros como escoamento superficial, recarga de aquíferos, regularização de vazões, processos erosivos e de assoreamento, entre outros.

#### 4.4.3. Definição dos níveis de fragilidade natural a partir dos temas declividade e solos:

Antes de comentar sobre os níveis de fragilidade natural encontrados a partir do cruzamento dos temas declividade e tipos de solo no software SPRING 5.0.2, torna-se necessário fazer algumas considerações sobre a carta de avaliação do relevo do projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1983) que foi fundamental na definição e espacialização destas classes.

De acordo com a carta de avaliação do relevo do RADAMBRASIL (figura 41) a BHRCC é caracterizada por quatro classes distintas:

- Áreas com potencialidade erosiva fraca (22% da bacia): localizadas no baixo curso do Ribeirão Cachoeira de Cima, em áreas de solo muito argiloso e de origem basáltica, com relevo medianamente dissecado em formas convexas e onde predomina o escoamento superficial concentrado em áreas de agricultura, provocando ravinamentos em encostas de maior declive. Quando a vegetação original é removida, rompe-se o equilíbrio das vertentes, originando a captação de solos agricultáveis, cujos horizontes superficiais são carreados para o fundo dos vales. A substituição da vegetação original por pastos, com práticas de queimada e pisoteio intenso, favorece a retirada de nutrientes superficiais do solo, esgotando-o (BRASIL, 1983).
- Áreas com potencialidade erosiva moderada (64,1%): localizadas entre as cotas de 500 e 600m, no médio curso da bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima e tributários, com relevo medianamente dissecado em formas convexas com o desenvolvimento de solos de constituição predominantemente arenosa. São solos relativamente porosos, que absorvem grande parcela da água precipitada, funcionando como áreas de recarga, caso a vegetação seja preservada. Grande parcela dos solos desprotegidos atingem os cursos d'água por escoamento superficial, formando bancos de areias, que são desfeitos dependendo do gradiente de escoamento da drenagem. Em terrenos desprotegidos é comum a formação de ravinas, voçorocas e deslizamentos de massa.
- Áreas com potencialidade erosiva forte (7,4% da bacia): localizadas nas médias encostas da Serra dos Talhados, em áreas de relevo muito dissecado, predominando formas de topo convexo, drenagem medianamente entalhada e declives de 11 a 24° nas vertentes (BRASIL, 1983). São solos com textura predominantemente arenosa a médio-argilosa, onde predominam os processos de escoamento superficial concentrados, provocando ravinamentos nas vertentes mais inclinadas. É comum o deslizamento de massa e, em áreas desprotegidas, grandes quantidades de areias acabam por entulhar o leito dos rios.

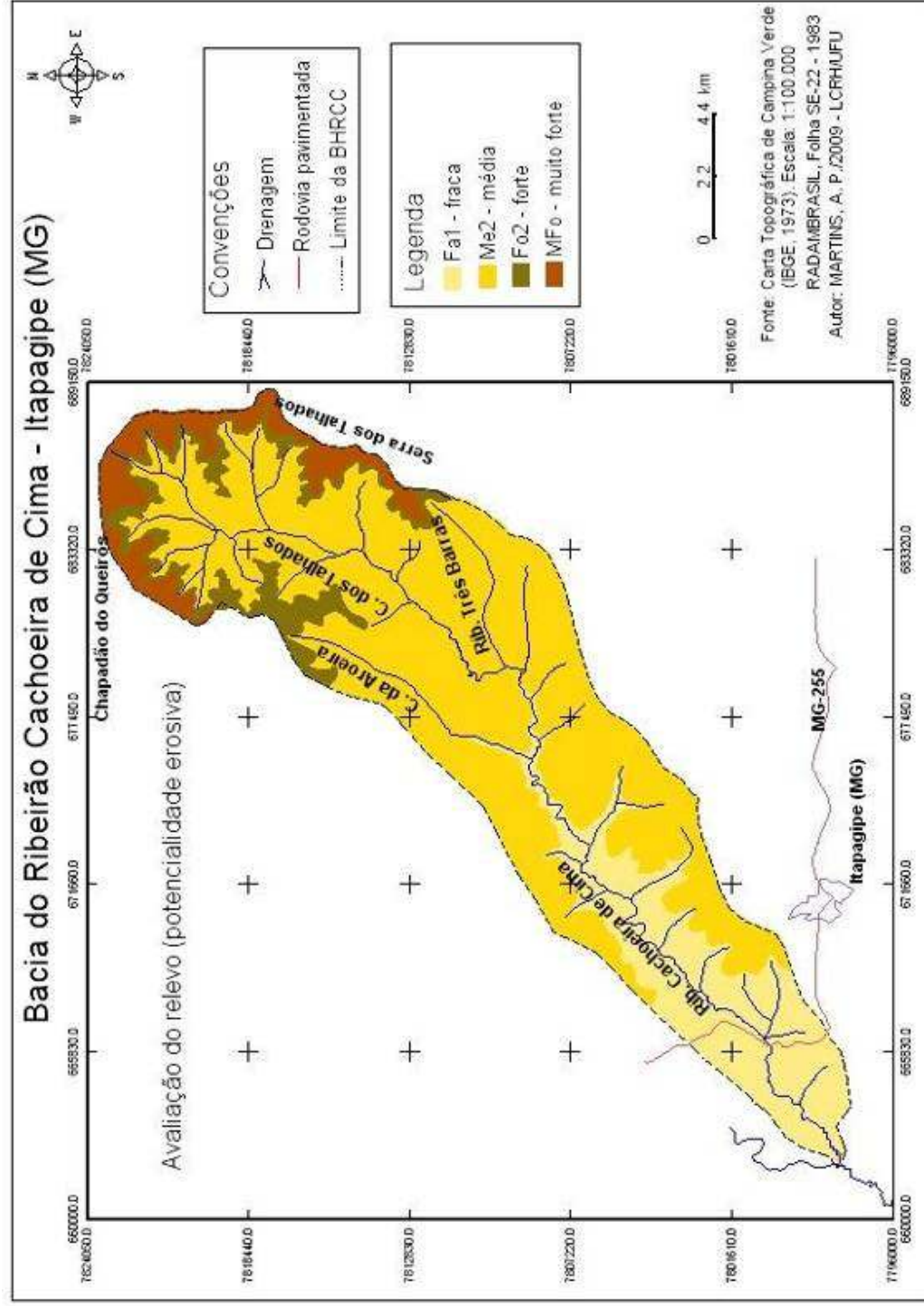


**Figura 41.** Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima: Carta de Avaliação do Relevo

- Potencialidade erosiva muito forte (6.5% da bacia): localizada no topo plano da Serra dos Talhados e Chapadão do Queirós, com encostas de relevo intensamente dissecado em formas convexas e aguçadas, eventualmente associadas a relevos residuais de topo plano e bordas de planalto e chapadões, com escarpas de até 45° (BRASIL, 1983). Apresentam solos com alto teor de areias (neossolos quartzarênicos), cobertos por detritos rochosos em algumas porções e escoamento superficial com alta capacidade de transporte. Os deslizamentos de massa são comuns, sobretudo nas escarpas areníticas, que fornecem grande quantidade de sedimentos finos aos rios, colaborando com a formação de bancos de areia em toda a bacia. São áreas geralmente cobertas por feições de Cerrado (topo plano) e Floresta Estacional Semidecidual, acompanhando o segmento das escarpas.

Com a utilização da ferramenta “LEGAL” do software SPRING 5.0.2, realizou-se uma operação booleana simples com as cartas de declividade e tipos de solo, cruzando as informações a partir dos códigos atribuídos a cada classe de fragilidade destes dois parâmetros, chegando à figura 42, que traz a carta de fragilidade natural do ambiente para a bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima. A matriz de decisão para a elaboração desta carta pode ser melhor entendida na tabela 12.

Note que a distribuição das áreas em classes seguiu alguns critérios eliminatórios e classificatórios. Os solos hidromórficos, por constituírem áreas úmidas e que permanecem encharcadas por grande parte do ano e serem vitais à manutenção dos cursos d'água, são protegidos pelo artigo 10 da Lei Estadual 14.309, de 19 de junho de 2002 (Política Estadual de Meio Ambiente). Sendo assim, foram classificados como área de Fragilidade Natural “Muito Alta”, em todas as classes de declividade. Da mesma forma, as áreas de declividade mais acentuada (acima de 30%) também foram classificadas como áreas de fragilidade natural “Muito Alta”, independente do tipo de solo, por se tratarem de áreas de preservação permanente.

Foram atribuídos maiores valores de fragilidade às classes de solo AQa5 e PVd5 por apresentarem maior teor de areias e localizarem-se no topo e nas encostas da Serra dos Talhados e Chapadão do Queirós, estando, assim, mais susceptíveis a processos erosivos.

**Tabela 10.** Classes de Fragilidade Natural para a BHRCC.

| <b>Tipo de solo</b>                                                                                                                                          | <b>Classe de Declividade</b>      | <b>Classe de Fragilidade Natural</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| <b>LEa1</b> - Latossolo Vermelho escuro álico, de textura média (BRASIL, 1983)                                                                               | 0-6%; 6-12%                       | Muito baixa                          |
|                                                                                                                                                              | 12-20%                            | Baixa                                |
|                                                                                                                                                              | 20-30%                            | Média                                |
|                                                                                                                                                              | >30%                              | Alta                                 |
| <b>TRe3</b> – Nitossolo de textura argilosa a muito argilosa, com porções pedregosas (BRASIL, 1983).                                                         | 0-6%; 6-12%                       | Baixa                                |
|                                                                                                                                                              | 12-20%                            | Média                                |
|                                                                                                                                                              | 20-30%; >30%                      | Alta                                 |
| <b>PVd5</b> – Argissolo vermelho-amarelo distrófico, textura média e associado a neossolos quartzarênicos em áreas de contato com esta classe (BRASIL, 1983) | 0-6%                              | Baixa                                |
|                                                                                                                                                              | 6-12%                             | Média                                |
|                                                                                                                                                              | 12-20%                            | Alta                                 |
|                                                                                                                                                              | 20-30%; >30%                      | Muito Alta                           |
| <b>AQa5</b> – Neossolos quartzarênicos álicos, associados em alguns pontos com latossolos vermelho-amarelo álico (BRASIL, 1983).                             | 0-6%                              | Média                                |
|                                                                                                                                                              | 6-12%                             | Alta                                 |
|                                                                                                                                                              | 20-30%; >30%                      | Muito Alta                           |
| <b>GM</b> – Solos hidromórficos, com grande acúmulo de matéria orgânica nos 30 cm superficiais (análises de campo e laboratório)                             | 0-6%; 6-12%; 12-20%; 20-30%; >30% | Muito Alta                           |

Áreas cobertas por Latossolos e Nitossolos, por apresentarem maior agregação de partículas, boa estruturação e drenagem satisfatória, enfim, características que dão-lhes estabilidade, foram classificados entre as categorias muito baixa e baixa, com exceção de áreas com declividade muito acentuada.

Observe na figura 42, que traz o mapa de fragilidade ambiental natural da BHRCC e na tabela 11, que mostra a variação percentual destas classes, que os terrenos que apresentam maiores graus de fragilidade localizam-se justamente em áreas de encostas e topos da Serra dos Talhados e Chapadão do Queirós, no fundo de vale alagado do médio curso do Córrego dos Talhados e em pequenas porções do baixo curso do Ribeirão Cachoeira de Cima, onde há afloramento de rochas basálticas. A maior parte da bacia apresenta áreas de fragilidade muito baixa ou baixa, exatamente aquelas onde se desenvolve a atividade pecuária.

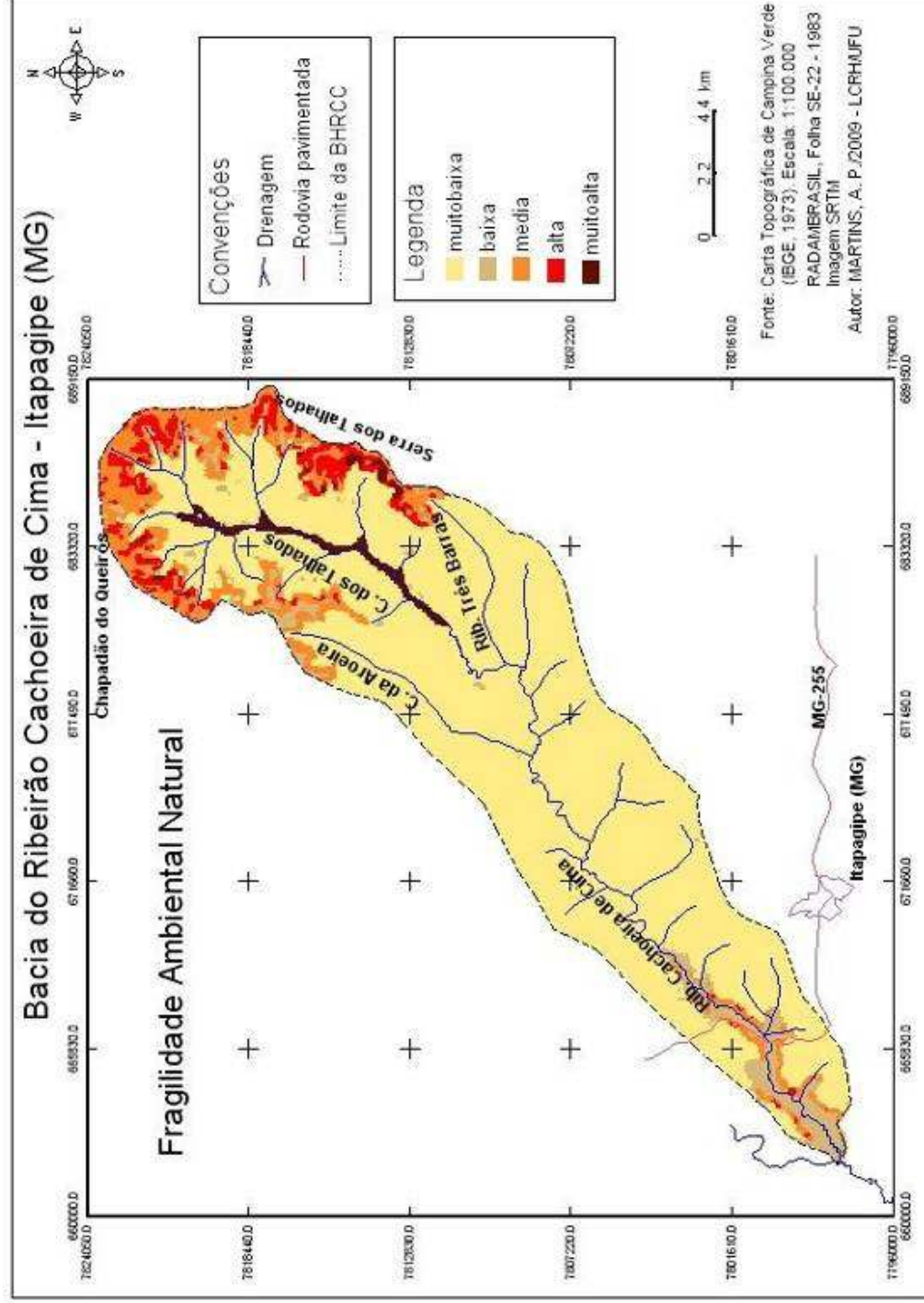


**Figura 42.** Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima: Fragilidade ambiental natural.

**Tabela 11.** Fragilidade ambiental natural: distribuição espacial na BHRCC

| <b>Classe de Fragilidade Natural</b> | <b>Área de ocorrência (%)</b> | <b>Uso da terra associado</b>                  |
|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>Muito baixa</b>                   | 76.9                          | Pastagens; Cultura/Solo exposto; Cerrado/Pasto |
| <b>Baixa</b>                         | 7.6                           | Cerrado/Pasto;                                 |
| <b>Média</b>                         | 10.6                          | Mata/Cerradão; Cerrado/Pasto                   |
| <b>Alta</b>                          | 3,3                           | Mata/Cerradão; Cerrado/Pasto                   |
| <b>Muito Alta</b>                    | 1.6                           | Mata/Cerradão; Cerrado/Pasto                   |

Após a delimitação das categorias de fragilidade natural apresentadas pelo ambiente baseada nos fatores tipo de solo e declividade, foi necessário identificar o grau de proteção que cada categoria de uso da terra oferece ao ambiente. Com base no estudo de Kawakubo et al (2005) foram estabelecidas quatro classes hierárquicas que atribuem diferentes graus de proteção às categoriais de uso da terra (tabela 12 e figura 43).

**Tabela 12.** Grau de proteção dado pelo uso da terra ao ambiente

| <b>Grau de proteção</b> | <b>Uso da terra e cobertura vegetal</b> | <b>Código atribuído</b> |
|-------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
| <b>Muito Alta</b>       | Mata/Cerradão                           | 1                       |
| <b>Alta</b>             | Cerrado/Pasto                           | 2                       |
| <b>Média</b>            | Pastagem                                | 3                       |
| <b>Baixa</b>            | Cultura/Solo exposto                    | 4                       |

Observe que, quanto mais intenso o uso dado ao solo, menor será o grau de proteção. As porções de mata e feições mais fechadas de cerrado oferecem uma maior proteção ao ambiente, o que torna estas áreas pouco frágeis (protegidas). Esta análise torna-se um tanto quanto contraditória ao perceber que, caso esta cobertura seja retirada, estas áreas passarão a apresentar maiores graus de fragilidade, por localizarem-se em áreas de fundo de vale (proteção dos recursos hídricos) e de encostas.

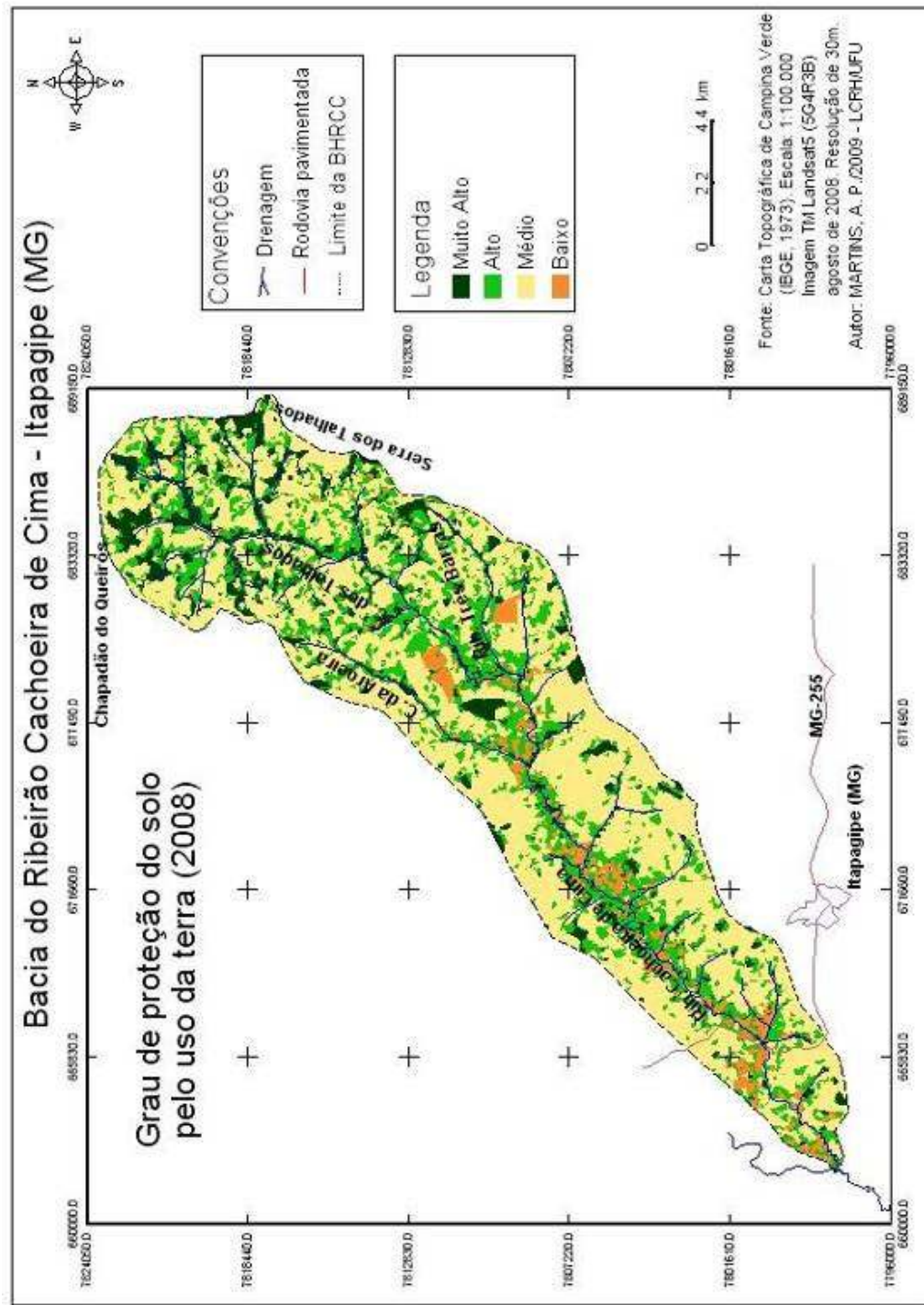


**Figura 43.** Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima: Grau de proteção do solo pelo uso da terra (2008).

#### 4.5. Capacidade de uso da terra na BHRCC

Em 1983, o projeto RADAMBRASIL, do Ministério de Minas e Energia realizou o mapeamento sistemático de todas as características do meio físico do país. Itapagipe localiza-se na Folha SE-22 do referido projeto, utilizado como base para as análises e proposições, tomando-se o devido cuidado para não generalizar demais os conteúdos, visto que as cartas do RADAMBRASIL estão em uma escala de 1:1.000.000 e, os produtos cartográficos gerados nesta pesquisa, na escala de 1:50.000, isto é, com um nível de detalhamento bem maior.

Entre as cartas do RADAMBRASIL está a de Capacidade de Uso dos Recursos Naturais Renováveis, baseada em três parâmetros: 1. Climatológico; 2 Geomorfológico; 3. Pedológico. A partir destes parâmetros, foram delimitadas áreas homogêneas do ponto de vista da produção e produtividade agrícolas e, em cada uma dessas classes, nota-se os resultados da interação clima-relevo-solo (BRASIL, 1983) Para a área da Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima, distinguem-se quatro classes de capacidade de uso (figura 44):

- Áreas com leve limitações quanto aos solos, clima e relevo (122et): Correspondem a 22,1% da área da bacia e se localiza no baixo curso, em cotas inferiores a 500m. O índice agroclimático<sup>3</sup> varia de 85 a 115% e a precipitação média anual não ultrapassa 1400mm; as declividades inferiores a 15° permitem a mecanização nos cultivos; o solo apresenta algumas limitações (BRASIL, 1983).
- Áreas com limitações moderadas quanto ao solo (123 dc): Correspondem a 64,1% da área, entre o alto e médio curso da bacia. As declividades inferiores a 15% não oferecem empecilhos à mecanização, embora as práticas conservacionistas sejam necessárias. O índice agroclimático fica entre 70 e 115%, pouco abaixo do “necessário” e a precipitação não ultrapassa os 1365mm, o que também é restritivo. Os solos apresentam moderadas limitações físico-químicas e morfológicas, além de apresentar restrições por apresentarem excesso de concreções e/ou cascalhos e/ou pedregosidade. (BRASIL, 1983).

---

<sup>3</sup> Índice dado em porcentagem, resultado da raiz quadrada da precipitação total multiplicada pela evapotranspiração real e dividida pela evapotranspiração potencial.

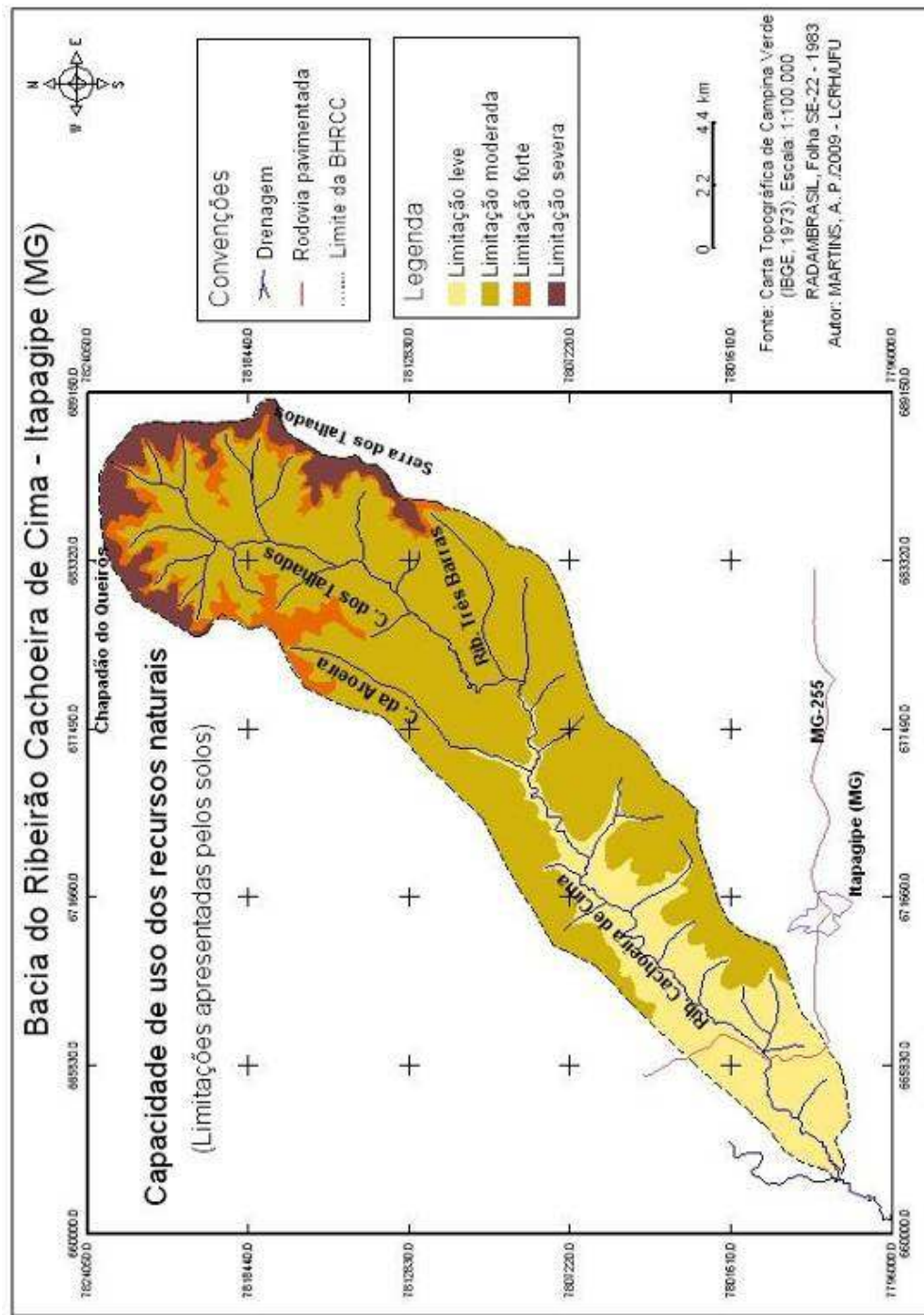


**Figura 44.** Capacidade de uso dos recursos naturais (solo, clima e relevo)

- Áreas com fortes limitações quanto ao clima, solo e relevo (115dc). Correspondem a 7,3% da área da bacia, entre cotas de 600 e 650m. A precipitação anual inferior a 1350mm e o índice agroclimático entre 70 e 115% oferece alguns empecilhos para ocupação de determinadas áreas, que apresentam períodos secos prolongados. São áreas com declividades superiores a 25°, não mecanizáveis e passíveis de utilização com uso de tração animal. Necessitam de práticas conservacionistas intensivas e permanentes relacionadas ao relevo e ao solo. Os solos apresentam restrições devido à grande presença de cascalhos e fortes limitações físico-químicas (BRASIL, 1983)
- Áreas com severas limitações quanto ao relevo e ao solo (115dc). Correspondem a 6,3% da área de estudo, acima de cotas altimétricas de 650m, no topo das superfícies residuais da Serra dos Talhados e Chapadão do Queirós. A precipitação total anual superior a 1400mm e o índice climático entre 70 e 115% não são condicionantes fundamentais. As principais restrições estão ligadas à impossibilidade de mecanização (declividades acima de 30%). Os solos também apresentam severas limitações físico-químicas e morfológicas, apresentando excesso de concreções, cascalhos e pedregosidade. (BRASIL, 1983)

Estas características foram também observadas em campo, embora não tenham sido feitas análises químicas das amostras de solo para identificar características como pH, quantidade de nutrientes, fertilidade, etc.

A partir dos estudos de Bertoni e Lombardi Neto (1999) que propõem um metodologia bem simplificada para análise e definição da capacidade de uso da terra em moldes conservacionistas, foram estabelecidas cinco classes simplificadas para capacidade de uso na BHRCC, cujos parâmetros encontram-se no quadro 08.

Para atingir estes resultados, partiu-se dos 19 pontos de coleta de amostras de solo, onde também foram identificados pontos de degradação dos solos e áreas com início ou sujeitas a processos erosivos. As áreas onde não foram coletadas amostras de solo foram classificadas a partir das semelhanças apresentadas pelo ambiente. Sabe-se que esta classificação apresenta algumas falhas, pois não foram feitas análises laboratoriais de fertilidade, ensaios de permeabilidade, porosidade e infiltração, entre outros, mas, no geral, fornece uma boa base para o planejamento de atividades produtivas em modelos sustentáveis.

| Classe | Descrição                                                                                                                                                                                                         | Parâmetros observados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01     | Terras cultiváveis com necessidade uma ou mais práticas especiais para assegurar produção alta ou média                                                                                                           | Fragilidade natural: muito baixa e baixa<br>Uso da terra atual: pastagem, cultura e solo exposto<br>Solos: profundos a muito profundos, bem drenados, permeáveis, estrutura forte a moderada, argilosos ou areno-barrentos, sem problemas de inundação. Declividades suaves e fertilidade de média a alta. Talvez seja necessário correção simples de pH. Facilmente mecanizáveis.                                                                                                                                                                                                                                     |
| 02     | Terras cultiváveis com aplicação de práticas intensivas ou complexas                                                                                                                                              | Fragilidade natural: baixa<br>Uso da terra atual: pastagem, cultura e solo exposto<br>Solos com profundidade média a profundos, bem drenados, permeáveis, estrutura moderada, argilosos ou areno-barrentos, sem problemas de inundação. Declividades moderadas, fertilidade média. Necessita de correção de pH, adubações periódicas e não são facilmente mecanizáveis.                                                                                                                                                                                                                                                |
| 03     | Terras não cultiváveis com culturas anuais, com capacidade de uso para culturas permanentes, pastagens e silvicultura sem práticas especiais de controle                                                          | Fragilidade natural: baixa/média<br>Uso da terra atual: pastagem, cultura, solo exposto, cerrado/pasto.<br>Solos com profundidade média a profundos, com drenagem adequada ou mesmo excessiva ou ligeiramente deficiente, mas sem riscos de inundação. Estrutura moderada, com predomínio da fração areia. Declividades moderadas, fertilidade média a baixa. Destinado a pastagens cultivadas, com correções periódicas de pH e adubação.                                                                                                                                                                             |
| 04     | Terras não cultiváveis com culturas anuais, com capacidade de uso para culturas permanentes, pastagens e silvicultura com práticas especiais de controle, de preferência associadas a áreas com vegetação arbórea | Fragilidade natural: média a alta<br>Uso da terra atual: pastagem; cerrado/pasto.<br>Solos com profundidade variada, estrutura fraca a moderada com predomínio da fração areia. Drenagem adequada ou excessiva, sem riscos de inundação. Declividades moderadas a fortes, fertilidade média a baixa. Destinados apenas a pastagens consorciadas a feições de cerrado (pastagem sombreada), necessitando de técnicas de manejo conservacionista para evitar perda de solos por erosão e danos aos cursos d'água. Número reduzido de reses por hectare, pasto com maiores dificuldades de formação. Baixa produtividade. |
| 05     | Terras com severas limitações, não cultiváveis e que devem ser destinadas à preservação permanente do sistema ambiental.                                                                                          | Fragilidade natural: alta a muito alta.<br>Uso da terra atual: mata, cerrado.<br>Devem ser destinadas a preservação áreas com declividades muito fortes, na faixa de margeamento dos cursos d'água previstas por lei, áreas úmidas e com características de relevo e solos que favoreçam os processos erosivos, como nas encostas da Serra dos Talhados.                                                                                                                                                                                                                                                               |

**Quadro 08.** Classes de Capacidade de Uso da Terra na BHRCC.

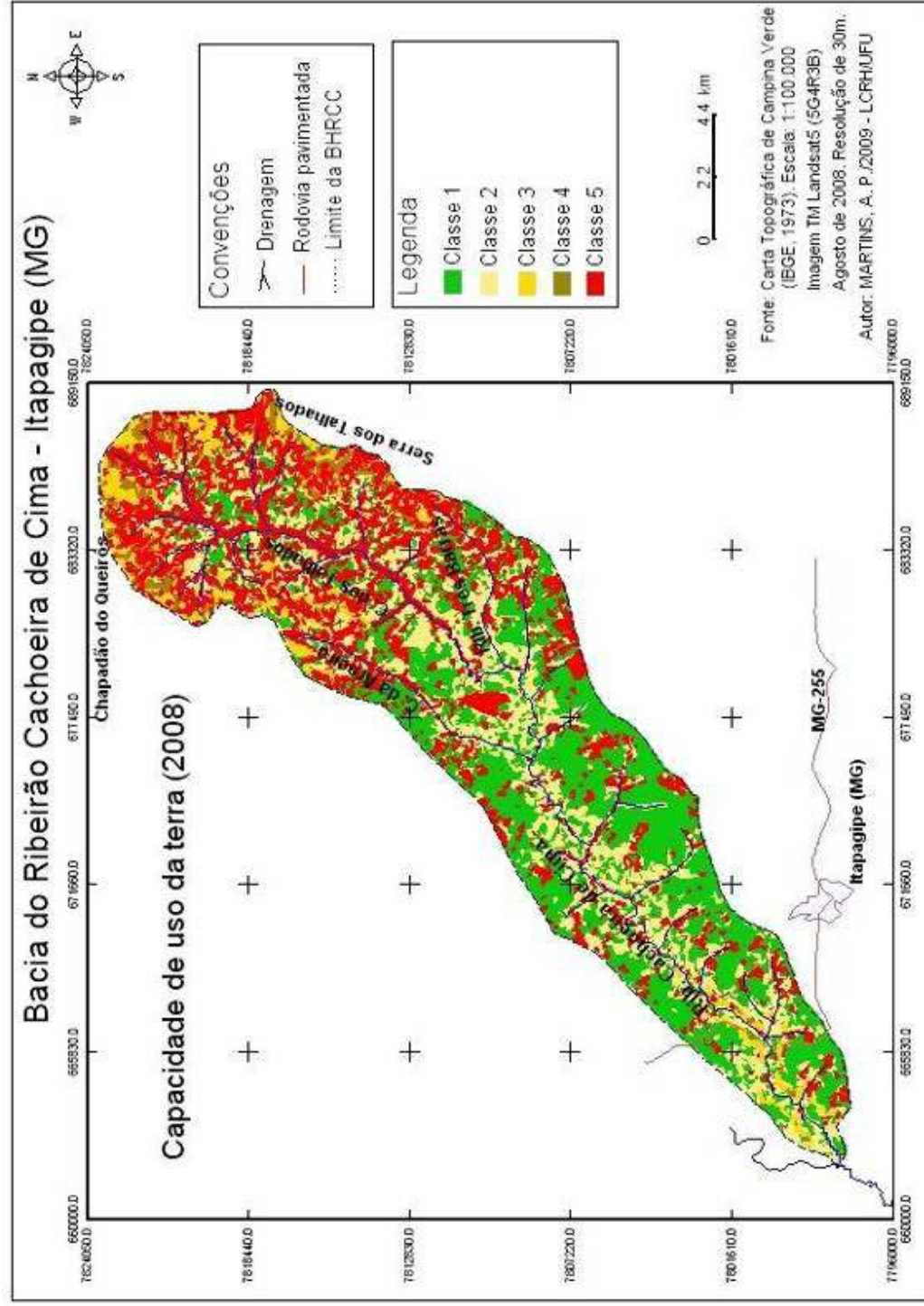


**Figura 45.** Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima: Carta de capacidade de uso da terra na BHRCC.

De acordo com o mapa da figura 45, que traz a capacidade de uso da terra com base nos graus de fragilidade e uso da terra atual, nota-se que 68% da área enquadra-se nas classes 1 e 2 por apresentarem relevo suave, solo estável e baixa fragilidade natural, sendo recomendadas tanto para o plantio comercial (grãos, algodão, cana-de-açúcar, etc.) como para o cultivo de pastagens. Deve-se tomar algumas precauções com o manejo e com a produção de alguns gêneros agrícolas, pois seria necessário o emprego de técnicas de irrigação, visto a irregularidade das chuvas nesta porção do Triângulo Mineiro, que concentra mais de 85% da precipitação anual entre os meses de outubro e março.

As áreas que se enquadram nas classes 3 e 4 (9,5%) devem ser destinadas apenas a pastagens, com técnicas especiais de manejo. A associação das pastagens com culturas permanentes arbóreas ou a espécies nativas de cerrado (pastagem sombreada) parece ser a solução mais eficaz e menos dispendiosa financeiramente e ambientalmente. A associação de pastagens a espécies nativas de cerrado pode impulsionar, ainda, atividades de coleta de frutos nativos, cada vez mais apreciados no mercado (extrativismo sustentável). Áreas que correspondem à classe 5 (22,4%) devem ser destinadas somente à preservação dos recursos naturais e seu uso indevido deve ser punido de acordo com o que dispõe a legislação ambiental estadual e federal.

## **5. DINÂMICA CLIMATO-HIDROLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO CACHOEIRA DE CIMA.**

### **5.1. O clima regional**

A bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima encontra-se totalmente dentro dos limites do município de Itapagipe, situado na porção sudoeste do Triângulo Mineiro, oeste do Estado de Minas Gerais. Esta região apresenta características climáticas muito semelhantes às demais áreas de Cerrado do Estado de Minas Gerais, Sul de Goiás e Norte de São Paulo, com duas estações bem delimitadas: um verão quente e chuvoso, entre outubro e março, e um inverno com duração média de 4 à 6 meses, com temperaturas amenas e baixos índices de precipitação e umidade relativa do ar.

O município de Itapagipe enquadra-se pela divisão hidrográfica do IGAM (Instituto Mineiro de Gestão de Águas) na bacia hidrográfica do Baixo Rio Grande (GD8), com 18 municípios mineiros que apresentam características físicas e climáticas relativamente semelhantes. FLORÊNCIO, PRUDENTE, SILVA e MARTINS (2008) afirmam que

O Baixo Rio Grande apresenta um clima do tipo Tropical, classificado por Köppen (Ayoade, 1996) como do tipo Aw (Tropical, com chuvas de verão), cujo domínio climático é Quente e, considerando a variação sazonal, distinguem-se duas estações bem delimitadas: um inverno seco e com temperaturas amenas (abril a setembro), apresentando apenas 15% das médias anuais de precipitação, e verão quente e chuvoso (outubro a março), concentrando aproximadamente 85% das precipitações anuais. As médias térmicas são superiores a 18°C, podendo chegar a ser superior a 26°C (em média), no mês de outubro.

O inverno é ameno e a sensação de frio somente se verifica em forma de ondas espasmódicas por ocasião das invasões da Massa Polar Atlântica. O verão é sempre quente e longo de outubro a março com maiores temperaturas em outubro, novembro e dezembro. A umidade relativa média varia sensivelmente com as estações do ano, com um máximo de 81% em dezembro e um mínimo de 52% em agosto, podendo chegar a níveis críticos no trimestre mais seco (junho, julho e agosto), chegando a valores inferiores a 25% ocasionalmente.

Segundo Mendes (2001), baseado nos estudos de Nimer (1977), o clima no Estado de Minas Gerais sofre influência de fenômenos meteorológicos de latitudes médias tropicais, conferindo-lhe uma característica de clima de transição, com apenas duas estações bem definidas: verão e inverno. A gênese destas características está na dinâmica de atuação de sistemas atmosféricos como a Frente Polar Atlântica (FPA) que “praticamente todos os anos, juntamente com a MP [massa polar], alcança o Estado de Minas Gerais, causando diminuição

de temperatura do ar durante o verão”. (MENDES, 2001 p.82). Já no inverno, graças às diferenças térmicas entre o ar da região do Equador e do Pólo Sul,

as frentes apresentam forte gradiente barométrico, que provoca regiões de movimento ascendente do ar, normalmente na frente norte do sistema frontal, que ocasiona precipitação tipicamente frontal, abrangendo principalmente a faixa sul dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e toda a região Sul. (MENDES, 2001 p.82)

No verão, a diferenciação térmica entre a zona equatorial e áreas de altas latitudes não é tão alta quanto no inverno, mesmo assim, segundo Mendes (2001), as frentes continuam operando, com atividade convectiva associada relativamente baixa, o que levaria a crer que a precipitação no Estado de Minas Gerais diminuiria, o que na realidade não acontece. O autor explica que o “aquecimento continental nesse período do ano produz células de baixa pressão, distribuídas pelo Estado, favorecendo a formação de chuvas”. (MENDES, 2001 p.83)

Com base nos estudos de Nimer (1977) que, apesar dos mais de 30 anos de publicação continua a ser uma das melhores referências no assunto, destaca-se que a posição do Estado de Minas Gerais na metade do caminho entre as áreas equatoriais e temperadas, faz com que o estado seja atingido por perturbações do sul (associadas às Massas Polares), de leste (ondas que se deslocam na região equatorial no sentido oeste-leste) e de oeste (relacionadas com centros de baixa pressão, que recebem o nome de Linhas de Instabilidade Tropical).

Ainda segundo Nimer (1979), ao abordar especificamente o clima do Sudeste do Brasil, estas perturbações de oeste, que ocorrem com maior frequência na primavera e no verão, associam-se à alta umidade amazônica (Massa Equatorial Continental) provocando chuvas na região. Quando associadas às frentes frias que, mesmo no verão, continuam atuando, forma-se um “corredor” entre a região amazônica e o litoral do sudeste conhecido como Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), responsável por precipitações contínuas e intensas na região, por períodos que se estendem de 3 a 7 dias.

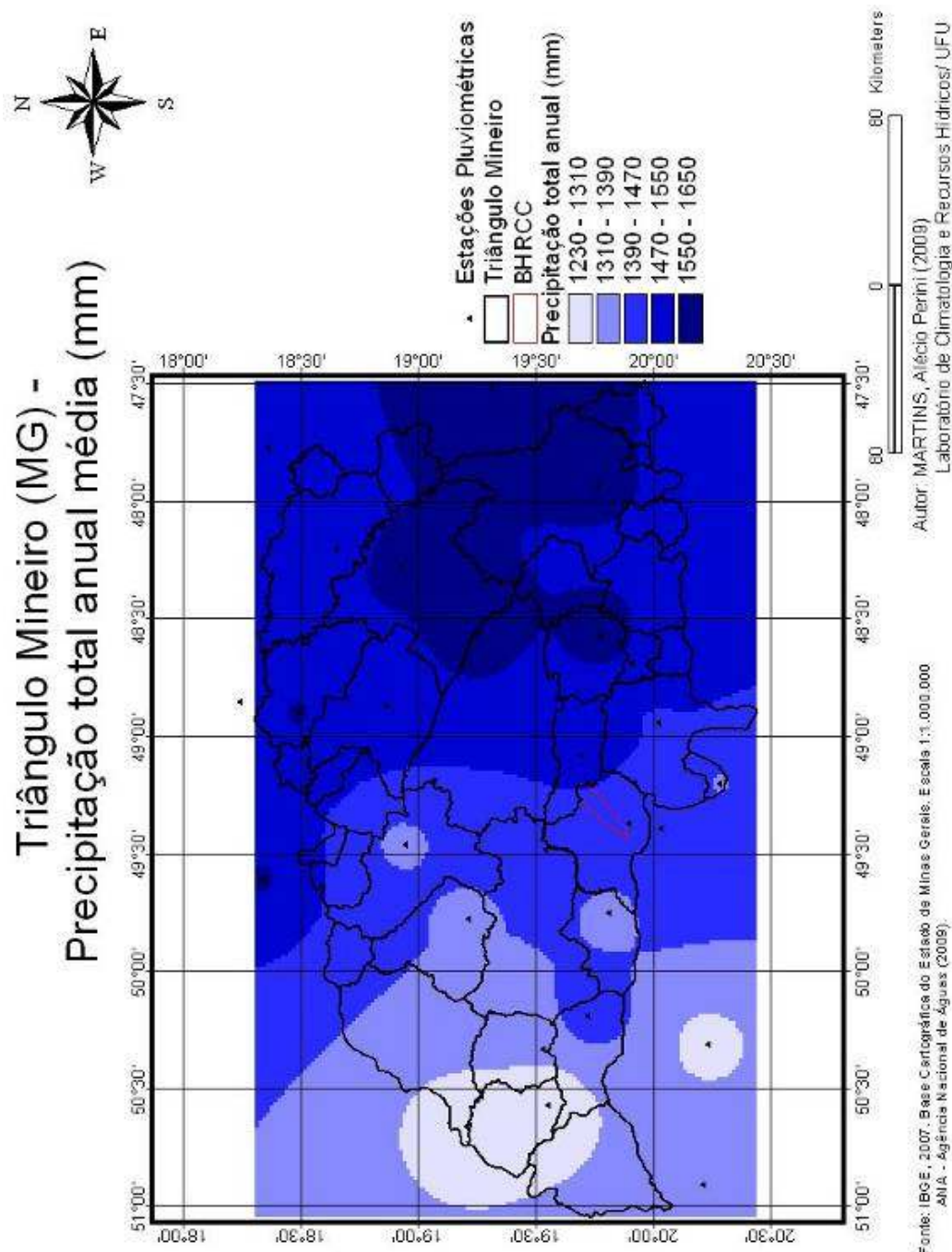


**Figura 46.** Distribuição espacial das chuvas totais anuais na região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais.

Na figura 46 é possível observar que os totais pluviométricos diminuem sensivelmente em direção ao extremo oeste do Triângulo Mineiro, o que se deve à proximidade com o extremo sudoeste de Goiás e leste de Mato Grosso do Sul, regiões que apresentam padrões diferenciados de distribuição pluviométrica e que interferem de certa forma no clima desta "área de transição". Outro fator que pode estar relacionado à diminuição das precipitações em direção a oeste é a topografia, visto que regiões de extensos chapadões como as de Uberlândia, Uberaba, Prata e do Alto Paranaíba apresentam médias pluviométricas mais elevadas em relação às áreas mais baixas do terreno, como no baixo vale do Rio Paranaíba e do Rio Grande (Região de Santa Vitória, Carneirinho, Limeira do Oeste e Iturama).

A figura 47 traz a representação espacial das médias térmicas anuais obtidas por estimativa (via equação de regressão), e a tendência observada é praticamente a que também ocorre com as precipitações. À medida que o terreno apresenta altitudes mais baixas, as médias térmicas aumentam, o que também aumenta os índices de evapotranspiração e contribui para que estas áreas apresentem elevados índices de deficiência hídrica, se comparadas a áreas do leste do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

Segundo dados do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Uberlândia, na estação climatológica da Fazenda Três Colinas, no município de Itapagipe, as precipitações anuais médias são de 1420 mm, sendo que, deste total, cerca de 85% distribui-se entre os meses de verão (de outubro a março, e os meses de dezembro e janeiro contribuem com 40% deste total. A temperatura média anual é de 25°C, sendo o mês de outubro, o mais quente (média de 26,7°C), e junho, o mais frio (média de 22,3°C). Quanto à disponibilidade de água no solo, o excedente médio que este apresenta é de 320 mm, principalmente no período compreendido entre novembro e março e, nos demais meses, esse balanço é negativo, com deficiência média de 280 mm.

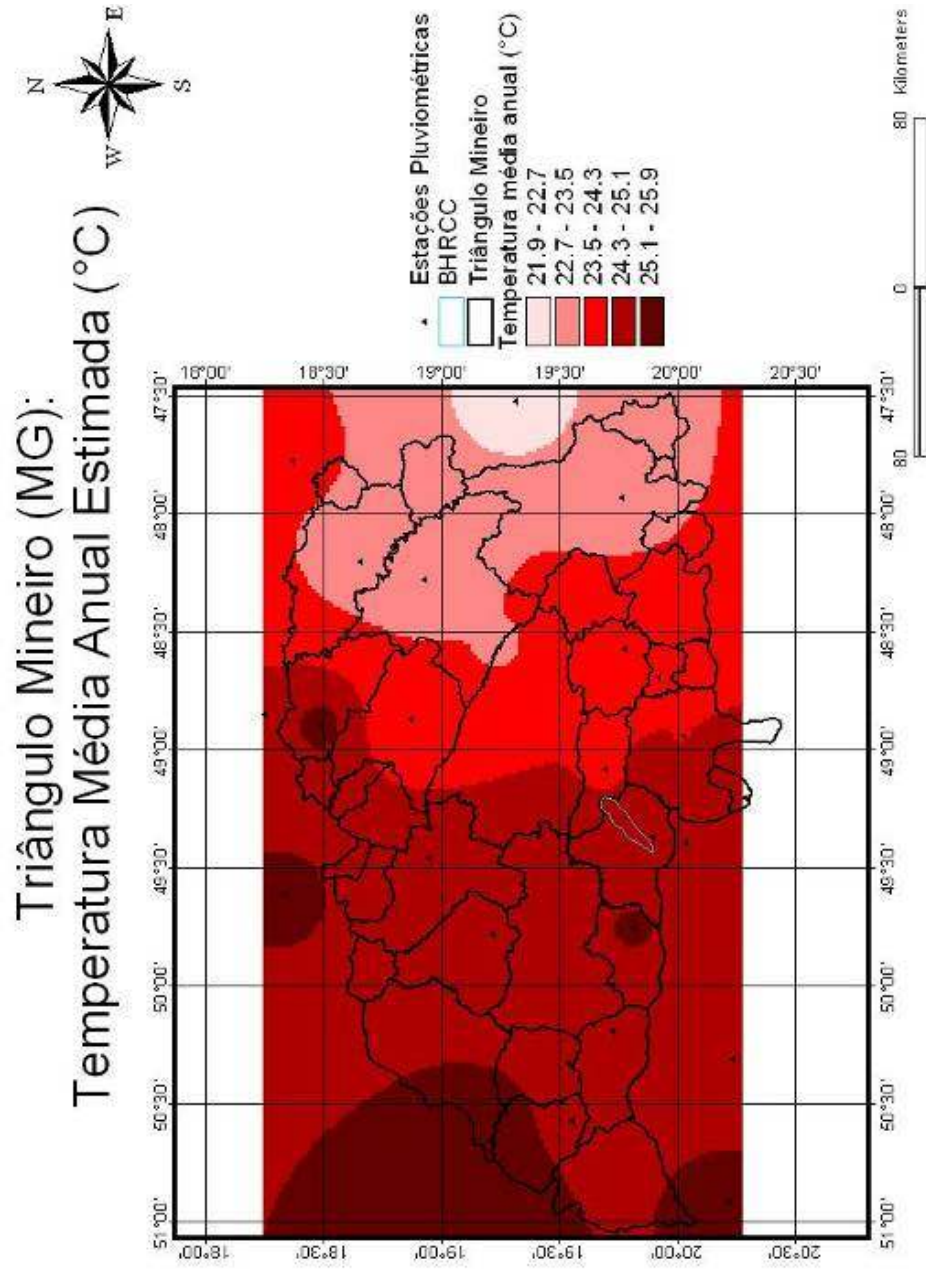


**Figura 47.** Distribuição espacial das temperaturas médias anuais na região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais.

## 5.2. O clima local

Aproximando mais as análises para a área de estudo compreendida pela Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima (BHRCC) e para o município de Itapagipe, no qual está inserida, percebe-se que a tendência de variabilidade espacial e temporal dos elementos climáticos é praticamente a mesma, apenas com algumas especificidades pontuais, como a interferência que a Serra dos Talhados exerce sobre a distribuição da precipitação, como será visto no item 5.3.

A figura 48 traz a distribuição espacial das precipitações médias no município de Itapagipe e entorno, elaborada a partir dos dados de precipitação fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA), melhor visualizados na tabela 13.

**Tabela 13.** Precipitação mensal e anual média para o município de Itapagipe (MG) e entorno. (1995-2008\*)

| Município                                                    | Jan        | Fev        | Mar        | Abr       | Mai       | Jun       | Jul       | Ago        | Set       | Out        | Nov        | Dez        | Total       |
|--------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|
| <b>Itapagipe</b>                                             | 326        | 195        | 187        | 80        | 46        | 17        | 11        | 18         | 58        | 96         | 169        | 227        | 1430        |
| <b>Comendador Gomes</b>                                      | 293        | 229        | 187        | 100       | 44        | 17        | 11        | 23         | 60        | 115        | 179        | 267        | 1525        |
| <b>Frutal</b>                                                | 341        | 176        | 189        | 67        | 55        | 20        | 9         | 16         | 58        | 95         | 176        | 226        | 1428        |
| <b>Campina Verde</b>                                         | 268        | 211        | 180        | 92        | 41        | 17        | 10        | 19         | 58        | 118        | 171        | 235        | 1437        |
| <b>S. Francisco de Sales</b>                                 | 340        | 218        | 160        | 60        | 46        | 15        | 7         | 23         | 58        | 74         | 149        | 201        | 1350        |
| <b>Paulo de Faria (SP)</b>                                   | 279        | 210        | 193        | 87        | 53        | 22        | 15        | 22         | 71        | 112        | 173        | 227        | 1464        |
| <b>Iturama</b>                                               | 268        | 226        | 174        | 75        | 48        | 20        | 13        | 22         | 70        | 96         | 181        | 254        | 1446        |
| <b>Fronteira</b>                                             | 309        | 200        | 181        | 59        | 48        | 18        | 12        | 20         | 47        | 84         | 142        | 230        | 1350        |
| <b>Campo Florido</b>                                         | 310        | 242        | 182        | 87        | 52        | 23        | 12        | 19         | 60        | 130        | 183        | 272        | 1572        |
| <b>Prata</b>                                                 | 279        | 245        | 226        | 89        | 54        | 15        | 12        | 20         | 62        | 124        | 192        | 300        | 1615        |
| <b>Média Regional</b>                                        | <b>291</b> | <b>215</b> | <b>187</b> | <b>80</b> | <b>49</b> | <b>18</b> | <b>11</b> | <b>20</b>  | <b>60</b> | <b>104</b> | <b>171</b> | <b>244</b> | <b>1450</b> |
| <b>Variação da prec. de Itapagipe em relação à média (%)</b> | <b>+11</b> | <b>-10</b> | <b>0</b>   | <b>0</b>  | <b>-6</b> | <b>-5</b> | <b>0</b>  | <b>-10</b> | <b>-3</b> | <b>-8</b>  | <b>-1</b>  | <b>-7</b>  | <b>-1,5</b> |

**Fonte:** ANA, 2008.

\* Apesar de se considerar como “ideal” para análises climatológicas um período de 30 anos de dados, a maioria das estações localizadas na região foram instaladas no ano de 1995 e só apresentam dados diários e mensais a partir de então.

Observe que no período analisado (1995-2008), as maiores médias são registradas na porção nordeste do município, bem como nos municípios de Comendador Gomes, Campo Florido e Prata, o que indica que a maioria das precipitações penetram a área de estudo desta região e diminuem à medida em que se aproximam da foz do Ribeirão Cachoeira de Cima e do extremo oeste do Triângulo Mineiro, o que pode ser confirmado pelos baixos índices registrados na estação de São Francisco de Sales, município a oeste de Itapagipe.

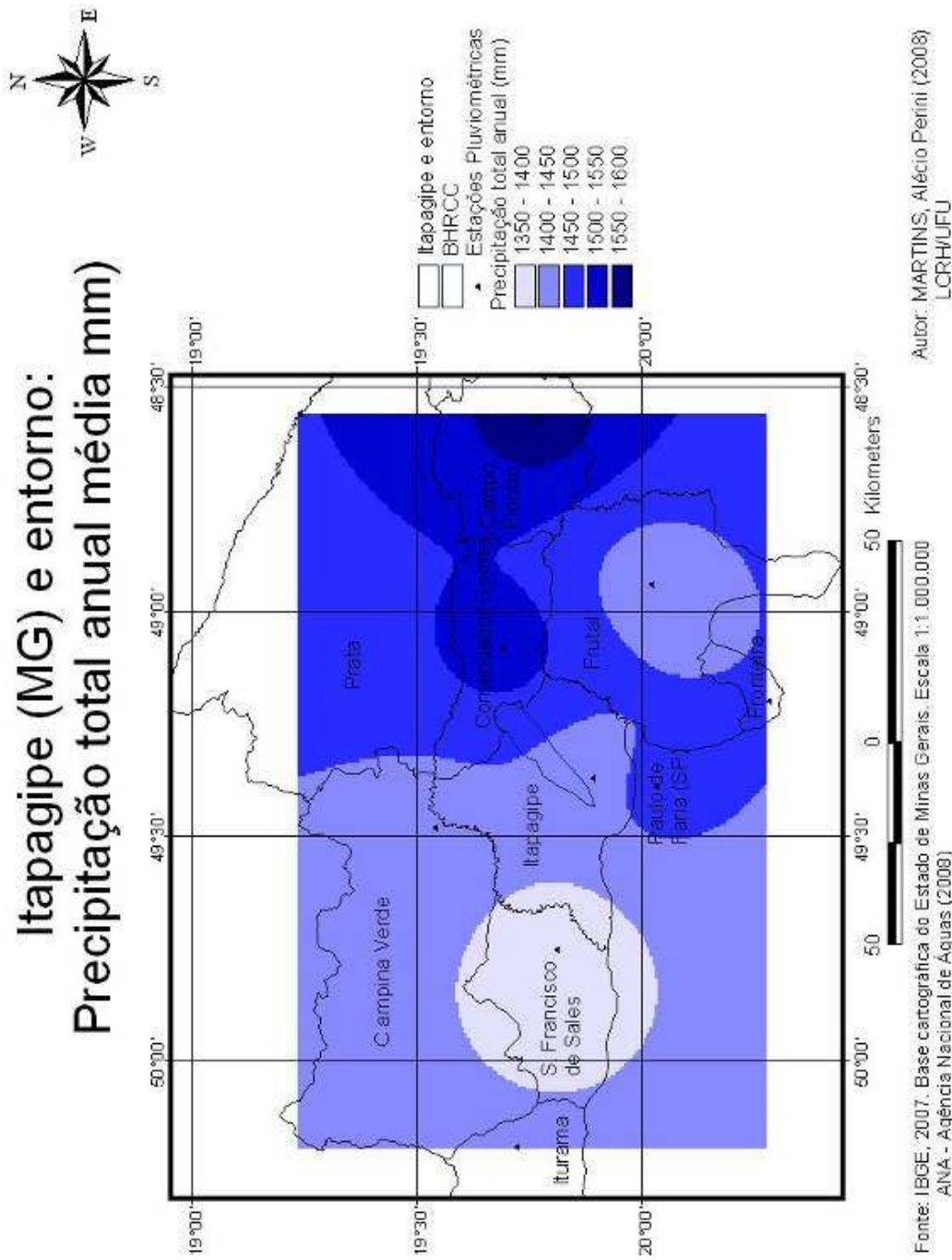


**Figura 48.** Distribuição espacial das precipitações no município de Itapagipe (MG) e entorno.

A figura 49 traz a distribuição das precipitações no período chuvoso (outubro à março) e, a figura 50 no período seco (abril à setembro). Note que o comportamento da pluviosidade segue a mesma tendência, e que mais de 85% da precipitação anual concentra-se entre os meses de outubro à março, o que restringe a ocupação da terra por determinados cultivos agrícolas, além de ser um desafio à pecuária, cada vez mais dependente de pastagens irrigadas e técnicas de silagem para alimentar o gado neste período e obter algum lucro da produção.

As chuvas observadas na região apresentam duas origens principais. A primeira, já citada, pela movimentação de massas de ar em uma escala mais ampla e que acabam definindo a dinâmica pluviométrica na região, caracterizadas por períodos sequenciais de chuvas, na maioria das vezes intensas e constantes, com alto volume precipitado. A segunda, caracteriza-se pelas chuvas convectivas, popularmente conhecidas como "chuvas de verão", provocadas pela intensa evaporação de água no decorrer do dia, insolação mais efetiva e temperatura mais alta. Estas chuvas ocorrem geralmente no fim do dia e podem se apresentar em grande volume e distribuição espacial muito irregular, podendo ocasionar inundações em pequenas bacias hidrográficas (BERTONI e TUCCI 2001 p. 180). Como poderá ser visto no item 5.3, é possível observar ainda o fenômeno da orografia, que explica a ocorrência de maiores volumes de chuvas nas áreas da Serra dos Talhados e Chapadão do Queirós.

No que diz respeito às temperaturas (figura 51), sua distribuição segue a tendência de aumento em direção ao oeste, de forma inversamente proporcional à precipitação, que diminui nesta direção. Esta variável sofre forte influência do fator topográfico, visto que a cada 100m de altitude tem-se uma redução média de 0,6°C na temperatura e, em direção ao oeste, as altitudes são cada vez menores à medida em que se aproxima do baixo vale do Rio Paranaíba e do Rio Grande. As altas temperaturas favorecem a formação de chuvas convectivas no final do dia, sendo esta a principal forma de precipitação identificada na porção oeste do Triângulo Mineiro, onde o município de Itapagipe está situado. Essas chuvas intensas e concentradas em um curto espaço de tempo são especialmente perigosas na área de estudo, que apresenta seu alto curso em uma área de solo bastante arenoso, naturalmente susceptível à erosão e ocupada por atividades que degradam os solos (criação extensiva de gado bovino). As altas temperaturas proporcionam, ainda, altos índices de evapotranspiração potencial, como exemplificado no mapa da figura 52.



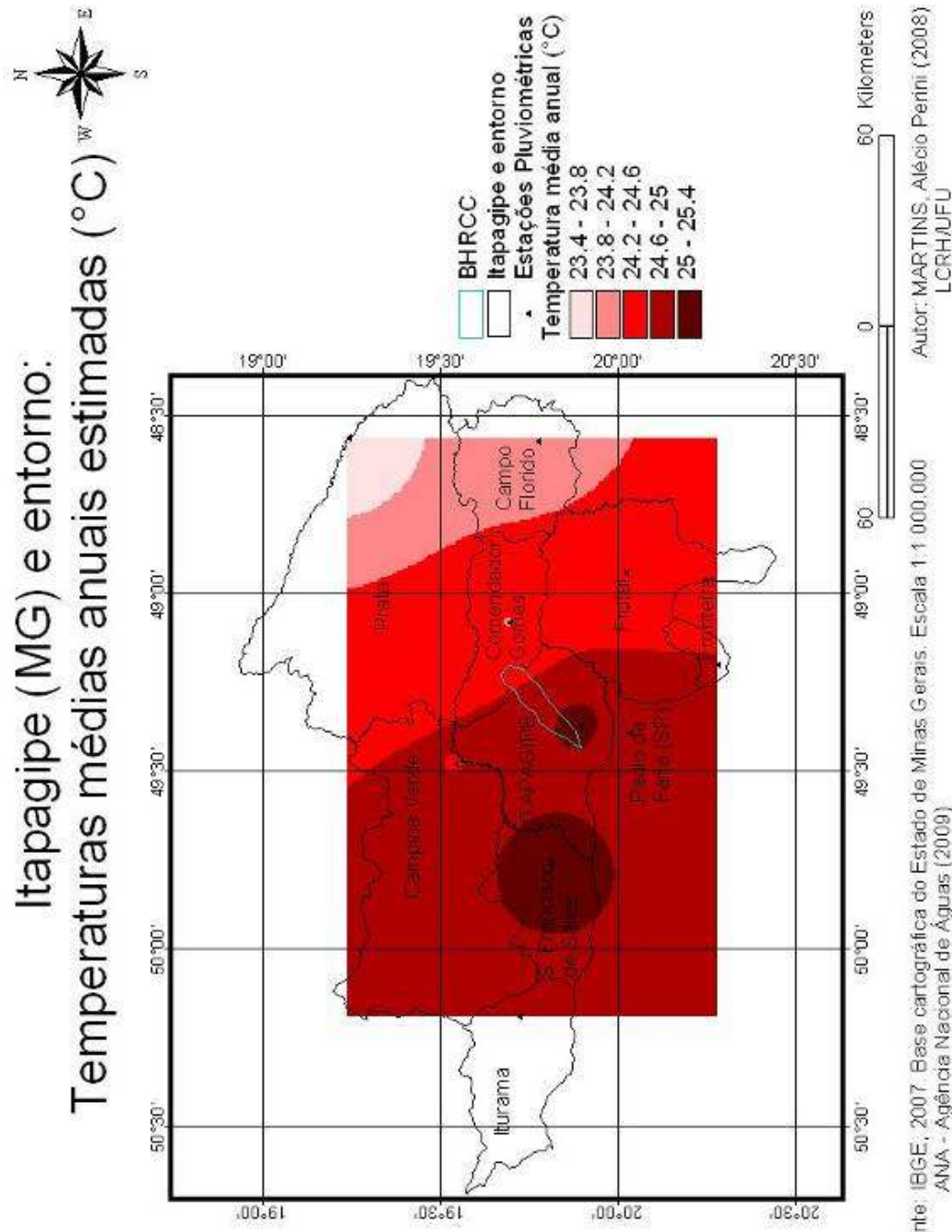


**Figura 51.** Variação térmica anual no município de Itapagipe e seu entorno.

A distribuição espacial da evapotranspiração potencial média (figura 52) segue a mesma tendência das variáveis pluviosidade e temperatura, sofrendo ainda interferência de fatores locais, principalmente da topografia. O conhecimento da evapotranspiração média de cada localidade é fundamental para que caso um ano apresente precipitações abaixo da média, sendo considerado como seco ou tendente a seco, seja possível traçar um prognóstico do déficit hídrico apresentado para tentar saná-lo de alguma forma. Mudanças nos padrões de ocupação das terras também podem provocar mudanças nos valores de evapotranspiração por interferirem diretamente na temperatura local. Dessa forma, caso o desejo seja reduzir estes valores, é preciso adotar medidas conservacionistas que inibam a perda de água por evaporação pelo ambiente.

A partir dos dados de temperatura e precipitação média, foi feito o balanço hídrico do solo para estas áreas, a fim de observar o comportamento das variáveis "excedente" e "déficit" hídricos no tempo e no espaço (tabela 14). Para tal, padronizou-se uma capacidade de armazenamento (CAD) em 125mm, ignorando-se os diferentes tipos de solos encontrados, e utilizou-se a metodologia proposta por Thorntwaite e Mather (1955), adaptada em software desenvolvido por Rolin e Sentelhas (2003). Nota-se nas figuras 53 e 54 que o padrão de distribuição espacial é semelhante ao de distribuição pluviométrica, sendo as estações que registram as maiores precipitações as que também registram os maiores excedentes. Os déficits mais elevados próximos à calha do Rio Grande devem-se, principalmente, às temperaturas mais elevadas que, conseqüentemente, apresentam maiores valores de evapotranspiração, aliadas às precipitações que são reduzidas em direção a oeste.

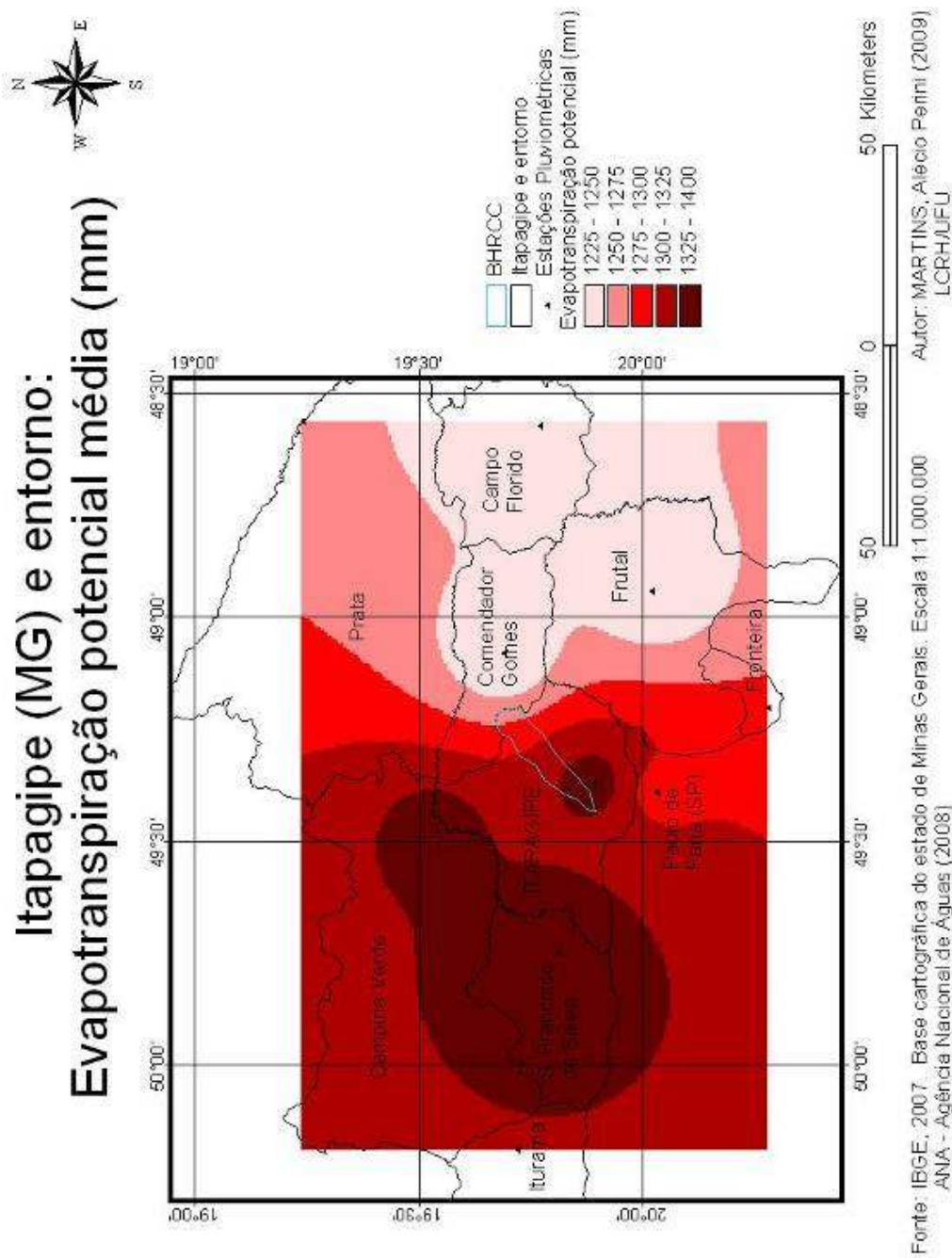


**Figura 52.** Variação espacial da evapotranspiração potencial média (mm) no município de Itapagipe e seu entorno.

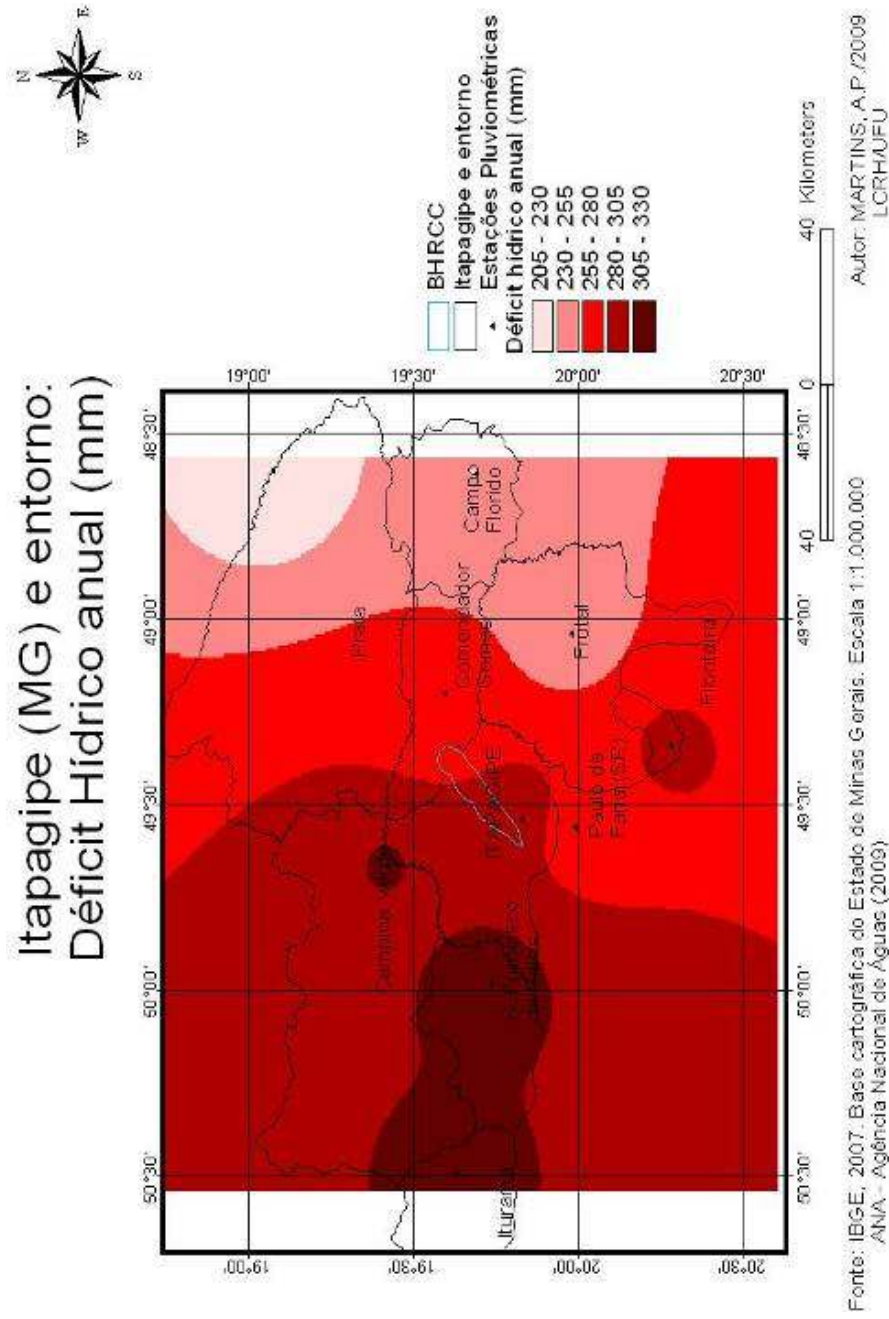


**Figura 53.** Variação espacial do déficit hídrico anual (mm) no município de Itapagipe e seu entorno.

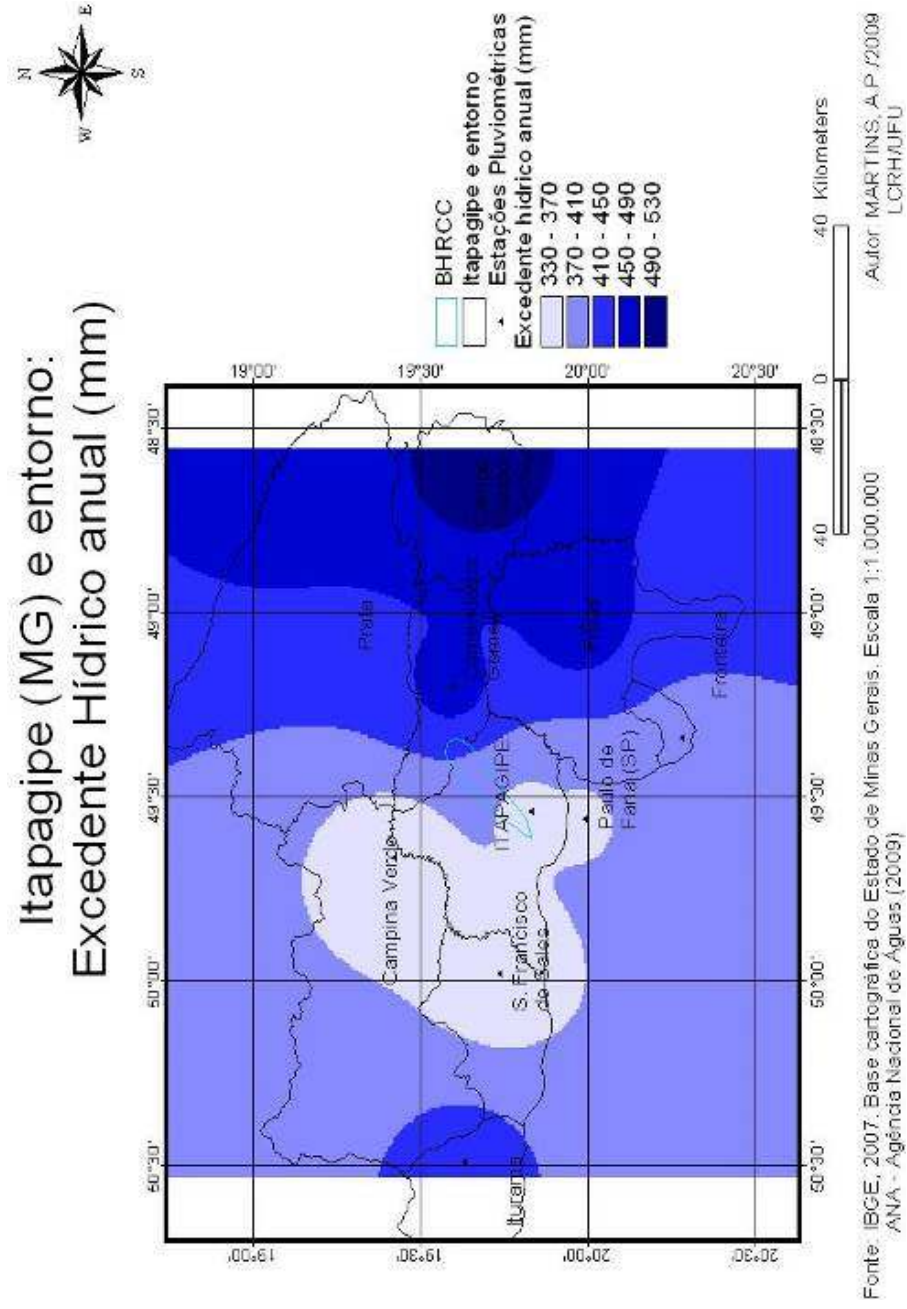


**Figura 54.** Variação espacial do excedente hídrico anual (mm) no município de Itapagipe e seu entorno.

### 5.3. Caracterização e análise da dinâmica pluviométrica na BHRCC

#### 5.3.1. Caracterização Geral

A BHRCC apresenta três áreas especialmente interessantes de serem analisadas do ponto de vista climatológico: 1. o alto curso, correspondente a áreas da Serra dos Talhados e Chapadão do Queirós, que apresenta pluviosidade mais elevada do que as áreas adjacentes, indicando a influência da orografia e que, aliados a outras características vistas no item 4 (declividade acentuada, geologia, solos, etc) constitui área que necessita de intervenções conservacionistas; 2. o médio curso, área mais plana e com distribuição pluviométrica mais uniforme, cujo estudo e monitoramento é extremamente importante por concentrar a maior parte das atividades produtivas da BHRCC; 3. e o baixo curso, que apresenta pluviosidade mais reduzida em relação ao alto e médio curso e abriga a captação de água para o município de Itapagipe, água que é transposta para a Bacia do Córrego Lageado e que, dessa forma, não retorna diretamente para este sistema. Além disso, o baixo curso apresenta área coberta por Nitossolos e Latossolos vermelhos com alto teor de argila, que naturalmente possuem grande capacidade de armazenamento de água, sendo imprescindíveis à manutenção do fluxo hídrico na bacia e, por isso, devem ser especialmente manejados. Por outro lado, o maior teor de argila torna a velocidade de infiltração de água no solo menor, ocasionando maiores deslocamentos de água pluvial em superfície.

O mapa da figura 55 traz a distribuição média da precipitação na área da BHRCC, organizada a partir de dados das estações pluviométricas da ANA dos municípios de Itapagipe, Comendador Gomes, Campina Verde, São Francisco de Sales, Fronteira e Frutal e da COPASA, na captação de água entre os anos de 2000 e 2007 (tabela 14).

**Tabela 14.** Totais pluviométricos mensais e anuais (mm) para o entorno da BHRCC (1995-2008).

| Município             | Jan        | Fev        | Mar        | Abr       | Mai       | Jun       | Jul       | Ago       | Set       | Out       | Nov        | Dez        | Total       |
|-----------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|
| COPASA/ Itapagipe     | 301        | 201        | 202        | 63        | 45        | 13        | 16        | 15        | 53        | 88        | 155        | 219        | 1371        |
| Itapagipe             | 326        | 195        | 187        | 80        | 46        | 17        | 11        | 18        | 58        | 96        | 169        | 227        | 1430        |
| Comendador Gomes      | 293        | 229        | 187        | 100       | 44        | 17        | 11        | 23        | 60        | 115       | 179        | 267        | 1525        |
| Frutal                | 341        | 176        | 189        | 67        | 55        | 20        | 9         | 16        | 58        | 95        | 176        | 226        | 1428        |
| Campina Verde         | 268        | 211        | 180        | 92        | 41        | 17        | 10        | 19        | 58        | 118       | 171        | 235        | 1437        |
| S. Francisco de Sales | 340        | 218        | 160        | 60        | 46        | 15        | 7         | 23        | 58        | 74        | 149        | 201        | 1350        |
| Fronteira             | 309        | 200        | 181        | 59        | 48        | 18        | 12        | 20        | 47        | 84        | 142        | 230        | 1350        |
| <b>Média Regional</b> | <b>310</b> | <b>204</b> | <b>184</b> | <b>74</b> | <b>46</b> | <b>16</b> | <b>11</b> | <b>19</b> | <b>56</b> | <b>96</b> | <b>163</b> | <b>229</b> | <b>1408</b> |

Fonte: ANA; COPASA (2008)

Organizado por: MARTINS, A. P./2008.

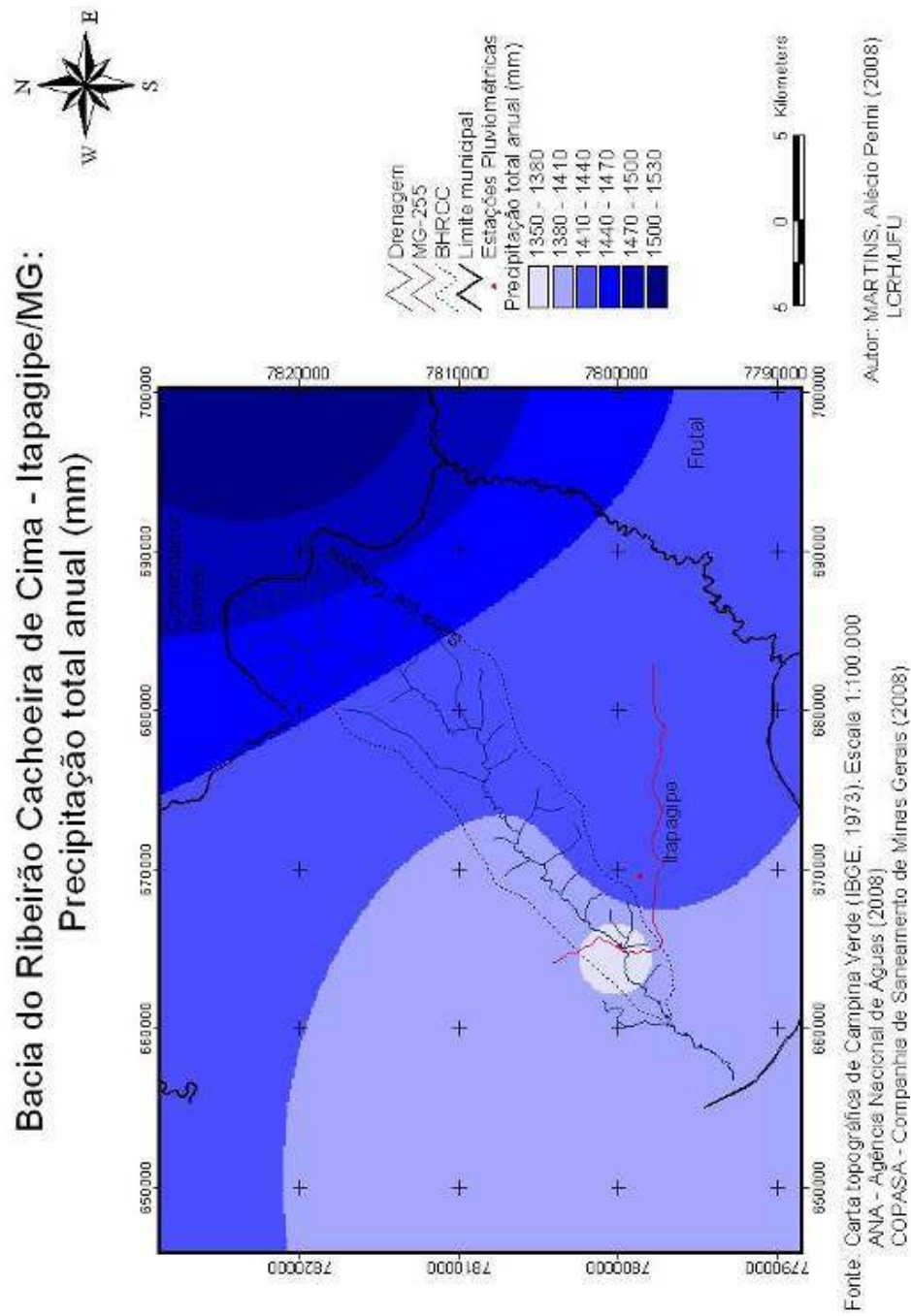


**Figura 55.** Distribuição da precipitação média anual (mm) no entorno da BHRCC.

No mês de outubro de 2007, início do período chuvoso do ano hidrológico 2007/2008, foram instalados 09 pluviômetros na BHRCC que, em conjunto com o que já existia na captação da COPASA e com os pluviômetros da ANA dos municípios de Itapagipe, Comendador Gomes, Frutal, Fronteira, Campina Verde e São Francisco de Sales, permitiram a espacialização e a análise detalhada de como as precipitações são distribuídas na área de interesse para assim, permitir um melhor monitoramento e manejo das atividades de ocupação e conservação do ambiente. Por sorte, o ano de 2008 apresentou precipitações dentro da média, o que permite o estabelecimento de cenários, caso ocorram anos muito secos ou muito chuvosos, para planejamento de atividades produtivas e/ou de prevenção de danos causados por azares climáticos. A única estação pluviométrica não utilizada para este estudo, pois apresenta leituras falhas e ambíguas, foi a instalada na Fazenda Cachoeira de Cima, vertente direita do médio curso do Ribeirão Cachoeira de Cima. As outras apresentam dados confiáveis, que são espacializados na figura 56 e na tabela 15. Estas informações passaram por um processo de "triangulação" com dados obtidos pelas estações da ANA, e que auxiliaram no estabelecimento das isoietas.

**Tabela 15.** BHRCC – Precipitação total para o ano de 2008 e ano hidrológico 2007/2008 (mm).

| Estação                | Localização |        |     | Precipitação<br>2008 | Precipitação –<br>outubro de 2007/<br>setembro de 2008 |
|------------------------|-------------|--------|-----|----------------------|--------------------------------------------------------|
|                        | Lat         | Long   | Alt |                      |                                                        |
| COPASA – Captação      | 7800741     | 666437 | 409 | 1507                 | 1242                                                   |
| COPASA – Escritório    | 7798060     | 671555 | 515 | 1514                 | 1252                                                   |
| Faz. Cachoeira de Cima | 7803824     | 669267 | 443 | 1563                 | 1183                                                   |
| Estância Rio Grande    | 7803069     | 673415 | 546 | 1337                 | 1199                                                   |
| Faz. Três Barras       | 7809619     | 678284 | 551 | 1500                 | 1191                                                   |
| Faz. José Roberto      | 7817096     | 684054 | 555 | 1687                 | 1578                                                   |
| Faz. Carlos Alberto    | 7821539     | 685586 | 592 | 1426                 | 1424                                                   |
| Faz. Perneiras         | 7818115     | 681338 | 646 | 1593                 | 1395                                                   |
| Granja Cobb            | 7812841     | 685220 | 660 | 1672                 | 1571                                                   |
| Média                  |             |        |     | 1483,4               | 1337,2                                                 |
| Máximo                 |             |        |     | 1687                 | 1578                                                   |
| Mínimo                 |             |        |     | 1337                 | 1183                                                   |
| Variação (%)           |             |        |     | 20,7%                | 25%                                                    |

**Organizado por:** MARTINS, A.P./2009.

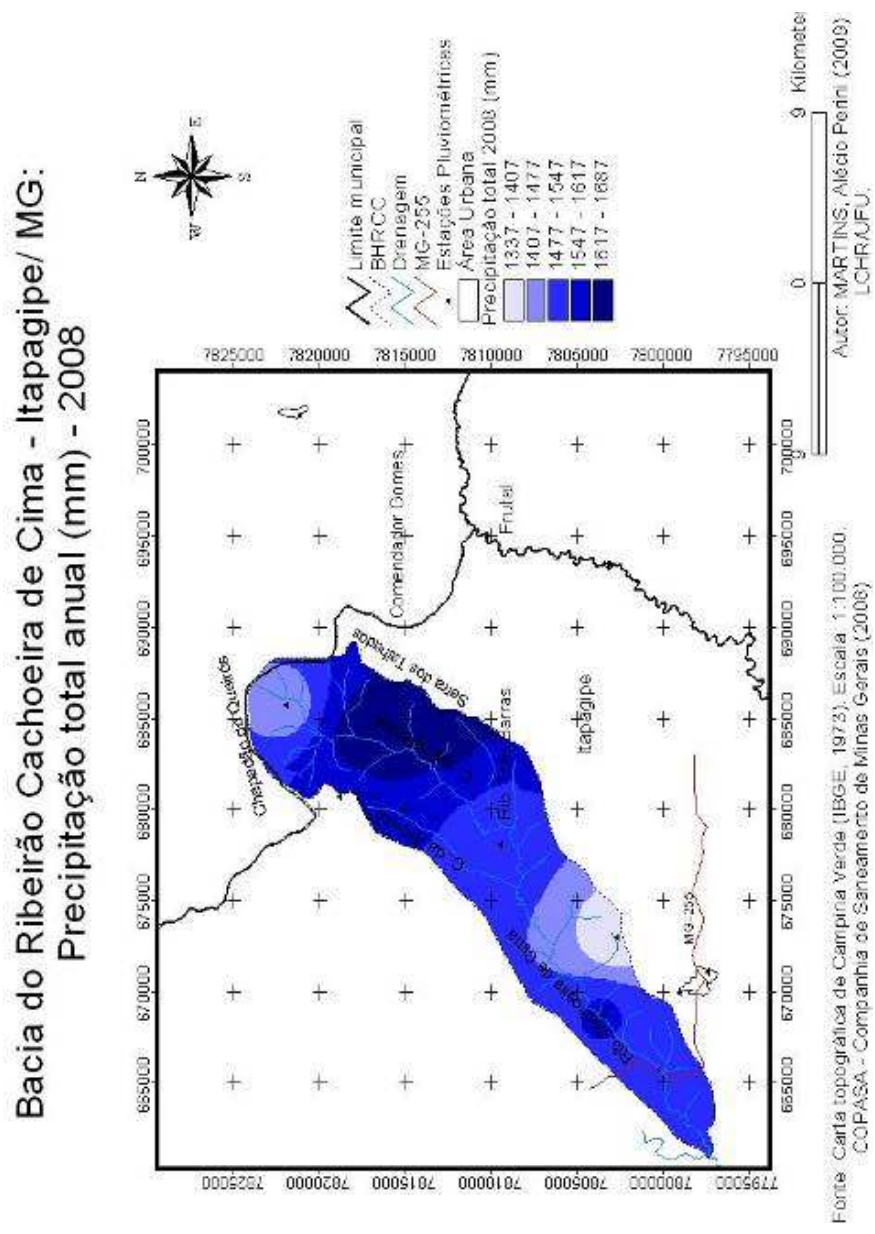
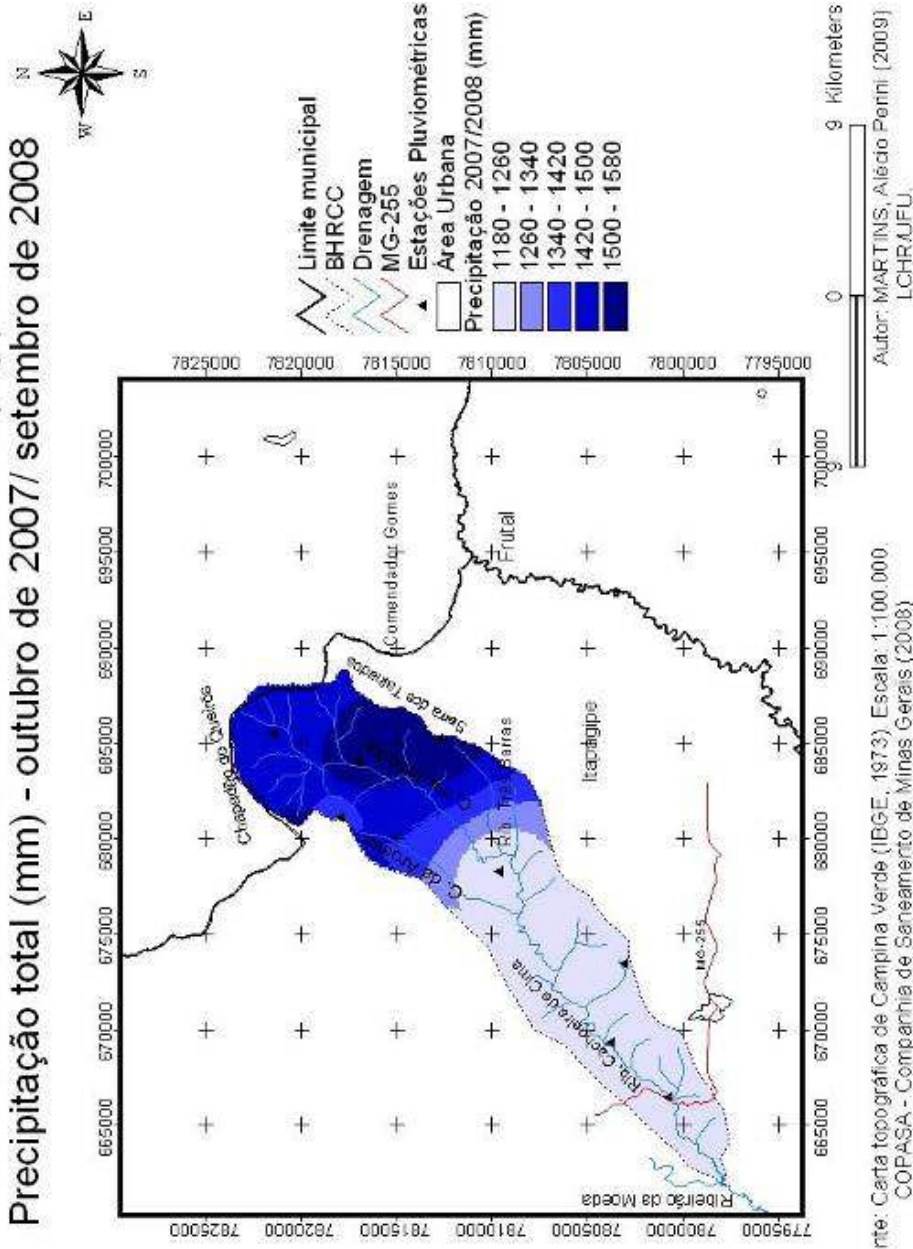


**Figura 56.** Distribuição da precipitação total no ano de 2008 na BHRCC.

# Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima - Itapagipe/ MG: Precipitação total (mm) - outubro de 2007/ setembro de 2008



Fonte: Carta topográfica de Campina Verde (IBGE, 1973). Escala: 1:100.000  
COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais (2008)

**Figura 57.** Distribuição da precipitação total no ano hidrológico de 2007/2008 na BHRCC.

A seguir, são analisados separadamente o período chuvoso (verão, de outubro a março) e o período seco (inverno, de abril a setembro), embora o mês de abril de 2008 tenha apresentado precipitações acima da média.

### 5.3.2. Verão 2007/2008

O período chuvoso do ano hidrológico 2007/2008 começou efetivamente apenas na segunda quinzena de novembro, uma vez que o baixo volume de chuvas precipitadas no mês de outubro e início de novembro não foram suficientes para deixar o saldo precipitação x evapotranspiração positivo. A tabela 16 fornece uma noção mais abrangente de como foi a distribuição sazonal dos 1136,2mm médios na BHRCC neste período. Já a figura 58 espacializa estas informações.

**Tabela 16.** BHRCC – Precipitação total (mm) no verão de 2007/2008.

| Estação                | Lat     | Long   | Alt | Out  | 2007  |       | 2008  |       |       | Total  |
|------------------------|---------|--------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                        |         |        |     |      | Nov   | Dez   | Jan   | Fev   | Mar   |        |
| COPASA/ Captação       | 7800741 | 666437 | 409 | 76,8 | 121,0 | 139,4 | 301,8 | 277,1 | 157,5 | 1073,6 |
| COPASA/ Escritório     | 7798060 | 671555 | 515 | 83,1 | 130,0 | 127,6 | 344,1 | 213,3 | 219,7 | 1117,8 |
| Faz. Três Barras       | 7809619 | 678284 | 551 | 72,9 | 181,6 | 142,4 | 268,8 | 219,1 | 170,5 | 982,4  |
| Faz. Cachoeira de Cima | 7803824 | 669267 | 443 | 73,0 | 111,5 | 153,6 | 289,8 | 206,9 | 197,9 | 1032,1 |
| Estância Rio Grande    | 7803069 | 673415 | 546 | 73,0 | 107,3 | 165,9 | 348,8 | 194,5 | 172,4 | 1061,9 |
| Faz. Perneiras         | 7818615 | 680838 | 646 | 73,0 | 129,1 | 147,0 | 374,1 | 239,9 | 168,1 | 1131,2 |
| Faz. José Roberto      | 7817096 | 684054 | 555 | 73,0 | 141,4 | 176,8 | 379,4 | 316,2 | 162,2 | 1249,0 |
| Faz. Carlos Alberto    | 7821539 | 685586 | 592 | 73,0 | 181,3 | 102,4 | 376,6 | 261,3 | 170,1 | 1164,7 |
| Granja Cobb            | 7812841 | 685220 | 660 | 73   | 140   | 206,2 | 394,1 | 415,3 | 184,1 | 1412,7 |
| Média Regional         | x       | x      | x   | 74,5 | 138,1 | 151,3 | 342   | 260,4 | 178,1 | 1136,2 |

**Fonte:** ANA; COPASA (2008)

Organizado por: MARTINS, A. P./2009.

## Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima - Itapagipe/ MG: Precipitação total - Verão 2007/2008 (mm)

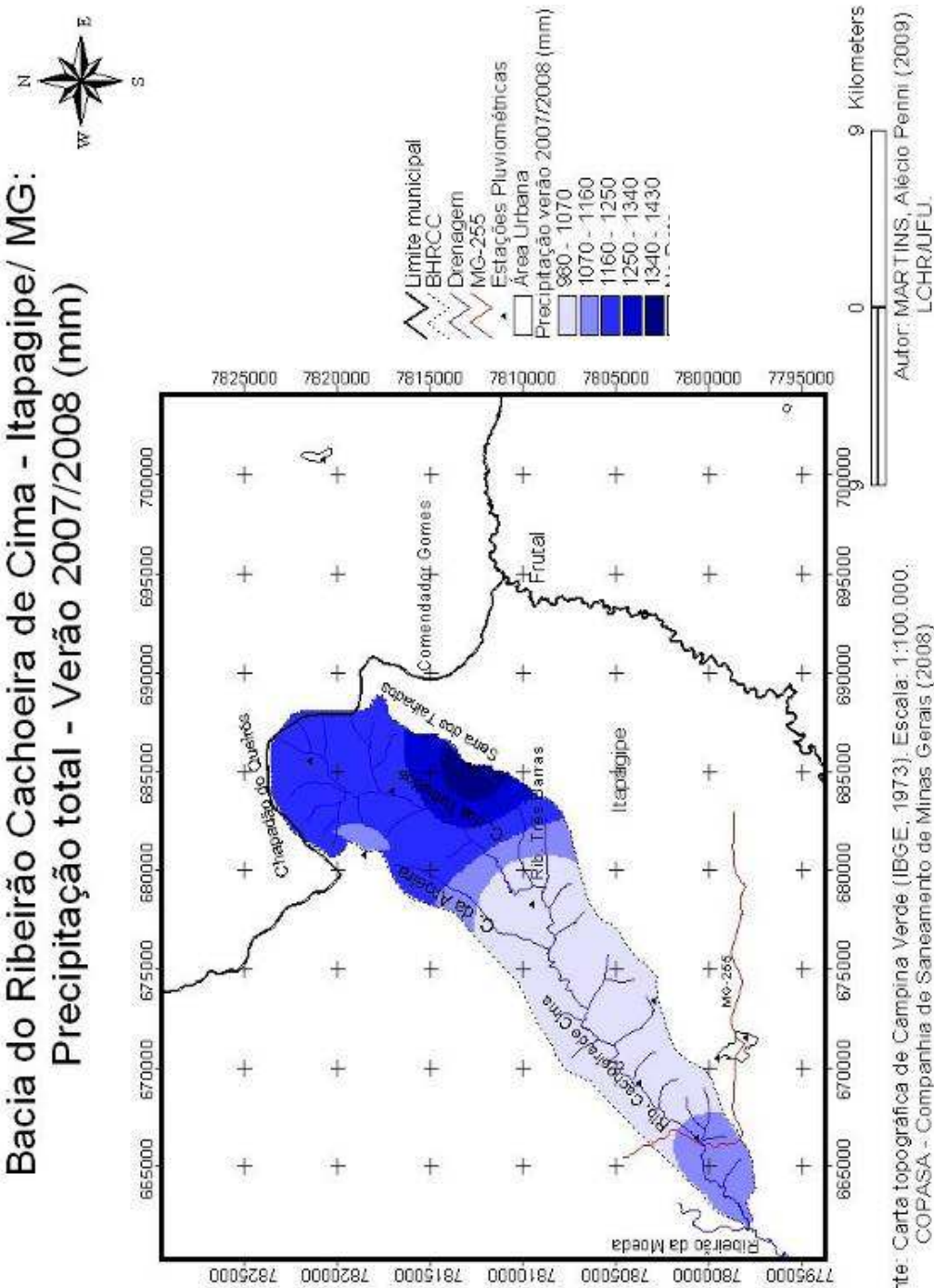


**Figura 58.** Distribuição espacial das precipitações na BHRCC no verão 2007/2008.

Para o mês de outubro e, em alguns postos pluviométricos, para o mês de novembro, foi preciso calcular uma média aritmética simples a partir das estações adjacentes para conhecer a pluviosidade média destes meses, visto que os pluviômetros foram instalados no último decêndio de outubro e, em algumas localidades, apenas na segunda semana de novembro.

Note que as áreas que apresentaram maiores médias pluviométricas no verão 2007/2008 correspondem às mesmas áreas que apresentaram as maiores médias históricas, a nordeste do município de Itapagipe, na área da Serra dos Talhados, representada por uma superfície residual erosiva de topo plano (pluviômetro instalado no topo da Serra), indicando a interferência da orografia na distribuição pluviométrica, mesmo esta área estando a menos de 700m de altitude. Assim como em toda a região do Triângulo Mineiro, percebe-se uma diminuição gradativa das precipitações em direção ao extremo oeste da região, sendo que a Serra dos Talhados aparece, juntamente com o conjunto de formações residuais desta região, como uma área de transição desta redução nos totais pluviométricos. Por meio de conversas informais com moradores da região, já havia sido identificado que no baixo curso e na área urbana de Itapagipe o índice pluviométrico era mais baixo do que nas áreas de serra, o que pôde ser comprovado pelo monitoramento pluviométrico.

Em uma análise de cunho ambiental e conservacionista, este índice de pluviosidade mais elevado nas áreas de serra deve ser encarado com certo cuidado, visto que estas áreas apresentam os mais altos níveis de fragilidade ambiental natural por possuírem solos muito arenosos, declividade acentuada e material geológico pouco resistente à ação dos agentes externos, sendo mais susceptível à erosão. É possível observar nestas áreas a formação de ravinas e, conseqüente, assoreamento dos cursos d'água. A reduzida capacidade de armazenamento de água por estes solos favorece a movimentação de fluxos superficiais da água pluvial e, aliado ao uso incorreto dado às terras, a capacidade de reposição de água nesta parte da bacia apresenta-se reduzida. As áreas de Latossolo vermelho escuro com maior teor de argila e de Nitossolos do baixo curso correspondem aos maiores reservatórios de água no solo, mas estão situadas nas porções da bacia onde as precipitações são menos efetivas, o que leva a crer que técnicas para retardar o escoamento da água no alto curso devem ser adotadas em conjunto com técnicas conservacionistas de áreas do médio e baixo curso para garantir a oferta de água à população urbana de Itapagipe.

Ao analisar separadamente cada planilha de chuvas (precipitações diárias e mensais), é possível distinguir os períodos em que as chuvas foram ocasionadas por movimentações de massas de ar (sequência de dias chuvosos) e as chuvas de verão. Por exemplo, no mês de

janeiro de 2008, em uma sequência de precipitações uniformes de aproximadamente 15 dias (entre 10 e 25 de janeiro), ocorreram aproximadamente 50% do volume total de chuvas do mês, resultado provavelmente da formação de um corredor de baixa pressão atmosférica entre a Região Amazônica e o Oceano Atlântico (Zona de Convergência do Atlântico Sul), responsável pela configuração de semanas de chuvas intensas nesta faixa, ocasionando inundações, inclusive.

Entre os dias 28 e 29 de fevereiro de 2008, os pluviômetros localizados na Serra dos Talhados registraram precipitações intensas, sendo que a estação da Fazenda de José Roberto Barcelos, localizada em um fundo de vale plano do Córrego dos Talhados registrou uma chuva de 89,5mm no dia 29 de fevereiro, 30% do total do mês, exemplificando o processo de formação de chuvas convectivas em regiões isoladas, visto que o pluviômetro da Fazenda de Carlos Alberto Barcelos a pouco mais de 5 Km de distância (sopé da Serra dos Talhados) registrou precipitação de 33,8mm

No dia 28 de fevereiro, a estação instalada na Granja Cobb, no topo da Serra dos Talhados, registrou precipitação de 77,5mm, enquanto que a estação mais próxima- Fazenda de José Roberto Barcelos, a aproximadamente 5 Km de distância, registrou precipitação de 15,9mm. Neste caso, pode ter havido a influência da orografia, visto que, enquanto a primeira estação localiza-se no topo da serra, a segunda situa-se no fundo do vale. Nas estações localizadas no médio-baixo curso da BHRCC foram registradas precipitações inferiores a 10mm nos dias 28 e 29 de fevereiro.

Em trabalho de campo realizado no dia 21 de abril de 2008, tentou-se fazer a aferição da vazão em área próxima à captação de água da COPASA, no baixo curso da BHRCC, mas não foi possível, pois a vazão estava cerca de 100% acima do valor aferido no mês de dezembro. No dia anterior, os pluviômetros localizados na Serra dos Talhados registraram precipitações médias de 60mm; os do médio curso, de 30mm e os do baixo curso, entre 20 e 30mm, o que indica que o tempo de escoamento das precipitações nos mais de 30 Km entre as nascentes e a foz é curto, e que o escoamento superficial nestas áreas é intenso (figuras 59, 60 e 61), ocasionando inundações fortes, em curtos períodos de tempo.

A sequência de mapas das figuras 62, 63, 64, 65, 66 e 67 exemplifica como ocorre a distribuição espacial de precipitações intensas, do tipo convectivas, na área de estudo. Note que, enquanto algumas estações registraram volumes superiores a 80mm em 24 horas, outras nem sequer registraram precipitações.

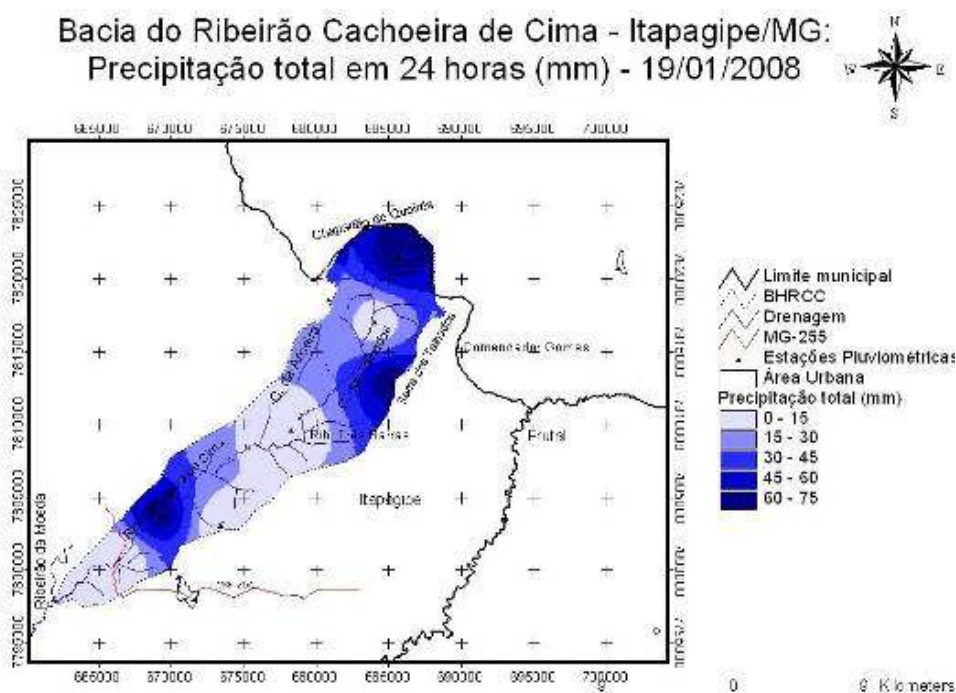


**Figuras 59 e 60.** Comparação entre o vertedouro da captação de água da COPASA nos meses de dezembro de 2007 (mês chuvoso normal) e no dia 21 de abril, após chuva de mais de 60mm na área das nascentes do Córrego dos Talhados, à mais de 30 Km de distância em linha reta. É interessante observar a turbidez da água, carregada de sedimentos que podem ser provenientes até mesmo das regiões de solo arenoso do alto curso da bacia.  
**Autor:** MARTINS, A. P./2007 e 2008.



**Figura 61.** Foram encontradas árvores caídas, galhos e pequenos troncos arrastados pela correnteza em áreas de mais de 2 metros acima do leito normal do médio-baixo curso do Córrego dos Talhados. A foto é de julho de 2008 e os estragos provenientes das chuvas de abril do mesmo ano.  
**Autor:** BORGES, L. M./2008.

Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima - Itapagipe/MG:  
Precipitação total em 24 horas (mm) - 19/01/2008

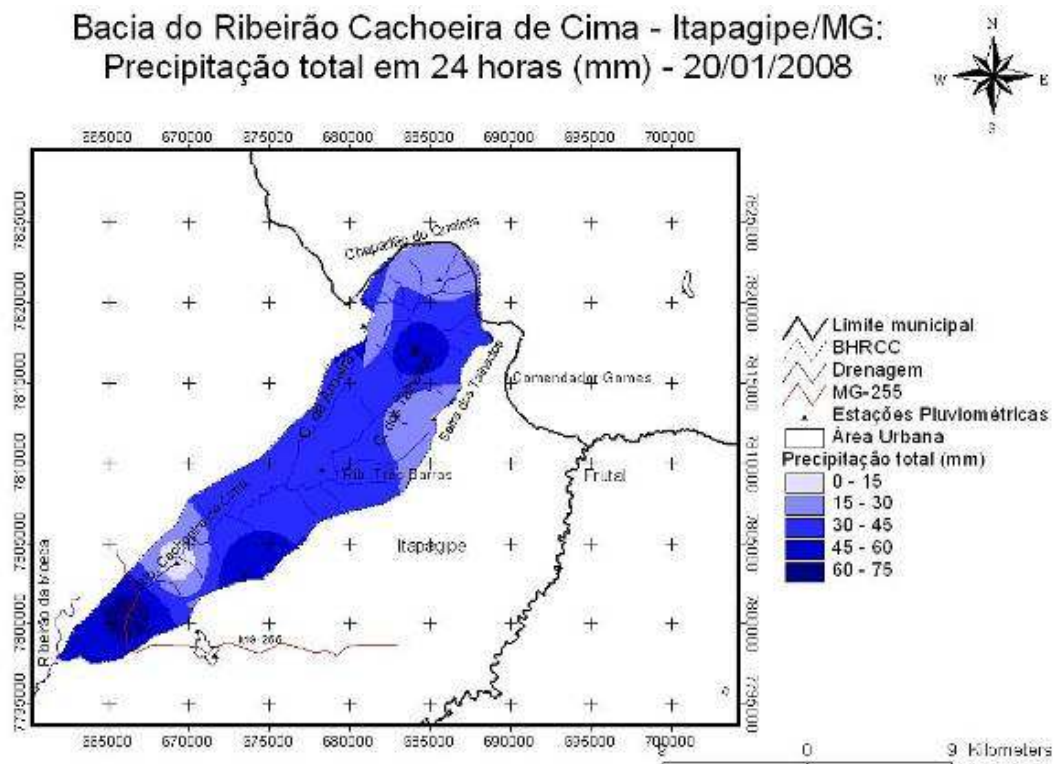


Fonte: Carta topográfica de Campina Verde (IBGE, 1973). Escala: 1:100.000.  
COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais (2008).

Autor: MARTINS, Aléio Penni (2009).  
LCRHAUFU.

Figura 62. Distribuição espacial das precipitações em 19/01/2008 na BHRCC.

Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima - Itapagipe/MG:  
Precipitação total em 24 horas (mm) - 20/01/2008



Fonte: Carta topográfica de Campina Verde (IBGE, 1973). Escala: 1:100.000.  
COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais (2008).

Autor: MARTINS, Aléio Penni (2009).  
LCRHAUFU.

Figura 63. Distribuição espacial das precipitações em 20/01/2008 na BHRCC.

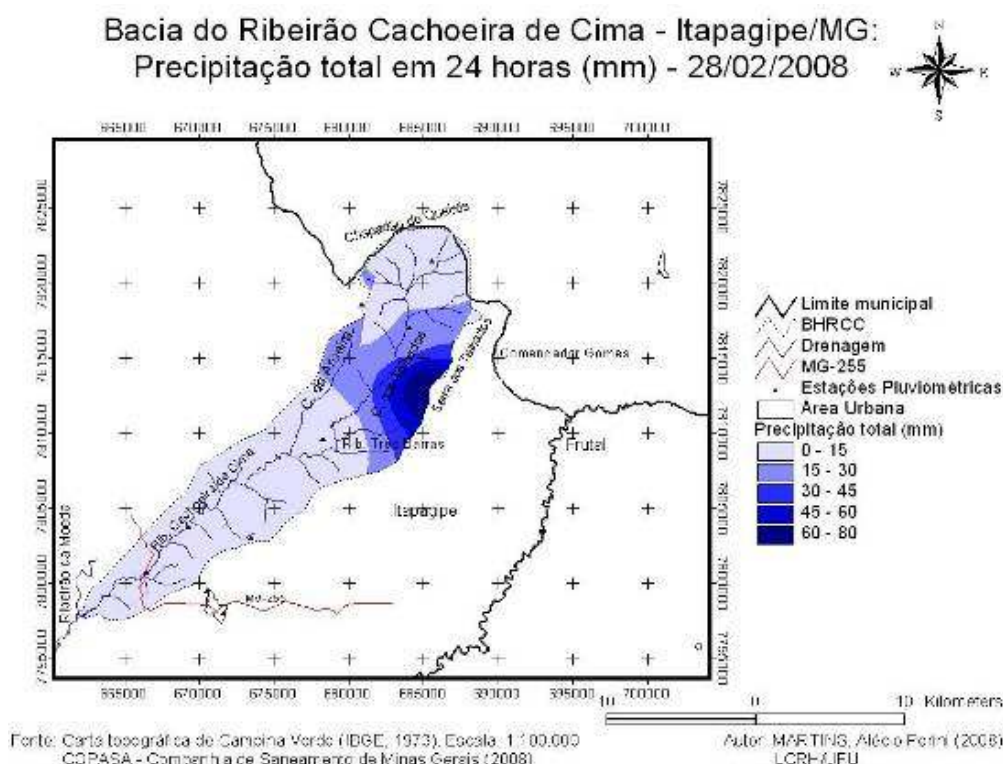


**Figura 64.** Distribuição espacial das precipitações em 28/02/2008 na BHRCC.

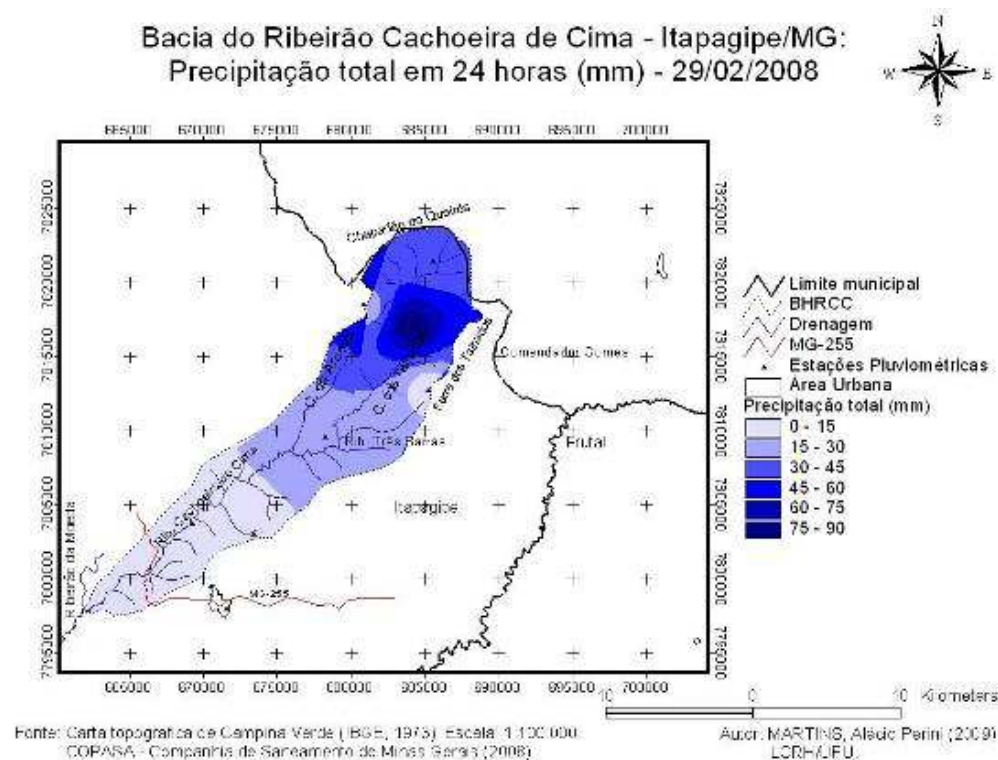


**Figura 65.** Distribuição espacial das precipitações em 29/02/2008 na BHRCC.

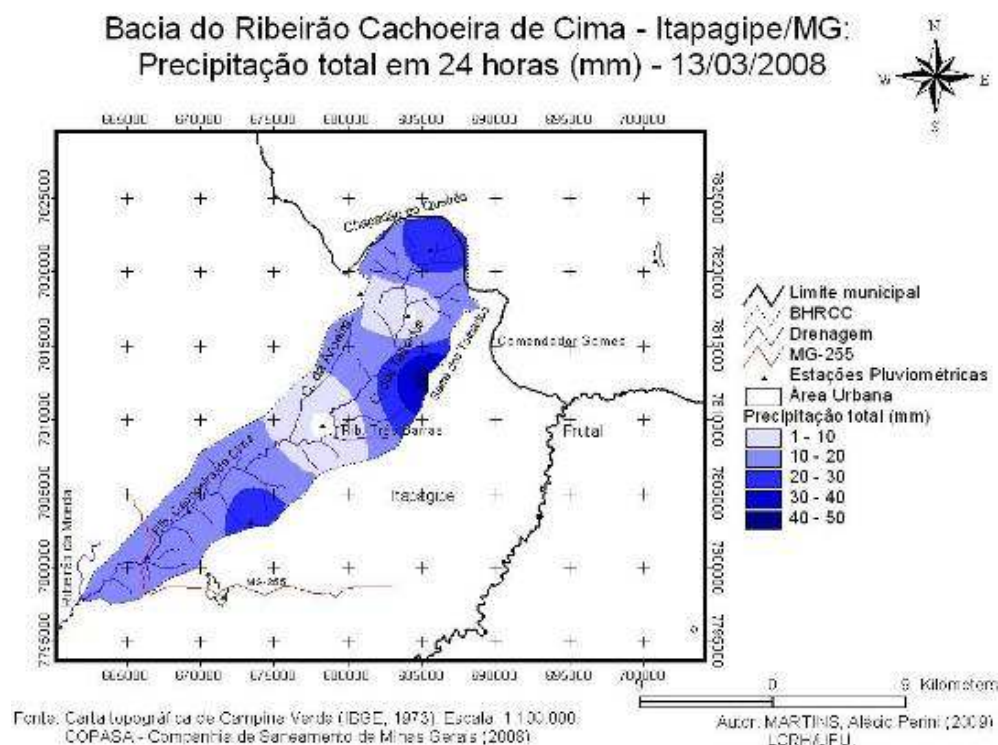


**Figura 66.** Distribuição espacial das precipitações em 13/03/2008 na BHRCC.

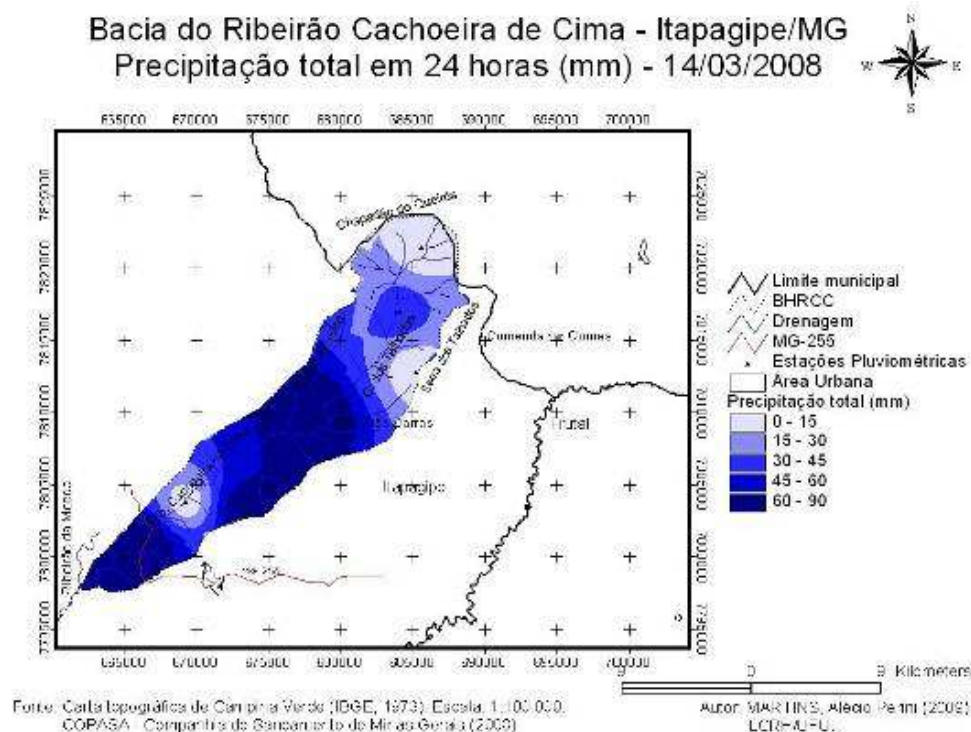


**Figura 67.** Distribuição espacial das precipitações em 14/03/2008 na BHRCC.

Como pode-se observar, a distribuição espacial das chuvas máximas não apresenta um padrão uniforme, nem uma sequência lógica em relação ao dia anterior ou posterior (no caso das chuvas terem sido ocasionadas por movimentação de massas de ar). Neste caso, o mais recomendado é utilizar o método de padronização de isoietas (BERTONI e TUCCI, 2001 p.231). A sequência de mapas dispostos acima foram construídos a partir da escolha de tormentas extremas, que tiveram distribuição irregular na área de estudo e que não apresentam uma sequência cronológica de duração e intensidade.

Nas figuras 62 e 63, nota-se que as estações que apresentaram as maiores precipitações no dia 19 de janeiro são as que apresentaram menores volumes no dia 20 e que uma certa padronização de elevados índices pluviométricos em toda a área de interesse evidencia a ação de uma massa de ar. Pela época, deduz se tratar de uma formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) visto que, em datas próximas, a região apresentou constantes precipitações, mas com volumes menores. A figura 62 trata, na verdade, do momento de entrada de uma massa ou mesmo o início da formação da ZCAS. As variações pontuais, como as chuvas intensas em determinadas estações, podem estar ligadas a instabilidades nas camadas mais inferiores da atmosfera, que provocam chuvas intensas e de curta duração em localidades específicas (chuvas convectivas, embora exista a ação de massas de ar).

As figuras 64 e 65 tratam, especificamente, de precipitações intensas de ocorrência pontual, notadamente de origem convectiva. Este tipo de precipitação é comum na área de estudo, pelo que foi observado com o monitoramento pluviométrico e por relatos de moradores locais. A figura 64 representa uma chuva de 77,5mm ocorrida no topo da Serra dos Talhados e registrada pela estação pluviométrica instalada na Granja Cobb, com duração relativamente curta, segundo relatos do funcionário da granja que realiza as medições. Em uma distância inferior a 5 Km em linha reta, na estação pluviométrica instalada na propriedade de José Roberto Barcelos, registrou-se apenas 15,3mm (menos de 20% do valor registrado na estação da granja). Já no dia 29 de fevereiro (figura 65), foi a estação pluviométrica da Fazenda de José Roberto Barcelos, localizada em um fundo de vale plano do Córrego dos Talhados, que registrou uma chuva torrencial de 89,5mm, enquanto que o pluviômetro instalado na granja registrou apenas 7% deste valor, e o da estação instalada na propriedade de Carlos Alberto Barcelos, a uma distância de aproximadamente 5Km na direção das nascentes do Córrego dos Talhados, 37% deste valor. As estações pluviométricas instaladas no baixo e médio curso da bacia registraram precipitações bem inferiores (ou não registraram precipitações).

Os mapas de isoietas das figuras 66 e 67 exemplificam um outro tipo de situação: eles trazem chuvas intensas ocorridas nos dias 13 e 14 de março, início de um período de

aproximadamente 10 dias antecedendo o fim do verão em que acontecem precipitações intensas, de modo geral, em toda a região. Observe que na figura 66 todas as regiões apresentam valores muito semelhantes de precipitação. Algumas manchas pontuais podem ser notadas na Serra dos Talhados e na área urbana de Itapagipe, mas provavelmente influenciadas por fatores locais. Já o mapa da figura 67 evidencia as maiores precipitações registradas no ano hidrológico 2007/2008 para o médio e baixo curso da BHRCC como, por exemplo, os 93,9mm registrados no Escritório da COPASA (43% da precipitação do mês) e os 111,5mm registrados na estação da ANA no município de Itapagipe (45% da precipitação de março de 2008). Claramente, trata-se da ação de grandes movimentos atmosféricos, e não apenas de fenômenos convectivos. Neste caso, a situação se inverte, e é o baixo e médio curso que apresentam precipitações mais intensas em relação ao alto curso, que apresenta chuvas mais significativas nos dias 18 e 19, período popularmente conhecido como "enchentes de São José", graças à proximidade entre a data em que se comemora do dia do santo e o final do verão. Geralmente, o último decêndio de março encerra o período de chuvas na região mas, no ano hidrológico 2007/2008, ele foi prolongado pelas alturas pluviométricas significativas registradas nos dois primeiros decêndios do mês de abril.

Quanto à distribuição sazonal destas precipitações, 52% da média geral para a área em questão representam apenas as precipitações dos meses de janeiro e fevereiro e, esta má distribuição, frequente para a região, é um dos principais limitantes ao desenvolvimento da agricultura, já que é preciso ter sempre a disposição técnicas de irrigação para serem utilizadas, caso ocorram períodos prolongados sem precipitação em pleno período de produção, como por exemplo o atraso no início das chuvas, que só ocorreram efetivamente no segundo decêndio do mês de novembro, o que atrasaria muito o plantio, ou as baixas e irregulares precipitações ocorridas nos meses de dezembro e março, que prejudicariam, respectivamente, o desenvolvimento das plantas e o preenchimento e maturação de grãos, reduzindo a produtividade. Neste sentido, justifica-se a opção de muitos proprietários em arrendar suas terras para indústrias sucroalcooleiras, visto que os custos da produção agrícola são altos, o preço pago pelo leite está abaixo dos preços do custo da produção e a cana-de-açúcar seria a cultura mais resistente e adaptada as condições que o clima local impõe.

### **5.3.3. Inverno 2008.**

Conforme exposto, o "inverno" na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, compreende o período que apresenta as menores alturas pluviométricas e menores médias térmicas do ano,

entre os meses de abril e setembro, podendo se estender até outubro. Na BHRCC essa tendência também é observada, sendo que, no ano hidrológico de 2007/2008, de uma média de 1337,2 mm, apenas 17,8% distribui-se entre os meses de abril e setembro. Considerando-se a precipitação atípica ocorrida no mês de abril (média de 165mm) que, historicamente, apresenta média inferior a 80mm, conclui-se que, no geral, este percentual pode ser mais baixo.

**Tabela 17.** BHRCC – Precipitação total (mm) no inverno de 2008.

| Estação                | Lat     | Long   | Alt | Abr   | Mai   | Jun  | Jul | Ago  | Set  | Total |
|------------------------|---------|--------|-----|-------|-------|------|-----|------|------|-------|
| COPASA/ Captação       | 7800741 | 666437 | 409 | 157,5 | 126,6 | 14,6 | 0   | 0    | 14,6 | 313,3 |
| COPASA/ Escritório     | 7798060 | 671555 | 515 | 177,2 | 21,7  | 0,3  | 0   | 15   | 13,8 | 228,0 |
| Faz. Três Barras       | 7809619 | 678284 | 551 | 141,4 | 28    | 0    | 0   | 10,8 | 9    | 189,2 |
| Faz. Cachoeira de Cima | 7803824 | 669267 | 443 | 141,4 | 6,3   | 0    | 0   | 0    | 6,3  | 154,0 |
| Estância Rio Grande    | 7803069 | 673415 | 546 | 142,6 | 0     | 0    | 0   | 0    | 0    | 142,6 |
| Faz. Perneiras         | 7818615 | 680838 | 646 | 214,1 | 43,5  | 0    | 0   | 8,6  | 0    | 266,2 |
| Faz. José Roberto      | 7817096 | 684054 | 555 | 211,9 | 99,6  | 0    | 0   | 9,5  | 11   | 332,0 |
| Faz. Carlos Alberto    | 7821539 | 685586 | 592 | 174,8 | 73,8  | 0    | 0   | 12   | 0    | 260,6 |
| Granja Cobb            | 7812841 | 685220 | 660 | 124,0 | 37,5  | 0    | 0   | 0    | 0    | 161,5 |
| Média Regional (mm)    | x       | x      | x   | 165,0 | 48,6  | 1,7  | 0   | 6,2  | 6,1  | 227,5 |

**Fonte:** ANA; COPASA (2008)

**Organizado por:** MARTINS, A. P./2009.

As informações da tabela 17 encontram-se espacializadas na figura 68, onde é possível observar que a distribuição espacial segue o mesmo padrão do verão, com as maiores alturas pluviométricas observadas na região da Serra dos Talhados, Chapadão dos Queirós e no fundo de vale plano do Córrego dos Talhados. As menores precipitações, foram observadas de forma geral nas áreas de vertente retilínea do médio e baixo curso da BHRCC, que também apresentaram menor precipitação total.

As baixas precipitações registradas no mês de setembro e, novamente, no mês de outubro (confirmando a tendência observada em 2007) indicam que o período de recarga de água no solo tem início apenas no mês de novembro, regime bastante prejudicial à agricultura comercial e que explica, em muito, a ausência de lavouras na área, a não ser pequenos cultivos de subsistência.

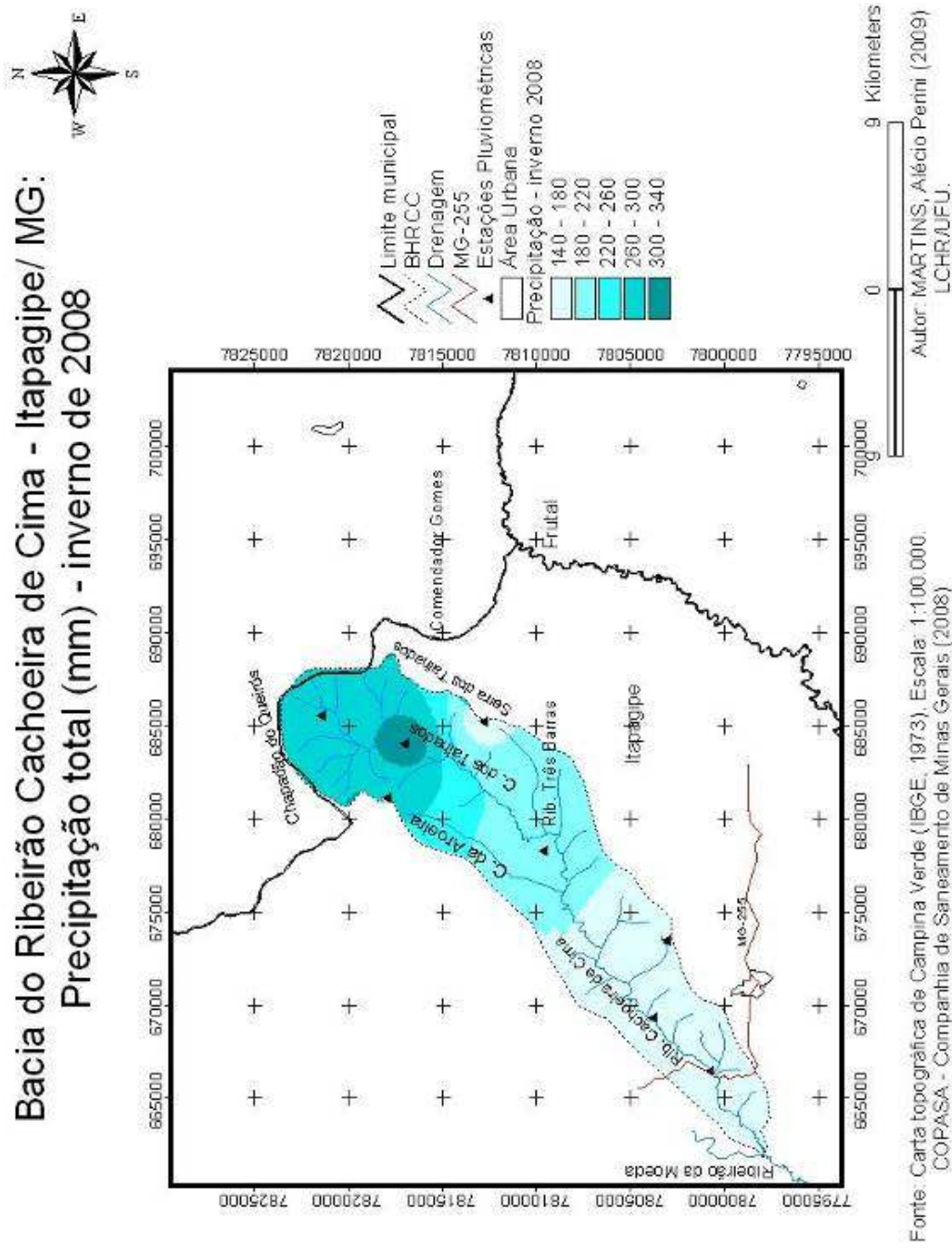


**Figura 68.** Distribuição espacial das precipitações no inverno de 2008 na BHRCC.

#### **5.4. Análise dos elementos temperatura, evapotranspiração e topografia e sua influência na dinâmica pluviométrica**

A variação das temperaturas na área da BHRCC segue a mesma tendência da região do Triângulo Mineiro, apresentando variações significativas em função da altitude e variações pontuais, ocasionadas por proximidade de áreas de reserva, fundo de vale, etc, variáveis que não foram aferidas pela opção de não instalar estações climatológicas, devido a dificuldade em fazer as medições. No mapa da figura 69, é possível observar que a variação da temperatura média é muito pequena, indo de valores de 23.7°C a 25.2°C. Espacialmente, as áreas que apresentam menores médias térmicas situam-se no alto curso da BHRCC, com altitudes pouco superiores a 600m. O médio curso apresenta médias térmicas similares à maior parte da região do oeste do Triângulo Mineiro, com pequenas variações anuais entre 24°C e 25°C. As maiores temperaturas são observadas nas regiões onde as altitudes são menores e que estão mais próximas à calha de cursos d'água que correm sobre estrutura basáltica, como é o caso do baixo curso da BHRCC e áreas próximas à calha do Rio Grande. Estas variações nas médias térmicas, em conjunto com as médias pluviométricas, conferem à região diferentes padrões de evapotranspiração, fator fundamental ao cálculo do balanço de água no solo, feito nesta pesquisa respeitando as particularidades de cada tipo de solo (item 5.5). A figura 71 traz o mapa de distribuição espacial das médias de evapotranspiração potencial, que seguem a mesma tendência da distribuição das médias térmicas, sendo que as áreas do baixo curso apresentam os maiores valores. Em anos considerados como secos ou tendente a secos, os valores de precipitação inferiores aos de evapotranspiração conferem aos solos déficits hídricos elevados, o que constitui uma grande barreira para as atividades agropecuárias.

Como a ocorrência de anos com precipitações inferiores a média é comum nesta região, é preciso encontrar formas de contornar o problema. Técnicas de irrigação são a solução mais plausível, mas é preciso realizar um estudo detalhado para ver até que ponto a BHRCC seria capaz de produzir água suficiente para suprir todas as demandas, como será visto no item 5.6.

# Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima - Itapagipe / MG: Temperatura média anual estimada (°C)

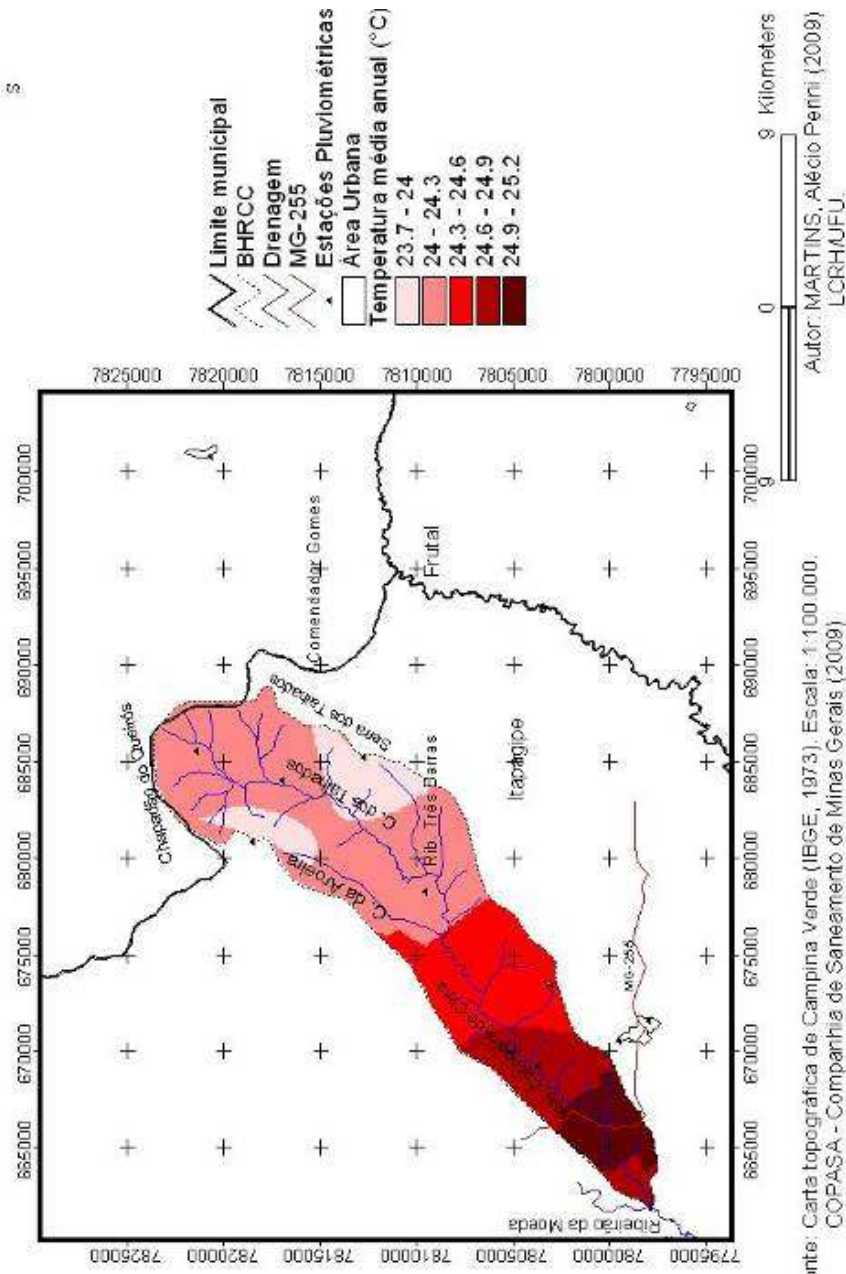


**Figura 69.** Variação espacial das temperaturas médias anuais na BHRCC.

Temperatura e topografia influem diretamente na dinâmica pluviométrica da BHRCC. A primeira variável, ao intensificar o processo de evapotranspiração e acelerar o processo de formação de chuvas convectivas, dependendo da quantidade de umidade presente no sistema solo-atmosfera; a segunda, ao funcionar como barreira à passagem de nuvens de chuva, concentrando as precipitações em apenas parte do terreno (figura 70). Não é possível comprovar cientificamente, com o conhecimento até então adquirido sobre a dinâmica climática regional, se há uma relação entre a topografia e a diminuição das precipitações em direção ao oeste do Triângulo Mineiro.



**Figura 70.** Serra dos Talhados. Apesar de não existir nenhuma pesquisa que comprove a influência da topografia na distribuição das chuvas no Triângulo Mineiro, bem como a gênese das chuvas nesta região, foi possível observar que as estações pluviométricas situadas na região da Serra dos Talhados, na Bacia do Córrego dos Talhados apresentam, em média, de 10 a 20% mais chuvas do que as áreas situadas no baixo curso, em uma área relativamente pequena, de 210 Km².

**Autor:** MARTINS, A. P./2007 e 2008.

### 5.5. O Balanço Hídrico do solo na BHRCC

A partir dos dados de precipitação e temperatura média estimada, elaborou-se o balanço hídrico (variação de água no solo) para cada estação pluviométrica e, pela interpolação dos dados, foi possível espacializar variáveis como déficit e excedente hídrico e evapotranspiração potencial.

Para cada localidade, adotou-se um valor de capacidade de armazenamento (CAD) diferenciado a uma profundidade padrão de 2m, de acordo com as características de cada tipo de solo, com base em Spera et al (1999) com ratificações de Mariano e Scopel (2005), a saber: a) Nitossolos: 677,4mm; b) Latossolos vermelho escuro: 318,8mm; c) Argissolos vermelho-amarelo: 100mm; d) Neossolos quartzarênicos (areias quartzozas): 67,7mm.

Estes valores são extremamente importantes, pois definem os padrões de escoamento superficial ou de infiltração nos diferentes tipos de solo, com influência direta no tempo de permanência da água pluvial na bacia hidrográfica e o tempo total de escoamento (relação precipitação x vazão).

**Tabela 18.** Balanço hídrico do solo simplificado para o ano hidrológico 2007/2008 na BHRCC.

| Estação                       | Precipitação total (mm) | Temperatura média (mm) | CAD (mm) | ETP total (mm) | ETR total (mm) | Deficiência (mm) | Excedente (mm) |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------|----------|----------------|----------------|------------------|----------------|
| <b>COPASA - Captação</b>      | 1229,3                  | 24,1                   | 677,4    | 1342,9         | 1091,1         | 251,8            | 138,2          |
| <b>Faz. Cachoeira de Cima</b> | 1183,1                  | 24,1                   | 677,4    | 1220,9         | 1000,5         | 220,3            | 182,6          |
| <b>Estância Rio Grande</b>    | 1198,5                  | 23,3                   | 318,8    | 1141,5         | 818,8          | 322,7            | 379,7          |
| <b>Faz. Três Barras</b>       | 1218,3                  | 23,3                   | 318,8    | 1141,5         | 862,0          | 279,5            | 356,3          |
| <b>Faz. José Roberto</b>      | 1578,0                  | 23,3                   | 318,8    | 1141,4         | 905,1          | 236,4            | 672,9          |
| <b>Faz. Carlos Alberto</b>    | 1423,8                  | 23,1                   | 100,0    | 1121,7         | 732,7          | 389,0            | 691,0          |
| <b>Faz. Perneiras</b>         | 1394,7                  | 23,2                   | 100,0    | 1124,8         | 701,2          | 423,5            | 693,5          |
| <b>Granja Cobb</b>            | 1571,4                  | 23,0                   | 67,7     | 1110,2         | 650,6          | 459,6            | 920,8          |
| <b>Média</b>                  | <b>1349,6</b>           | <b>23,4</b>            |          | <b>1168,1</b>  | <b>845,3</b>   | <b>322,9</b>     | <b>504,4</b>   |
| <b>Máximo</b>                 | 1578,0                  | 24,1                   | 677,4    | 1342,9         | 1091,1         | 459,6            | 920,8          |
| <b>Mínimo</b>                 | 1183,1                  | 23,0                   | 67,7     | 1110,2         | 650,6          | 220,3            | 138,2          |
| <b>Variação</b>               | 25,0                    | 4,8                    | 82,0     | 17,3           | 40,3           | 52,0             | 85,0           |

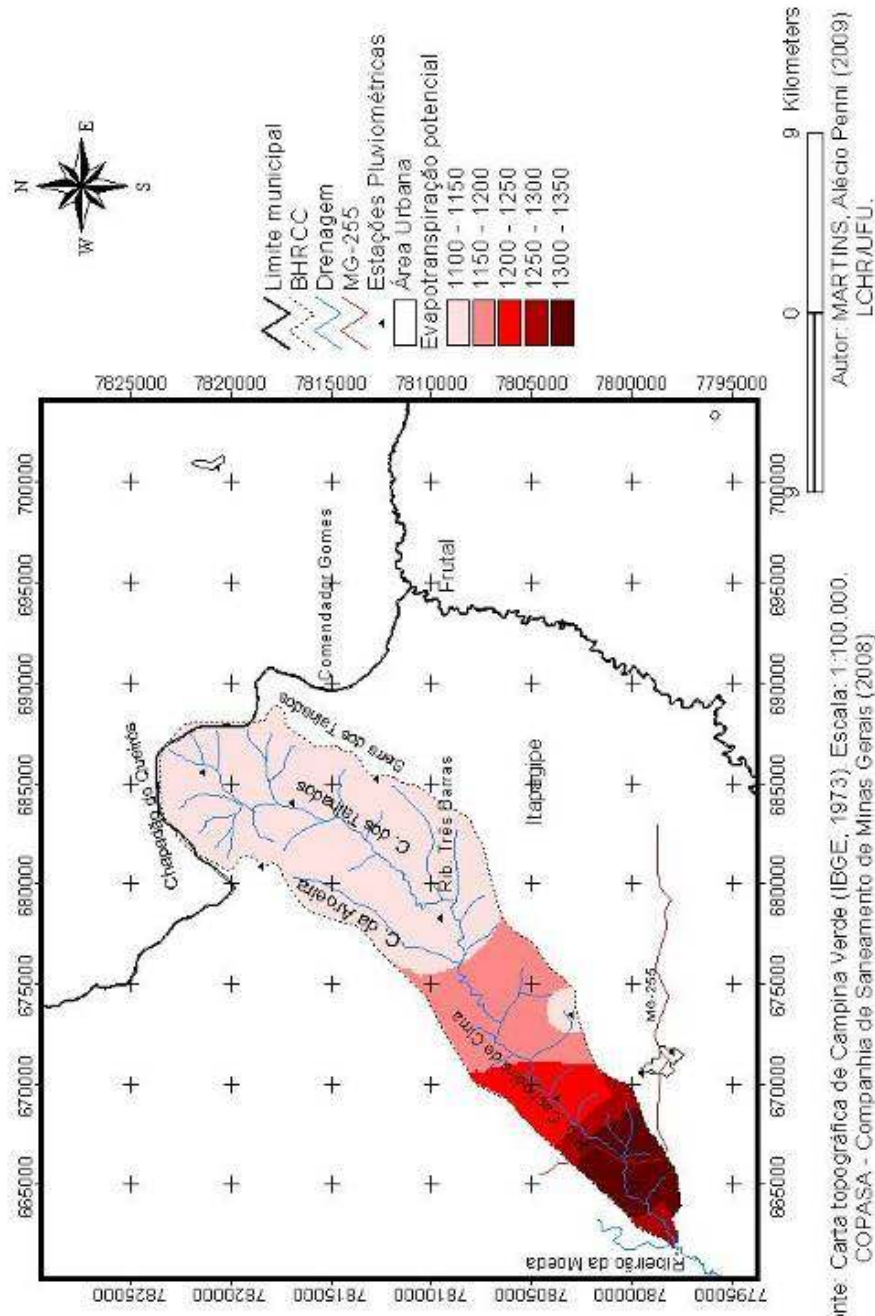
**Organizado por:** MARTINS, A. P./2009.

A partir de metodologia proposta por Thorntwaite e Mather (1955), adaptada em software de Rolim e Sentelhas (2003), foi calculado o balanço hídrico do solo, não para o ano normal (de janeiro a dezembro) e sim para o ano hidrológico 2007/2008 (outubro a setembro), abrangendo um período chuvoso e uma estação seca completos (tabela 19). Note que as estações que apresentam maiores temperaturas, também apresentam maiores valores de evapotranspiração e também são as que apresentam maiores alturas pluviométricas, com excedentes hídricos mais elevados, por serem grandezas diretamente proporcionais. Quando é feita a observação da sequência de mapas das figuras 71, 72, e 73, que trazem respectivamente os mapas de distribuição da evapotranspiração potencial média, do excedente e da deficiência hídrica na BHRCC, percebe-se a relação entre essas variáveis e as observadas nos mapas térmico e pluviométrico.

O mais interessante é observar como as características de cada tipo de solo, em especial a capacidade de armazenamento (CAD), interfere na relação entre precipitação e excedente e déficit hídrico, fatores que irão determinar os padrões de infiltração, escoamento, permanência e “produção” de água no sistema analisado. O alto valor de excedente e deficiência hídricos apresentados pela estação instalada na Granja Cobb, topo da Serra dos Talhados, por exemplo, deve-se à baixa capacidade de campo apresentada pelos Neossolos (67,7mm), que torna essa área essencialmente frágil e susceptível a processos de ravinamento, voçorocamento e movimentação de massa superficial de solo em eventos pluviométricos extremos. Já os valores de déficit hídrico superiores aos de excedente nas estações da captação da COPASA e da Fazenda Cachoeira de Cima devem-se mais à presença de Nitossolos, com capacidade de armazenamento de 677,4mm, do que às baixas precipitações registradas, visto que é preciso um grande volume de chuvas para atingir o saturamento destes solos.

A seguir, é feita uma análise dos padrões de balanço hídrico em cada uma das estações pluviométricas instaladas.

## Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima - Itapagipe/ MG: Evapotranspiração potencial (mm) - ano hidrológico 2007/2008



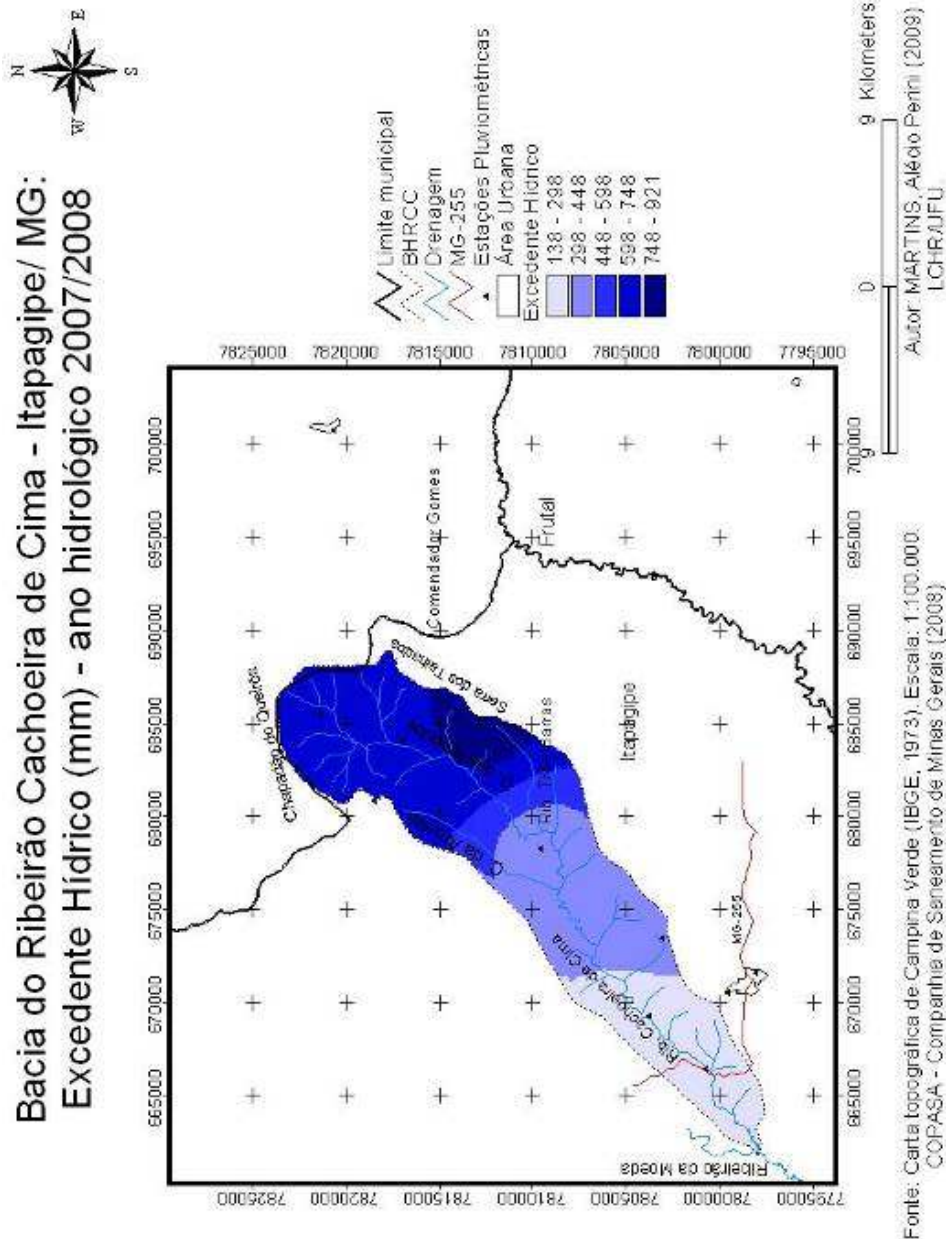


**Figura 72.** Variação espacial do excedente hídrico do ano hidrológico 2007/2008 na BHRCC.

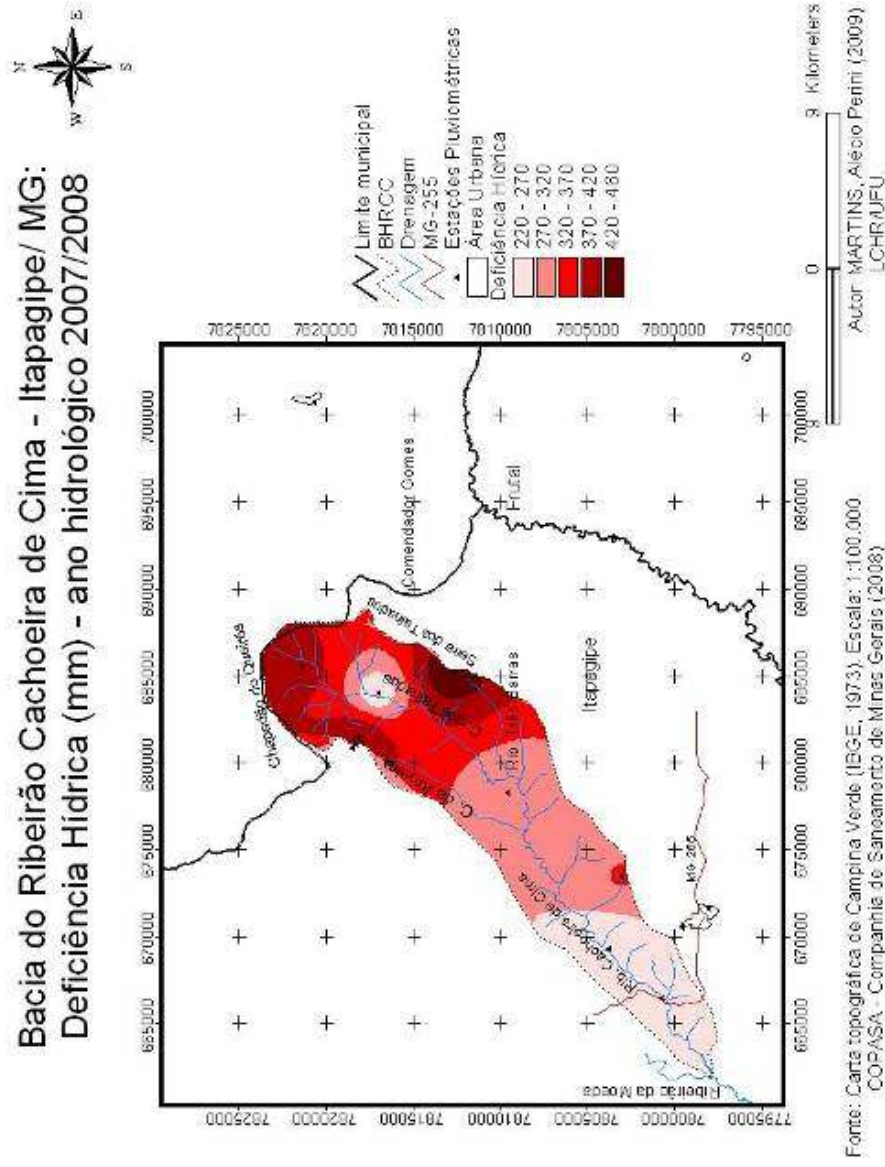


**Figura 73.** Variação espacial do déficit hídrico do ano hidrológico 2007/2008 na BHRCC.

### *Estação pluviométrica 1: COPASA – Captação*

A figura 74 demonstra o extrato do Balanço Hídrico para a localidade (deficiências e excedentes, em mm). Note que apenas os meses de fevereiro, março e abril, que apresentaram precipitações mais efetivas, apresentam excedentes. Note também que os meses de dezembro e janeiro, apesar de apresentarem precipitações satisfatórias, não apresentam excedentes, pois este período correspondeu à reposição de água no solo, visto a alta capacidade de armazenamento apresentada (677,4 mm), como pode ser melhor visualizado na figuras 75.

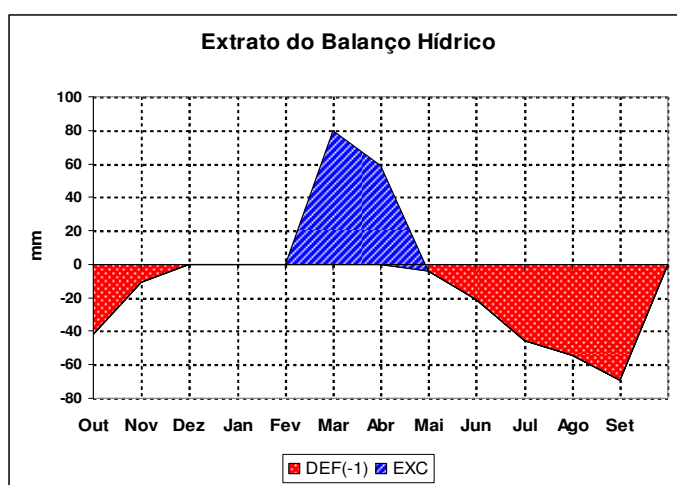


**Figura 74.** Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 1, localizado na Captação de Água da COPASA, no baixo curso da BHRCC. Observe que o período de excedentes hídricos no ano hidrológico 2007/2008 é muito curto em relação ao período total.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

Quanto mais alta a capacidade de armazenamento (CAD), maiores são os volumes de chuva que devem ocorrer para atingir um estado de saturação. Sendo assim, os Nitossolos apresentam-se como os melhores reservatórios de água na BHRCC e devem ser bem manejados e conservados, pois ajudam na regulação do fluxo hídrico ao absorver a água das chuvas que é liberada gradativamente para os lençóis subterrâneos e, por fluxo subsuperficial, aos cursos d'água, que manterão certa regularidade em suas vazões anuais. Deve-se tomar a devida precaução no fato de ser um solo muito argiloso e, dessa forma, apresentar um gradiente de infiltração bem mais lento do que solos arenosos, por exemplo, o que pode provocar um excesso de escoamento superficial, caso o uso da terra não seja adequado.

Os meses de outubro, novembro, maio, junho, julho, agosto e setembro apresentaram baixos índices pluviométricos, o que aliado à alta capacidade de armazenamento do solo provoca sequências de retiradas e déficits hídricos, o que diminui bastante a oferta de água nessas

áreas e pode interferir negativamente no regime de vazões da BHRCC, ainda mais se estas águas forem utilizadas para irrigação, dessedentação de animais e abastecimento urbano (no caso da área de estudo apenas os dois últimos usos citados).

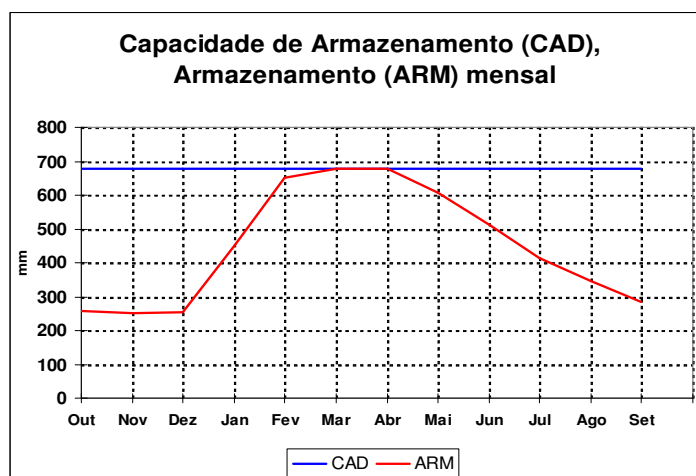


**Figura 75.** Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 01.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

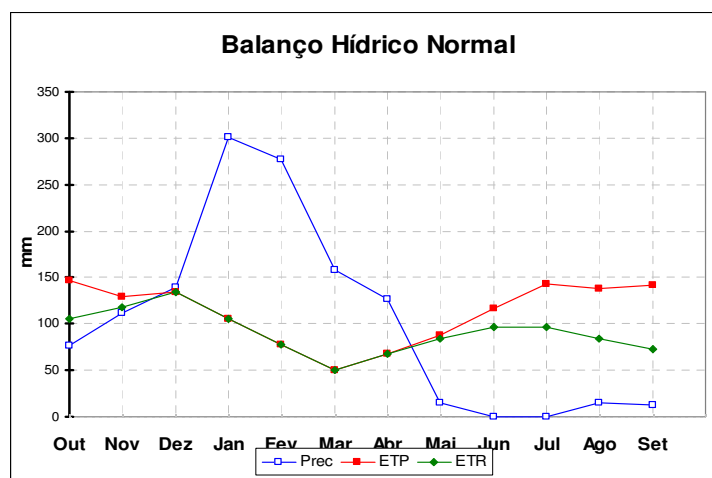


**Figura 76.** Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 01, na foz da BHRCC.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

O gráfico da figura 76 mostra a variação mensal nos valores de precipitação, evapotranspiração real e evapotranspiração potencial, evidenciando um balanço positivo entre os meses de dezembro e abril, mesmo que não tenha havido excedentes em todos estes meses. Os valores mais elevados de evapotranspiração real e potencial nos meses de julho, agosto, setembro e outubro justificam os maiores déficits identificados.

*Estação pluviométrica 2: Fazenda Cachoeira de Cima.*

Esta estação fica localizada a uma distância média de 5 km em relação à estação 1 em direção à montante da BHRCC, apresentando aspectos físicos muito semelhantes e precipitação pouco inferior à registrada na captação da COPASA. Note que, por estas áreas apresentarem o mesmo tipo de solo, os gráficos das figuras 77, 78 e 79 pouco diferem daqueles da estação anteriormente analisada.

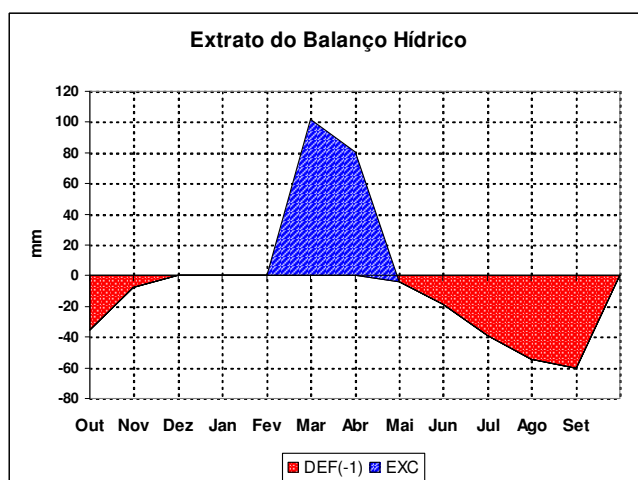


**Figura 77.** Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 2, localizado na Fazenda Cachoeira de Cima, no baixo curso da BHRCC. Observe que o período de excedentes hídricos no ano hidrológico 2007/2008 é muito curto em relação ao período total.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

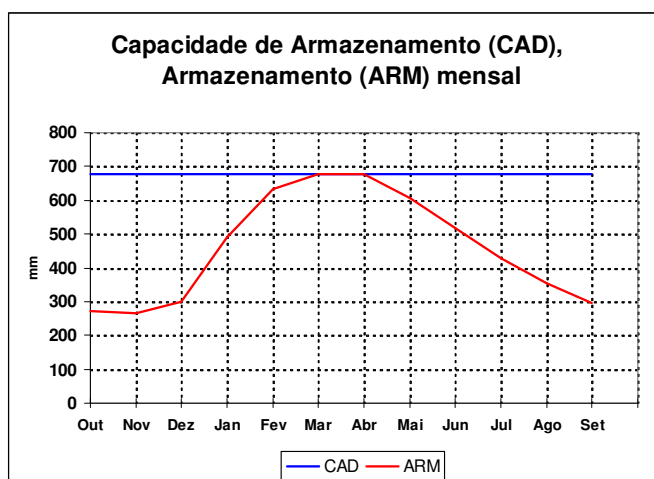


**Figura 78.** Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 02.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

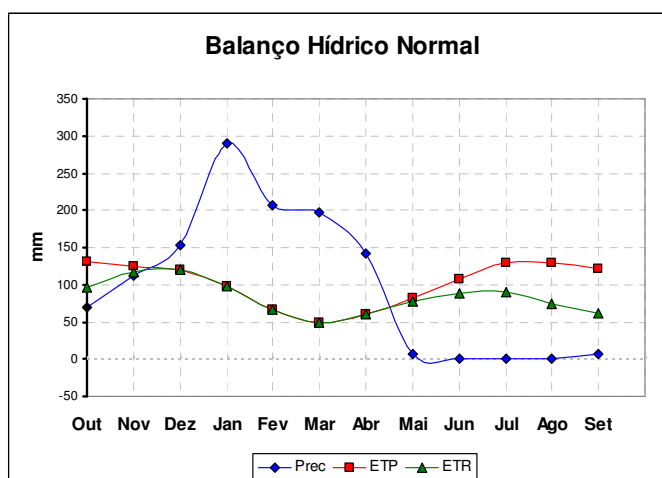


**Figura 79.** Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 02.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

### *Estação pluviométrica 3: Estância Rio Grande*

A estação 3 localiza-se numa área próxima ao divisor de águas entre a bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima e a bacia do Córrego Lageado, caracterizada pela presença de Latossolos vermelho escuro em uma vertente retilínea suave, coberta por pastagens de boa qualidade. Para estas áreas, adotou-se capacidade de armazenamento de 318,8mm para profundidades médias de 2m, o que confere um comportamento da água no solo diferente do observado nas estações anteriores, situadas em áreas de Nitossolos. A precipitação total do ano hidrológico 2007/2008 foi de 1198,5mm, mas ao contrário das estações 1 e 2, observou-se um excedente hídrico superior ao valor de déficit (379,7mm e 322,7 mm respectivamente), o que se deve justamente à diferença de valores de capacidade de armazenamento do solo. Este comportamento pode ser melhor visualizado nos gráficos das figuras 80, 81 e 82.

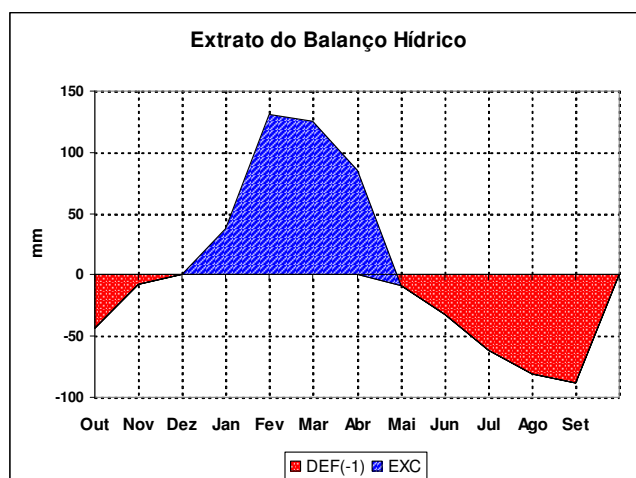


**Figura 80.** Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 3, localizado na Estância Rio Grande, divisor de águas da BHRCC. Observe que o período de excedentes hídricos no ano hidrológico 2007/2008 é muito curto em relação ao período total, mas em comparação com as estações anteriores, apresenta um período maior de ocorrência de excedentes.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

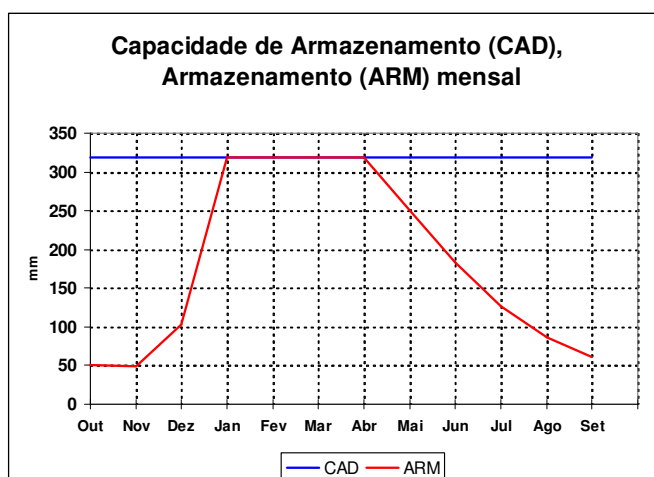


**Figura 81.** Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 03.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

Conforme o gráfico da figura 81, a saturação de água no solo é atingida com maior rapidez do que nas estações 1 e 2, o que ajuda a explicar a ocorrência de excedentes hídricos em 5 meses do ano hidrológico (dezembro a abril) e não apenas em 3 meses como nas estações anteriormente analisadas. Isso contribui para que esta área apresente um balanço positivo entre excedente e deficiência hídrica. Já o comportamento sazonal das variáveis precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real é praticamente idêntico para as três estações e pouco irá diferenciar para as demais estações pluviométricas da BHRCC.

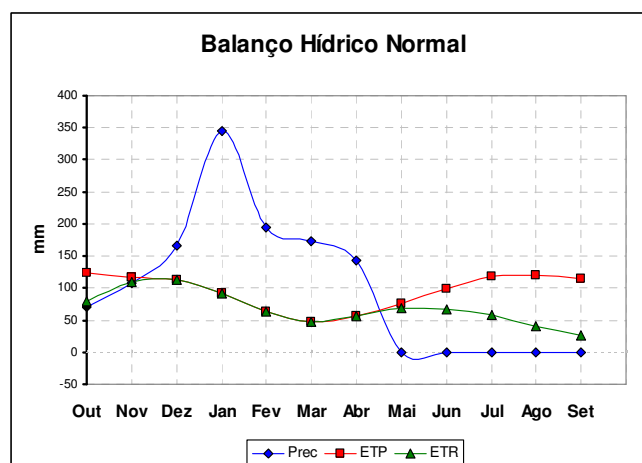


**Figura 82.** Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 03.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

#### *Estação pluviométrica 4: Fazenda Três Barras*

A estação 4 está localizada no divisor de águas entre a bacia do Córrego dos Talhados e do Córrego da Aroeira, próxima ao ponto onde o Córrego dos Talhados e o Ribeirão Três Barras formam o Ribeirão Cachoeira de Cima. A área pode ser considerada como um topo de chapada, com vertentes muito suaves, apresentando maiores declividades em áreas próximas às calhas dos córregos. O solo identificado a priori no estudo do RADAMBRASIL (BRASIL, 1983) e aferido com análises de campo e laboratório é o Latossolo vermelho escuro, assim como na estação 3, apresentando também uma capacidade de campo de 318,8mm para profundidade média de 2m.

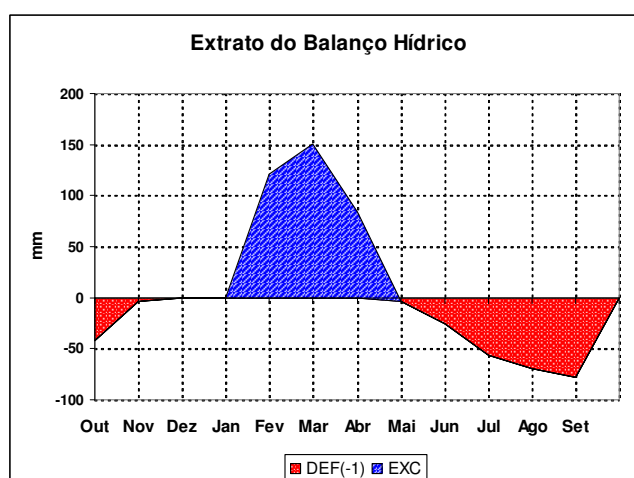


**Figura 83.** Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 4, localizado na Fazenda Três Barras, divisor de águas das bacias dos córregos dos Talhados e da Aroeira.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

A precipitação total aferida apresenta-se pouco superior à de áreas adjacentes (1218,3mm) e, graças às características de armazenamento do solo, apresenta um balanço positivo entre excedente e déficit hídrico. O gráfico de distribuição sazonal dos excedentes e déficits hídricos (figura 83) é bastante semelhante ao da estação anterior, embora apresente excedentes em apenas 4 meses (janeiro, fevereiro, março e abril), devido ao atraso do início das chuvas, que se tornaram mais efetivas apenas no mês de dezembro. O gráfico da figura 84 evidencia que, apenas nos meses de fevereiro e março as precipitações, em conjunto com a água já armazenada no solo, foram suficientes para atingir a saturação do solo.

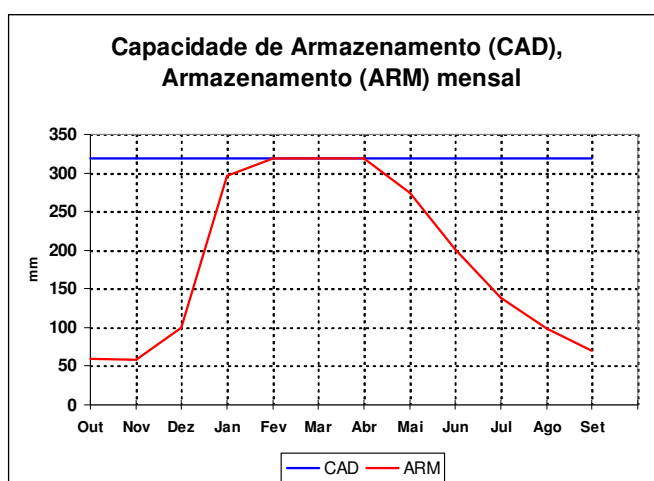


**Figura 84.** Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 04.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

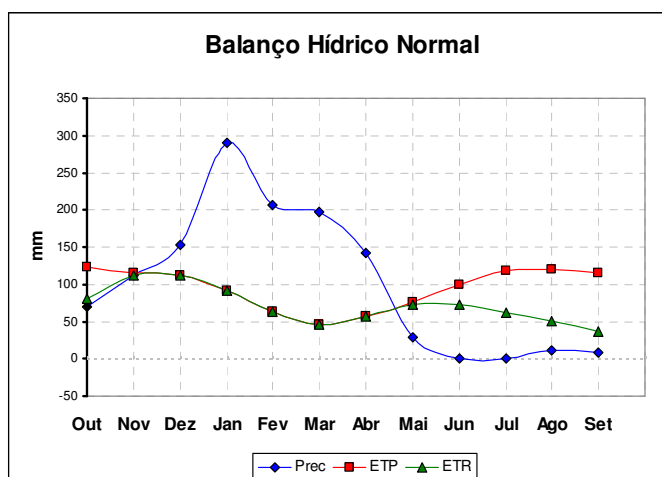


**Figura 85.** Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 04.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

*Estação pluviométrica 5: Fazenda José Roberto Barcelos (Talhados)*

A estação 5 foi instalada intencionalmente em um fundo de vale plano, no médio curso do Córrego dos Talhados, área a sotavento da Serra dos Talhados que, em tese, exerceria um efeito orográfico sobre a distribuição das chuvas nesta área, mas observou-se que as precipitações registradas nesta estação apresentam valores muito próximos aos registrados na estação 8, no topo da Serra. Os solos desta área foram classificados, por suas características principais, como Latossolos, mas com coloração bem mais amarelada que os demais Latossolos encontrados na bacia. Apesar da proximidade com uma área com ocorrência de solos hidromórficos, adotou-se o valor de 318,8mm para a capacidade de armazenamento.

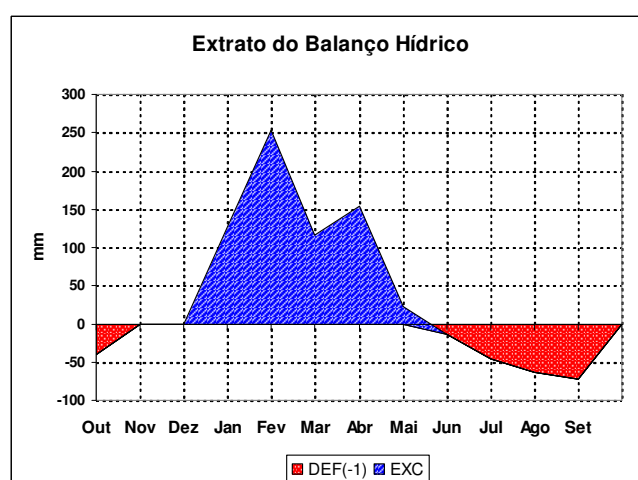


**Figura 86.** Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 5, localizado na Fazenda de José Roberto Barcelos, fundo de vale plano no alto curso do Córrego dos Talhados.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

O gráfico da figura 86 traz a distribuição sazonal dos valores de excedente e déficit hídrico para a área (672,9mm e 236,4mm respectivamente), evidenciando um valor positivo, atribuído aos 1578mm de chuva precipitados na área que, mesmo apresentando a mesma capacidade de armazenamento que as estações 3 e 4, apresenta 6 meses com excedentes, decorrentes desta precipitação mais elevada observada no alto curso da BHRCC. Já no gráfico da figura 87 é possível observar que os meses de janeiro a abril apresentaram saturação máxima de água no solo e, com o manejo adequado da terra e dos recursos naturais, isto pode ser benéfico para toda a área, pois contribui com o processo de produção de água e regularização das vazões ao longo do ano, mesmo nos períodos em que o balanço de água torna-se negativo.

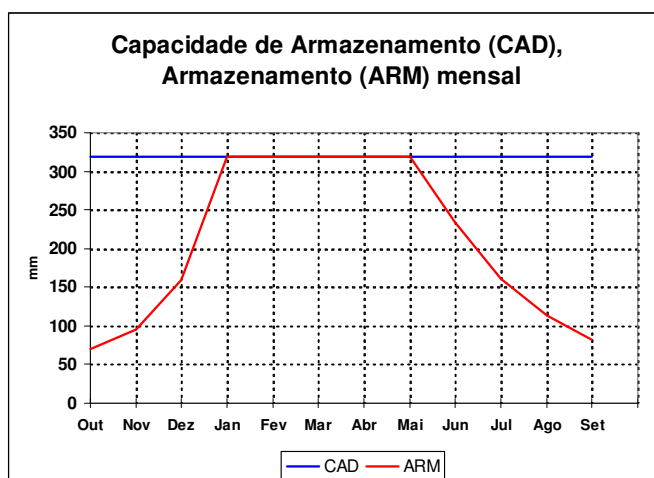


**Figura 87.** Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 05.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

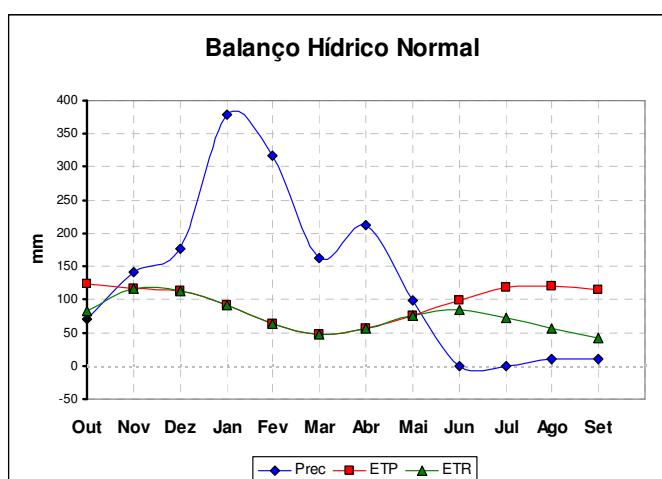


**Figura 88.** Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 05.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

Os gráficos das figuras 86, 87 e 88 apresentam-se desta forma, também, graças à precipitação acima da média registrada no mês de abril e, em anos “normais” a tendência é que estes excedentes diminuam a partir do mês de março, e que o solo já venha a apresentar déficits no mês de maio que, no período analisado, ainda apresenta excedentes.

#### *Estação pluviométrica 6: Fazenda Carlos Alberto Barcelos (Talhados)*

A estação 6 situa-se na base do Chapadão dos Queirós, a cerca de 2 km das nascentes do Córrego dos Talhados, numa área de relevo residual que apresenta como principal tipo de solo

os Argissolos, cuja capacidade de armazenamento foi definida por Spera et al (1995) com ratificações de Mariano e Scopel (2005) como sendo de 100 mm. Esta região da BHRCC apresenta áreas com declividades mais acentuadas e é ocupada por pastos de média e baixa qualidade, devido às características do solo e as técnicas de manejo empregadas que são inadequadas. É comum encontrar inícios de ravinas nos cortes das estradas causadas pelo escoamento superficial e, em alguns pontos, estas ravinas encontram-se bem evoluídas, e originam processos erosivos que fornecem grande quantidade de sedimentos aos cursos d'água, levando assim ao acelerado processo de assoreamento que foi observado em campo.

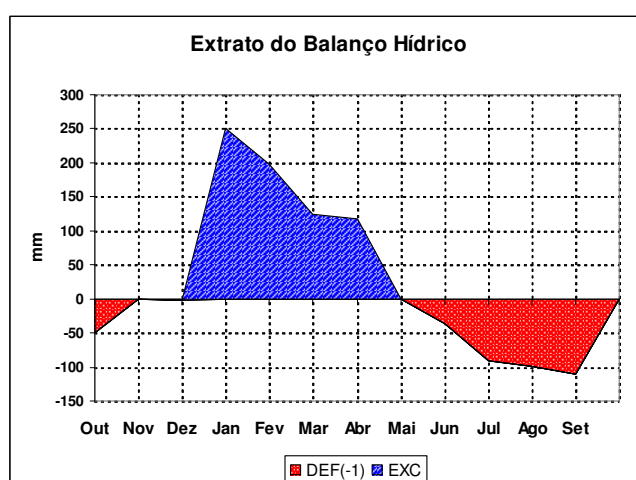


**Figura 89.** Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 6, localizado na Fazenda de Carlos Alberto Barcelos, base do Chapadão dos Queirós.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

A precipitação registrada no ano hidrológico de 2007/2008 foi de 1423,8mm, distribuídos principalmente entre os meses de novembro e abril. A ocorrência de excedentes e déficits segue esta tendência, sendo os excedentes observados entre dezembro e abril, assim como nas demais áreas do alto curso, mas com a diferença de os solos armazenarem um volume menor de água, o que facilita a perda por escoamento superficial, fazendo com que o tempo de resposta chuva/vazão seja consideravelmente mais curto. Registrou-se um excedente hídrico total de 691mm, valor superior ao registrado na estação 5, que apresentou maiores alturas pluviométricas, o que se explica justamente pela menor capacidade de armazenamento dos solos da área da estação 6. O déficit hídrico registrado foi de 389mm e, da mesma forma que este solo atinge um estado de saturação em tempo mais curto (figura 90), ele perde este excesso de água de forma mais rápida, o que evidencia que períodos de estiagem prolongados podem provocar extrema deficiência de água no solo, sendo prejudicial a todo o sistema, que passa a produzir menos água, provocando bruscas diminuições nas vazões dos cursos d'água.

Isso pode ser melhor exemplificado analisando-se o comportamento dos gráficos das figuras 90 e 91 para o mês de dezembro de 2007, quando registrou-se precipitações abaixo da evapotranspiração real, fazendo com que a curva de armazenamento tivesse uma pequena desacelerada em seu crescimento.

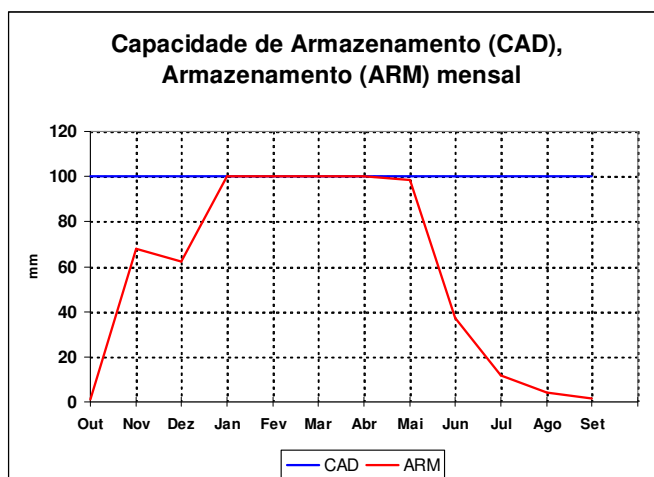


**Figura 90.** Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 06.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

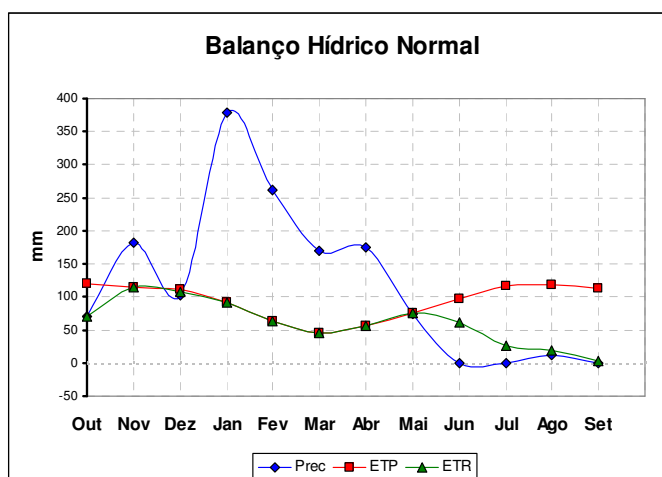


**Figura 91.** Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 06.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

### *Estação pluviométrica 7: Fazenda Perneiras*

A estação 7 foi instalada no divisor de águas entre a bacia do Córrego dos Talhados e do Córrego das Perneiras à uma altitude de 646m, segunda estação mais alta da rede de

monitoramento, justamente para comparar a variação pluviométrica nos divisores de água, em fundos de vale e nos alto, médio e baixo curso da BHRCC. Observou-se um volume de chuvas (1394,7) inferior ao registrado nas estações 5, 6 e 7, instaladas na vertente esquerda da bacia, do lado da Serra dos Talhados e Chapadão dos Queirós. Para comprovar se realmente existe a influência direta da orografia, seria necessário um monitoramento com tempo entre 10 e 30 anos no mínimo e, para não correr o risco de fazer conclusões precipitadas, este fato é trabalhado apenas como uma hipótese, levantada a partir dos relatos de moradores locais e do que foi registrado no período estudado.

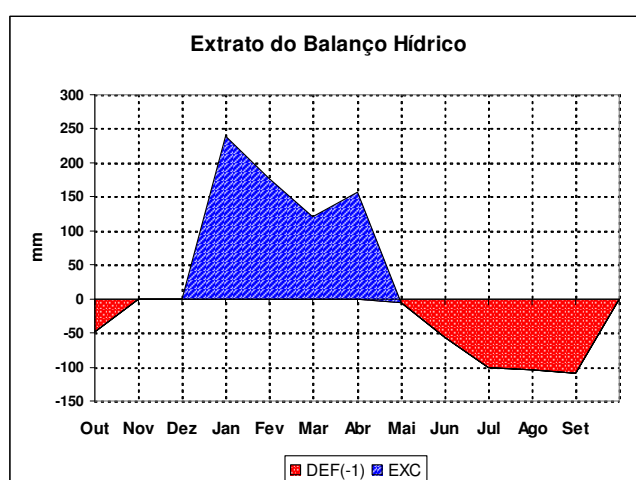


**Figura 92.** Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 7, localizado na Fazenda Perneiras, divisor de água entre a bacia do Córrego dos Talhados e Córrego das Perneiras.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

Para esta área foi adotada capacidade de armazenamento de 100mm, visto que o solo, apesar de apresentar-se mais profundo e com tons de vermelho um pouco mais intenso, apresenta mais características de Argissolos, sendo assim definido. Os excedentes distribuem-se entre os meses de dezembro e abril, assim como nas demais áreas do alto curso (figura 92). Aferiu-se um balanço positivo entre excedentes (693,5mm) e déficits hídricos (423,5mm) e, mais uma vez, destaca-se que estes valores relativamente altos devem-se à baixa capacidade de armazenamento do solo e à sua rápida saturação (figura 93 e 94).

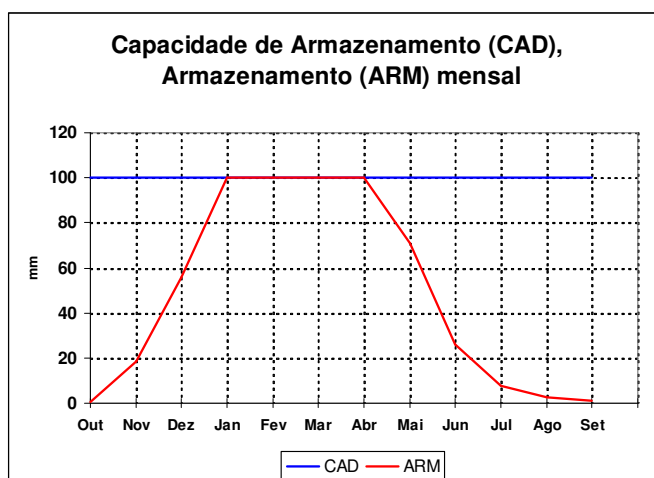


**Figura 93.** Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 07.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

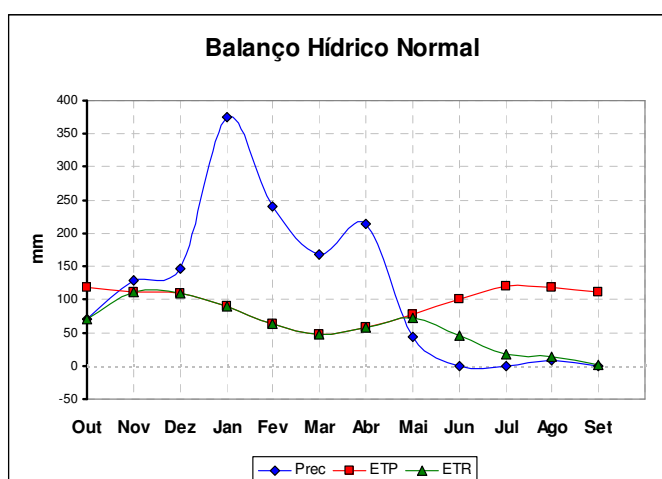


**Figura 94.** Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 07.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

#### *Estação pluviométrica 8: Granja Cobb*

A estação 8 pode ser considerada como uma das mais interessantes para as análises até aqui realizadas, pois localiza-se no topo da Serra dos Talhados, na propriedade da Granja Cobb de aves (produção de matrizes), área de relevo residual da Formação Marília, onde foi identificada a presença de Neossolos, que apresentam capacidade de armazenamento de apenas 67,7mm para uma profundidade média de 2m, segundo estudos de Spera et al (1995) com ratificações de Mariano e Scopel (2005). Esta baixa capacidade de armazenamento, faz com que os valores de excedentes e déficits hídricos sejam elevados (920,8mm e 459,6mm

respectivamente), mas esta água não permanece por muito tempo no sistema, visto que a grande quantidade de areias (teores acima de 75%) não retém esta água, que é escoada em curto espaço de tempo, o que confere ao sistema um tempo muito curto de resposta das vazões em relação às precipitações. Esta situação é observada, principalmente, nas áreas de algumas nascentes do Córrego dos Talhados e Ribeirão Três Barras. Práticas inadequadas de manejo podem levar ao aparecimento de ravinas e voçorocas, e ao assoreamento dos cursos d'água, conforme já relatado anteriormente. Nessa área, os excedentes distribuem-se entre os meses de novembro e abril, que foram os meses que apresentaram praticamente toda a precipitação ocorrida no período analisado, que foi de 1571,4mm (figura 95).

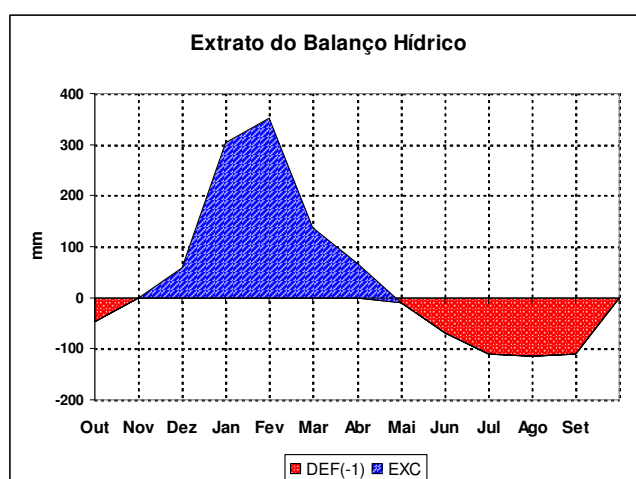


**Figura 95.** Extrato do Balanço Hídrico para o posto pluviométrico 8, localizado na propriedade da Granja Cobb, no topo da Serra dos Talhados.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

No gráfico da figura 96 é possível perceber que o estado de saturação do solo é atingido de forma muito rápida e que a perda de água no sistema e a ocorrência de déficits ocorre com igual rapidez, constituindo mais uma evidência de que estas áreas precisam de um plano de manejo e conservação diferenciados, pois delas dependem a estabilidade de todo o sistema.

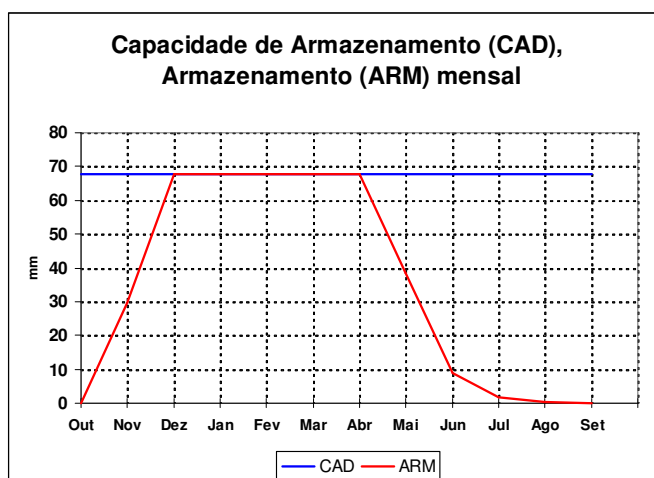


**Figura 96.** Relação entre o armazenamento hídrico mensal e a capacidade de armazenamento do solo encontrado na área da estação 07.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

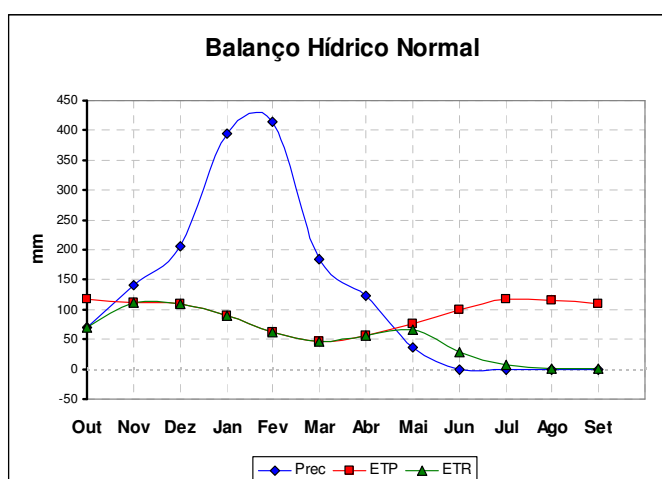


**Figura 97.** Variação sazonal nos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real para a área da estação 08.

**Autor:** MARTINS, A. P./2009.

### 5.6. Regime hidrológico, variação espaço-temporal e relações precipitação/vazão.

Para a análise do regime hidrológico da BHRCC (variação das vazões no decorrer do ano em função da precipitação, evapotranspiração e uso da água) foram utilizados os dados de precipitação da rede pluviométrica instalada e os dados de vazão aferidos mensalmente por funcionários da COPASA. O perfil topográfico da calha do Ribeirão também foi construído para, assim, calcular a área que, junto ao cálculo de velocidade da água, fornece os dados de vazão.

A figura 98 traz a curva-chave para o Ribeirão Cachoeira de Cima em ponto à jusante da captação da COPASA. Note que, até uma cota de 30 cm a vazão é mínima, inferior a  $0,5\text{ m}^3/\text{s}$  e, a partir desta cota, aumenta gradativamente em uma reta praticamente constante até uma cota de 62 cm, a mais alta registrada pela COPASA no período de monitoramento (1990-2009), com vazão correspondente de  $5,3\text{ m}^3/\text{s}$ .

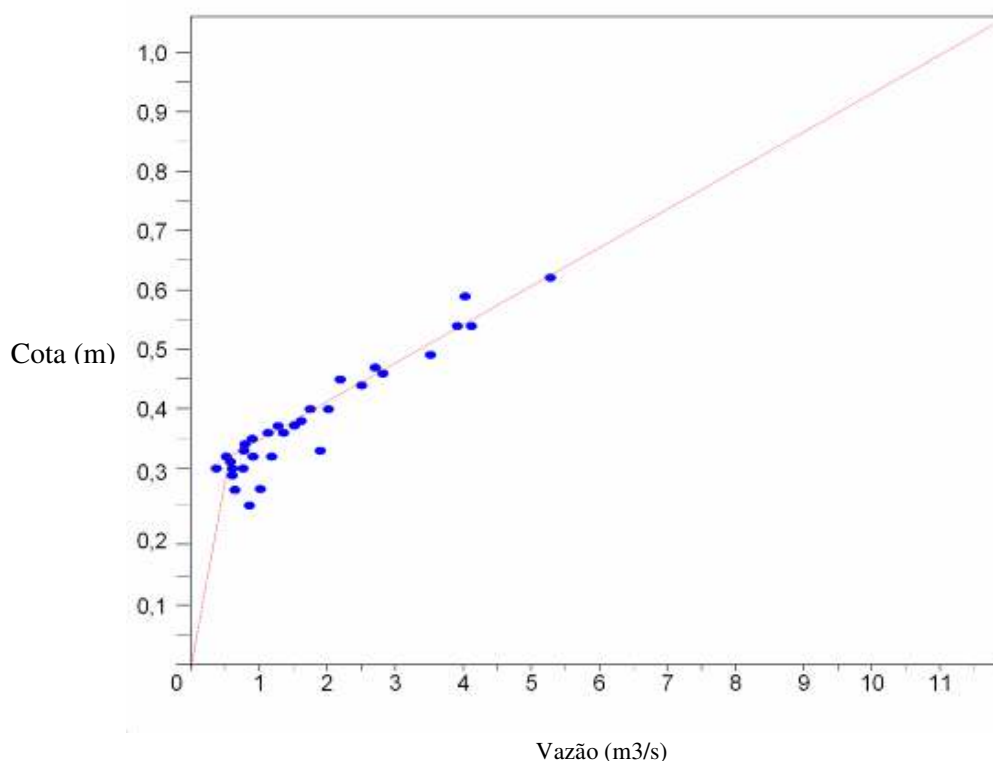


**Figura 98.** Curva-chave da BHRCC à jusante da captação de água da COPASA.

**Fonte:** COPASA, 2009.

**Organizado por:** MARTINS, A. P./2009.

O interessante é observar o curto tempo de resposta que as vazões neste ponto apresentam em relação a intensas chuvas ocorridas no alto e médio curso da bacia, conforme pode ser

visualizado nas figuras 59 e 60, momento em que uma chuva de mais de 60mm nas nascentes do Córrego dos Talhados no dia 20 de abril de 2008 foram responsáveis por um aumento de quase 100% do volume de água observado no dia 21 de abril. Este fato é preocupante, pois evidencia que o estado de conservação de áreas que deveriam auxiliar na redução neste tempo de resposta não é satisfatório, mostrando a necessidade de intervenções conservacionistas nestas áreas.

Não foi possível aferir o tempo de resposta das vazões em relação às precipitações mais intensas, uma vez que as medições feitas pela COPASA não seguem uma realidade temporal e, além disso, não foram feitas medições para os meses de dezembro e janeiro, o que compromete bastante esta análise. No gráfico da figura 99 é possível se ter uma idéia de como é a relação entre precipitação e vazão em um “esboço” do que seria o hidrograma da bacia.

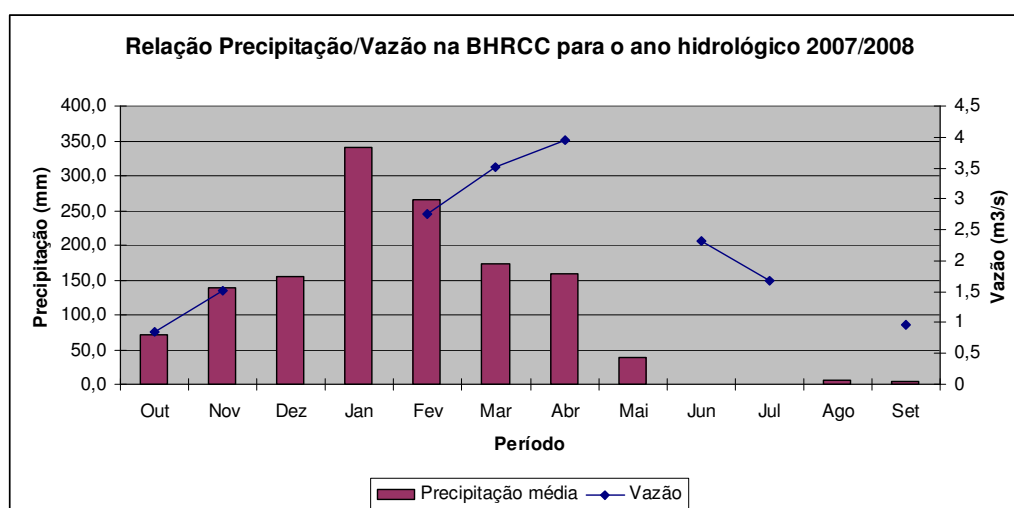


**Figura 99.** Relação precipitação média/ vazão para o ano hidrológico 2007/2008 na BHRCC.

\* Aferições de vazão realizadas nos dias 23/10/2007; 27/11/2007; 19/02/2008; 27/03/2008; 15/04/2008; 12/06/2008; 29/07/2008;30/09/2008.

**Fonte:** COPASA, 2008.

**Organizado por:** MARTINS, A. P./2009.

É perceptível a tendência de aumento progressivo das vazões à medida que se caminha para o fim do período chuvoso, quando as vazões médias chegam próximas a 4m³/s, decrescendo a valores inferiores a 1m³/s em meados dos meses de setembro e outubro, fim do período seco na região e auge da deficiência de água no sistema.

As falhas de dados representam os meses em que a medição de vazão não foi realizada pela COPASA. Os valores de vazão também não correspondem às médias, podendo ser resultados

de chuvas intensas ocorridas três dias antes da medição. Mesmo assim, pode-se ter uma idéia geral do comportamento sazonal desta variável.

Embora um dos objetivos desta etapa do trabalho desenvolvido na BHRCC fosse estimar a vazão média de cada sub-bacia e analisar as relações entre precipitação, vazão e uso e ocupação da terra de uma forma mais aprofundada, isto não foi possível devido a pequena quantidade de dados de vazão, que refletem situações pontuais, e que não podem ser generalizadas ou utilizadas para todos os pontos da bacia que, conforme explicitado, apresentam intensas diferenciações em seus componentes físicos e ambientais nos 210Km<sup>2</sup> de área.

Mesmo com a ausência de dados sequenciais e confiáveis que permitam uma análise da relação chuva-vazão, algumas considerações podem ser pontuadas:

**a) Influência das diferentes classes de solos e litologias:** conforme visto, a BHRCC apresenta uma variedade considerável de tipos de solos, com teores granulométricos que vão de 75% de areia a solos com mais de 70% de argila e silte, o que confere padrões diferenciados de porosidade, absorção da água pluvial e escoamento superficial. No alto curso, onde predominam os Neossolos e Argissolos, provenientes de relevos residuais com predomínio de arenitos e argilitos, com elevados teores de areias. A porosidade e capacidade de infiltração são maiores, mas a capacidade de armazenamento é reduzida, o que faz com que estes solos cheguem mais rápido a um estado de saturação. Isso aumenta o gradiente do escoamento superficial, que gera grandes volumes de água em dias de precipitação intensa, o que leva a crer que o tempo de permanência da água pluvial nesta bacia seja relativamente curto.

À medida em que se caminha para a foz da BHRCC, os teores de argila e silte aumentam (formações Adamantina e Serra Geral), aparecendo Latossolos e Nitossolos que apresentam capacidade de armazenamento maior e servem como reservatório para a água pluvial, apesar da velocidade de infiltração ser menor do que nas áreas anteriores. Mesmo assim, o tempo de permanência não é totalmente regularizado, visto que as precipitações mais intensas são registradas no alto curso. Estas variáveis conferem características peculiares à área de estudo, que necessita de técnicas de manejo diferenciadas para tentar uma regularização destes fluxos.

**b) Impacto de chuvas intensas na dinâmica hídrica:** na área de estudo é comum a ocorrência das conhecidas “chuvas de verão”, precipitações de gênese convectiva que ocorrem, na maioria das vezes, no fim do dia e apresentam altos volumes em curto período de

tempo. Embora não tenham sido instalados pluviógrafos na área para aferir esta intensidade, moradores relatam que estas chuvas geralmente ocorrem em períodos de 40 minutos à 1 hora, o que provoca um escoamento superficial intenso, aliado às características topográficas e ao uso da terra, chegando com força aos canais de drenagem, que apresentam pontos de assoreamento graças à grande quantidade de material sólido carreado nestes eventos pluviométricos. Este fator é mais um que reforça a tese de que o tempo de permanência da água pluvial na BHRCC é curto, e que medidas de retardamento deste fluxo devam ser adotadas visando a regularização das vazões em toda a área.

**c) Ausência de áreas de preservação permanente e interferências na curva de permanência:** a pequena quantidade de áreas de reserva e de preservação permanente, que serão melhor relatadas no item 6 desta dissertação, corrobora com os efeitos explicitados nos itens anteriores, visto que a proteção que as áreas existentes oferecem ao meio é insuficiente. Esclarecendo melhor, o tempo de permanência da água pluvial na BHRCC poderia ser prolongado com a regularização das áreas de proteção ambiental, matas ciliares e de galeria e reservas legal.

É sabido que as áreas com vegetação arbórea aumentam a “rugosidade” do terreno, retardando o escoamento superficial; as raízes aumentam a capacidade de infiltração de água no solo, principal fator regularizador das vazões médias dos cursos d’água no decorrer do ano. As matas ciliares e de galeria funcionam como uma proteção às calhas dos cursos d’água que, assim, recebem uma quantidade menor de sedimentos e material grosseiro, responsáveis pelo assoreamento, além de protegê-los contra processos erosivos. As áreas vegetadas auxiliam também na manutenção da estabilidade dos solos, com suas diferentes características morfológicas e granulométricas, impedindo que as camadas superficiais sejam perdidas com o escoamento da água pluvial, o que por outro lado, também auxilia no processo de infiltração desta água que, em subsuperfície, será mais útil à regularização do ciclo.

## **6. PROPOSTAS DE USO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS NATURAIS, MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO E ENCAMINHAMENTOS**

A bacia hidrográfica se mostra como um complexo ambiente de estudo e gestão onde todos os elementos estão fortemente ligados, e pressões de qualquer natureza exercidas sobre um destes elementos podem colocar em risco a estabilidade de todo o sistema, provocando efeitos negativos como deslizamentos, assoreamento de cursos d'água, processos erosivos, escassez de recursos, entre outros.

Nas últimas décadas, muito tem sido discutido sobre a necessidade de encontrar metodologias de gestão adequadas para estes espaços, bem como a criação de leis que fundamentem este processo, regulamentando áreas protegidas, normas para utilização dos recursos, etc. De acordo com o quadro 02, item 02 do Referencial teórico-conceitual, o primeiro esforço nessa caminhada rumo a uma gestão integrada dos recursos hídricos, tendo a bacia hidrográfica como locus das pesquisas, propostas e ações, aconteceu em 1978, com a criação do Comitê Especial de Estudo Integrado em Bacias Hidrográficas (CEEIBH), incumbido da classificação dos cursos d'água da União, bem como do estudo integrado e do acompanhamento da utilização racional dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios federais, a fim de obter o aproveitamento múltiplo de cada uma (SETTI et al, 2000). Lanna (1995, p. 150) contribui com esta discussão ao afirmar que

Os programas de proteção e desenvolvimento de microbacias iniciaram-se no Brasil, no Estado do Paraná, na década de 80. Posteriormente, o PRÓVARZEAS criou um subprograma de microbacias, em âmbito nacional, com objetivos direcionados ao aproveitamento racional das águas.

Entre os anos de 1980 e 1985, surgem alguns comitês de bacias hidrográficas tidos até hoje como exemplo aos demais, como os comitês das bacias dos Rios Paranapanema, Paraíba do Sul e Doce, todos de domínio federal. Em 1987, o Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária inicia uma experiência oficial de manejo de bacias hidrográficas, com o objetivo de promover o planejamento e a ocupação racional do espaço rural, dentro de um padrão de desenvolvimento integrado, viabilizando um aumento sustentável da produção (LANNA, 1995, p.150). Mas a grande evolução neste sentido, foi sem sombra de dúvidas, a promulgação da Lei 9433, de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e estabeleceu normas para a criação e organização do Sistema Nacional de Recursos Hídricos e dos comitês de bacias hidrográficas. A criação da Agência Nacional de Águas (ANA), em

2000, vem para tornar o sistema de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos do Brasil um dos melhores do mundo.

Visando o desenvolvimento sustentável da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima (BHRCC) e a recuperação das áreas até aqui degradadas por atividades produtivas mal geridas, propõe-se, neste momento da pesquisa, a criação de um "mini-comitê" para o gerenciamento da área de interesse. Utiliza-se o prefixo "mini" por se tratar de uma bacia de 210 Km<sup>2</sup>, totalmente inserida no território do município de Itapagipe, sendo assim de gestão um pouco mais simplificada, por não cair no círculo burocrático que envolve a formação de comitês de rios de domínio estadual e federal. Este mini-comitê estaria subordinado ao comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande, que recebe o nome de "GD8" pela divisão hidrográfica realizada pelo IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas).

A BHRCC concentra uma série de características peculiares que tornam a formação de um comitê e a constituição de um plano de gestão e manejo integrado importantes. Em primeiro lugar, trata-se da única fonte de abastecimento de água à população urbana de Itapagipe; em segundo, apresenta peculiaridades físico-ambientais como áreas de relevo residual, afloramentos basálticos, solos predominantemente arenosos no alto curso (carreamento de sedimentos), uso da terra inadequado etc, além da potencialidade para expansão da cultura canavieira; em terceiro lugar, necessita urgentemente de um plano de recuperação de áreas de preservação e da averbação de reserva legal nas propriedades, visto que muitos produtores ainda desconhecem essa necessidade; e em quarto lugar, a área apresenta grandes potencialidades de desenvolvimento, seja no setor agrosilvopastoril, seja no setor turístico, e estes potenciais devem ser aproveitados de forma sustentável.

Dessa forma, é proposto aqui um modelo de gestão baseado no modelo participativo e com o uso dos pressupostos do planejamento estratégico para nortear e gerir as ações. Este processo participativo deve alicerçar-se em exemplos até então conhecidos, como a implantação do Programa de Microbacias Hidrográficas (PMH) e dos Consórcios de Bacia Hidrográfica (CBH), adequando os preceitos do planejamento estratégico aos do Gerenciamento de Recursos Hídricos (GRH). Lana (1995, p.99) complementa a discussão ao afirmar que deve-se manter a ótica do PMH de se gerenciar todos os recursos ambientais (e não apenas a água) e de articulação de iniciativas municipais.

### **6.1. Proposta de formação de um Mini-Comitê para a BHRCC.**

Devido a necessidade de organizar o processo de planejamento, manejo e gestão das atividades produtivas, bem como das medidas compensatórias dos impactos e de recuperação de áreas degradadas na BHRCC, propõe-se, aqui, a formação do Mini-Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeira de Cima, com estrutura bem mais simplificada que os comitês até então conhecidos, por ser inteiramente de domínio municipal (mesmo que pela legislação seja de domínio estadual), sendo parte componente do comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande (GD8).

O Mini-Comitê deverá ser formado por membros do Conselho Municipal de Meio Ambiente, sociedade civil e usuários (COPASA, proprietários comerciais, industriais e residenciais da área urbana abastecida pelas águas da bacia e proprietários rurais da área de interesse), como prevê a Lei 9433, mais um representante do comitê do GD8. Ao comitê, presidido pelo Secretário Municipal de Meio Ambiente e Turismo, caberá formular projetos considerando as condicionantes estabelecidas pelos Conselhos Estadual e Nacional do Meio Ambiente, indicar as áreas prioritárias para intervenção dentro da bacia; elaborar o plano ambiental da bacia, definir a execução das atividades e prestar contas ao Conselho Estadual de Meio Ambiente. Ao Conselho Municipal de Meio Ambiente, caberá prestar assessoria técnica à comunidade envolvida no projeto, formulando planos e projetos de execução por microbacia em conjunto com a comunidade, definindo o plano de execução das atividades, que deverá ser remetido ao Mini-Comitê.

Lanna (1995, p. 101) argumenta que

Os planos e projetos em microbacias, na maior parte das situações, poderiam ser elaborados pela própria comunidade com apoio técnico fornecido pelos órgãos de meio ambiente, de extensão rural, organizações não-governamentais e outros com capacidade para garantir a inserção destes planos e projetos num contexto regional mais amplo.

Neste sentido, acredita-se que a Prefeitura Municipal de Itapagipe, representada pelo Secretário Municipal de Meio Ambiente e Turismo, seja a mais indicada para exercer o papel de norteadora no processo, por conseguir um contato mais direto com todos os setores envolvidos, além de ter a possibilidade de estabelecer convênios com universidades, escolas agrotécnicas e CEFETs, garantindo apoio técnico de qualidade e a baixo custo para a população envolvida, e, em contrapartida, aproximando mais estes profissionais em formação da realidade vivenciada no dia a dia.

Após a formação do "Mini-Comitê", tem origem o processo de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica, com alguns estágios de planejamento. Com base nos estudos de Lana (1995, p.105), foram adaptados 04 destes estágios:

a) *Projeto básico*: de abrangência local e de responsabilidade do Conselho Municipal de Meio Ambiente, que poderá contratar ou repassar esta incumbência para empresa ou instituição de ensino superior. Nele devem constar atividades de execução, metodologias, orçamentos e projetos. O trabalho desenvolvido nesta dissertação serve como base para o projeto básico.

b) *Estudo de viabilidade*: de abrangência local e de responsabilidade do Conselho Municipal de Meio Ambiente e do Mini-Comitê. Deve estar ligado ao projeto básico e avaliar a exequibilidade dos programas e ações, indicando quais serão adotados.

c) *Plano Diretor de Bacia Hidrográfica*: abrangência local, mas deve considerar que a BHRCC é parte integrante da Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande (GD8), e que as ações desenvolvidas devem estar em conformidade com o plano diretor da bacia principal (se houver). De responsabilidade do Mini-Comitê e do Conselho Municipal de Meio Ambiente, tem como objetivo avaliar as necessidades e oportunidades locais, além de trazer programas alternativos que prevejam medidas estruturais (obras civis) e não estruturais (legislações) para atendê-las.

d) *Plano de enquadramento de Bacia Hidrográfica*: de âmbito regional (enquadramento no GD8) e de responsabilidade do Mini-Comitê da BHRCC e do Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Grande. Tem como principal objetivo identificar as necessidades e oportunidades sociais e os problemas e vocações ambientais regionais, e adequar oferta e demanda de recursos, inventariando dados e informações básicas existentes.

Segundo Lana (1995, p. 105), estes estágios estariam subordinados, ainda, à Política Ambiental, de abrangência estadual e/ou nacional e subordinada aos Conselhos Nacional e Estadual de Meio Ambiente e, como as normas elaboradas por eles são demasiadamente generalizadas, utilizou-se um conjunto de normas locais que podem caracterizar melhor esta área.

Após a fase de sistematização do Mini-Comitê e elaboração de planos e programas, dá-se início à etapa de execução, que deverá contar com a participação técnica da Universidade Federal de Uberlândia, por meio do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos e outras

instituições técnicas e de ensino, públicas ou não, com as quais a Secretaria Municipal de Meio Ambiente firmar parcerias. A participação pública também é fundamental, seja na tomada de decisões, seja nas assembleias informativas, devendo haver membros da sociedade civil e do setor de usuários em todas as etapas do processo. Quanto à execução, Lanna (1995, p.114) propõe seis fases de desenvolvimento:

- a) *Fase 1:* Diagnóstico ambiental, desenvolvido por um corpo de especialistas em diferentes áreas, que pode ser feito por uma empresa de consultoria ou pelas entidades parceiras. Considerando-se os dados levantados na pesquisa aqui apresentada, nota-se que esta fase encontra-se praticamente cumprida;
- b) *Fase 2:* Levantamento sócio-econômico, por meio da investigação dos fatores que levaram à presente situação encontrada na BHRCC (histórico de ocupação). Nessa fase é possível, também, identificar os grupos atingidos pelas ações, e se a representação realizada pelo comitê será capaz de abranger todos os grupos;
- c) *Fase 3:* Tratamento integrado dos diagnósticos realizados nas fases 1 e 2. Recomenda-se a utilização de Sistemas de Informação Geográfica para melhor espacialização dos dados, realização de zoneamentos, mapas de fragilidade ambiental, entre outros.
- d) *Fase 4:* Levantamento de intenções, planos e projetos existentes, a fim de projetar seus efeitos no tempo e no espaço da bacia e, eventualmente, sobre áreas de influência adjacentes. Identificação dos efeitos negativos provocados pelo Comitê ao ambiente.
- e) *Fase 5:* Definição das atribuições dentro do Mini-Comitê; atribuição de valor aos cenários alternativos de uso dos recursos ambientais na bacia. É executada em conjunto com a fase 6, buscando soluções que atendam às medidas estabelecidas pelo comitê, ao menor custo ambiental. Com o uso dos preceitos do planejamento estratégico, nesta fase, são traçados cenários de acordo com as ações a serem adotadas.
- f) *Fase 6:* Busca de alternativas de baixo custo ambiental para se atingir os cenários traçados a fase 5. Caso os custos sejam elevados, será necessário reavaliar os cenários.

A partir do que foi exposto, são propostos alguns projetos visando melhorar a qualidade ambiental na BHRCC, por meio da recuperação de áreas degradadas e áreas de preservação permanente e aumento nas vazões médias dos cursos d'água (Projeto Cachoeira Legal) e de uso sustentável dos recursos disponíveis.

## **6.2. O Projeto Cachoeira Legal**

O Projeto “Cachoeira Legal” visa identificar, pelo uso de geotecnologias e pesquisas de campo, todas as áreas que, segundo o Decreto Estadual 43.710, de 08 de janeiro de 2004, que regulamenta a Lei 14.309, de 19 de junho de 2002, devem ser destinadas à Preservação Permanente dos Recursos Naturais; delimitar áreas de Reserva Legal nas propriedades rurais na BHRCC; e encontrar formas de aumentar o tempo de concentração da água pluvial no interior deste sistema, regularizando as vazões superficiais e aumentando sua capacidade de produção de água. As ações propostas baseiam-se em exemplos que deram certo, como alguns projetos de delimitação de áreas de preservação em municípios mato-grossenses e o projeto “Conservador das Águas”, da Prefeitura Municipal de Extrema, município do sul de Minas Gerais, onde os proprietários rurais que mantem suas áreas de preservação permanente e reserva legal recebem uma compensação financeira por isso.

O projeto divide-se em 04 etapas:

*1ª Etapa:* Identificação das principais áreas de vegetação natural na BHRCC (matas ciliares, de galeria e de encosta, feições de cerrado e mata seca, incluindo áreas de Reserva Legal e áreas úmidas, como a área de ocorrência de Gleissolos no médio curso do Córrego dos Talhados. Delimitação das áreas que, segundo o Decreto 43.710, deveriam ser destinadas à preservação permanente e proposição de medidas de recuperação.

*2ª Etapa:* Elaboração da carta de declividade da bacia e posterior indicação das áreas a serem preservadas e recuperadas (acima de 20% de inclinação). Embora esteja previsto em lei a preservação de áreas com 100% de inclinação ou mais, devido à fragilidade ambiental apresentada pelo terreno, optou-se por fazer uma restrição maior à estas áreas que encontram-se nas encostas da Serra dos Talhados, área de relevo residual extremamente frágil.

*3ª Etapa:* Levantamento de todas as propriedades rurais, independentemente da área ou tipo de produção, e se estas possuem reservas ou não. Caso não possuam, os proprietários serão informados sobre os procedimentos para averbação de reserva.

4ª Etapa: Negociação com os produtores rurais sobre a melhor forma de implementar as ações, sem prejudicar seu rendimento, com a oferta de compensações financeiras pela queda na produção.

Destas etapas, apenas as duas primeiras são executáveis sem a criação do Mini-Comitê, ou mesmo sem o gerenciamento do poder público, por necessitar de um maior investimento financeiro, e por requerer dedicação praticamente exclusiva para o levantamento das propriedades e medição das mesmas, visto que estes dados não encontram-se disponíveis para consulta.

#### **6.2.1. 1ª Etapa – Cenário atual e tendencial**

Como pode ser observado no mapa de uso da terra e cobertura vegetal do ano de 2008 (figura 30), na Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima 80,1% das terras destinam-se às pastagens e às pastagens associadas a áreas de cerrado, o que ajuda a justificar a alta produção de leite que rege a economia do município de Itapagipe (MG). Sabe-se que a atividade pecuária, mesmo com alguns cuidados no manejo, apresenta diversos riscos ao ambiente, sobretudo quando trata-se de questões como erosão, assoreamento dos canais fluviais e diminuição na produção e, conseqüentemente, na oferta de água; além de diminuição da diversidade em espécies animais e vegetais. Aliado ao fato das águas produzidas nesta bacia serem responsáveis pelo abastecimento do município que, apesar do pequeno porte, apresenta alta taxa de crescimento se comparado aos demais da região, percebe-se a necessidade urgente de propor ações e implementar políticas de fiscalização e incentivo, visando recuperar as áreas de Preservação Permanente previstas por lei, se possível, extrapolando-as.

O mapa de uso e ocupação dos solos elaborado a partir de imagens de satélites obtidas em Agosto de 2008 denuncia que, de uma área total de 210,1 Km<sup>2</sup>, apenas 16,4% apresenta-se coberta por feições da vegetação natural, somando áreas de cerrado e matas ciliares, de galeria e de encostas. Isto sem considerar as áreas com inclinações superiores a 45° que também devem ser protegidas e as áreas de Reserva Legal, que deveriam corresponder a, no mínimo, 20% da área das propriedades rurais, o que nem sempre acontece.

Os mais conformistas poderiam afirmar que a área encontra-se relativamente preservada em relação à maioria das bacias hidrográficas situadas em áreas de cerrado, mas observando-se

bem a figura 100, que traz a situação das Áreas de Reserva e Preservação Permanente em 2008, percebe-se que este percentual encontra-se mal distribuído e acaba por não proteger os recursos hídricos como deveriam.

Observa-se que a área com o maior percentual de área preservada encontra-se próximo às principais nascentes do Córrego dos Talhados, principal tributário da bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima. Comparando as figuras 30 (uso da terra 2008) e 100 (áreas preservadas), é possível notar que nestas áreas predominam as pastagens associadas a feições de cerrado e isso se deve, principalmente, às declividades e aos solos observados na Serra dos Talhados, região onde nascem estes cursos d'água. Com declividades mais acentuadas, solo arenoso e com grande quantidade de seixos que limitam sua ocupação, é compreensível que esta área apresente um maior percentual de matas, o que não acontece, por exemplo, na sub-bacia do Ribeirão Três Barras, onde encontram-se extensas pastagens e no médio e baixo cursos do Ribeirão da Cachoeira de Cima, onde os solos basálticos do vale fluvial são muito apreciados por agricultores para produção de milho, arroz, feijão e cana-de-açúcar, sempre intercalados com pastagens de ótima qualidade, mesmo nas áreas próximas aos divisores de águas, com solos com maior teor de areias.

No baixo curso, é comum encontrar margeando os cursos d'água áreas ocupadas por pequenos roçados de milho, arroz e feijão, além de áreas de hortaliças ou ocupadas com cana-de-açúcar utilizada na complementação alimentar do gado. Estas áreas apresentam fragilidade ambiental considerável, visto que o solo muito argiloso apresenta uma velocidade de infiltração da água pluvial bem menor e, caso seja compactado por atividades agrícolas, pode se tornar altamente susceptível à erosão, mesmo apresentando partículas coesas. Além disso, estas áreas funcionam como “esponjas” para a água pluvial, devido sua elevada capacidade de armazenamento, devendo ser conservada, pelo menos na faixa de 50 metros determinada por lei.

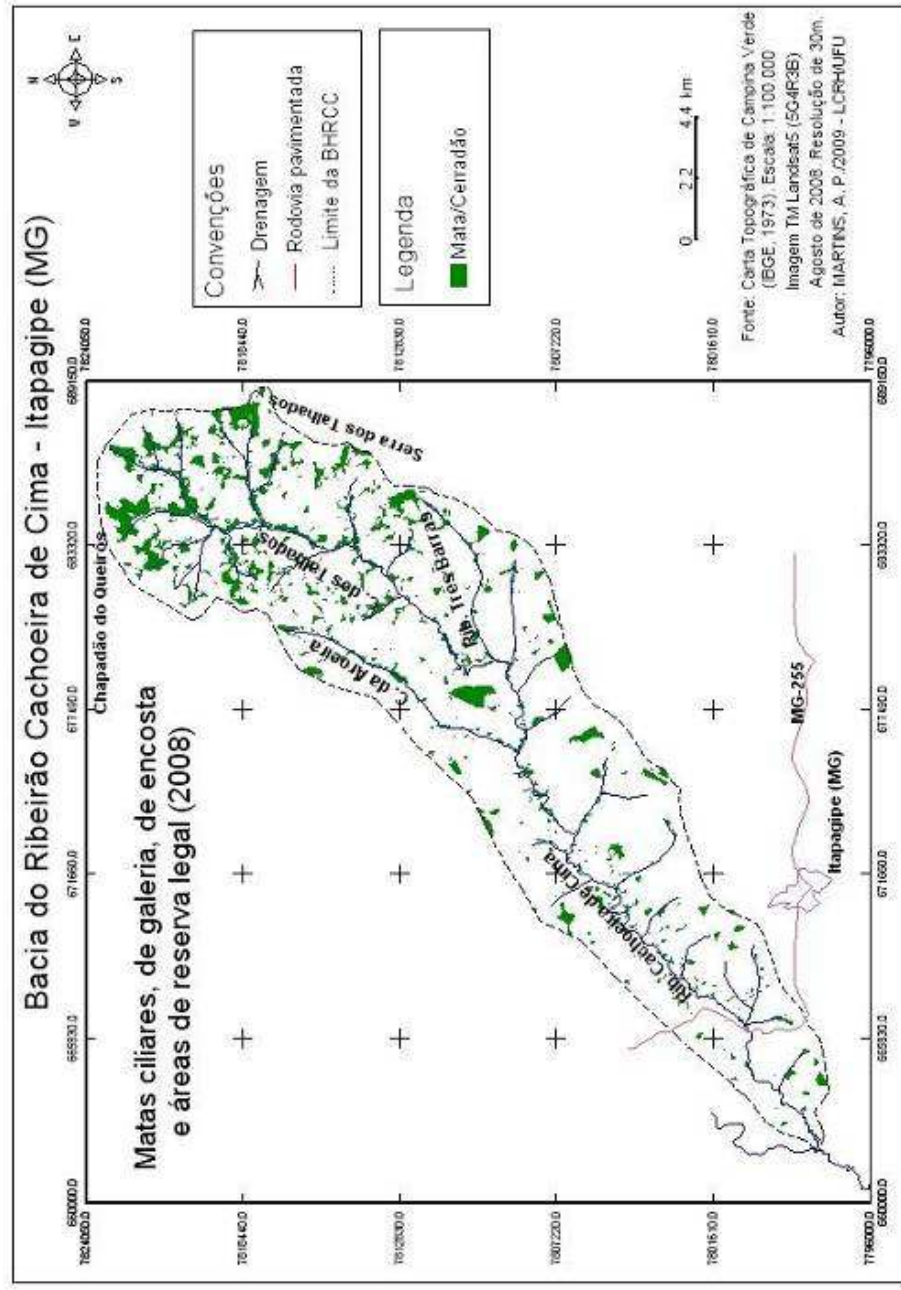


**Figura 100.** Situação atual das áreas com vegetação natural na BHRCC (agosto de 2008)



**Figura 101:** No vale do médio/baixo curso do Ribeirão Cachoeira de Cima, o solo fértil e argiloso é bastante utilizado para plantio de “roças” de milho, arroz e cana-de-açúcar, na maioria das vezes invadindo áreas de preservação permanente.

**Autor:** MARTINS, A.P./2007.

Na figura 102, observa-se que as áreas em vermelho e magenta correspondem às porções do terreno que, pela legislação, deveriam ser destinadas à preservação permanente dos recursos naturais. De acordo com o Decreto Estadual 43.710, de 8 de janeiro de 2004, considera-se Área de Preservação Permanente aquela revestida ou não com cobertura vegetal, com a função de preservar os recursos hídricos e a paisagem. Considera-se, pelo disposto na lei como áreas de preservação permanente:

- a) uma faixa contínua de largura mínima de 30 metros margeando cursos d'água com até 10 metros de largura (em cada margem, a partir do leito maior sazonal, medido horizontalmente);
- b) uma faixa contínua de largura mínima de 50 metros margeando cursos d'água com largura superior a 10 metros e inferior a 50 metros (em cada margem, a partir do leito maior sazonal, medido horizontalmente);
- c) uma faixa contínua de largura mínima de 100 metros margeando cursos d'água com largura superior a 50 metros e inferior a 200 metros (em cada margem, a partir do leito maior sazonal, medido horizontalmente);
- d) uma faixa contínua de largura mínima de 200 metros margeando cursos d'água com largura superior a 200 metros e inferior a 600 metros (em cada margem, a partir do leito maior sazonal, medido horizontalmente);

- e) uma faixa contínua de largura mínima de 500 metros margeando cursos d'água com mais de 600 metros de largura (em cada margem, a partir do leito maior sazonal, medido horizontalmente);
- f) no topo de morros, monte ou montanha, em área delimitada a partir da curva de nível, correspondente a dois terços da altura da elevação em relação à base;
- g) em encosta ou parte dela, com declividade igual ou superior a 100% (cem por cento) ou 45° na sua linha de maior declive, podendo ser inferior a este parâmetro, a critério técnico do IEF, tendo em vista as características edáficas da região;
- h) em vereda.

Neste sentido, ao observar o mapa da figura 102, aparentemente as áreas de preservação permanente encontram-se em bom estado de conservação mas, quando se reduz a escala (figura 103) é possível observar que, em muitos pontos, principalmente nas bacias do Córrego das Aroeiras e do Ribeirão Cachoeira de Cima, as matas ciliares já não existem mais. É possível observar também muitas “aguadas”, pontos específicos dos cursos d'água nos quais o gado tem acesso para beber água (figura 104).

Somadas, as áreas que por lei deveriam ser destinadas à conservação dos cursos d'água (matas ciliares e de galeria), correspondem a 4,1% da área da BHRCC. As áreas de vegetação natural existentes atualmente somam 16,4%, embora incluam, ainda, áreas de encostas, topos, reservas e pequenas porções de terra que ainda encontram-se com cobertura vegetal conservada.

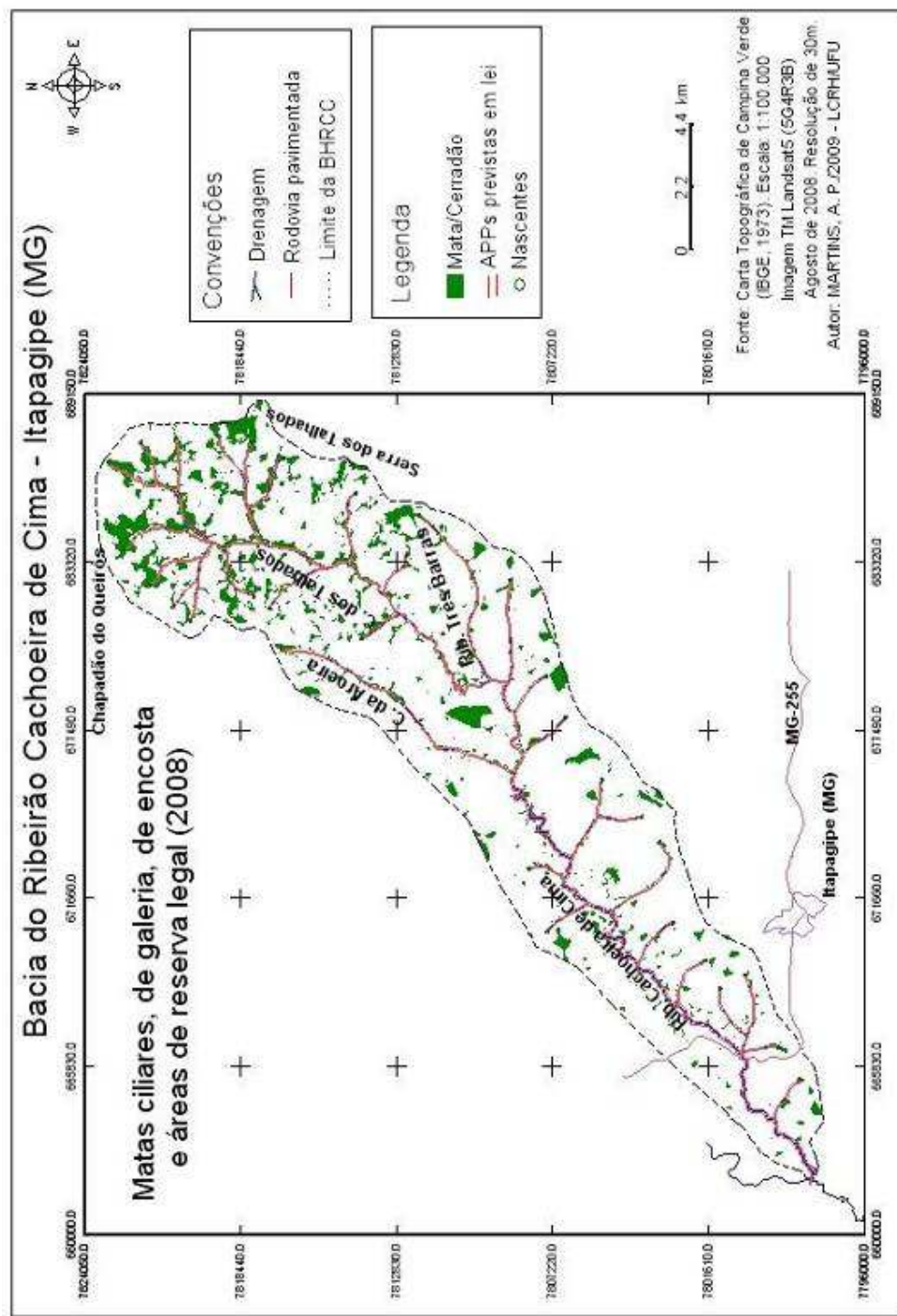


**Figura 102.** BHRCC: APPs previstas em lei (matas ciliares, de galeria e nascentes).

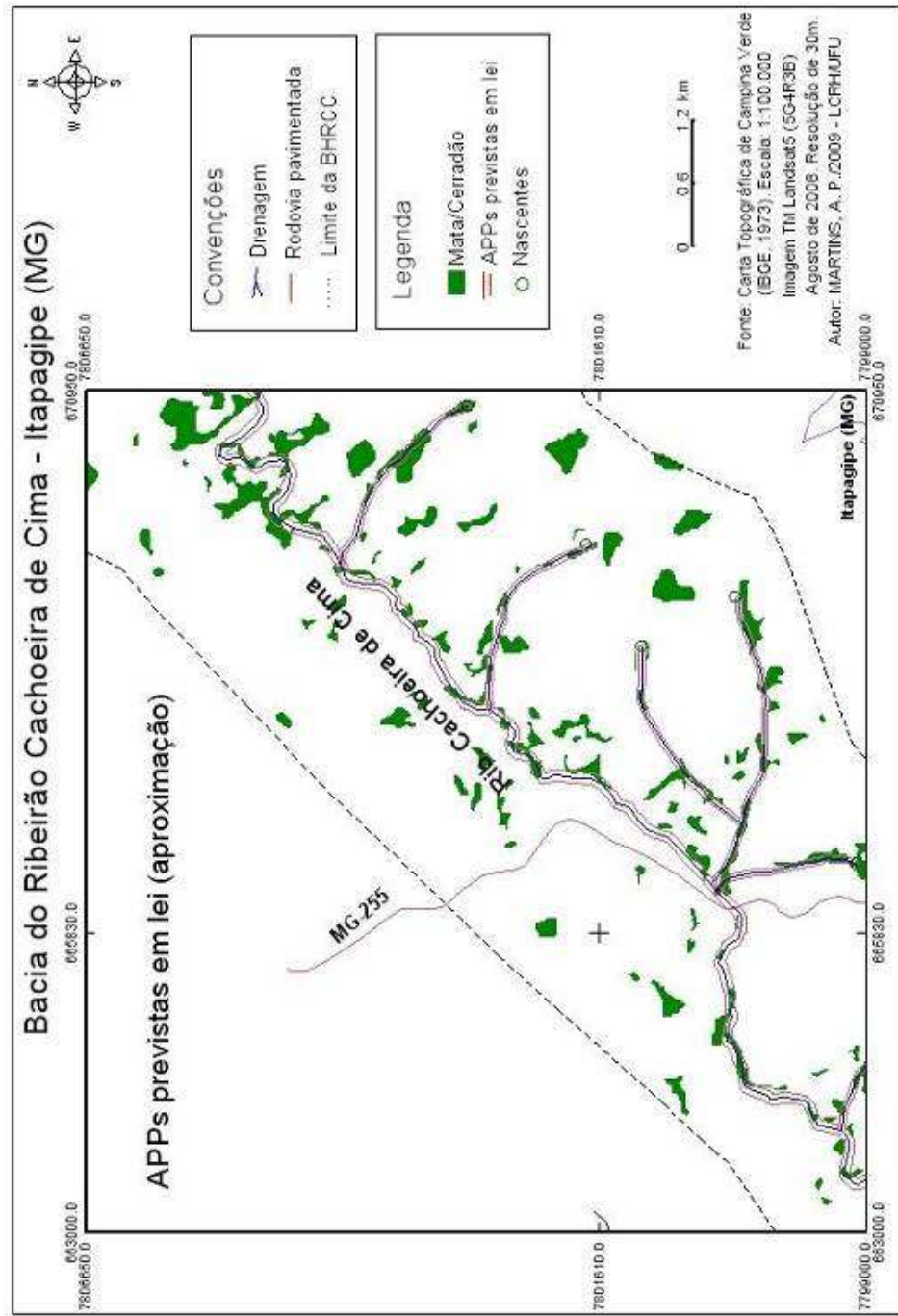


**Figura 103.** Aproximação do mapa da figura 102 para o baixo curso do Ribeirão Cachoeira de Cima. Note que, em alguns pontos, não existem mais matas ciliares.



**Figura 104.** “Aguadas”, áreas onde o gado acessa os cursos d’água, comuns em toda área de estudo e que provoca, entre outros impactos, assoreamentos e erosão das margens dos cursos d’água.  
**Autor:** MARTINS, A.P./2007.

Caso a situação continue como está, a tendência é que as áreas ocupadas por pastagens associadas a feições de cerrado sejam substituídas por áreas de pastagem aberta e, a redução na quantidade de vegetação arbórea pode reduzir a rugosidade do terreno, aumentando os fluxos superficiais de água pluvial, além de reduzir a proteção ao solo, que fica mais susceptível a processos erosivos, entre outros danos ao ambiente. Outra tendência que se observa na região é a substituição de áreas de pastagem por plantações de cana-de-açúcar, e essa mudança nos padrões de ocupação afeta diretamente o balanço de água na bacia hidrográfica, alterando o balanço hídrico, a troca de nutrientes e a estabilidade dos solos. Acredita-se que a tendência é que as áreas de mata sejam reduzidas, tanto ciliares como áreas de reserva, estando estas últimas, em sua maioria em áreas próximas aos divisores de águas, de terreno plano e boa drenagem, ideais ao cultivo da cana-de-açúcar. Neste cenário, a

quantidade de pontos com processos erosivos e de assoreamento identificados tendem a aumentar, colocando em risco o sistema de captação de água para a cidade de Itapagipe, que já apresenta quantidade considerável de sedimentos em seu barramento. Os padrões de qualidade da água também poderão ser afetados com o uso mais efetivo de fertilizantes e defensivos agrícolas.

### **6.2.2. 1ª Etapa – Cenário Pretendido**

De acordo com os pressupostos do Planejamento Estratégico, foram estabelecidas metas, prazos e ações, a serem cumpridos e implementados num horizonte temporal de 5 anos para esta etapa do Projeto, com ações concomitantes, visto a urgência do tema abordado (Quadro 09).

A meta fixada é chegar a 42 Km<sup>2</sup> de Área Preservada (20% da área da BHRCC), seguindo as especificações da legislação para matas ciliares e de galeria e áreas úmidas (figura 105). Soma-se a esse total as áreas de cerrado e matas de encostas já existentes. Considerou-se para o cálculo uma área mínima de 50 metros a partir de cada margem do médio-baixo curso do Ribeirão Cachoeira de Cima (que apresenta largura média de 12 metros) e de 30 metros para os demais cursos d'água. Para áreas de nascente e áreas úmidas, considerou-se um raio de 50 metros como área de preservação permanente. Pretende-se chegar, assim, a um percentual de 4,3% (9Km<sup>2</sup>) de áreas de matas ciliares, de galeria e áreas úmidas preservadas. Os 33 Km<sup>2</sup> restantes devem ser destinados a áreas de proteção de encostas e topos e a áreas de reserva legal<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Como não foi possível levantar o número de propriedades que possuem Reserva Legal averbada, nem a área total dessas reservas, acredita-se que a área total a ser preservada possa aumentar quando todas as reservas estiverem delimitadas.

| Meta                                                                                                                           | Prazo    | Ações propostas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Delimitar (em campo) as áreas de Preservação Permanente nas margens de cursos d'água (perenes e intermitentes) e áreas úmidas. | 08 meses | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medição, isolamento e georreferenciamento de todas as APP's em questão;</li> <li>• Diagnóstico socioambiental de cada sub-bacia, visando identificar e determinar que espécies serão utilizadas na recomposição vegetal, adequadas às características de cada local.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Criar programas de incentivos financeiros para os proprietários em troca da eliminação das "aguadas" abertas pelo gado.        | 03 anos  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Por meio de parceria entre poder público municipal, COPASA e cooperativas de produtores rurais, oferecer subsídios para a instalação de bombas d'água e cochos para dessedentação do rebanho, eliminando as "aguadas" e restringindo o acesso do gado aos canais fluviais. Neste caso específico, o uso da água é considerado insignificante, não necessitando de outorga. Caso o volume utilizado exceda o que o IGAM determina como uso insignificante, o proprietário receberá as instruções para realizar o processo de outorga;</li> <li>• Os programas de financiamento e incentivos variam de acordo com o tamanho da propriedade, quantidade de gado e renda do proprietário. Caso as especificações do programa não sejam cumpridas, serão aplicadas as multas que a legislação prevê;</li> <li>• Paralelamente, será desenvolvido um programa de conscientização dos proprietários por meio de cursos, palestras e cartilhas sobre a importância da gestão sustentável dos recursos naturais para a preservação destes e para a melhoria da qualidade de vida.</li> </ul> |
| Realizar a recomposição vegetal das áreas anteriormente delimitadas.                                                           | 05 anos  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Após delimitadas as áreas, será feito o plantio das espécies previamente definidas por profissional competente;</li> <li>• O plantio será feito por estudantes das escolas públicas e privadas, urbanas e rurais do município em programas de conscientização e educação ambiental promovidos pelo poder público;</li> <li>• O poder público deverá pensar em eventos e programas para envolver toda a sociedade civil na ação. Uma sugestão seria um programa de compensação ecológica, visando neutralizar as emissões de carbono de cada indivíduo na atmosfera, mesmo que a recomposição de APP's não se enquadre na questão dos créditos de carbono.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

**Quadro 09.** Metas estabelecidas para a recuperação das APP's na Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima, segundo os pressupostos do Planejamento Estratégico.

**Autor:** Martins, Alécio Perini (2009).

Outra sugestão que se propõe para atingir a meta especificada (figura 105) é a implementação do programa "Produtor de Água" da Agência Nacional de Águas (ANA), que prevê uma compensação financeira ao produtor rural que destinar áreas que antes utilizava para produção à proteção dos mananciais hídricos. Pode-se seguir o exemplo da Prefeitura Municipal de Extrema (Minas Gerais) que oferece uma compensação anual de 100 Unidade Fiscal por hectare por ano, dividida em 12 parcelas (ver lei 2100 de dezembro de 2005 e decreto 1703, de abril de 2006 da Prefeitura Municipal de Extrema).

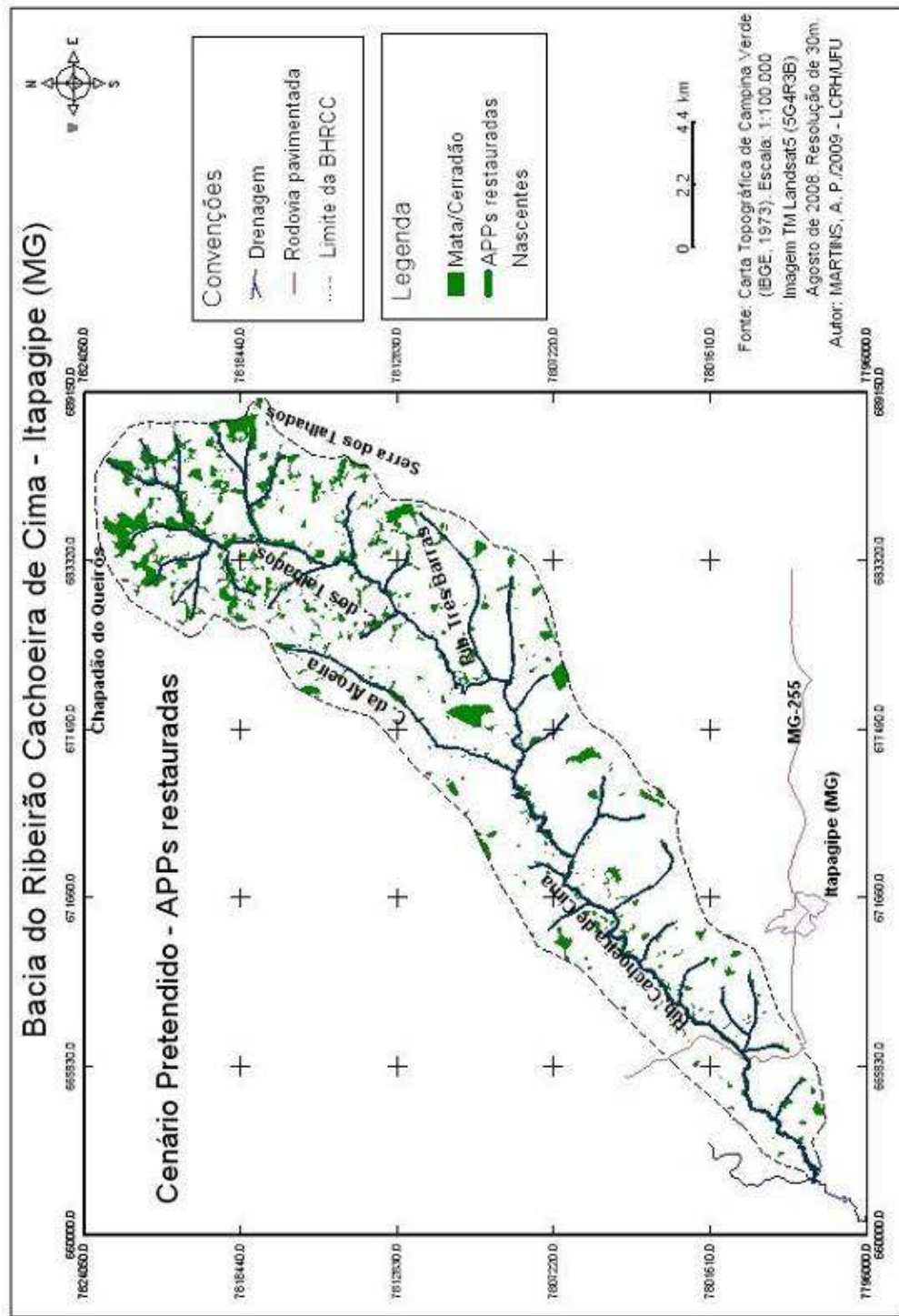


**Figura 105.** Cenário pretendido – projeto de recuperação de Áreas de Preservação Permanente na BHRCC.

Neste caso, as metas e prazos são as mesmas do quadro 09, o que irá mudar é a questão da compensação financeira aos proprietários. Mesmo sendo obrigados por lei a manter suas áreas de preservação permanente e reserva legal, a compensação é um estímulo a mais para atingir os objetivos almejados. A compensação financeira será especialmente interessante para pequenos produtores e para aqueles proprietários de terras que utilizam as várzeas e áreas próximas aos cursos d'água no baixo curso para cultivar arroz, milho, feijão e cana-de-açúcar, pois serão os mais prejudicados pela delimitação das áreas de preservação.

A recomposição vegetal deverá ser planejada e gerenciada por profissional especializado, que deverá indicar a forma de revegetação, as espécies utilizadas e as metas a serem atingidas. Araújo, Almeida e Guerra (2005, p. 114) argumentam que sob condições normais, o processo de revegetação deve ser iniciado com uma cobertura densa de gramíneas e vegetação herbácea, que fornecem uma melhor proteção contra a erosão pluvial e eólica superficial. Logo após, são introduzidas espécies leguminosas e arbustivas, a fim de recuperar a estabilidade e fertilidade do solo e, só então, espécies arbóreas são introduzidas, recompondo matas ciliares e de galeria. Este processo também é válido para recuperação de topos planos e superfícies erosivas residuais, como é o caso da Serra dos Talhados.

Apesar de constituírem Áreas de Preservação Permanente e, por lei, não permitirem qualquer tipo de uso, pode-se pensar em programas de aproveitamento racional de frutos, folhas e sementes para consumo ou produção de doces, geléias, sucos e para artesanato, desde que a coleta não prejudique a estabilidade do sistema, nem a dieta alimentar dos animais diretamente relacionados a estas áreas.

### **6.2.3. 2ª Etapa: Cenário atual e tendencial**

Além das matas ciliares e de galeria, são de suma importância à estabilidade do sistema bacia hidrográfica a preservação de áreas de encostas e topos de morros e montanhas. Preservar estas áreas significa reduzir as chances de ocorrência de deslizamentos, processos erosivos e carreamento excessivo de material particulado para a calha dos cursos d'água, que provoca seu assoreamento. Em áreas com declividade mais acentuada, grandes movimentações de massa podem provocar catástrofes cujos prejuízos são difíceis de mensurar. A presença de vegetação em topos de morros e encostas desacelera o fluxo da água e isso reduz sua capacidade de carreamento de partículas que, nestas áreas, é mais intensa em decorrência do declive.

Mas estas áreas são de difícil identificação e delimitação, sendo muitas vezes ignoradas no processo de definição de áreas de preservação permanente.

Segundo Corrêa (2008), para este tipo específico de APP, a delimitação do que é ou não uma área de morro ou montanha é a tarefa mais complicada. Segundo o autor, a primeira lei a tratar sobre o assunto foi o Código Florestal de 1965 (Lei 4771), que considerava como área de preservação permanente as situadas no topo de morros, montes, montanhas e serras, sem no entanto especificar parâmetros para esta identificação. As dúvidas do Código Florestal só vieram a ser esclarecidas com a Resolução 303 do CONAMA, de 2002, que estabelece como áreas de preservação permanente, aquelas situadas, segundo o artigo 3º:

(...)

V – No topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base;

VI – Nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;

(...)

O artigo 2º da referida lei define como morro toda elevação do terreno com cota do topo em relação à base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a 30% na linha de maior declividade. Já a base do morro seria o plano horizontal definido por planície ou pela cota da depressão mais baixa circundante para o caso de relevos ondulados.

No caso da BHRCC o topo da Serra dos Talhados e do Chapadão do Queirós não se enquadraria nessa definição. Apesar de apresentarem encostas acima de 20% de declividade e, em muitas áreas, com valores superiores a 30%, a diferença entre a base e o topo é relativamente pequena, variando próximo a 50 metros, sendo consideradas como APPs apenas as áreas de encostas destas serras com inclinação abrupta.

Corrêa (2008) argumenta que a identificação de topos de morros não é uma tarefa fácil, tampouco definir que áreas nestes morros devem ser destinadas à preservação permanente.

Segundo o autor, para identificar estas áreas

Primeiro, é preciso localizar a base do morro; depois, deve-se calcular a sua altura e dividi-la por três; feito isso, falta encontrar, no morro, a linha que marca o seu terço superior. Tudo o que estiver acima dessa linha é APP e deve ser protegido ou, se degradado, recomposto.

Quanto às áreas de encostas, assim como nos topos de morros, é essencial que a cobertura vegetal seja preservada, devido sua função de controlar a erosão do solo e impedir que grandes quantidades de sedimentos atinjam os fundos de vale e cursos d'água. O artigo 2º do

Código Florestal dispõe que a vegetação situada em encostas com declividade superior a 45°, o que equivale a 100% na linha de maior declive.

No caso do estado de Minas Gerais, a legislação impõe os mesmos limites para preservação de encostas porém, fica disposto que a declividade pode ser inferior a 45° a critério do órgão competente, considerando as características edáficas da região. Nesta pesquisa, estipulou-se que áreas com declividade superior a 15° mereceriam atenção especial, tendo seu uso restrito a áreas de preservação e a pastagens sombreadas, com manejo adequado, visto a fragilidade da área em questão.

Ao analisar esta parte específica do Código Florestal, Corrêa (2008) argumenta que

A falta de uma vírgula nesse inciso, após a expressão “cem por cento”, dificulta um pouco a sua compreensão. Em termos de declividade, 45° dá no mesmo que 100%. Em termos prático,s isso quer dizer que para cada 10 metros de deslocamento horizontal, têm-se os mesmos 10 metros de ganho vertical. Ou seja, nas encostas cuja parte mais “em pé” tenha 45° ou mais de inclinação, a vegetação também é de preservação permanente e, portanto, sujeita às mesmas restrições daquela localizada nos topos de morro.

A atual situação das áreas de encostas e topos de serra na BHRCC (figura 106), que ocupam 5,35Km<sup>2</sup> (2,5% da área total), não é preocupante, pois apresentam uma considerável porcentagem de área coberta por vegetação natural. Isto ocorre por serem áreas de solo extremamente arenoso e com declividade acentuada, o que dificulta a ocupação, a não ser por algumas áreas de pastoreio extensivo. Mesmo assim, nota-se em algumas áreas a formação de ravinas e voçorocas devido à fragilidade que o ambiente apresenta e, em todos os cursos d'água na direção montante-jusante é possível observar grande quantidade de sedimentos que formam bancos de areia no leito destes cursos.

Acredita-se que a tendência para esta porção do ambiente, caso nada seja feito para os próximos anos, seja de evolução dos processos erosivos existentes e o contínuo carreamento de sedimentos para os fundos de vale, já que os solos apresentam teores de areias próximos a 75%, provenientes de formações areníticas com pouca resistência a agentes externos. Isto pode levar a consequências mais sérias como efeitos de “espraiamento” dos cursos d'água, assoreamento progressivo e até mesmo a supressão de algumas nascentes, já que estas se encontram bem próximas às áreas de relevo residual que apresentam topos e encostas.

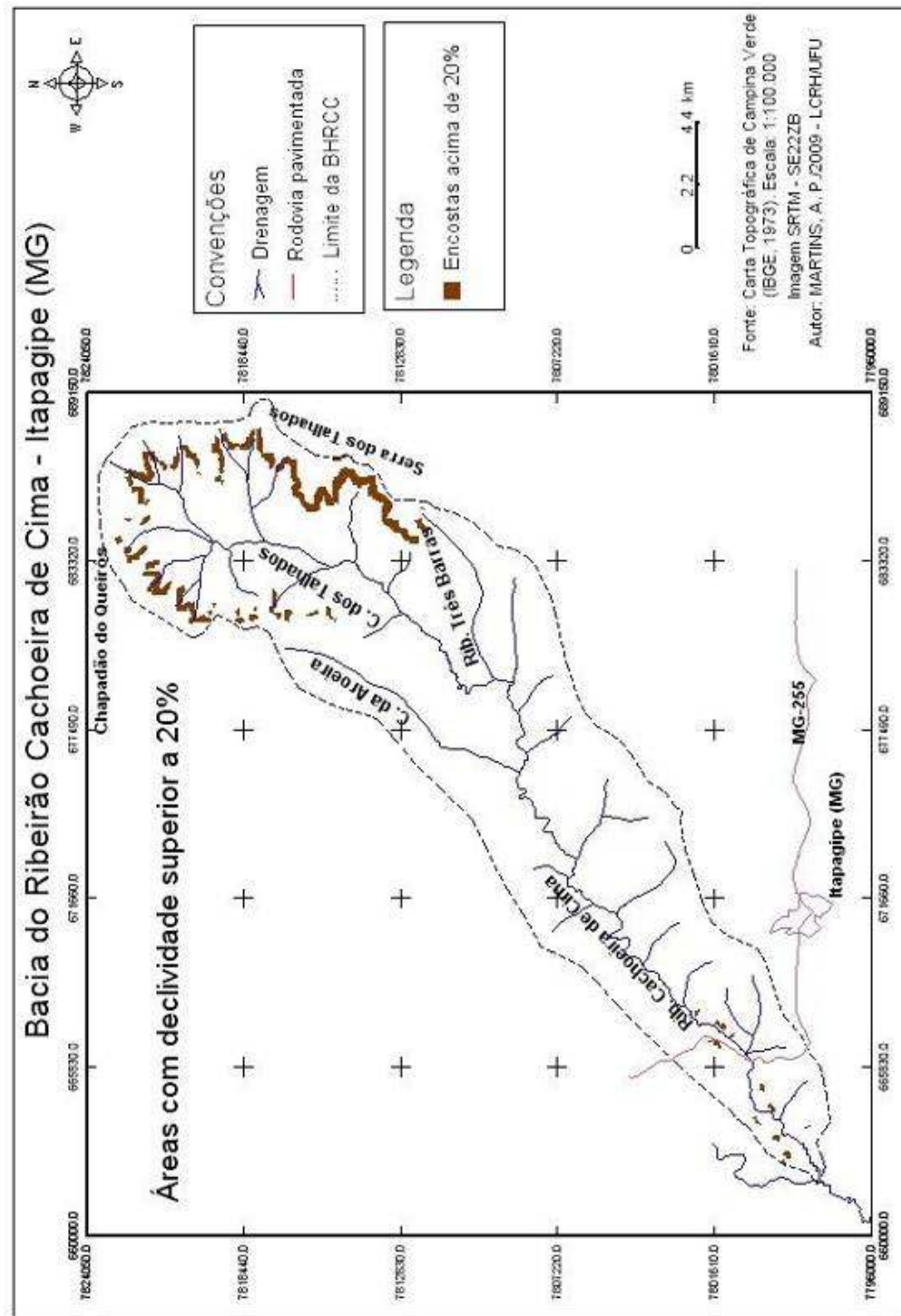


**Figura 106.** BHRCC: Áreas com declividade superior a 20%.

#### 6.2.4. 2ª Etapa: Cenário pretendido

Mesmo extrapolando a legislação, pretende-se aqui, destinar todas as áreas com inclinação superior a 15° à preservação permanente do ambiente, visto as especificidades ambientais da área, principalmente a fragilidade ambiental. Em alguns pontos, pode-se pensar em alternativas de manejo que não agredam o ambiente, com restrições a determinadas atividades produtivas. Boa parte destas áreas já encontram-se preservadas, devido aos impedimentos de uso, não sendo necessárias ações de demarcação para destinação a APPs. As ações desenvolvidas nestas áreas correspondem à recuperação das áreas que encontram-se degradadas ou com presença de processos erosivos por técnicas, como curvas de nível e processos de revegetação. Neste ponto, a conscientização dos proprietários rurais sobre a necessidade de conservação de encostas e topos de morros é importante para que estes percebam a necessidade da criação de APPs nestas áreas.

A proposta mais relevante e, até certo ponto audaciosa, que se faz neste aspecto é a criação do Parque Municipal da Serra dos Talhados, que serviria não só para garantir a conservação deste ambiente, como também para abrigar ações de educação ambiental com atividades dirigidas aos produtores, comunidades rurais e estudantes da rede pública de ensino do município de Itapagipe e até mesmo de municípios vizinhos. Além disso, poucos municípios de pequeno porte da região possuem áreas de proteção deste tipo, sendo então uma ação pioneira em prol da conservação de ambientes frágeis e do despertar de uma consciência ambiental que não é percebida na população desta região.

A escolha da área para criação do Parque Municipal da Serra dos Talhados deverá seguir alguns critérios:

- *A presença de propriedades rurais com atividades produtivas na área:* deverá ser escolhida uma área com boa quantidade de áreas preservadas e sem presença ou presença mínima de atividades produtivas, como granjas, lavouras ou pastagens; no caso de criação extensiva de gado e pastagens degradadas, deverá ser feito um acordo com os produtores visando a desapropriação destas áreas com compensação financeira aos proprietários. Pode-se ainda, tentar um acordo para que os proprietários doem parte de suas terras para a criação do parque, recebendo incentivos tributários por isso.
- *A área a ser destinada ao parque:* Acredita-se que, para a criação do parque, seja necessária uma área entre 10 e 50 hectares, para que o processo não se torne exacerbadamente dispendioso aos cofres públicos.

- *Relevância ambiental, beleza cênica e outros aspectos:* deverá ser escolhido um local com atrativos para que a população se interesse em fazer visitas coordenadas ao local e, por isso, toda a região deve ser minuciosamente explorada. Sabe-se que em áreas de relevo residual com a mesma formação que a Serra dos Talhados, existentes nos municípios de Prata, Campina Verde e Gurinhatã, foram encontrados alguns sítios arqueológicos e, sua existência na área de interesse não está descartada. Além disso, os paredões areníticos, a diversidade em espécies nativas do cerrado e de transição Cerrado/ Floresta Estacional Semidecidual conferem à região peculiar beleza e importância para estudos botânicos e biogeográficos. Isso elevaria o Parque Municipal da Serra dos Talhados à condição de lócus de estudo para pesquisadores de diversas áreas que, em contrapartida, poderiam desenvolver técnicas e ações de recuperação das áreas degradadas de toda a BHRCC, em um sistema de cooperação entre população, instituições de pesquisa, prefeitura municipal e proprietários rurais.

A partir de levantamentos de campo prévios, construiu-se o mapa da figura 107, que indica algumas áreas em que poderia ser construído o Parque Municipal da Serra dos Talhados.

A área 01 corresponde a uma área de morro/ encosta com arenitos alterados, presença de Floresta Estacional Semidecidual, solo extremamente frágil e com teores de areia superiores a 70%. A área 02, corresponde a parte da Serra dos Talhados que apresenta maiores declividades e um topo plano onde predominam os Neossolos, com teores de areia superiores a 70% e cobertos por campos sujos, devido às deficiências apresentadas pelos solos. Nas encostas, predominam as Florestas Estacionais Semidecíduais, que garantem a estabilidade do terreno onde não existem paredões areníticos expostos.

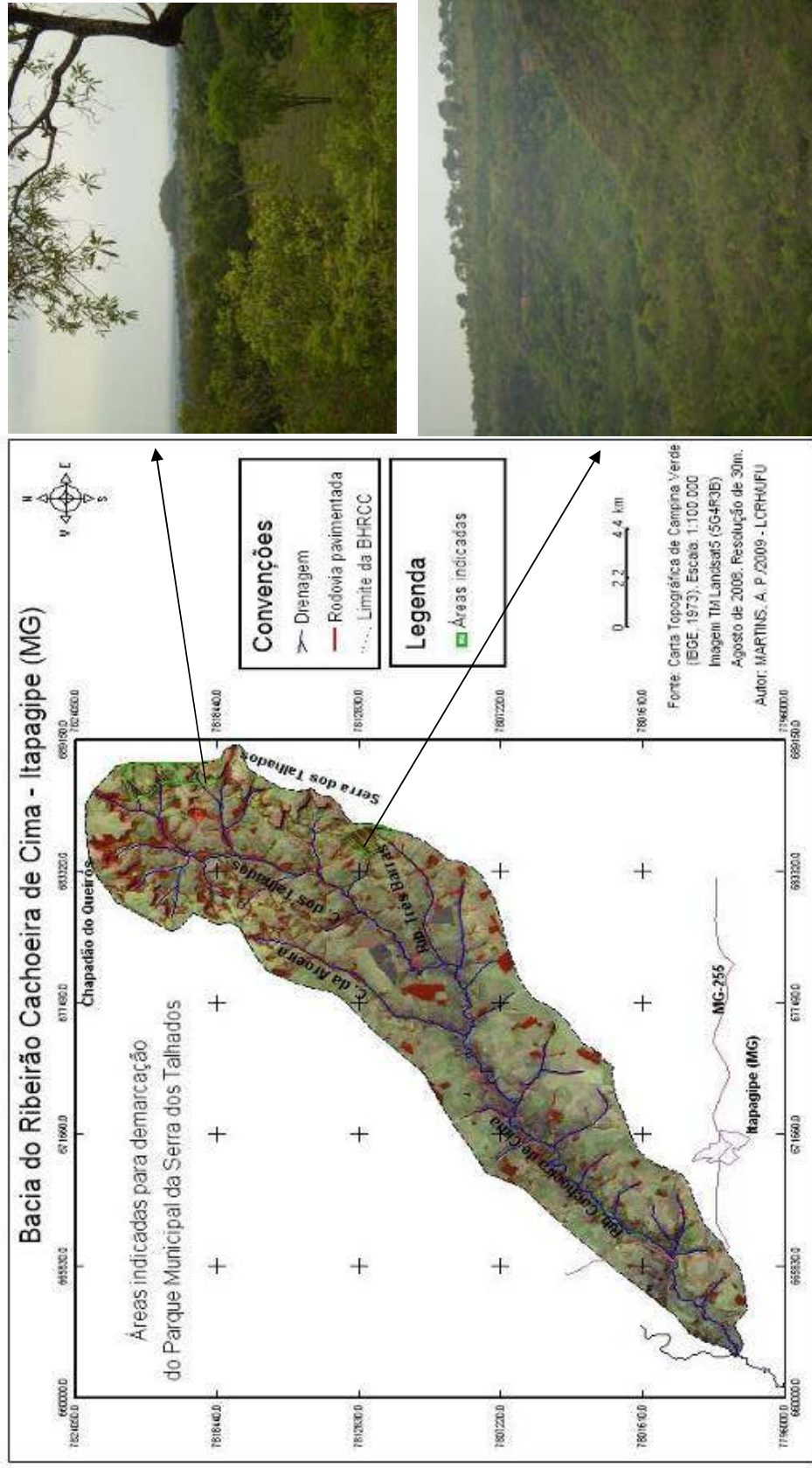


**Figura 107.** Áreas indicadas para criação do Parque Municipal da Serra dos Talhados.

### 6.2.5. 3ª e 4ª Etapas: Considerações e encaminhamentos

As etapas 03 e 04 do Projeto Cachoeira Legal dependem do auxílio e intervenção do poder público municipal para serem desenvolvidas e, por este motivo, são dispostos aqui apenas alguns encaminhamentos para conclusão de todas as etapas do projeto.

A etapa 03 diz respeito à delimitação das áreas de Reserva Legal que, por lei, cada propriedade é obrigada a preservar. De acordo com o Decreto Estadual 43.710, de 8 de janeiro de 2004:

Art. 16 - Considera-se reserva legal a área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, de utilização limitada, ressalvada a de preservação permanente, representativa do ambiente natural da região e necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção da fauna e flora nativas, equivalente a, no mínimo, 20% (vinte por cento) da área total da propriedade.

§ 1º - A implantação da área de reserva legal compatibilizará a conservação dos recursos naturais e o uso socioeconômico da propriedade.

(...)

§ 5º - A área destinada à composição de reserva legal poderá ser agrupada em uma só porção, em condomínio ou em comum entre os adquirentes.

Art. 17 - Na propriedade rural destinada à produção será admitido, pelo IEF, o cômputo das áreas de vegetação nativa existentes em área de preservação permanente, no cálculo do percentual de reserva legal, desde que não implique conversão de novas áreas para o uso alternativo do solo, e quando a soma da vegetação nativa em área de preservação permanente e reserva legal exceder a:

I - 50% (cinquenta por cento) da propriedade rural com área superior a 50 ha (cinquenta hectares), quando localizada no Polígono das Secas, e superior a 30 ha (trinta hectares), nas demais regiões do Estado;

II - 25% (vinte e cinco por cento) da propriedade rural com área igual ou inferior a 50 ha (cinquenta hectares), quando localizada no Polígono das Secas, e igual ou inferior a 30 ha (trinta hectares), nas demais regiões do Estado.

§ 1º - Nas propriedades rurais a que se refere o inciso II deste artigo, a critério do IEF, poderão ser computados, para efeito da fixação de até 50% (cinquenta por cento) do percentual de reserva legal, além da cobertura vegetal nativa, os maciços arbóreos frutíferos, ornamentais ou industriais mistos ou as áreas ocupadas por sistemas agroflorestais.

§ 2º - Para os casos previstos nos incisos I e II deste artigo, as áreas de reserva legal terão as mesmas restrições impostas às área de preservação permanente onde estas se encontram inseridas.

Em um primeiro momento, pretende-se realizar assembléias com todos os proprietários e moradores da BHRCC, bem como representantes dos usuários das águas da bacia (COPASA, comerciantes, industriais e cidadãos da área urbana de Itapagipe) e do poder público, a fim de informar sobre as disposições das legislações ambientais e de recursos hídricos do estado e do país para que, assim, todos os interessados tomem conhecimento do processo de demarcação das áreas de reserva. Em um segundo momento, poder público, moradores, proprietários e demais instituições envolvidas no projeto (etapa 04) entrarão em processo de negociação das

compensações financeiras e/ou tributárias oferecidas para ressarcir os prejudicados pela delimitação de áreas de preservação e para a criação do Parque Municipal da Serra dos Talhados. Fica a cargo do poder público o estabelecimento de parcerias e arrecadação de verbas para arcar com tais compensações.

Em suma, pretende-se chegar com o projeto, conforme já foi disposto, a uma área de 42Km<sup>2</sup>, isto é, 20% de áreas de preservação na BHRCC, valor que se julga necessário para cumprir a legislação e garantir um padrão de qualidade ambiental à área que poderá ser adotado, posteriormente, como modelo às bacias hidrográficas do Estado com características socioambientais semelhantes. Em um cálculo aproximado, desta área de 42Km<sup>2</sup>, 5,35Km<sup>2</sup> (12,8%) correspondem às áreas de encostas e 8,76Km<sup>2</sup> (20,9%) às áreas que deveriam estar ocupadas por matas ciliares, de galeria e de proteção à nascentes e áreas úmidas. Resta, dessa forma, uma área de 27,89Km<sup>2</sup> (66,3%) que deve ser destinada à Reserva Legal nas propriedades. Se considerarmos que 20% da área total da BHRCC deva ser destinada à áreas de Reserva Legal, chegaríamos a um valor de 56,11Km<sup>2</sup> de área a ser preservada (considerando neste montante as áreas de encosta e matas ciliares e galeria), uma área 25% superior à estipulada pelo projeto Cachoeira Legal. Isto indica que as metas são perfeitamente atingíveis, visto que os valores estão aquém do que a lei estipula, mas que são suficientes para manutenção da qualidade ambiental da bacia.

## 7. CONCLUSÃO

Apesar de figurar entre os melhores do mundo, os mecanismos de gestão e manejo das águas no Brasil ainda estão aquém do ideal. Falta ainda uma forma simplificada de aplicar o que as legislações e resoluções dispõem, desenvolvendo na população a idéia de que, conservar a água disponível hoje, é garantir que ela esteja disponível em quantidade e qualidade adequadas às futuras gerações. Dessa forma, imbricada nos objetivos gerais e específicos da pesquisa apresentada, está a pretensão de traçar caminhos em busca da sustentabilidade socioambiental do sistema “Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima”. Mesmo se tratando de uma bacia hidrográfica de pequeno-médio porte, localizada numa região com relativa abundância de água, o trabalho desenvolvido na BHRCC e as ações propostas servem como um embrião para que novos trabalhos e novas idéias germinem para dar prosseguimento na aplicação de conceitos e resoluções que, no papel, são adequadas mas, na prática, se mostram muito distantes da realidade vivenciada pela população como um todo.

À medida em que as variáveis físicas e ambientais do sistema são estudados e compreendidos de forma integrada, percebe-se a importância e a urgência de se realizar intervenções a fim de atacar as raízes dos problemas diagnosticados e garantir a estabilidade do ambiente, para que a produção de água, tão importante ao abastecimento da cidade de Itapagipe, seja regularizada. Um outro viés importante que deve ser considerado é a necessidade de garantir a qualidade ambiental do sistema, sem que para isso as atividades econômicas desenvolvidas sejam afetadas. Nesse caso, busca-se um meio termo, entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental.

Conforme observado, a BHRCC pode ser subdividida em três áreas distintas, considerando o alto, médio e baixo curso, com características físico-ambientais contrastantes e que, por isso, merecem intervenções diferenciadas. Maiores atenções devem ser voltadas ao alto curso, que apresenta maiores níveis de fragilidade ambiental, visto a associação entre declividades acentuadas, solo muito arenoso e uso da terra feito de forma inadequada. Considerando que processos de intervenção e recuperação devam ser feitos no sentido montante-jusante, esta seria a área prioritária de ação, conforme visto no item 6, com recomposição das áreas de preservação permanente, adequação do uso da terra e criação de áreas de reserva legal e mesmo de proteção, como a proposta de criação do Parque Municipal da Serra dos Talhados. No médio-baixo curso o ambiente apresenta maior estabilidade, com declividades mais suaves e solos mais estruturados, sendo os maiores problemas identificados as insuficientes áreas de preservação permanente e o uso e manejo do solo muitas vezes inadequado, também

necessitando de intervenções. Aqui, faz-se menção ao fato de os solos encontrados no baixo curso apresentarem capacidade de armazenamento muito elevada, sendo necessário um volume maior de chuvas para atingir um estado de saturação, o que leva à ocorrência constante de déficits hídricos, que podem ser um limitante ao desenvolvimento de atividades agrícolas. Por outro lado, constituem os maiores reservatórios de água do sistema graças ao fato de o alto teor de argila contribuir com o aumento da capacidade de armazenamento, necessitando também de um manejo diferenciado.

Em geral, o maior problema identificado é a falta de informação dos proprietários rurais e o baixo nível de assistência técnica que estes recebem, principalmente no que diz respeito à concessão de créditos rurais e ao manejo das pastagens. Em algumas propriedades visitadas, observou-se que muitos proprietários não aplicam técnicas de manejo adequados aos pastos por falta de recursos financeiros e que estes, não têm conhecimento sobre os processos de solicitação de crédito rural como o PRONAF por exemplo.

Junta-se a isso o baixo preço pago pelo leite ao produtor e, assim, chega-se ao que foi observado em algumas fotografias no decorrer desta dissertação, pastos mal formados ocupando extensas áreas e, em determinados pontos, apresentando sinais de desgaste do solo por meio de ravinas, com consequente deposição de grande quantidade de sedimentos nas calhas dos cursos d'água. Além disso, nem todas as propriedades apresentam área de reserva legal delimitada e a maioria dos cursos d'água não apresentam a faixa de mata ciliar ou de galeria prevista em lei, conforme pode ser observado no item 6, o que corrobora ainda mais com o agravamento da situação de degradação diagnosticada em toda área.

Além das ações propostas, é de extrema importância que os produtores e proprietários rurais se organizem em cooperativas, já que existe a Comunidade Rural da Cachoeira de Cima, com sede própria e que, a COOPAPI, cooperativa para a qual a maioria dos criadores entregavam sua produção de leite, decretou falência no fim de 2008. A organização em cooperativa fortaleceria os produtores, que poderiam fechar acordos de cooperação com instituições de ensino superior e técnico para receber assistência especializada e menos onerosa em relação à oferecida por empresas do ramo. Poderiam, ainda, funcionar como área piloto para implantação de novas técnicas de cultivo e manejo de pastos e gado desenvolvidas por estas instituições, recebendo ainda instruções quanto à adequação das propriedades às legislações ambiental e de recursos hídricos e sobre o processo de solicitação e obtenção de crédito para investir em reformas de pastos, equipamentos para ordenha mecânica e resfriamento do leite ou até mesmo em maquinário para pré-processamento da produção, fabricação de queijos e outros derivados.

Quanto à questão da produção de água no sistema, os resultados obtidos estão aquém do esperado e daquilo que se considera necessário para obter um diagnóstico seguro sobre a situação atual dos recursos hídricos e para traçar cenários futuros, graças à pequena quantidade de dados de vazão disponíveis e ao curto tempo de monitoramento pluviométrico. Em decorrência da distância da área de estudo em relação à Uberlândia não foi possível fazer um monitoramento semanal das vazões nos principais cursos d'água componentes do sistema BHRCC e, os dados disponibilizados pela COPASA não foram suficientes para traçar o comportamento sazonal das vazões, sendo possível apenas a construção da curva-chave a partir das medições até então realizadas, que permitem, juntamente com o hidrograma do ano hidrológico de 2007/2008, estabelecer “tendências” para o comportamento desta variável ao longo do ano.

No que diz respeito ao monitoramento pluviométrico, foi possível entender o comportamento e distribuição sazonal e espacial das precipitações para o período estudado, o que não quer dizer que este comportamento seja padrão, visto que seria necessário monitorar a ocorrência de chuvas por um período mínimo de 25 anos, sendo possível, dessa forma, estabelecer apenas “tendências” de comportamento.

Foi possível observar que, um possível fenômeno de orografia provocado pela Serra dos Talhados e Chapadão do Queirós configura-se no local, sendo necessário um estudo mais extenso e aprofundado para concluir tal afirmação. Caso esta área de Serra no alto curso realmente apresente volumes de chuva entre 15% e 30% superiores em relação ao baixo curso constantemente, ressalta-se a necessidade de ações diferenciadas de conservação e manejo das terras nessa região que, conforme visto, apresentam uma maior fragilidade ambiental natural. É preciso, ainda, encontrar formas de prolongar ao máximo a permanência da água pluvial no sistema para garantir a regularização das vazões ao longo do ano, especialmente nestas áreas em que a capacidade de armazenamento de água no solo é igual ou inferior a 100 mm, o que leva a crer que esta água é escoada com rapidez muito superior às áreas localizadas no médio-baixo curso. As propostas do item 6 viriam de encontro a esta necessidade.

Em uma visão mais geral, o sistema BHRCC apresenta-se relativamente simples mas, à medida em que se aprofundam as análises de suas características sócioambientais, mostra-se complexo por sua diversidade de ambientes que, logicamente, necessitam de abordagens e intervenções diferenciadas para que se busque um estado o mais próximo possível do ideal, que seria onde todas estas variáveis se equilibram e garantem uma certa estabilidade, estando os diferentes usos dados ao ambiente em harmonia com seus aspectos físicos e ambientais.

É sabido que o estado de equilíbrio é hipotético e raramente atingível. Mas é possível pensar num cenário próximo ao ideal, desde que a população diretamente envolvida tenha a exata consciência de que todas as atividades desenvolvidas seguem uma relação de causa e efeito e que, efeitos negativos podem colocar em risco a rentabilidade de sua produção em longo prazo, visto que o sistema tende a atingir um ponto em que não conseguirá mais suportar a pressão exercida por estas atividades. A partir desta consciência de “pensar o amanhã” é possível trabalhar em duas frentes, buscando, em um primeiro momento, corrigir as falhas mais graves e, em um segundo momento, atacar as raízes dos problemas diagnosticados e, essa ação em longo prazo, devolverá ao sistema a capacidade de manter os ciclos que o sustenta.

Dessa forma, a avaliação ambiental integrada aqui desenvolvida teve como objetivo fornecer uma base para que intervenções nas áreas apontadas como prioritárias possam ser realizadas; o monitoramento pluviométrico, apesar de ter sido realizado em curto espaço de tempo, fornece uma idéia do comportamento espacial e sazonal das precipitações, oferecendo um importante subsídio para que o aproveitamento e gerenciamento das águas pluviais seja o mais correto possível; e, as propostas contidas no item 6 são apenas embriões que, se forem desenvolvidos, podem contribuir com o processo de recuperação da qualidade ambiental do sistema, embora este necessite de outras ações, que podem ser propostas à medida em que surgirem novas demandas, num processo de recuperação e conservação da alçada do poder público municipal.

## REFERÊNCIAS

ABRH – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. São Paulo, 1997. 64 p.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **HIDROWEB** – Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em 10 fev. 2009.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320 p.

ATTANASIO, C. M. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade**. 206 f. Tese (Dourado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1986.

BARTH, F. T.; POMPEU, C. T. Recursos hídricos no Brasil. In: BARTH, et al. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. ABRH/NOBEL, São Paulo, 1987. p.27-54.

BERTALANFY, L. von. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1990.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. São Paulo: IGEOG/USP, 1972. 27p. (Ciências da Terra , n.13)

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. J. BOTELHO, R. G. M. (org). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 269-300.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Decreto 24643** de 10 de julho de 1934. Decreta o Código das Águas. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm)> Acesso em 15 ago. 2007.

BRASIL. Lei n. 4771 de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 16 set. 1965.

BRASIL. **Lei n. 6938** de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L6938.HTM>> Acesso em 15 ago. 2007.

BRASIL. **Lei n. 9433** de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)> Acesso em 15 ago. 2007.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Folha SE.22 Goiânia**; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro, 1983. vol.31.

BRUM, A. J.A. **Modernização da Agricultura**: trigo e soja. Petrópolis: Vozes.; Ijuí: FIDENE, 1988. p. 31- 89.

CARVALHO, P. F. Águas nas cidades: reflexões sobre usos e abusos para aprender novos usos. In: BRAGA, R; CARVALHO, P. F. (org). **Recursos Hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: UNESP, 2003. p. 09-36.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Procedimentos de análise utilizados no estudo da precipitação. **Geociências**, São Paulo, v.11, n.1, p. 75-98, 1992.

CLARKE, R.; KING, J. **O Atlas da água**: o mapeamento completo do recurso mais precioso do Planeta. São Paulo: Publifolha, 2005, 128 p.

CNUD – CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21**. Rio de Janeiro, 1992.

COIMBRA, R., ROCHA, C.L., BEEKMAN, G.B. **Recursos hídricos**: conceitos, desafios e capacitação. Brasília, DF.: ANEEL, 1999. 78p.

COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas**: aplicação na bacia

hidrográfica do Rio Capivari – SP. Volume 1. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000. 211p.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução 303 de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>> Acesso em 10 nov. 2008.

CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P. R. **Avaliação de recursos hídricos: Rio Pardo, um exemplo.** São Paulo: Editora UNESP, 2001. 141 p.

CORRÊA, R. **Dicas para não atropelar a lei.** Disponível em <<http://www.oeco.com.br/rafael-correa/53-rafael-correa/19993-dicas-para-nao-atropelar-a-lei-ii?tmpl=component&print=1&page=>>> Acesso em 10 fev. 2009.

DOUHI, N. **Análise das condições físico-ocupacionais e suas implicações no comportamento hídrico da bacia hidrográfica do Rio Xaxim - Prudentópolis (PR).** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, 2004.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, Serviço de Produção de Informação, 2006. 412p.

FRACALANZA, A. P. Água: de elemento natural a mercadoria. In: **Sociedade e Natureza**, v.17 n.33, 2005.

FREITAS, A. J. Gestão dos recursos hídricos. In: SILVA, D.; PRUSKI, F. F. (Eds). **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos e administrativos e sociais.** Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001.

FROTA, P. V.; CAMPOS, J. E. G. Gestão de recursos hídricos: análise do meio físico como suporte à tomada de decisão na gestão integrada de recursos hídricos em bacias interiores. In: **XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA.** Setembro de 2005. Anais. São Paulo: Universidade de São Paulo (USP). 1 CD-ROOM.

GOMES, M. A.; BORGES, S. J.; FRANCO, I. C.; E CORRÊA, J. L. P. **Tecnologias apropriadas à revitalização da capacidade da produção de água de mananciais.** Disponível em: <<http://www.saaevicosa.com.br/cmcn/artigo.htm>>. Acesso em: 15 jul. 2007.

HASUI, Y. O Cretáceo do Oeste Mineiro. In: **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**. V. 18, N.º01. São Paulo, 1969.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geociências – produtos**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default\\_prod.shtm#TOPO](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#TOPO)> Acesso em 01 dez. 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Servidor de Mapas**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> Acesso em 15 jan. 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em 15 jan. 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>> Acesso em 01 dez. 2007.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Catálogo de imagens LANDSAT**. Disponível em <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>> Acesso em 01 out. 2008.

KAWAKUBO, et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia, 2005. Anais. p. 2203 -2210.

LANNA, A.E.L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica**: aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: IBAMA, 1995. 171 p.

LEAL, A. C. **Gestão das águas no Pontal do Paranapanema – São Paulo**. Campinas (Tese de Doutorado) – Instituto de Geociências – UNICAMP. Campinas, 2001.

LIMA, W. P. **Produção de água**: geração do deflúvio em microbacias florestais. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/lcf/lab/lhf/arquivos/CAPITULO%205.pdf>> Acesso em 15 jul. 2007

MARIANO, Z. F. **A importância da variável climática na produtividade de soja no sudoeste de Goiás**. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 2005.

MARTINS, A. P. **Bacia do Ribeirão Santa Fé: análise da dinâmica hidrológica e dos impactos da irrigação por pivô central aos mananciais superficiais.** Monografia (Bacharelado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2007. 96 p.

MAUAD, F. F.; LIMA, G. Planejamento estratégico de sistemas hídricos. In: VALÊNCIO, N. F. L. S.; MARTINS, R. C. (orgs.) **Uso e Gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e político-institucionais.** São Carlos: RiMa, 2003. p.99-126.

MENDES, C. A. B. Gestão de recursos hídricos: bacias dos rios Mundaú e Paraíba. In: **Revista Sociedade e Natureza.** Uberlândia: EDUFU. Ano 3, 1991. p. 53-58.

MENDES, P. C. **Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia/MG.** 242 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG), 2001.

MINAS GERAIS. **Decreto 43.710 de 08 de janeiro de 2004.** Políticas florestal e de Proteção à biodiversidade no estado de Minas Gerais. Disponível em <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2060>> Acesso em 15 ago. 2007.

MINAS GERAIS. **Decreto 44046 de 13 de junho de 2005.** Regulamenta a cobrança pelo uso de recursos hídricos no domínio do Estado. Disponível em <[http://www.ana.gov.br/CobrancaUso/\\_ARQS-Legal/Geral/Legislacoes%20Estaduais/MG/DecretoN44\\_046Alterado\\_44\\_49522012009.pdf](http://www.ana.gov.br/CobrancaUso/_ARQS-Legal/Geral/Legislacoes%20Estaduais/MG/DecretoN44_046Alterado_44_49522012009.pdf)> Acesso em 15 ago. 2007.

MINAS GERAIS. **Lei 13199 de 29 de janeiro de 1999.** Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em <[www.ana.gov.br/PRHBHSF/SPR/.../3.../MG/.../lei\\_13199.doc](http://www.ana.gov.br/PRHBHSF/SPR/.../3.../MG/.../lei_13199.doc)> Acesso em 15 ago. 2007.

MORAGAS, W. M. **Análise do sistema ambiental do alto rio Claro - Sudoeste de Goiás:** Contribuição ao planejamento e gestão. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: ABES, 1999, 352p.

NIMER, E. *Geografia do Brasil.* Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

OMM – ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Conferência internacional sobre água e meio ambiente:** o desenvolvimento na perspectiva do século 21 (Declaração de Dublin). Dublin, 1992. Relatório.

PEREIRA, M. R. S.; RÊGO, P. A. **Gestão compartilhada de recursos hídricos em bacia transfronteiriça.** Disponível em <<http://www.ac.gov.br/mp/4/files/tese20.pdf>> Acesso em 15 out. 2007.

QUEIROZ, A. T. ; SOUZA, N. G. de ; CALEGARI, S . Caracterização do município de Itapagipe-MG. In: **III Encontro Nacional de Educação, Saúde e Cultura Populares - III ENESCPOP**, 2008, Uberlândia. Meio Ambiente, Sustentabilidade e Cidadania. Uberlândia, 2008.

REBOUÇAS, A. C. Panorama da água doce no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C. (org) **Panoramas da degradação do ar, da água doce e da terra no Brasil.** São Paulo: IEA/USP, 1997. 150 p.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. **Planilhas no ambiente excel TM para cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial.** Piracicaba: Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2002. (Versão 6.3).

ROMANO, P. Política para gestão de Recursos Hídricos. In: SIVA, D. D. da; PRUSKI, F. F. **Recursos Hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura.** Brasília-DF:MMA; SRH;ABEAS; Viçosa-MG: UFV, 1997. p. 01-13.

ROSA, R.; BRITO, Jorge. L. S. **Introdução ao geoprocessamento.** Uberlândia, 1996. 104p.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** 5ª ed. Editora EDUFU. Uberlândia, 2003. 238p.

SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no Estado de São Paulo:** contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica. 300f. Tese (Doutorado em Geografia Física)- Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SANTOS, C. R. **Diagnóstico ambiental e uma proposta de uso da bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro – Uberlândia/MG.** 129 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

SETTI, A A; LIMA, J. E. F.W.; CHAVES, A G.M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao Gerenciamento dos Recursos Hídricos**. Brasília: ANA/ANEEL, 2000.327p.

SILVA, L. M.; LARANJA, R. E. P. Gestão Ambiental de recursos hídricos: pressupostos básicos, conceitos, modelos e instrumentos. In: **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Universidade de São Paulo – São Paulo, 2005.

SILVA, A. M. da; SCHULZ, H. E; CAMARGO, P. B. de. **Erosão e hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2004. 138 p.

SPERA, T. S. et. al. **Solos areno-quartzosos no cerrado**: problemas, características e limitações ao uso. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 1999, n.7, 48p.

THORNTHWAITE, C. W. MATHER, J.R. **The water balance**. Climatology, Drexel Institute of Tecnology, 1955. 104p.

TUCCI, C. E. M. (org.) Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS/ABRH/EDUSP, 1993. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).

TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2ed. Porto Alegre: EdUFRGS/ABRH, 2001. 641p.

TUCCI, Carlos E. M.; MENDES, Carlos André. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília: MMA, 2006. 302 p.

UNESCO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **A água e o desenvolvimento durável** (Declaração de Paris). Paris, 1998. Relatório.

VALENTE, R. O. A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí, SP**. 162 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VALENTE, O. F; GOMES, M. A. Produtor de água – um estudo de caso e propostas de trabalho. In: PROBACIAS – Programa de Gestão de Bacias Hidrográficas. **Água em notícias**, n.º05, outubro de 2003. Disponível em:  
<<http://www.saevisosa.com.br/cmcn/produtoragua/estudo%20de%20caso%20e%20prpropost%20de%20trabalho.htm>> Acesso em 15 jul. 2007.

VALÉRIO, A. F.; SANTOS, A. C. S. dos. Agricultura e Recursos Hídricos. In: SIVA, D. D. da; PRUSKI, F. F. **Recursos Hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura.** Brasília-DF:MMA; SRH;ABEAS; Viçosa-MG: UFV, 1997. p.45-78.

VINAUD, N. C. A. **A transformação do espaço geográfico em espaço literário, em Vila dos Confins, de Mario Palmério.** Monografia (Bacharelado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2008. 86p.

WEBSTER, D.; LE-HUU, T. I. DRAFT. **Guidelines on strategic planning and management of water resources.** Water Resources Section, Environment and Sustainable Development Division, United Nations Economical and Social Comission for Asia and the Pacific(UNESCAP), 2003.

XAVIER DA SILVA, J.; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 368 p.