

## O PRODHAM e o Estudo Geoambiental da Microbacia do Rio Cangati, Canindé-Ceará

**Porfírio Sales Neto, Élber Leite Braga**

Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente  
Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - Funceme  
e-mail: [porfirio@funceme.br](mailto:porfirio@funceme.br), [elberbg@yahoo.com.br](mailto:elberbg@yahoo.com.br)

### Resumo

Em consonância ao Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental – PRODHAM, que visa a sustentabilidade do semiárido, através de ações de conservação do solo, água e vegetação em microbacias hidrográficas, tendo o homem como ponto focal, a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – Funceme executou o Estudo Geoambiental da Microbacia do Rio Cangati (área piloto de 75,65 km<sup>2</sup>), no município de Canindé – Ceará, com financiamento parcial do Banco Mundial.

Os estudos de monitoramento biofísico (realizados pela equipe técnica do Departamento de Recursos Hídricos da Funceme) só foram possíveis graças à implantação de uma infraestrutura física e do diagnóstico dos aspectos geoambientais na referida microbacia.

Os dados coletados das variáveis hidrológicas e ambientais foram suficientes para dar um dimensionamento e caracterização do comportamento hidroambiental da microbacia estudada, fornecendo conhecimento e informações importantes ao manejo e gestão de risco no semiárido, conseqüentemente, melhoria das condições geoambientais e na qualidade de vida da população da região.

Os dados gerados, portanto, serviram como um “input” sobre: estudos da estimativa das potencialidades hídricas; quantificação do escoamento superficial; compreensão da dinâmica do transporte; acumulação de sedimentos nas barragens sucessivas; conhecimento da qualidade das águas; bem como, recuperação da mata ciliar; redução do processo de assoreamento em reservatórios; aumento da umidade do solo; aumento da produtividade relacionada à agricultura de sequeiro; e para conscientização da população quanto ao uso sustentável e preservação dos recursos naturais.

Os estudos contribuíram, ainda, na geração de trabalhos técnicos-científicos; em pesquisas de pós-graduação; bem como na capacitação e treinamento de pessoal técnico de nível médio e de membros da comunidade local.

**Key words:** recursos hídricos, água, solo, vegetação, microbacia

## **1 Introdução**

O Sub-Projeto Estudo Geoambiental da Microbacia do Rio Cangati, Canindé-CE (Área Piloto), executado pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – Funceme, com recursos do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental – PRODHAM, financiado parcialmente pelo Banco Mundial, iniciou em agosto de 2007 e teve o relatório final concluído em agosto de 2009.

A microbacia estudada abrange uma área de 75,65 km<sup>2</sup>, situada na porção Nordeste do Ceará.

Os estudos de monitoramento, sobre água, solo e vegetação, foram executados pela equipe técnica do Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, da Funceme.

## **2 Relevância do sub-projeto**

A busca de instrumentos e/ou tecnologias capazes de subsidiar o planejamento e gerenciamento dos recursos ambientais de pequenas bacias hidrográficas, é hoje uma das grandes preocupações dos governos atuais. Estudos e pesquisas nesta área de conhecimento vêm sendo intensificados em todo o mundo.

Com efeito, o monitoramento dos recursos naturais de uma bacia hidrográfica constitui-se numa atividade estratégica, possibilitando a criação de uma base de dados e informações que, uma vez constantemente atualizada e divulgada, orientará a gestão destes recursos, subsidiará o processo decisório e a elaboração de diretrizes e ações.

Sendo assim, o sub-projeto, com base na implantação de uma infraestrutura de monitoramento, forneceu subsídios à gestão dos recursos naturais da microbacia, com vistas à melhoria na qualidade de vida da comunidade local, justificando o aporte financeiro para sua execução e ressaltando a importância do mesmo.

Enfatiza-se, ainda, que de acordo com a estratégia delineada na pesquisa, referente à produção e difusão da informação, os estudos propiciaram a geração de trabalhos técnicos/científicos e de pós-graduação por parte de pesquisadores.

## **3 Caracterização da área de estudo**

### **3.1 Localização e acesso**

A microbacia do rio Cangati situa-se no município de Canindé, na porção Nordeste do estado do Ceará, cuja área está compreendida entre os paralelos 04°34'00" e 04°42'00" de Latitude Sul e os meridianos de 39°21'00" e 39°26'25" a Oeste de Greenwich, (Figura 1). Partindo-se de Fortaleza, o acesso é feito através da BR-020, por um percurso aproximado de 145 km.

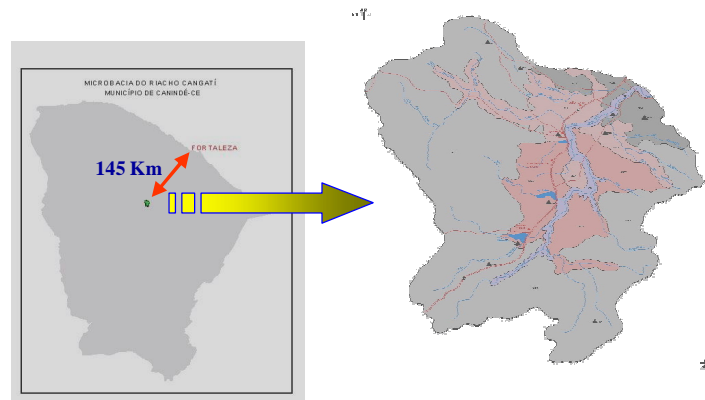


Figura 1: Localização da área de estudo

### 3.2 Aspectos geológicos

Os trabalhos publicados relativos aos terrenos cristalinos nos domínios da região de Canindé são todos em escala regional. As unidades definidas estão inseridas num amplo contexto geológico, formadas pelo Embasamento Cristalino (Pré-Cambriano) e por materiais inconsolidados (representados por (1) aluviões e colúvios). Regionalmente, os tipos litológicos definidos de acordo com BRITO NEVES (1975) - apud COSTA (2004), e NASCIMENTO et al. (1977) - apud COSTA (2004), alternam-se em sequências de micaxistos, quartzitos micáceos, paragnaisses, migmatitos e mármore. Há, também, intrusões de diques que compõem a (2) suíte magmática do Pré-Cambriano Superior (posicionamento duvidoso), encaixados predominantemente nas (3) rochas do Complexo Itatira. Na microbacia (4) os migmatitos e gnaisses do Complexo Nordestino/Pré-Cambriano Inferior a Médio, predominam e influenciam na composição básica do manto de intemperismo e na compartimentação morfológica do relevo local. As principais estruturas geológicas da região aparecem como falhamentos com direção predominante NE-SW. Nos arredores de Canindé, a direção geral da foliação e, conseqüentemente, destas estruturas, sofre uma inflexão para a direção NW-SE, COSTA (op cit.).

### 3.3 Aspectos geomorfológicos

Os aspectos geomorfológicos evidenciam a atuação dinâmica dos fatores geológicos, paleoclimáticos e morfodinâmicos atuais e pretéritos que ocorreram na área, ao longo de sua evolução geoambiental. Os processos morfogenéticos predominam, pois as condições climáticas locais, associadas ao regime de escoamento superficial, ao relevo e a cobertura vegetal, representam os principais agentes desnudacionais, em detrimento aos processos químicos, associados a climas mais úmidos, COSTA (op cit.).

Os Domínios Naturais presentes na microbacia são: (a) **planícies e terraços fluviais** - com poucas dimensões espaciais, representadas pelas vazantes e várzeas, com relevo plano e suave ondulado COSTA (op cit.); (b) **depressão sertaneja** - marcada por uma topografia plana ou

levemente ondulada, nas altitudes médias em torno de 130 – 150m. A região estudada representa um dos setores mais característicos da Depressão Sertaneja, definida como Depressão Periférica. Suas características mais importantes são: **(1)** a pronunciada diversificação litológica; **(2)** papéis destacados dos processos de intemperismo físico e da remoção dos detritos pelo escoamento difuso e concentrado; **(3)** truncamento indistinto de litologias e estruturas pela erosão; **(4)** revestimento generalizado de caatinga, com mudanças eventuais de fisionomia e de flora em consequência de mudanças de clima e de solo; e **(5)** pequena espessura do manto de alteração das rochas, SOUZA (1988) - apud Costa (2004); **(c) maciços residuais** - representados por um relevo com altitude variando de 500 a 800m, atuando como um divisor para a bacia hidrográfica. Na microbacia estudada, o relevo se apresenta ondulado, com morros arredondados cortados por ravinas (escavações, canaletas) provocadas pelas chuvas, formando riachos intermitentes. Os topos dos morros são aplainados e as encostas têm declives que oscilam em torno dos 4%, COSTA (op. cit.).

### 3.4 Aspectos dos solos

O conhecimento dos solos constitui uma das principais bases nos trabalhos de planejamento territorial. Para tanto, efetuou-se um levantamento em nível de semidetalhe e uma avaliação da capacidade de uso das terras, FUNCEME (2001). Com o intuito de adequar ao atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, EMBRAPA (2006), foram renomeadas as classes de solos encontradas.

A heterogeneidade de características ambientais a que o Ceará está submetido proporciona extensa variação de solos. Analisando o contexto pedológico da microbacia hidrográfica estudada, observa-se o predomínio de ambientes típicos de Depressão Sertaneja, caracterizados por uma associação de solos bastante diversificados, normalmente rasos ou medianamente profundos, com incidência de afloramentos rochosos e pavimentos detríticos. As características gerais das classes de solos segundo a FUNCEME (op cit.), encontram-se relacionadas a seguir, constando a nomenclatura dos solos segundo EMBRAPA (1999) e, entre parênteses, a nova classificação correspondente, segundo EMBRAPA (2006).

#### PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO / BRUNO NÃO CÁLCICO (LUVISSOLO CRÔMICO):

Compreendem solos com B textural, não hidromórficos, baixa saturação com alumínio, ácidos, com quantidade significativa de minerais primários facilmente decomponíveis, os quais constituem fontes de nutrientes para as plantas. Apresentam média a alta fertilidade natural, JACOMINE et al. (1973). São, normalmente, bem drenados e, no geral, possuem de médio a alto potencial agrícola, dependendo da disponibilidade hídrica e das condições de relevo. Na microbacia são solos pouco profundos.

#### SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICO (NEOSSOLOS FLÚVICOS):

Compreende solos minerais pouco desenvolvidos, provenientes de deposições fluviais recentes, predominantemente não hidromórficos, apresentando apenas o horizonte A, superficial diferenciado, seguido de uma sucessão de camadas estratificadas, as quais,

geralmente, não guardam relação pedogenética entre si, JACOMINE et al. (op cit.). São solos que variam de moderadamente profundos a muito profundos, em geral com grande potencialidade agrícola. Estão situados ao longo dos rios da microbacia estuda.

#### SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS (NEOSSOLOS LITÓLICOS):

Segundo JACOMINE et al. (1973), são solos pouco desenvolvidos, de rasos a muito rasos. Podem ser eutróficos ou distróficos, quase sempre apresentando bastante pedregosidade e rochiosidade na superfície. Possuem drenagem variando de moderada a acentuada e são, comumente, bastante susceptíveis à erosão. Na área estudada, tais solos apresentam-se com caráter eutrófico, horizonte A fraco ou moderado e textura arenosa ou média, em relevo montanhoso, forte ondulado e ondulado.

### **3.5 Aspectos da cobertura vegetal**

O Ceará apresenta diversos tipos vegetacionais, sendo que, entre estes, predomina a caatinga. Isto se deve ao regime de semi-aridez, às condições de solos pedregosos, à deficiência hídrica e por grande parte do Estado encontrar-se em níveis altimétricos abaixo de 500 metros. As variações destes fatores exercem grande importância nos padrões fisionômicos e de distribuição da flora. A vegetação dominante na microbacia é a Caatinga Baixa (Xerófitas), FERNANDES (2001) - apud Costa (2004), predominando espécies com fisionomia e fisiologia arbustiva de porte entre 2 e 4 metros de altura. Dentre as espécies verificadas na área, destacam-se: marmeleiro (*Cróton sonderianus*), jurema preta (*Mimosa hostilis*), aroeira (*Astronium urundeuva*), pau branco (*Auxema onconcalyx*), e outros.

### **3.6 Aspectos hidroclimatológicos**

#### Quanto ao clima:

A maior parte dos processos naturais é influenciada pelo clima. Relevo, solo, vegetação, recursos hídricos e, principalmente, a vida humana, são ajustados às condições atmosféricas e climáticas. No Ceará, aproximadamente, 92% de sua área é influenciada pelo clima semi-árido, com períodos prolongados de seca. A região semi-árida cearense ocupa áreas correspondentes à latitude subequatorial, apresentando, de modo geral, as seguintes características: **(a)** altas temperaturas ao longo de todo o ano; **(b)** baixos índices pluviométricos, em geral inferiores a 800mm anuais, com irregularidade espacial e temporal; **(c)** altas taxas de evapotranspiração e pequena quantidade de água disponível para o desenvolvimento das plantas; e **(d)** pequena capacidade de retenção de água no solo.

Segundo a classificação de Koppen, a microbacia estudada pode se enquadrar no tipo climático BSw'h' (clima quente, semi-árido).

No município de Canindé as primeiras precipitações ocorrem no período de dezembro a fevereiro. O sistema da Convergência Intertropical (CIT) atua nesta região com menor intensidade do que é verificado no litoral e nas serras, onde é influenciado, pelos ventos

alísios e pelo relevo, respectivamente. A temperatura média é de 27°C, com máxima próxima de 34°C e mínima em torno de 22°C. As precipitações anuais giram em torno dos 756,1mm.

#### Quanto aos Recursos Hídricos:

O estudo da rede hidrográfica de uma região permite a identificação da ocorrência e disponibilidade hídrica, além de diagnosticar o estado de degradação das áreas adjacentes em função da produção, transporte e deposição de sedimentos (processos hidrossedimentológicos) nas calhas fluviais e faixas intermediárias (encostas e interflúvios tabulares).

O município de Canindé é compreendido pelas bacias do Curu (78,4%), Metropolitana (19,2%), Acaraú (2,16%) e Banabuiú (0,23%). O principal rio na microbacia é o Cangati, considerado de 2ª ordem na hierarquia hidrográfica do rio Choró, componente da Bacia Metropolitana. Há uma rede de drenagem dendrítica e superconcentrada de pequenos riachos e córregos temporários, dependentes do regime pluviométrico.

### **3.7 Aspectos do uso e ocupação da terra**

De acordo com uso e ocupação do solo, a área de influência do PRODHAM, no Distrito de Iguaçú, é dominada pela agricultura e por remanescentes florestais. Na microbacia do rio Cangati a situação legal das terras se divide em 06 (seis) aspectos institucionais: **(a)** propriedade familiar; **(b)** terra de herdeiros; **(c)** terra de posse; **(d)** terra de morador; **(e)** terra de parceria; e **(f)** "outros". A denominação "outros", praticamente, na sua totalidade, significa terras arrendadas. O total de propriedades atinge 193 unidades, conforme o Quadro 1.

Observa-se que a comunidade de Iguaçú apresenta maior número de propriedades, cerca de 31,61% do total.

O Quadro 2 mostra os tipos de uso das propriedades nas comunidades da microbacia. Percebe-se que a comunidade de Cacimba de Baixo apresenta maior número de tipos de uso da terra, com 32,57% do total. Nota-se, ainda, que a comunidade de São Luiz é a que apresenta melhor equilíbrio no uso das terras e que a microbacia tem uma vocação predominantemente agrícola.

Quadro 1: Propriedades por comunidade e situação legal

Comunidade	Propriedade Familiar	Terra de Herdeiros	Terra de Posse	Terra de Morador		Terra de Parceria	Outros	Total
				Parceria	Empréstimo			
Barra Nova	0	4	0	4	7	3	2	20
C. de Baixo	9	12	0	9	8	4	5	47
Iguaçú	8	35	0	0	5	3	10	61
Lages	0	3	0	10	10	1	0	24
São Luiz	10	17	0	5	2	1	6	41
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>71</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>12</b>	<b>23</b>	<b>193</b>

Fonte: FAHMA (2005-2008)

Quadro 2: Número de ocorrência por tipo de uso atual do solo

<b>Comunidade</b>	<b>Agrícola</b>	<b>Pasto</b>	<b>Pousio</b>	<b>Floresta/ Reflor.</b>	<b>Total</b>
Barra Nova	18	1	5	0	24
Iguaçu	45	10	13	10	78
Cacimba de Baixo	57	15	22	6	100
Lages	22	2	4	0	28
São Luiz	39	21	16	1	77
<b>Total</b>	<b>181</b>	<b>49</b>	<b>60</b>	<b>17</b>	<b>307</b>

Fonte: FAHMA (2005-2008)

### 3.8 Aspectos sócioeconômicos

A microbacia do rio Cangati possui uma população de 871 pessoas, pertencentes a 213 famílias. A densidade demográfica é de 11,51 habitantes por km<sup>2</sup>. Esta média é inferior a média do município de Canindé, que é de 21,81 e do estado do Ceará que é de 51,00 habitante por km<sup>2</sup>, conforme dados do IBGE (2000).

Do total da população, 26,64% são analfabetos. A maioria da população (43,05%) iniciou, mas não concluiu o ensino fundamental.

Existem 05 associações na microbacia, uma em cada comunidade. Possuem 265 filiados. As famílias tem renda de 33 fontes ou atividades. As principais são a agricultura e a pecuária.

De modo geral as residências tem mais de uma fonte de abastecimento de água. As mais comuns são: cisternas, cacimbas, poços, açudes e sistemas coletivos da CAGECE e Prefeitura.

O esgotamento sanitário é bastante precário na maioria das residências, e os meios de transportes mais comuns são a bicicleta, animais domesticados e moto; seguidos, em pequena escala, do automóvel, carroça ou charrete e caminhão.

## 4 Recursos hídricos

O conhecimento hidrográfico só é possível desenvolvendo-se estudos topográficos, geológicos, climáticos, sócioeconômicos, ambientais e hidrológicos, de preferência, com um acompanhamento das condições físicas da área e de possíveis mudanças futuras.

Diante ao exposto, a Funceme concebeu e executou a pesquisa através da implantação de uma

infraestrutura de monitoramento adequada à região, visando subsidiar à gestão dos recursos hídricos da microbacia, com vistas à melhoria na qualidade de vida da comunidade local.

#### 4.1 Monitoramento das águas superficiais

As alterações na ocupação e uso do solo, fatores antrópicos e, principalmente, a intensificação da atividade agrícola, vem ocasionando distúrbios ambientais na microbacia do rio Cangati, impactando os recursos hídricos. Fica evidente, então, a importância da coleta de dados hidrológicos de modo a subsidiar a avaliação das consequências causadas pelas ações efetuadas, como a remoção da cobertura vegetal nativa, barragens sucessivas, dentre outras. Sendo assim, o contínuo monitoramento e a obtenção de séries históricas de dados hidroambientais, constitui-se num instrumento essencial para melhor avaliar os fenômenos hidrológicos críticos ocorridos na mesma. Daí, procurou-se gerar informações para uma melhor compreensão da dinâmica dos processos hidrológicos.

##### 4.1.1 Instrumentalização da Microbacia

###### Calhas medidoras de vazão e obras de proteção dos limnígrafos:

Foram construídas duas calhas nos riachos do Salgadinho e dos Gatos, respectivamente. A Foto 1 mostra uma das calhas construídas com a obra de proteção dos limnígrafos.



Foto 1: Calha medidora de vazão e obra de proteção de limnígrafos.

Foram, também, adquiridas e instaladas 2 estações automáticas (plúvio & flúvio) ao lado de cada calha medidora de vazão, conforme Foto 2.



Foto 2: Instalação, coleta de dados e avaliação da calibração do equipamento.

Foram, ainda, adquiridas e instaladas 2 réguas limnimétricas nas calhas medidoras de vazão, de modo a permitir o ajuste da precisão no datalogger do sensor de nível, como mostra a Foto 3. Outras 6 foram instaladas em 2 seções do rio Cangati para leitura dos seus níveis de água.





Foto 3: Instalação de régua limnimétrica em uma das calha de medição de vazão.

Ocorram, também, instalações destas régua, a montante e a jusante de algumas barragens sucessivas (Foto 4), para monitoramento dos sedimentos retidos nos leitos dos riachos.



Foto 4: Instalação de régua limnimétrica em barragens sucessivas.

#### 4.1.2 Coleta de Dados

Os trabalhos, nesta parte do estudo, referiram-se à obtenção de dados reais sobre parâmetros da hidrologia física, principalmente os envolvidos no processo de transformação chuva-vazão; quantificação da afluência de sedimentos às barragens sucessivas; dentre outros.

##### Climatológicos:

Os dados de temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, precipitação pluviométrica e radiação solar total, foram monitorados durante o período de vigência da pesquisa (14 meses), através de uma estação meteorológica instalada, na área, pela Funceme que é responsável pela coleta e análise destas informações.

##### Infiltração:

O conhecimento deste parâmetro é essencial à calibração de modelos de transformação chuva-vazão. Assim, para determinação direta da capacidade de infiltração da água na microbacia, foram executados ensaios de infiltração em diferentes pontos, procurando-se reunir, em cada um deles, condições as mais semelhantes possíveis. Decidiu-se ainda, que além do tipo de ensaio com anéis concêntricos fosse realizada uma abordagem mais adequada, pelo método de "Beerkan", com maior número de testes para caracterização hidrodinâmica dos solos em termos de eficácia de execução dos trabalhos e representatividade espacial.

Pesquisadores experientes revelam que o uso de tal método pode substituir com vantagens o ensaio tradicional com anéis concêntricos, principalmente em locais de difícil acesso e com restrições para obtenção de água. A Foto 5 ilustra os ensaios de infiltração pelos dois métodos utilizados.



Foto 5: Ensaios de infiltração - anéis concêntricos e "Beerkan"

Fluviométricos:

Os dados fluviométricos (nível e vazão) necessários à pesquisa, foram obtidos a partir das plataformas de coleta de dados (PCD's) instaladas na microbacia. Os dados registrados por esses equipamentos foram comparados com leituras realizadas em réguas limnimétricas, instaladas no local, as quais serviram, também, como referência de nível para a calibração das calhas medidoras de vazão. Nestas seções de controle, foram calibradas curvas de descarga.

- **Calibração da curva-chave**

Esta atividade contou com o apoio logístico da empresa Dimensão Engenharia Ltda para a realização dos ensaios de campo referentes às medições de vazões para calibração da curva chave nas seções de monitoramento (Foto 7).



Foto 7: Medição da vazão durante a etapa de calibração de curva-chave.

A localização dos pontos de medições, definidos pela Funceme, foram três: nas duas calhas onde foram instaladas as plataformas de coleta de dados e no rio Cangati, por ser o principal rio da microbacia monitorada. Nesses mesmos pontos foram realizadas pela equipe de campo, coletas d'água para análise da concentração de sólidos em suspensão.

- **Medição do nível d'água nas calhas**

A leitura do nível d'água nas duas réguas instaladas nas calhas medidoras de vazão foi realizada diariamente, anotando-se a medição e data. A Foto 8 mostra a medição do nível d'água na calha nº 1 construída no riacho do Salgadinho.



Foto 8: Medição do nível d'água na calha do riacho do Salgadinho.

Amostras de água para determinação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos:

Com vistas à caracterização da qualidade das águas na microbacia, foram coletadas amostras de água, mensalmente, em açudes, rios e riachos, no período de setembro de 2007 a dezembro

de 2008, para análise físico-química e bacteriológica. Foram selecionados 10 pontos de coleta em açudes e 06 pontos em rios e riachos.

Com relação ao procedimento de coleta das amostras, procurou-se seguir a técnica recomendada pela CETESB (1988). A metodologia de análises seguiu as recomendações da APHA (1998). As amostras foram processadas no laboratório da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará – NUTEC.

A Foto 9 mostra os pontos de coleta das águas superficiais selecionados no estudo.



Foto 9: Riachos e açudes monitorados na microbacia.

#### Sedimentométricos:

Foram monitorados no estudo - profundidade de sedimentos retidos nos leitos dos riachos pelas barragens sucessivas e os sedimentos em suspensão na água, com determinação da sua granulometria. Estes parâmetros foram fundamentais, pois permitiram uma avaliação da dinâmica da acumulação dos sedimentos nos terrenos da microbacia. A Foto 10 mostra a sequência no procedimento de coleta dos sedimentos em suspensão, desde a marcação das estações ao longo da seção transversal do rio; da medição da profundidade e coleta.



Foto 10: Sequência do procedimento de coleta.

#### **4.1.3 Hidroquímica das Águas Superficiais**

Foram coletadas amostras de água em açudes e riachos para análise de íons, de modo a identificar os principais constituintes dos sais presentes nas águas; determinar os padrões hidroquímicos das mesmas; e acompanhar suas variações durante a estação seca e chuvosa.

Os resultados das análises foram plotados em diagramas triangulares de PIPER, conforme exemplo da Figura 4. Estas informações são de grande relevância, pois permitem fazer inferências sobre as possíveis reações químicas que possam ocorrer nas águas da microbacia.

Percebe-se que há um predomínio de águas bicarbonatadas nas águas do referido açude.

As águas foram classificadas, ainda, em relação ao uso para irrigação, de acordo com a classificação proposta pelo “United States Salinity Laboratory” (USSSL).

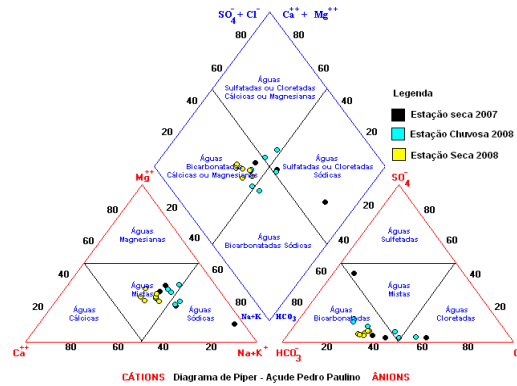


Figura 4: hidroquímica do açude Pedro Paulino

No geral, as águas coletadas no ano de 2008 apresentaram uma melhor qualidade para irrigação, do que as do ano de 2007, possivelmente em razão do ano 2008 ter sido mais chuvoso, favorecendo uma maior diluição dos sais, bem como redução nos valores de CE.

## 4.2 Monitoramento das águas subterrâneas

A microbacia estudada está no domínio de rochas cristalinas do Pré-Cambriano Indiviso. Do ponto de vista da hidrogeologia, os aquíferos (fraturados) constituídos por estas rochas apresentam-se, normalmente, descontínuos, formando domínios restritos de armazenamento e circulação d'água, além do que, frequentemente, as águas aí contidas apresentam teores de sais acima do tolerado tanto pelo homem como pelos animais. A exploração das águas subterrâneas ocorre, basicamente, nos aquíferos aluviais, que são os de melhores qualidades.

Na região semi-árida, tem-se empregado técnicas, dentre as quais se destaca a construção de barragens subterrâneas, que aumenta, as disponibilidades hídricas deste meio. Com base nesta experiência, foi traçado um plano de abordagem específica para o estudo dos aquíferos aluviais na microbacia, dando ênfase às barragens subterrâneas construídas na mesma. Foram realizadas as caracterizações dimensionais e hidráulicas dessas áreas. Durante um ano realizou-se o monitoramento dos níveis potenciométricos nestes aquíferos, assim como foram coletadas, periodicamente, amostras de água para análises físico-químicas. A seguir são apresentados, de forma detalhada, as atividades desenvolvidas, o tratamento dos dados obtidos, e os resultados das análises realizadas.

#### 4.2.1 Mobilização e Treinamento de Pessoal

Nos estudos hidrogeológicos foi realizado treinamento com pessoal da comunidade local, para o monitoramento sistemático dos níveis de água (potenciometria) nos aluviões selecionados. Foram feitas leituras com sondas elétricas em piezômetros e poços de observação.

#### 4.2.2 Trabalhos Preliminares

Foram selecionados quatro trechos de aluviões para estudos, associados a quatro barragens subterrâneas construídas nos riachos Chicote (1), Salgadinho (1) e Felão (2), respectivamente.

Os trechos de aluvião a montante de todas as barragens subterrâneas tiveram suas características geométricas e hidráulicas levantadas para a caracterização do potencial hidrogeológico do aquífero aluvial associado a cada uma delas.

- ***Parametrização geométrica dos trechos aluvionares estudados***

A parametrização geométrica dos trechos de aluvião consistiu na definição do contorno dessas formações, com auxílio de DGPS, e na execução de sondagens ao longo dos corpos aluvionares, até onde a espessura permitisse caracterizá-los como meio aquífero. Determinou-se, ainda, a largura transversal dos mesmos e a caracterização dos sedimentos.

O material extraído do furo foi analisado e descrito, quanto a: profundidade; granulometria; presença de material fino ou grosseiro; cor, umidade e, quando possível, composição provável e material de alteração. A Foto 11 mostra algumas das fases envolvidas nas sondagens.



Foto 11: Etapas de sondagem a trado em uma das barragens subterrâneas

- ***Parametrização hidráulica dos trechos aluvionares estudados***

Em paralelo aos trabalhos de caracterização geométrica dos trechos aluvionares, foram realizados ensaios de campo para a parametrização hidráulica desses aluviões. Nas seções onde foram feitas as sondagens a trado, também, foram realizados ensaios de estimativa da condutividade hidráulica do meio aluvionar. Buscando uma padronização na amostragem, optou-se por realizar a amostragem sempre numa mesma profundidade (1m). O método empregado foi o de Pourche, também conhecido por “método do poço invertido”, que é empregado em solos sem a presença do lençol freático.

### 4.2.3 Monitoramento dos Níveis Potenciométricos

O monitoramento das águas subterrâneas nos trechos aluvionares selecionados foi realizado no período de fevereiro a novembro de 2008. Antes disso, não foi possível realizar leituras de níveis d'água nos piezômetros e poços, pelo fato de estarem secos. A obtenção dos dados foi com medidor de nível eletrônico e trena. Os pontos monitorados foram nos piezômetros, a montante e jusante de cada barragem subterrânea, e em poços de observação das mesmas.

### 4.2.4 Monitoramento das Características Físico-Químicas

Para a caracterização da qualidade das águas subterrâneas na microbacia, foram coletadas, mensalmente, no período de setembro de 2007 a dezembro de 2008, amostras de água para análise físico-química e bacteriológica em poços selecionados nos corpos aluvionares. Os procedimentos de coleta, metodologia e análises foram os mesmos utilizados nas águas superficiais. As leituras e outras informações foram registradas em fichas de campo.

### 4.2.5 Hidroquímica das Águas Subterrâneas

Para identificar a presença dos constituintes dos sais presentes nas águas, foram determinadas as concentrações dos íons maiores; expressos em mg/L. Foram aplicadas algumas técnicas já consagradas de análise e classificação, dentre elas o Diagrama de Piper.

- **Classificação hidroquímica das águas com Diagrama de Piper**

Utilizou-se esta classificação para avaliar, principalmente, o comportamento temporal das águas subterrâneas, visando uma posterior análise com o padrão de recarga dos aquíferos aluvionares. A Figura 6 exemplifica o comportamento hidroquímico da barragem subterrânea do riacho Felão II, cujas águas são predominantemente cloretadas e bicarbonatadas mistas.

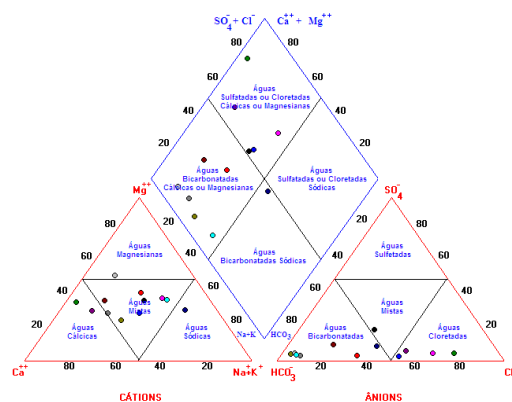


Figura 6: Hidroquímica da barragem subterrânea Felão II

- **Classificação de acordo com os Sólidos Totais Dissolvidos (STD)**

Com base nos STD, estimados a partir da Condutividade Elétrica, as águas subterrâneas foram classificadas quanto à salinidade; variando de doce a salobra, porém com grande predominância das últimas.

- ***Classificação das águas para irrigação***

Visando o grau de restrição ao uso de tais águas, procedeu-se à classificação segundo o USLL (Unidet States Salinity Laboratory), que se baseia na Razão de Adsorção de Sódio (RAS), como indicador de perigo de alcalinização ou sodificação do solo, e na Condutividade Elétrica (CE) da água, como indicador de perigo de salinização do solo. A maioria das águas enquadrou-se na classe C3S1, com teores de STD normalmente superiores a 480mg/L, acarretando a restrição de seu uso na irrigação para muitas culturas.

## **5 Solos**

Para entendimento do comportamento dos processos erosivos e deslocamento dos sedimentos na microbacia, foi acompanhado o efeito ocasionado pela quadra chuvosa em duas áreas de situações distintas. Uma com culturas anuais, plantio em nível, cobertura morta e adubação orgânica, e outra com vegetação de caatinga e pastagem nativa, utilizada com pecuária.

### **5.1 Aspectos operacionais do monitoramento**

Visando o conhecimento do transporte e acumulação de sedimentos na microbacia, foram realizadas intervenções de construção de cordões em contorno e barragens sucessivas em área com culturas anuais e em área com vegetação natural e pastagem nativa.

#### **5.1.1 Áreas com Culturas Anuais, e com Vegetação Natural e Pastagem Nativa**

##### Cordões em Contorno:

Construídos com pedras, segundo a “Linha de Nível”, tem como objetivo a retenção do solo removido pelos processos erosivos. No monitoramento, destas áreas, foram instalados 28 coletores para retenção de água e solo, conforme modelo desenvolvido pelo professor Anor Fiorini de Carvalho, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (Foto 12).



Foto 12: Coletor de água e solo

Após o evento chuvoso foi coletada a água acumulada no saco plástico, homogenizada e vertida em uma proveta para medição do volume (Foto 13).



Foto 13: Diferença de turbidez observada nas provetas durante a medição de volume.

### Barragens Sucessivas:

Para o monitoramento foram afixadas réguas graduadas com 150 cm, a montante e adjacente das barragens sucessivas. Após a quadra chuvosa foi medida, em cada uma das réguas, a altura final do nível de sedimentos e calculada a área sedimentada, conforme a Figura 7.

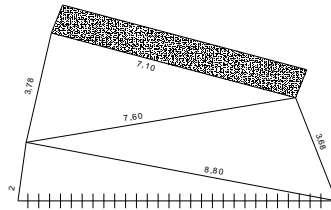


Figura 7: Desenho esquemático do cálculo da área sedimentada

Foram abertas trincheiras com 1m de comprimento por 0,5m de largura e profundidade variável de acordo com a altura dos sedimentos carregados e acumulados desde a construção das barragens (Foto 14).



Foto 14: Abertura de trincheira e amostragem

No geral, após a quadra chuvosa, houve um acúmulo de sedimentos nas barragens sucessivas monitoradas nos riachos Bananeira e Guerredo, minimizando os impactos dos processos erosivos, promovendo a recomposição do solo e da vegetação nas áreas trabalhadas.

### **5.1.2 Avaliação da Água Retida nos Coletores Instalados nas Barragens Sucessivas**

Nas amostras de água foram analisados os cátions e ânions principais, condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS), pH, sólidos dissolvidos, turbidez, e sólidos em suspensão. As águas foram classificadas em função desses parâmetros, como C1S1.