

BACIA EXPERIMENTAL DO RIO BURITI VERMELHO: instrumentação, monitoramento e análise preliminar de dados

Lineu Neiva Rodrigues¹; Juliana Marioti²; Lucilia Parron Vargas³; Edson Eyji Sano⁴; Éder de Souza Martins⁴

RESUMO --- Estudos de longa duração em bacias hidrográficas experimentais e representativas de uma determinada condição são importantes para um melhor entendimento da dinâmica dos processos e da resposta hidrológica de bacias a eventos diversos, gerando conhecimentos e/ou tecnologias para subsidiar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. O presente artigo objetivou descrever as atividades de monitoramentos/avaliações realizadas na bacia experimental do Buriti Vermelho e a base de dados que está sendo montada e apresentar uma análise parcial dos dados. Esta Bacia, com área de drenagem de aproximadamente 940 hectares, está localizada na parte leste do Distrito Federal. Trata-se de uma Bacia eminentemente agrícola, localizada na região do Cerrado. Existe uma predominância de Latossolo Vermelho e diferentes tipos de uso de solo e de cobertura vegetal. O levantamento socioeconômico indicou a presença de pequenos e grandes produtores rurais. A Bacia foi instrumentada de modo a possibilitar o estudo detalhado do seu comportamento hidrológico. Avaliações do uso da água pela irrigação, das culturas, da evaporação e infiltração em reservatórios e da qualidade da água em poços e barragens estão sendo realizadas. A existência de conflitos indica a necessidade de se definir estratégias para o adequado manejo dos recursos hídricos da Bacia.

ABSTRACT --- Long-term studies in experimental watersheds are important to better understand the dynamics of hydrologic processes and basin response to different types of events. Knowledge and/or technologies obtained from these studies can be used to subsidize the water resources plan and management. The objectives of this paper were to describe the monitoring/evaluation activities that are being carried out in the Buriti Vermelho experimental watershed and the database that is being created and to present a partial data analysis. This basin, with a drainage area of 940 hectares, is located in the eastern part of the Federal District, in the Brazilian savanna region. Agriculture is the main activity. There is a dominance of red latosols and several types of land use and crop cover. The socioeconomic survey showed the existence of both small and big farmers. The basin was instrumented to allow a detailed studied about the watershed behavior. Evaluations of irrigation water use, crops, reservoirs evaporation and infiltration and well and reservoirs water quality are being carried out. Water usage conflicts indicate the necessity of defining strategies to water resource management in the basin.

Palavras-chave: Base de dados, recursos hídricos, bacia hidrográfica.

1) Eng. Agrícola, D. Sc., Pesquisador, Bolsista do CNPq, Embrapa Cerrados / Planaltina - DF., Fone: (61) 3388-9959, lineu@cpac.embrapa.br.

2) Eng. Agrônoma, Bolsista DTI-III do CNPq, Embrapa Cerrados / Planaltina, DF.

3) Pesquisadora, DS. Embrapa Cerrados, DF. BR020, km 18, Planaltina, DF, 73310-970.

4) Pesquisador, PhD. Embrapa Cerrados, DF. BR020, km 18, Planaltina, DF, 73310-970.

1 - INTRODUÇÃO

A falta de dados e/ou informações hidroclimáticas representativas das condições do Bioma Cerrado tem dificultado e, em alguns casos, comprometido a realização de estudos hidrológicos e a utilização de modelos, conduzindo a resultados duvidosos, principalmente quando se realizam previsões de longo prazo. Segundo Minella (2004) há uma grande dificuldade no conhecimento das variáveis hidrológicas e sedimentológicas no Brasil, por não existir um programa eficiente de coleta e armazenamento de dados.

O estabelecimento de uma boa rede hidrológica e a sua manutenção ininterrupta são peças fundamentais na condução de estudos hidrológicos, já que a precisão das estimativas das variáveis hidrológicas depende da disponibilidade de dados primários confiáveis (Oliveira, 2008). A instalação e manutenção de uma rede hidrológica é um processo caro e demorado. É comum observar problemas de inconsistência em séries históricas hidrológicas, que muitas vezes não podem ser corrigidos adequadamente. Associado a isto, tem-se a baixa densidade e má distribuição das estações no território brasileiro, muitas delas com séries históricas recentes e/ou descontínuas. Esses problemas têm dificultado o adequado planejamento e manejo dos recursos hídricos.

O ideal é que sejam reforçados os programas estaduais e nacionais de monitoramento hidroclimático no País. A questão não é simplesmente de instalação de equipamentos, mas de manutenção e análise crítica dos dados. Enquanto não se possuírem tais informações, devem-se utilizar procedimentos que possibilite atenuar, da melhor maneira possível, a escassez de dados hidroclimáticos. Vale lembrar que, mesmo que haja uma alta densidade de estações, uma rede hidrológica não é capaz de cobrir todos os locais de interesse necessários ao gerenciamento dos recursos hídricos de uma região, de forma que sempre existirão lacunas temporais e espaciais que necessitam ser preenchidas com base em metodologias que busquem uma melhor estimativa dos dados de vazão em seções que não possuem medições (Tucci, 2002).

Neste contexto, a regionalização hidrológica e estudos de modelagem têm sido muito utilizados. Fill (1987) definiu regionalização hidrológica como um processo de transferência de informações hidrológicas de uma seção com dados obtidos de uma estação fluviométrica para outras seções sem a presença de estação fluviométrica e, por conseguinte, sem dados hidrológicos.

No contexto da regionalização e da modelagem hidrológica, destacam-se os estudos realizados em bacias hidrográficas experimentais, uma vez que estes possibilitam estudos mais detalhados e uma melhor caracterização das relações entre solo, água, vegetação e atmosfera, contribuindo para uma melhor compreensão do comportamento hidrológico de bacias hidrográficas e de suas respostas a ação de fatores externos. Por meio da regionalização e da modelagem, o conhecimento

adquirido na bacia experimental pode ser transposto para regiões hidroclimatologicamente semelhantes, sem monitoramento dessas relações.

Essas bacias configuram-se como laboratórios de campo, densamente equipadas, para estudos detalhados dos processos físicos dentro do ciclo hidrológico. Os resultados obtidos podem subsidiar os processos de regionalização de informações, preenchendo a lacuna da falta de monitoramento das variáveis que são de suma importância para a gestão dos recursos hídricos. Dessa forma, dos estudos realizados com a implantação de bacias experimentais, podem-se extrair diretrizes de gestão para aplicação em locais desprovidos de informações e que não possui recursos financeiros para reverter, a curto ou médio prazo, esse quadro (Fontes et al., 2009).

O presente trabalho tem como objetivos: i) descrever as atividades de instrumentação, monitoramento e de avaliação que foram e que estão sendo realizadas na Bacia Experimental do Rio Buriti Vermelho (BERBV); e ii) apresentar uma análise parcial dos dados levantados de janeiro de 2008 a março de 2009.

2. LOCAL: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BURITI VERMELHO

A Bacia Hidrográfica do Rio Buriti Vermelho (Figura 1) está localizada na parte leste do Distrito Federal, sendo o Rio Buriti Vermelho o seu curso d'água principal. Ele é afluente da margem direita do Rio Estreito, que deságua no Rio Preto, principal tributário do Rio Paracatu, que, por sua vez, é o afluente com maior contribuição para a formação da vazão do Rio São Francisco.

O Rio Buriti Vermelho drena uma área de aproximadamente 940 hectares, sendo seu solo, cobertura vegetal e práticas agrícolas bastante representativas das condições observadas no Cerrado. A sua área favorece o estudo dos processos hidrológicos sob diferentes condições de cobertura vegetal e práticas agrícolas. Com predominância de Latossolo Vermelho, ela apresenta diferentes tipos de uso e cobertura vegetal. Observam-se, na bacia, áreas com vegetação de Cerrado, forrageiras (pastagem) e mata ciliar, possibilitando a execução de estudos do comportamento hidrológico nestas áreas. Em relação à agricultura, predomina o cultivo extensivo de feijão, milho e trigo irrigados por pivô central e soja de sequeiro. Nas pequenas propriedades, observa-se o cultivo de hortaliças e limão irrigados por diferentes tipos de sistemas de irrigação. Esta condição possibilita estudar o impacto de diferentes práticas de cultivo e de irrigação no comportamento da bacia. A situação socioeconômica da população que vive na bacia é bastante contrastante. Observam-se pequenos produtores rurais com áreas da propriedade variando de 1 a 4 hectares e grandes produtores com áreas de até 200 hectares.

Os pequenos produtores rurais utilizam água de canais de irrigação comunitários para irrigação. A falta de manutenção dos canais e de planejamento de uso dos recursos hídricos leva a falta de água e, conseqüentemente, no surgimento de conflitos localizados, sendo esta uma condição

adequada para aplicação de sistemas de suporte à decisão e de modelos hidrológicos/econômicos para geração de cenários e proposição de estratégias de manejo com vista a um uso equitativo dos recursos hídricos.

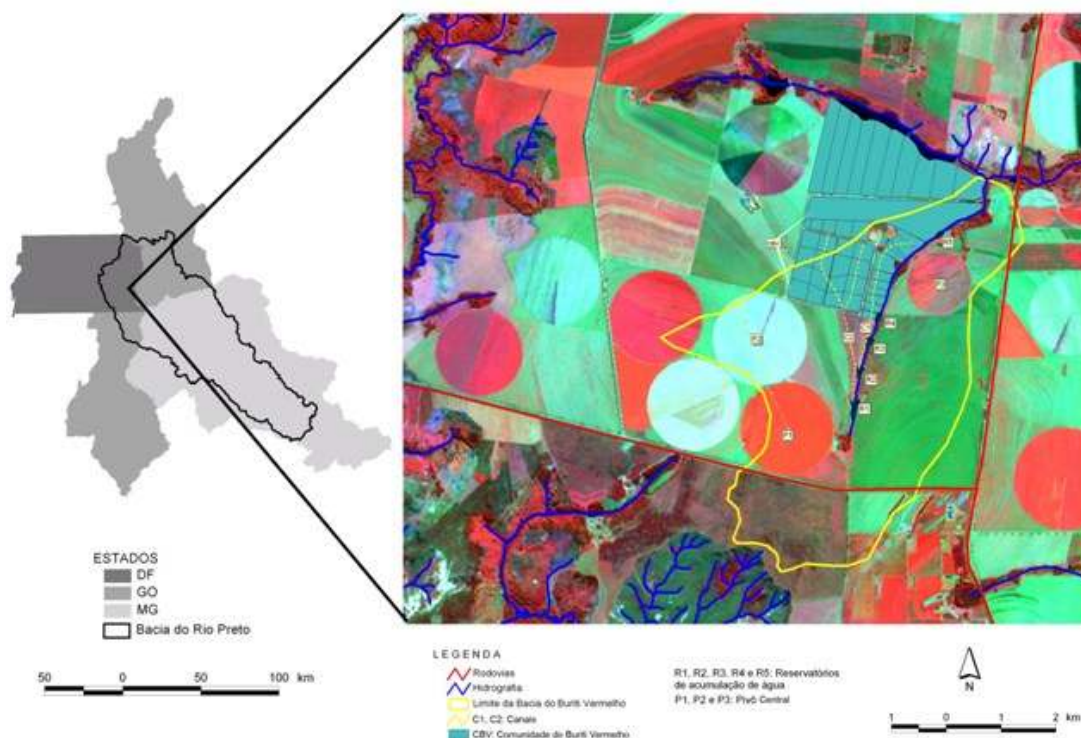


Figura 1 – Esquema representativo das Bacias do Rio Preto à esquerda e do Rio Buriti Vermelho à direita.

3. INSTRUMENTAÇÃO DA BACIA

Os equipamentos de medida foram instalados em locais estratégicos na Bacia (Figura 2). Para isto, levou-se em consideração os diferentes tipos de solo e de uso da terra e os sistemas de produção (irrigados ou sequeiro). Os equipamentos foram distribuídos espacialmente de maneira a se ter uma visão global da Bacia. Atualmente, os seguintes equipamentos estão instalados e operando na Bacia: estação climatológica automática (radiômetro, termo-higrógrafo, anemômetro e pluviômetro); pluviômetros com datalogger; linímetros; tanques classe A; tubos de espera para sonda de perfil; e tensiômetros.

4. MONITORAMENTOS

O monitoramento da Bacia foi planejado de forma a se obterem dados em quantidade e qualidade que viabilizassem estudos detalhados, em diferentes escalas temporais e espaciais, de modelagem, de processos e do comportamento hidrológico da Bacia experimental.

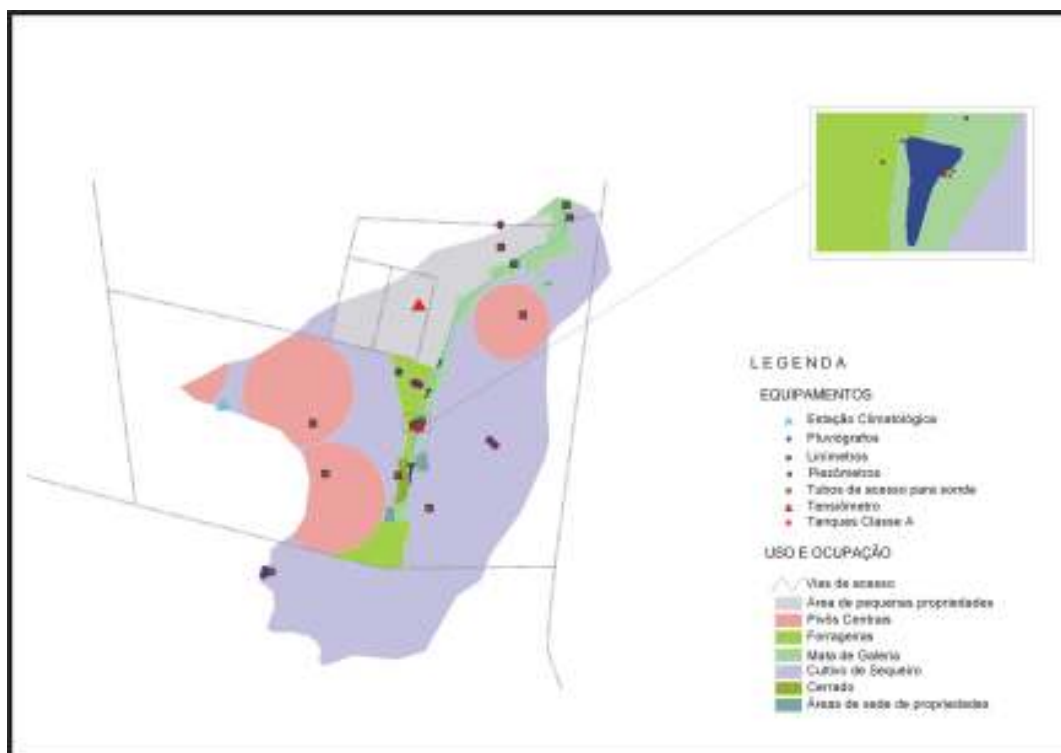


Figura 2 – Distribuição espacial dos equipamentos de medida na Bacia.

4.1 – Temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento

O monitoramento desses elementos climáticos é feito por meio de uma estação climatológica automática. Os dados são armazenados em datalogger em intervalos de tempo de uma hora e posteriormente coletados por meio de computador portátil.

4.2 – Precipitação

Além do pluviômetro da estação climatológica, o monitoramento desse elemento climático é feito por meio de quatro pluviômetros com datalogger distribuídos espacialmente na Bacia de maneira a possibilita a realização de estudos sobre a variabilidade espacial e temporal da precipitação e seu impacto na resposta hidrológica da Bacia. Esses equipamentos estão programados para registrar dados de precipitação em intervalos de tempo de cinco minutos.

4.3 – Vazão

Essa variável é monitorada em dois locais da Bacia por meio de dois linímetros tipo bóia-contrapeso com dataloggers. Um dos linímetros está instalado a jusante da segunda barragem (da

nascente para a foz), onde já existe um vertedor triangular, e o outro foi instalado no exutório da Bacia.

4.4 – Nível da água no reservatório da barragem

O monitoramento da variação do nível da água no reservatório é feito em duas barragens utilizando-se linímetros tipo borbulhamento. Os dataloggers dos linímetros estão programados para registrarem o nível da água no reservatório das barragens em intervalos de tempo de cinco minutos.

4.5 – Profundidade do lençol freático

O monitoramento da profundidade do lençol freático é feito semanalmente em oito poços de observação. Os poços, com profundidade variando entre 15 e 20 m, foram distribuídos na área de forma a possibilitar estudos de água subterrânea e a realização de testes de bombeamento para estimativa da condutividade hidráulica do estrato saturado.

4.6 – Umidade do solo

O monitoramento da umidade do solo é realizado semanalmente em nove locais, distribuídos na área da bacia de acordo com o tipo e uso do solo, nas profundidades de 10, 20, 30, 40, 60 e 100 cm. Nesses locais foram instalados tubos de espera para inserção da sonda de perfil (Figura 3) e rápida medida da umidade do solo.

Nas áreas irrigadas, além da sonda, são utilizados tensiômetros para monitoramento da umidade (Figura 4). Atualmente, têm-se nove baterias de tensiômetros instaladas na área da Bacia. Cada bateria é composta por duas repetições com três tensiômetros instalados em diferentes profundidades, dependendo da cultura. As leituras nos tensiômetros são realizadas momentos antes de cada irrigação.

4.7 – Evaporação da água em pequenas barragens

O monitoramento da evaporação da água é realizado em uma barragem por meio de dois tanques classe A, sendo um colocado dentro do reservatório da barragem e o outro do lado de fora (Figura 5). As leituras no tanque são realizadas semanalmente.

4.8 – Qualidade da água em poços, barragens e na calha do rio

O monitoramento da qualidade da água na Bacia é realizado na calha do rio, nos reservatórios das barragens e nos poços de observação. Para isto, amostras de água são coletadas mensalmente em locais pré-definidos. As soluções coletadas são armazenadas em frascos de polipropileno e levadas para laboratório, onde são preparadas e filtradas para posterior análise química de nutrientes. Utilizando-se cromatografia iônica, é feita a determinação química de ânions (NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e Cl^-) e cátions (NH_4^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} e Na^+).



Figura 3 – Tubos de acesso para medida da umidade no solo (a) e sonda de perfil utilizada na medida da umidade (b).



Figura 4 – Tensiômetros para o monitoramento da umidade do solo em áreas irrigadas.



Figura 5 - Tanques classe A para estimativa da evaporação da água em barragens. A seta em vermelho indica o tanque colocado dentro do reservatório da barragem.

5. CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E PROCEDIMENTOS ADOTADOS PARA AVALIAÇÃO CONTÍNUA DA QUALIDADE DOS DADOS COLETADOS

Para obter a equação do vertedor triangular, um dos pontos de controle de vazão na Bacia, foram realizadas medidas diretas de volume de água escoado pelo vertedor. Essas medidas foram realizadas em diferentes períodos do ano (diferentes alturas do nível de água no vertedor).

Para gerar a curva chave do segundo ponto de controle de vazão (exutório da Bacia), estão sendo feitas, quinzenalmente, estimativas indiretas da vazão, utilizando-se o molinete.

Para obtenção dos parâmetros de calibração da sonda de perfil foram retiradas, quinzenalmente, durante três meses, em todos os pontos de espera, amostras deformadas de solo e determinada a umidade em laboratório. Estes dados foram utilizados para gerar os parâmetros de calibração da sonda para cada um dos nove locais e profundidade de determinação da umidade do solo.

Com intuito de verificar, ao longo do tempo, a qualidade dos dados de umidade fornecidos pela sonda, são retiradas, quinzenalmente, em dois pontos de controle, amostras deformadas de solo para determinação da umidade do solo em laboratório. Este valor, considerado referência, é comparado com o valor de umidade fornecido pela sonda.

A precipitação, um dos elementos climáticos mais críticos quando se pensa em recursos hídricos, apresenta grande variabilidade espacial e temporal. Os pluviômetros com datalogger foram testados e calibrados em laboratório antes da instalação em campo.

Para avaliar, ao longo do tempo, a qualidade dos dados de chuva fornecidos pelos pluviômetros, foi montada, em dois pluviômetros, uma estrutura para coleta e armazenamento da água da chuva para posterior comparação com os resultados fornecidos pelos pluviômetros (Figura 6a). Ao lado do pluviômetro da estação climatológica, foi colocado um pluviôgrafo mecânico, utilizado como referência na verificação dos resultados desse equipamento (Figura 6b).

6. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO, DA COBERTURA VEGETAL, DAS IRRIGAÇÕES E DAS BARRAGENS,

6.1 – Solo

Para fins de caracterização pedológica, foram consideradas as camadas de solo superficial (0-5 cm e 15-20 cm) e a sub-superficial (60-100 cm), representando, em termos médios, a camada de solo agricultável e o horizonte diagnóstico das classes de solos, respectivamente. Nestes perfis, foram avaliadas as características morfológicas, físicas, físico-hídricas e mineralógicas, seguindo os procedimentos descritos em EMBRAPA (1997). Para descrição morfológica dos perfis de solo, foram abertas trincheiras em locais pré-definidos.



Figura 6 – Estrutura adaptada ao pluviômetro para coleta e armazenamento da água da chuva (a) e pluviôgrafo mecânico utilizado como referência na avaliação do pluviômetro da estação climatológica (b).

As amostras de solos, nas profundidades indicadas, foram coletadas com estrutura não deformada, com cinco repetições. De cada profundidade, três amostras foram utilizadas para avaliação da condutividade hidráulica do solo saturado, das quais duas delas foram reaproveitadas para levantamento da curva de retenção e a outra, usada para a determinação da textura e da densidade real. As duas amostras restantes foram arquivadas para uso futuro ou utilizadas, quando necessário, para confirmar resultados de análises realizadas. As curvas de retenção foram determinadas pelo método padronizado da centrífuga (Silva e Azevedo, 2002), considerando, em princípio, os pontos de tensão de 1; 6; 33; 100; 300 e 1500 kPa. Os pares de pontos, tensão versus conteúdo volumétrico de água no solo, serão ajustados ao modelo de Genutchen (1980), para determinação dos parâmetros de ajuste do referido modelo: a umidade residual, θ_r , e os fatores de escala. A porosidade foi avaliada em amostras selecionadas de acordo com os dados de granulometria, utilizando-se a metodologia de intrusão com mercúrio (Fiès, 1984; Fiès e Bruand, 1990), avaliando a porosidade compreendida entre 360 e 0,006 μm de diâmetro equivalente (Balbino et al., 2002). A umidade do solo na saturação, θ_s , foi medida diretamente por meio de pesagem das amostras selecionadas, antes de iniciar o processo de extração de água no levantamento da curva de retenção. A condutividade hidráulica do solo saturado foi determinada em laboratório, utilizando o método do permeâmetro de carga constante (Klute, 1965).

6.2 – Cobertura vegetal

Os diferentes padrões de uso do solo e de cobertura vegetal existentes na bacia foram identificados por meio de imagem de satélite Landsat e validados em campo utilizando-se um receptor GPS portátil.

Foram abertas trincheiras com o intuito de avaliar a profundidade máxima do sistema radicular das coberturas vegetais. A área foliar das culturas comerciais (feijão, trigo, milho, soja) foi determinada semanalmente, utilizando-se procedimento de amostragem destrutivo.

6.3 – Irrigação

A avaliação periódica do desempenho e do manejo de sistemas de irrigação é uma atividade importante do ponto de vista da gestão de bacias hidrográficas, uma vez que o uso desnecessário de água contribui para o surgimento de conflitos.

Visando caracterizar o uso da água na Bacia, foi elaborado e aplicado na comunidade de agricultores da Bacia um questionário. As informações obtidas possibilitaram identificar os sistemas de irrigação existentes, a área irrigada, os pontos de captação de água e os tipos culturais mais comuns. De posse dessas informações, foi definido o número de sistemas de irrigação a ser avaliado para se ter uma idéia da qualidade da irrigação praticada na Bacia. Até o momento, já foram avaliados cinco sistemas de irrigação por aspersão, quatro de gotejamento, um de microaspersão e três pivôs centrais.

6.4 – Barragens

Com o intuito de estimar o volume de água armazenado e gerar, para cada barragem, relações cota-volume, foram realizadas batimetrias nas cinco barragens existentes no rio. Para realização da batimetria, foram utilizados um batímetro de mão, um receptor GPS portátil e um barco. O critério adotado para medida da profundidade variou de acordo com as características do local e da barragem, permitindo adequar o trabalho de batimetria às peculiaridades de cada barragem. Cuidados especiais foram tomados para que, em cada barragem, uma quantidade razoável de medidas fosse feita e que essas medidas estivessem adequadamente distribuídas, com uma concentração maior de pontos nos locais mais próximos da crista da barragem, onde geralmente se encontra o ponto mais profundo. Para o cálculo da capacidade de armazenamento e o estabelecimento das relações cota-volume, foi gerado um modelo em três dimensões da barragem, utilizando-se os valores de profundidades obtidos durante a batimetria. Para interpolação das profundidades, foi utilizado o software Surfer™. Utilizando-se o método de krigagem, os pontos foram interpolados e uma grade de pontos com espaçamento de 1 m gerada. De posse do modelo tridimensional das barragens, utilizou-se o script contaarea.bas, desenvolvido pela Golden software, para calcular o volume total e o volume armazenado para cada variação de 5cm na profundidade. Um modelo potencial relacionando a cota com a capacidade de armazenado foi desenvolvido para cada barragem.

Com o intuito de avaliar as perdas de água que ocorrem por infiltração nas barragens, foram construídos e instalados infiltrômetros em vários locais dentro do reservatório de uma das

barragens. Adaptado do modelo apresentado por Sanders (1998), os infiltrômetros foram construídos com tubos de PVC de 25 cm de diâmetro e comprimentos variados, em função da profundidade do local da medida.

7. RESULTADOS / ANÁLISE PARCIAL DOS DADOS

7.1. Temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento

Na Figura 7, apresenta-se gráfico com valores, para o período de janeiro de 2008 a março de 2009, da temperatura e umidade relativa média do ar, da velocidade do vento e da radiação solar para a Bacia do Buriti Vermelho. Observa-se que a temperatura variou de 24,8 °C, em outubro de 2008, a 18,2 °C, em julho de 2008. A umidade relativa, por sua vez, variou de 84,3 % a 46,7%, valores observados em fevereiro e agosto de 2008, respectivamente. A velocidade do vento e a radiação solar variaram, respectivamente, de 18,0 m s⁻¹ (novembro de 2008) a 7,0 m s⁻¹ (fevereiro de 2009) e de 450,3 W m⁻² (outubro de 2008) a 258,1 W m⁻² (fevereiro de 2009).

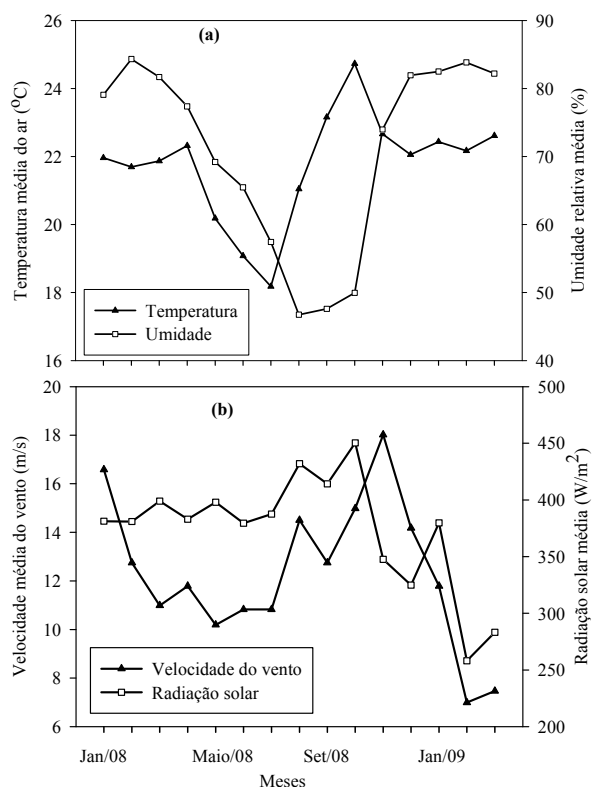


Figura 7 – Estação climatológica automática e gráficos representativos do comportamento da temperatura e umidade relativa média do ar, velocidade média do vento e radiação solar.

7.2. Precipitação e vazão

Na Figura 8, apresenta-se gráfico representativo da variação mensal da precipitação e da vazão média. Observa-se que não houve ocorrência de precipitação na Bacia nos meses de maio, junho e julho de 2008, sendo o maior valor observado igual a 189,5 mm, no mês de janeiro de 2009. Na análise da qualidade dos dados de precipitação, foi verificado erro de medida de até 100%.

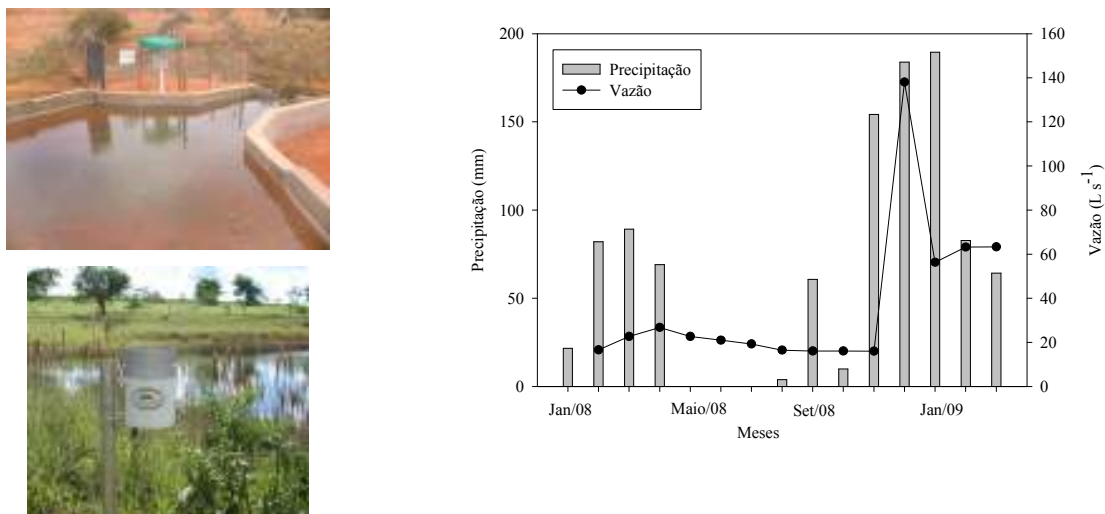


Figura 8 – Vertedor triangular, linímetro tipo bóia-contrapeso, pluviômetro com datalogger e gráficos representativos do comportamento mensal da precipitação e da vazão média..

Isto é, observaram-se várias ocorrências de precipitação que não foram registradas pelos datalogger dos pluviômetros. Este fato foi mais observado em chuvas com lâminas pequenas (≤ 5 mm). Por ter apresentado erro de registro relativamente pequeno, optou-se por utilizar, neste estudo, apenas os dados de chuva registrados pelo datalogger da estação climatológica.

A vazão média mensal, por sua vez, variou de 16 L s^{-1} a 138 L s^{-1} .

7.3. Nível da água no reservatório da barragem e profundidade do lençol freático

Na Figura 9, tem-se a variação mensal da profundidade do lençol freático observada em oito poços de observação e o nível de água no reservatório de duas barragens (barragens 2 e 5). Observa-se que o lençol freático apresenta um comportamento semelhante nos poços 1,2 e 3, com profundidades mínima (6,3 m) e máxima (11,8 m) observadas no poço 3.

O poço dois foi onde o lençol se manteve mais profundo. O poço quatro apresentou pequena variação na profundidade do lençol freático, o que pode ser explicado pelo fato dele estar localizado próximo a uma das barragens.

Os poços A, B, C e D são mais recentes, foram instalados no mês de outubro de 2008. O poço A está localizado a cerca de 10 m do poço B e este, por sua vez, a cerca de 10 m do poço C. Este fato explica a semelhança do comportamento do lençol freático observado nesses poços. O Poço D, localizado próximo ao poço 2, apresentou o lençol freático mais profundo durante o período da seca (meses de outubro e novembro).

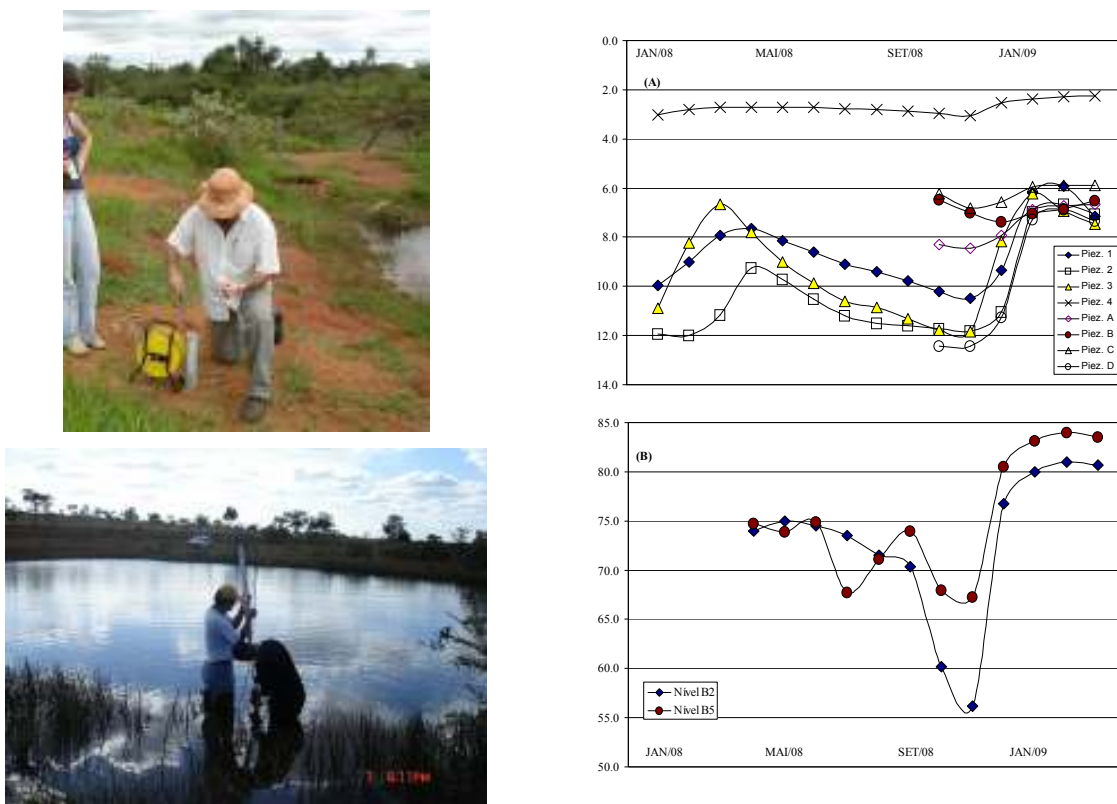


Figura 9 – Fotos ilustrativas da medição da profundidade do lençol freático e da instalação de Linímetro tipo borbulhamento e gráficos com valores da profundidade do lençol freático medida em oito poços de observação (Piez. 1,2,3 e 4 e Piez. A,B,C e D) e do nível da água em duas barragens.

7.4 – Características do solos

Na Figura 10, apresenta-se gráfico com a porcentagem de argila, silte e areia e a condutividade hidráulica do solo saturado (K_s) para a camada de solo de 0-5 das 51 amostras de solos coletadas na Bacia. Apresentam-se também os pares de pontos, tensão versus conteúdo gravimétrico de água no solo, e reta de ajuste segundo modelo de Genutchen (1980).

Verifica-se uma grande variação no valor da K_s , com valores variando de 1 a 700 mm h^{-1} . Com exceção de uns poucos pontos, os solos da Bacia possuem cerca de 50% de argila, 20% de silte e 20% de areia.

A curva característica do solo apresentou um comportamento semelhante para as três profundidade analisadas.

7.5. Caracterização da irrigação praticada na bacia

Na Figura 11 apresenta-se os resultados das avaliações das irrigações. As avaliações foram definidas e realizadas de acordo com o número de cada sistema de irrigação existente na Bacia.

Foram avaliados cinco sistemas de irrigação tipo gotejamento, uma microaspersão e três pivôs centrais.

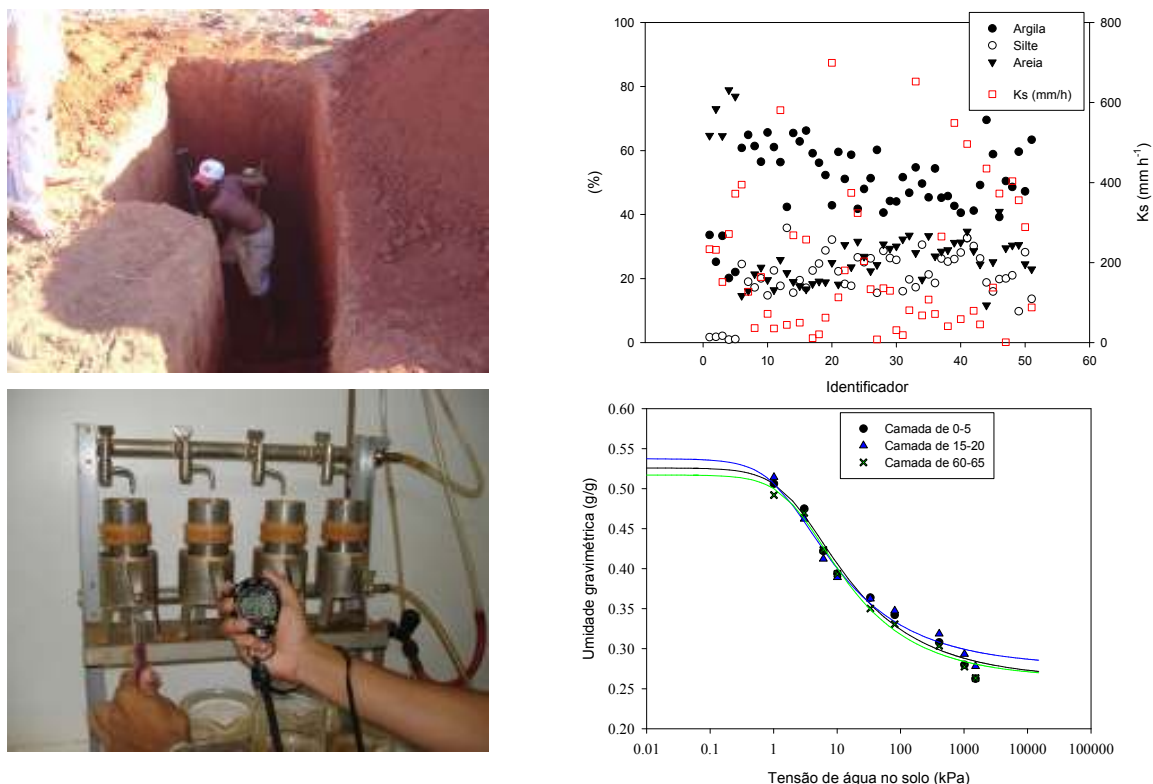


Figura 10 – Fotos ilustrativas da abertura de uma trincheira para caracterização do perfil do solo e teste, em laboratório, da condutividade hidráulica do solo saturado (Ks). Gráficos com valores das porcentagens de argila, silte e areia e da Ks, para a camada de solo de 0-5 dos 51 pontos avaliados, e curva característica para três profundidades de um dos pontos amostrados.

Os resultados das avaliações realizadas nos pivôs indicaram que são necessários pequenos ajustes nos equipamentos para se obter irrigações dentro de uma faixa de uniformidade aceitável. Ficou evidente também a necessidade de se adotar um critério de manejo, uma vez que as irrigações excessivas ou deficitárias tendem a comprometer o desempenho do sistema como um todo.

Para a irrigação por aspersão convencional os resultados evidenciaram valores de uniformidade abaixo do adequado para a maioria dos sistemas de irrigação. Com relação a eficiência de aplicação da água, três dos cinco sistemas, apresentaram resultados acima do mínimo recomendado. Todos os sistemas avaliados estão operando com irrigações deficitárias.

Para a irrigação localizada em apenas sistema foi observado CUD acima do valor considerado excelente (CUD90%), enquanto três sistemas apresentaram valores de CUD abaixo do valor considerado adequado (CUD70%). A uniformidade de aplicação na microaspersão foi considerada boa. Observou-se, para a maioria dos sistemas avaliados, elevados valores de CVq na linha e entre linhas de irrigação. De uma maneira geral todos os sistemas avaliados apresentaram problemas no manejo, sendo que três deles apresentaram irrigações deficitárias e dois irrigações excessivas.

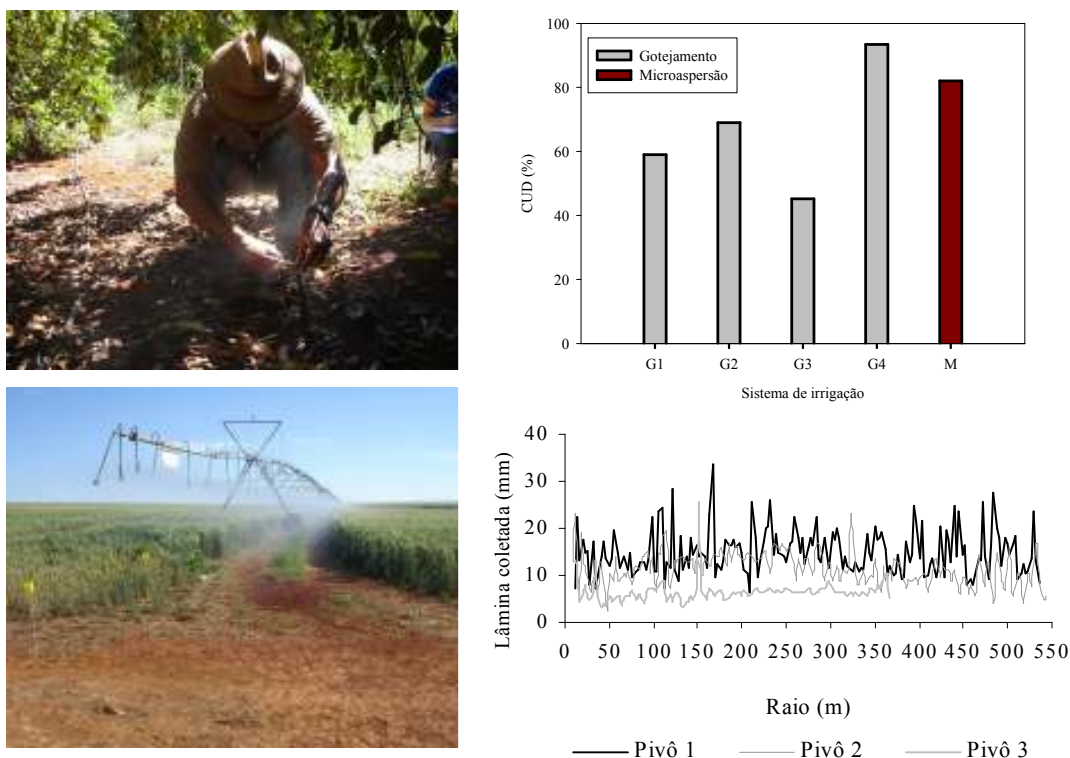


Figura 11 – Fotos ilustrativas da avaliação de um sistema de irrigação tipo microaspersão e pivô central. Gráficos com valores dos coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD) para gotejamento (G1, G2, G3 e G4) e microaspersão (M) e com valores da lâmina coletada em pivô central.

7.6. Avaliação da profundidade do sistema radicular

Na Figura 12 apresenta-se os resultados das determinações da profundidade máxima do sistema radicular e do índice de área foliar para várias culturas. Observa-se que a o sistema radicular da vegetação do Cerrado atingiu a profundidade de 5m. As culturas anuais apresentaram raízes com profundidade variando de 0,17 a 1,15 m.

O índice de área foliar das culturas variou de 3,5 (feijão) a 9,2 (trigo).

7.7. Caracterização das barragens

Na Figura 13 apresenta-se, para a segunda barragem (sentido da nascente para a foz), os locais na barragem onde foram medidas as profundidades e o resultado da interpolação (Figura 13a), o modelo em três dimensões da barragem (Figura 13b) e esquema representativo, com os respectivos volumes, das cinco barragens existentes no rio Buriti Vermelho, Figura 13c. É interessante ressaltar que para esta barragem, com área superficial de aproximadamente um hectare, foram medidos cerca 80 pontos de profundidade. Pode-se observar na Figura 13a que houve uma maior concentração de medidas próximas a crista da barragem, local onde se encontra a maior profundidade.

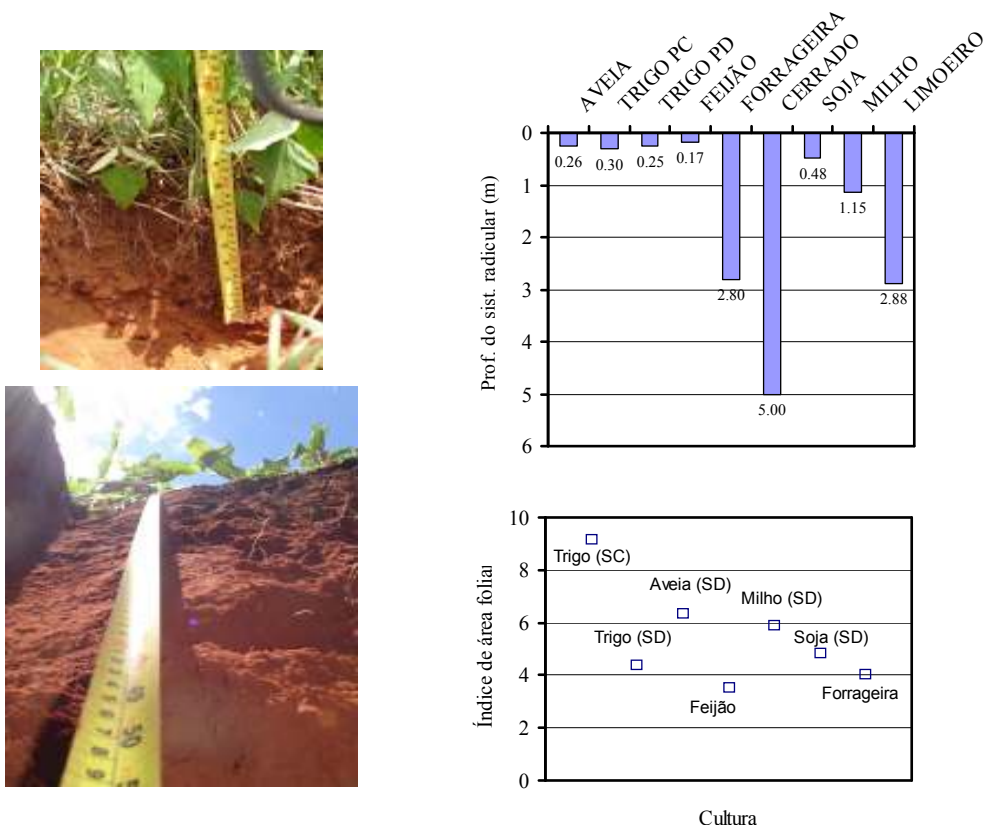


Figura 12 – Fotos das trincheiras abertas com a finalidade de determinação da profundidade máxima de sistemas radiculares das culturas. Gráficos com valores da profundidade máxima do sistema radicular e do índice de área foliar para várias culturas. PC = plantio convencional; PD = plantio direto; SC = semeadura convencional; e SD = semeadura direta.

A determinação deste ponto é importante para uma correta estimativa do volume da barragem. A confecção do modelo em três dimensões da barragem, Figura 13b, antes da finalização dos trabalhos em campo é uma etapa importante do processo de estimativa do volume, uma vez que por meio dele é possível verificar a qualidade do trabalho de batimetria e a necessidade ou não de se fazer medidas adicionais de profundidades. Os volumes das barragens, Figura 13c, variaram de 10.279,2 m³ a 1.703,3 m³.

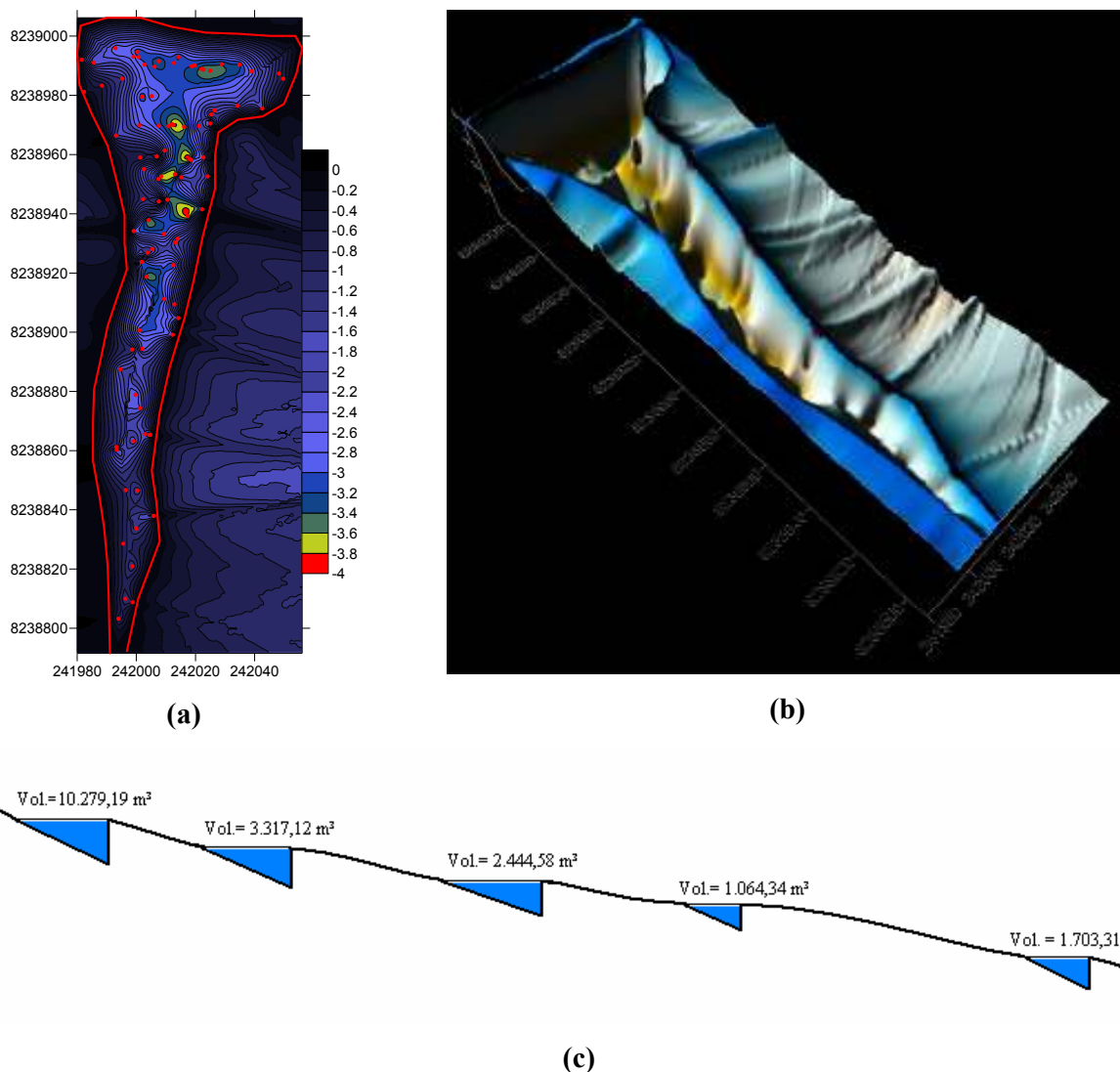


Figura 13 – Locais de medição de profundidade (ponto em vermelho) com o resultado da interpolação (a) e modelo em três dimensões (b) para a primeira barragem (sentido da nascente para a foz) e esquema representativo, com os respectivos volumes, das cinco barragens existentes no rio Buriti Vermelho.

8. CONCLUSÕES

A Bacia Experimental do Buriti Vermelho foi instrumentada e está sendo monitorada para suprir a deficiência de dados, em quantidade e qualidade, existentes no Cerrado, de modo a possibilitar estudos hidrológicos e de modelagem detalhados e de longo prazo, visando dotar os instrumentos de gestão dos recursos hídricos de ferramentas mais confiáveis e realistas em termos de previsão e avaliação quantitativa.

Os resultados obtidos até o momento contribuíram para se ter uma melhor compreensão do uso da água e do comportamento hidrológico da Bacia.

Ficou evidente também a necessidade de se adotar procedimentos que possibilitem uma análise contínua da qualidade dos dados coletados. Uma bacia bem instrumentada não implica necessariamente que ela está sendo bem monitorada. A qualidade do dado deve ser mais valorizada do que a quantidade de dados existentes.

Um bom plano de gestão, em bacias com predominância da agricultura irrigada, passa necessariamente por adoção de práticas de manejo da irrigação, que contribua para um uso mais eficiente da água e redução de conflitos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa Cerrados pelo apoio na realização deste trabalho. Ao *Advisory Service on Agricultural Research for Development* (BEAF) pelo apoio financeiro ao projeto *Planning and evaluating ensembles of small, multi-purpose reservoirs for the improvement of smallholder livelihoods and food security: tools and procedures*. Ao *Challenge Program on Water and Food* pelo apoio financeiro ao projeto *Basin Focal Project*. Ao CNPq pela concessão da bolsa DTI-III a segunda autora e pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa N. 552570/2007-9.

BIBLIOGRAFIA

BALBINO, L.C.; BRUAND, A.; BROSSAD, M.; GRIMALDI, M.; HAJNOS, M.; GUIMARÃES, M. F. Changes in porosity and microaggregation in clayey Ferralsols of the Brazilian Cerrado on clearing for pasture. *European Journal of Soil Science*, Oxford, v. 53, p. 219-230, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (Embrapa- CNPS. Documentos, 1).

FIÈS, J.C. Analyses de la répartition du volume de pores dans les assemblages argile squelette: comparaison entre un modèle d'espace poral textural et les données fournies par la porosimétrie à mercure. *Agronomie*, Paris, n. 4, p. 319-355, 1984.

FIÈS, J.C.; BRUAND, A. Textural porosity analysis of a silty clay soil using pore volume balance estimation, mercury porosity and quantified backscattered electron scanning image (BESI). *Geoderma*, Amsterdam, v. 47, p. 209-219, 1990.

FILL, H.H. Informações hidrológicas. In: Modelos para gerenciamento de recursos hídricos. São Paulo: Nobel/ABRH, 1987.

FONTES, A.S.; ALVARES, D.; MEDEIROS, Y.D.P. Bacia experimental do Rio do Cedro: implantação e primeiros resultados. Disponível em: <<http://www.grh.ufba.br/Publicacoes/Artigos/Artigos%202004/Avaliacao%20Preliminar%20Bacia%20Rio%20do%20Cedro%20-%20Andrea%20Fontes.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2009.

GENUTCHEN, M.T. van. A closed form equation for predicting the hydraulic properties of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.44, p.892-898, 1980.

KLUTE, A. Laboratory measurements of hydraulic conductivity of saturated soil. In. BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E.; CLARK, F.E. Methods of soil analysis. I. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. American Society of Agronomy: Madison, 1965. p. 210-221.

OLIVEIRA, F. A. Procedimentos, para aprimorar a regionalização de vazões: estudo de caso da bacia do Rio Grande. 2008. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SANDERS, L.L. A manual of field hydrogeology. Prentice-Hall, Inc., 1998. 379p.

SILVA, E.M. da; AZEVEDO, J.A. de. Influência do período de centrifugação na curva de retenção de água em solo de Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, p. 1487-1494, 2002.

TUCCI, C.E.M. Regionalização de vazões. Porto Alegre: Ed. Universidade UFRGS, 2002. 256 p.