

WALTER VIANA NEVES

**AVALIAÇÃO DA VAZÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COM VEREDAS,
EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE CONSERVAÇÃO, NA APA DO RIO
PANDEIROS - MG**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências Agrárias, concentração em Agroecologia, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Flávio Gonçalves Oliveira

Montes Claros

2011

**N511a
2011**

Neves, Walter Viana.

Avaliação da Vazão em Bacias Hidrográficas com Veredas em Diferentes Estádios de Conservação, na Apa do Rio Pandeiros – MG / Walter Viana Neves. Montes Claros, MG: ICA/UFMG, 2011. 58 f: il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecologia) Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

Orientador: Prof. Flávio Gonçalves Oliveira.

Banca examinadora: Wallisson da Silva Freitas, Sidnei Pereira, Flávio Pimenta de Figueiredo, Flávio Gonçalves Oliveira.

Inclui bibliografia: f. 54-58.

1. Recusos hídricos – Rio Pandeiros. 2. Conservação – Veredas. 3. Ecologia. I. Oliveira, Flávio Gonçalves. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 556.1

WALTER VIANA NEVES

**AVALIAÇÃO DA VAZÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COM VEREDAS
EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE CONSERVAÇÃO, NA APA DO RIO
PANDEIROS - MG**

Aprovada em 21 de setembro de 2011.



Prof. Wallisson da Silva Freitas
(IFNMG)



Prof. Sidney Pereira
(ICA/UFMG)



Prof. Flávio Pimenta de Figueiredo
Coorientador (ICA/UFMG)



Prof. Flávio Gonçalves Oliveira
Orientador (ICA/UFMG)

Montes Claros

2011

DEDICO

À minha família.

Aos meus amigos e amigas.

Aos meus pais, Antenor e Olíbia.

Às minhas filhas, Lilian, Taisa e Karina.

Aos meus irmãos, irmãs, cunhados e cunhadas.

À minha esposa, Yule Roberta e aos filhos, Victor e Yara.

AGRADECIMENTOS

A Deus a oportunidade de contribuir para um meio ambiente melhor.

Ao meu orientador, Prof. Flávio Gonçalves Oliveira, a confiança e ao meu coorientador, Prof. Flávio Pimenta de Figueiredo, o entusiasmo com os recursos hídricos das veredas.

À Prof.^a Flávia e ao seu esposo, Prof. Eduardo a capacidade de despertar em seus alunos uma visão real de sustentabilidade, fundamentada na agroecologia.

Aos professores, professoras e funcionários do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, os serviços prestados de ótima qualidade.

Aos colegas de mestrado, em especial ao Wadson e ao Pedro Henrique, a ajuda em campo.

Ao Instituto Estadual de Florestas, em especial ao Rinaldo José, o apoio e estímulo; ao Jairo, Ricardo, Helen e Valeriano, o auxílio em campo.

Ao Laboratório de Ecologia e Propagação Vegetal – LEPV da UNIMONTES, o apoio, e, em especial, a Prof.^a Dora Veloso.

Aos vereadores, Sr. Edmilson (Miroca), Sr. Santino e sua esposa, Sra. Cristina, o auxílio na coleta de dados e apoio logístico.

Aos meus pais, o apoio incondicional em todos os momentos de dificuldades.

À Prof.^a. Yule Roberta Ferreira Nunes, por conduzir e orientar todos os meus passos nessa caminhada, antes e após a aprovação no mestrado, com ética e competência profissional para mostrar o caminho, porém dando-me a oportunidade de caminhar com minhas próprias pernas.

RESUMO

O norte de Minas Gerais está inserido na região semi-árida brasileira e a disponibilidade de água encontra-se bem definida, pois, nessa região, há uma estacionalidade climática marcante. Esse fato leva a um desequilíbrio no vazão dos cursos d'água entre as estações seca e chuvosa. Além disso, o manejo inadequado do solo deflagra a desregularização da vazão. Alterações nos ecossistemas de veredas, que são áreas de nascentes, determinam modificações no ciclo hidrológico. Especificamente, a diminuição da vazão no rio Pandeiros, no período de estiagem, observada ao longo dos anos, pode estar relacionada aos impactos antrópicos em veredas. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo monitorar a vazão de seis bacias hidrográficas com veredas, em diferentes estádios de conservação, ocorrentes na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais, relacionando a vazão à precipitação local de cada bacia hidrográfica, pelo período de um ano. Assim, o estudo visou determinar o grau de impacto gerado pelo uso alternativo do solo nesses ambientes na oscilação volumétrica. O acompanhamento da vazão das bacias com veredas foi realizado por meio da construção de medidores de vazão ou do uso do molinete e as medições pluviométricas foram registradas por duas estações meteorológicas implantadas entre as bacias estudadas. O estágio de preservação das bacias mostrou-se diretamente ligado ao comportamento da vazão. Portanto conforme diminui a cobertura vegetal nativa nas veredas (solo hidromórfico), a vazão vai se desestabilizando e diminuindo até chegar ao secamento total, mesmo que as áreas de entorno da vereda (fora do solo hidromórfico), porém, dentro da bacia, estejam preservadas.

Palavras-chave: Áreas úmidas. Vazão. Dinâmica hídrica. Cerrado. Norte de Minas Gerais.

ABSTRACT

The north of Minas Gerais is located in the Brazilian semiarid region and the water availability is well defined, once that in this region there is a marked seasonal climate. This leads to an imbalance in the water flow of water courses during the dry and rainy seasons. Moreover, inadequate soil management triggers the deregulation of the water flow. Changes in ecosystems of *veredas* (palm swamps), which are sources of the waterways, determine changes in the hydrological cycle. Specifically, the decrease in the water flow from Pandeiros river during the dry season, observed over the years, may be related to human impacts in the *veredas*. In this sense, the present study aimed to monitor the water flow from *veredas* at different stages of conservation, occurring in Environmental Protection Area of Pandeiros River, north of Minas Gerais, relating the water flow with the local temperatures and precipitation for the period of one year. Thus, the study aims to determine the degree of impact caused by the historical human activities in these environments with volumetric oscillation over time. The monitoring of water flow in the *veredas* was made through the construction of flow meters or the use of a windlass and the measurements of rainfall were recorded by two weather stations deployed between the *veredas* studied. The stage of preservation of these areas was directly connected to the water flow dynamics. So as the impact increases in the peat soils the water flow will be destabilizing, reducing to total drying, even though the surrounding areas of the *vereda* (outside the hydromorphic soil) are preserved.

Keywords: Wetlands. Water flow. Water dynamics. Cerrado.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 -	Mapa e localização da Área de Proteção Ambiental do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais, com destaque para as bacias hidrográficas com veredas selecionadas nesta pesquisa.....	23
FIGURA 2 -	Vertedouros com medições diárias nas bacias com veredas na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais: a) vereda Pindaibal b) vereda Almescla.....	26
FIGURA 3 -	Principais impactos ambientais observados nas bacias com veredas da APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais: a) Queimadas b) Agricultura de subsistência c) Ocupação das veredas.....	32
GRÁFICO 1 –	Vazão (Ls^{-1}) e precipitação (mm), no período de setembro 2009 a agosto de 2010, na bacia da vereda Água Doce, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais.....	38
GRÁFICO 2 –	Vazão (Ls^{-1}) e precipitação (mm) coletadas diariamente, no período de setembro 2009 a agosto de 2010, na bacia da vereda Almescla, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais.....	39
GRÁFICO 3 –	Vazão (Ls^{-1}) e precipitação (mm), no período de setembro 2009 a agosto de 2010, na bacia da vereda Buriti Grosso, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais.....	40
GRÁFICO 4 –	Vazão (Ls^{-1}) e precipitação (mm), coletadas diariamente, no período de setembro 2009 a agosto de 201, na bacia da vereda Pindaibal, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais.....	42
GRÁFICO 5 –	Vazão (Ls^{-1}) e precipitação (mm), no período de setembro 2009 a agosto de 2010, na bacia da vereda São Francisco, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais.....	43
GRÁFICO 6 –	Vazão (Ls^{-1}), no período de setembro 2009 a agosto de 2010 (365 dias de observação) nas bacias das veredas Almescla e Pindaibal, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais.....	45

LISTA DE TABELAS

- 1 - Áreas das bacias hidrográficas com veredas analisadas (em ha) na APA do rio Pandeiros (norte de Minas Gerais) e porcentagem de áreas sem cobertura vegetal nativa total, de cerrado e de veredas..... **33**
- 2 - Parâmetros geográficos, planialtimétricos e de caracterização hídrica das bacias das veredas Almescla e Pindaibal, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais..... **46**
- 3 - Valores de coeficiente de compactidade e do índice de circularidade para as bacias das veredas Almescla e Pindaibal, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais..... **47**
- 4 - Percentuais de áreas de veredas e cerrados sem cobertura vegetal e percentual de volume escoado, nas bacias das veredas São Francisco, Água Doce, Almescla, Buriti Grosso, Pindaibal e Capivara, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais..... **51**

ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANA** – Agência Nacional de Águas
- APA** – Área de Proteção Ambiental
- APP** – Área de Preservação Permanente
- GPS** – Global Position System
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICA** – Instituto de Ciências Agrárias
- IDHs** – Índices de Desenvolvimento Humano
- IEF** – Instituto Estadual de Florestas
- IFNMG** – Instituto Federal do Norte de Minas
- IGA** – Instituto de Geociências Aplicadas
- INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia
- OMM** – Organização Meteorológica Mundial
- PAD** – Processo de Articulação e Diálogo
- PNUD** – Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento
- RPPN** – Reservas Particulares de Patrimônio Natural
- RPPN** – Reserva Particular de Patrimônio Natural
- SGE** – Serviço de Geografia do Exército
- UFMG** – Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Recursos hídricos.....	15
2.2	Veredas.....	18
2.3	Impacto ambiental em veredas.....	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	Área de estudo.....	22
3.2	Metodologia de registro de dados.....	25
3.2.1	Medição de vazão.....	25
3.2.1.1	Bacia da vereda Almescla.....	26
3.2.1.2	Bacia da vereda Pindaibal.....	27
3.2.1.3	Bacias das veredas São Francisco, Buriti Grosso, Capivara e Água Doce.....	28
3.2.2	Medição de precipitação pluviométrica.....	28
3.3	Determinação dos índices morfométrico.....	29
3.4	Cálculo do percentual de volume escoado em relação ao volume precipitado.....	30
3.5	Medição e delimitação de área.....	30
3.6	Histórico do uso e de ocupação do solo.....	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1	Caracterização do estágio de conservação e o uso e ocupação do solo das bacias com veredas estudadas.....	32
4.2	Variação de vazão das bacias com veredas.....	37
4.3	Variação da vazão entre as bacias com veredas preservadas e impactadas.....	43
4.3.1	Bacias com veredas preservada e impactada com medição diária.....	43

4.3.2	Bacias com veredas preservadas e impactadas.....	47
5	CONCLUSÃO	52
6	RECOMENDAÇÕES.....	53
	REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos tornaram-se um fator limitante decisivo para o desenvolvimento econômico do planeta (MILLER JUNIOR, 2007; VILLIERS, 2002). A maioria dos países já enfrenta a crise de escassez hídrica e muitos se encontram em processo de racionamento rígido (FRACALANZA, 2005; HERMANNNS, 2002; VILLIERS, 2002). Um dos problemas ligados à escassez d'água é que a distribuição da água doce na superfície terrestre não ocorre de forma homogênea: enquanto uma região possui quantidade acima das necessidades básicas, outra não possui o necessário para atender à demanda mínima (GRASSI, 2001).

Há vários projetos de transposição de bacias que buscam minimizar esse desequilíbrio na distribuição das águas doces superficiais, porém o transporte a longa distância acaba inviabilizando esse procedimento, tendo em vista o alto custo desse transporte e os questionamentos ambientais acerca dos mesmos (IZIQUE, 2005; PROCESSO DE ARTICULAÇÃO E DIÁLOGO - PAD, 2009).

O Brasil é considerado o país mais privilegiado do planeta quando se trata dos recursos hídricos (FIETZ, 2006). Porém, quando analisada a sua distribuição interna por região, ficam evidenciados o excesso hídrico na região norte e a escassez no nordeste do país (CARMO *et al.*, 2007). Atualmente, há projetos de transposição de águas em andamento no nordeste brasileiro, entretanto torna-se economicamente inviável a transposição do norte para outras regiões, como o sudeste e o nordeste do país, com finalidade social, baseando-se na experiências em projetos de irrigação no vale do São Francisco.

O norte de Minas Gerais está inserido na região semi-árida brasileira e a disponibilidade de água, que determina o estoque de recursos hídricos, encontra-se bem definida, uma vez que, nessa região, há uma estacionalidade marcante, onde as estações, seca e chuvosa, são distintas e o período de estiagem estende-se em até oito meses (ANTUNES, 1994; BRASIL, 2005). Esse fato leva a um desequilíbrio na vazão dos cursos d'água, durante as estações seca e chuvosa. Outro fator determinante para

esse desequilíbrio é a ocupação desordenada e não planejada do solo (ARAÚJO, 2002), principalmente em áreas de ressurgências e de recarga dos aquíferos subterrâneos. A utilização das águas subterrâneas sem um gerenciamento eficiente, com certeza, é um dos principais fatores para esse desequilíbrio (BRASIL, 2006). Sabendo-se que não há nenhum estudo para monitoramento dessas águas, vários processos de novas outorgas para captação de água do subsolo são liberados, levando, com isso, à exaustão desses mananciais (STUDART, 2002).

Entre todos os fatores acima citados, nada deve ser considerado mais importante que o manejo inadequado do solo, visto que essa alteração deflagra a desregularização da vazão ou alteração do ciclo hídrico.

A região semiárida norte mineira é marcada por chuvas torrenciais e alta insolação (LEMOS-FILHO *et al.*, 2007), portanto, contribuindo para a alteração no regime hídrico por meio do incremento do escoamento das águas superficiais e do aumento da evaporação, provocada pela exposição da superfície terrestre, devido à falta de um manejo adequado desse solo (PAES, 2009). Especificamente, a APA do rio Pandeiros, conhecida como o Pantanal Mineiro, foi criada pela Lei 11.901, de 01/09/1995 e possui 393.060 ha (NUNES *et al.*, 2009). Essa APA abrange toda a bacia hidrográfica do rio Pandeiros, incluída nos municípios de Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho, no norte de Minas Gerais. Essa Unidade de Conservação de uso sustentável tem como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de partes de seus recursos hídricos e proteger a diversidade biológica presente nas suas lagoas marginais, córregos, cachoeiras, veredas e no único pântano do estado (AZEVEDO *et al.*, 2009; NUNES *et al.*, 2009). A falta de água na região pantanosa pode causar grandes perdas da vegetação típica daquele ambiente, causando desequilíbrio em sua flora aquática, processo que pode ser irreversível, causado pela redução das áreas úmidas e sua capacidade de suportar suas funções ambientais (ZENDEL, *et al.*, 1995). Além disso, o rio Pandeiros, que pertence à bacia do rio São Francisco (médio São Francisco), é um importante afluente da margem esquerda desse rio (AZEVEDO *et al.*, 2009; INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF, 2006). As veredas na região

ocorrem principalmente na região do médio e alto Pandeiros (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS – IGA, 2006).

As veredas, local de exsudação do lençol freático, popularmente conhecida como mãe das águas, são os principais afluentes do rio Pandeiros ou fornecedores para os afluentes que compõem sua bacia hidrográfica. Na atualidade, são elas que garantem a perenização do rio e, conseqüentemente, do pantanal do Pandeiros, posto que todas as sub-bacias ainda perenes que desaguam direta ou indiretamente no rio, possuem veredas. Esse comportamento das veredas é explicado pela sua função de regularização da vazão, promovido pela capacidade de armazenamento de água nesses ambientes, garantindo, assim, uma vazão mínima permanente (MAFFIA *et al.*, 2009).

Salienta-se que a APA Pandeiros encontra-se altamente ameaçada pelo extrativismo ilegal, sendo que a interação entre os diversos órgãos preservacionistas do estado e da união, assim como da iniciativa privada, para o desenvolvimento de pesquisas e trabalhos de educação ambiental, é extremamente importante para a preservação da região de estudo (NUNES *et al.*, 2009).

Neste sentido, a presente pesquisa teve como objetivo principal monitorar a vazão de seis bacias com veredas, em diferentes estádios de conservação, ocorrentes na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais, por meio de medidores de vazão, relacionando a vazão à precipitação, pelo período de um ano, tempo necessário para completar um ciclo das estações chuvosas e secas. Assim, o estudo visou a determinar o grau de impacto gerado pelas atividades antrópicas nesses ambientes na oscilação da vazão, durante o período de 1 ano.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Recursos hídricos

A água é o recurso natural mais precioso e de maior importância para a vida do planeta. A falta de gerenciamento adequado, com o uso indiscriminado desse recurso, tem causado a sua escassez e limitado o desenvolvimento econômico da humanidade (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000). É necessária uma nova mentalidade com relação ao uso sustentável das águas e às suas políticas de proteção. As medidas punitivas não têm sido eficientes para promover o uso racional dos recursos hídricos, porém é necessário o despertar de uma consciência ecológica em cada ser humano, para entender que a preservação das águas é uma necessidade humana, e não apenas uma exigência legal do estado, como se na elaboração das leis, o princípio da defesa dos interesses sociais e econômicos fosse renegado.

A gestão dos recursos hídricos deve ser associado à sustentabilidade ambiental, em função do crescimento populacional e da renda familiar, que demanda mais comida e, conseqüentemente, aumenta a contaminação dos corpos d'água (FALKENMARK; MOLDEN, 2008). Os estudos demonstram que a expansão populacional e, conseqüentemente, o aumento do consumo nas últimas décadas, têm sido superiores aos limites tolerados pela natureza e isso vem sendo, cada vez mais, uma grande ameaça para a humanidade, pois, em pouco tempo, o planeta enfrentará um estresse hídrico e somente um grande trabalho de conscientização poderá evitar a concretização de uma crise, prevista para um futuro bem próximo (MORAES; JORDÃO, 2002).

É considerado estresse hídrico, quando os valores de disponibilidade de água encontram-se entre $1000 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $1600 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e crônico, entre os valores de $500 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $1000 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e quando os valores são menores que $500 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, impossibilita qualquer plano de gestão dos recursos hídricos para uma determinada bacia hidrográfica (FALKENMARK, 1989).

Além disso, não basta cuidar apenas da quantidade das águas, das perenizações dos rios, considerando um recurso natural renovável; a qualidade também é um fator determinante e limitante ao seu uso, pois a

pressão não é apenas pela quantidade, mas também pela qualidade (BRASIL, 2000)

Em conformidade com Libâneo *et al.* (2005), o bem estar das populações, medido por indicadores sociais e de saúde em vários países e no Brasil, está diretamente relacionado à qualidade da água e do esgotamento sanitário, ao invés do potencial hídrico ou da disponibilidade por indivíduo. Segundo um estudo com indicadores microbiológicos, com referência a potabilidade das águas no meio rural, Amaral *et al.* (2003) concluíram que a contaminação das águas é um fator de risco para essas populações e que há um grande esforço das autoridades para o fornecimento de uma água de boa qualidade no meio urbano, porém, no meio rural, isso não é realidade e as políticas para o fornecimento de água potável nesse setor são inexistentes.

O Brasil detém 12% de toda a água doce disponível para o consumo humano, atividade industrial e irrigação do planeta, sendo que aproximadamente 70% dessa encontra-se na região norte, precisamente na bacia amazônica, onde vive apenas 7% da população brasileira; por outro lado, a região sudeste, com 43% da população, possui apenas 6% das águas doces do país, conforme dados da Agência Nacional de Águas - ANA (BRASIL, 2000). De acordo Araújo (2002) e Sonoda; Oliveira-Filho (2009), o cerrado, com 24% do território brasileiro, contribui significativamente para a produção das águas superficiais, das oito entre as doze maiores bacias do país, sendo uma delas a bacia do rio São Francisco.

A bacia rio São Francisco possui uma extensão de aproximadamente 2700 Km, sendo o maior rio totalmente brasileiro, com sua bacia composta por mais de 500 municípios, com uma população por volta de cinco milhões de pessoas e suas nascentes localizadas no bioma cerrado brasileiro, cumprindo uma grande função social, com suas águas atendendo a grandes projetos de irrigação, além de promoverem a geração de energia, que alimenta a maior parte da demanda nordestina (REBOUÇAS, 2002).

O ciclo hidrológico é o caminho que as águas percorrem de forma circular entre o oceano e o continente ou dentro do próprio continente, dividindo-se em pequeno e grande ciclo hidrológico. O pequeno ciclo é o

caminho dentro do continente, onde as águas das chuvas evapotranspiração para recomporem novamente as nuvens e, posteriormente, precipitem, seguindo dentro do ciclo terra e atmosfera. O grande ciclo é o caminho que as águas tomam após a sua precipitação em forma de chuvas nos continentes, que, por meio do escoamento superficial ou infiltração, chegam aos cursos d'água e são conduzidas pela calha dos rios até os oceanos e, em seguida, essas águas são evaporadas por meio dos efeitos da energia solar, transformando de estado líquido para gasoso e reconduzidas pelos ventos para os continentes em forma de massa de ar úmida, produzindo novas chuvas continentais no fechamento do grande ciclo hidrológico (REBOUÇAS, 2002).

As águas infiltradas, rumo ao subsolo, antes de encontrarem os seus cursos d'água, fazem parte da composição dos lençóis, que podem ser lençol freático ou lençol não confinado e lençol artesiano ou lençol confinado. Ao infiltrarem no subsolo, encontram uma camada com baixa permeabilidade ou impermeabilidade total em virtude, geralmente, de um substrato rochoso e vão saturando o solo poroso, no sentido da superfície terrestre, ficando submetidas apenas à pressão atmosférica, possuindo, normalmente, a conformação do contorno da bacia hidrográfica e, assim, formando o lençol freático ou lençol não confinado. Por outro lado, o lençol artesiano ou confinado é formado pelas águas que ultrapassam as camadas com baixa permeabilidade até encontrar camadas impermeáveis, ficando confinadas entre essas e submetidas à pressão da coluna d'água, em virtude da inclinação das camadas impermeáveis ou com baixa permeabilidade. Quando ocorre a exsudação desses lençóis, provocada pela força da gravidade, essas fontes podem ser localizadas ou difusas (CALHEIROS *et al*, 2004).

As nascentes podem ser espaiadas ou pontuais, dependendo do formato da exsudação do lençol freático; portanto, quando as descargas dos aquíferos são concentradas em pequenas áreas, são exsudações localizadas, chamadas de nascentes pontuais, recebendo o nome popular de olho-d'água. São exemplos de nascentes de contato e de encosta. Quando ocorre a exsudação do lençol freático de forma difusa, distribuído numa área,

formando inúmeros pontos de brotamento de água, é chamado de nascente espraiada, exemplo típico das veredas (LINSLEY; FRANZINI, 1978, citado por CALHEIROS, 2004).

Em conformidade com Pereira (2010), verifica-se, na literatura corrente nacional, a existência de poucos estudos sobre a dinâmica do lençol freático e vazão em veredas, constituindo-se em uma lacuna do conhecimento.

Há dois estudos bem conduzidos referentes a recursos hídricos em bacias com veredas antropizadas e não-antropizadas no bioma cerrado, com monitoramento mensal da vazão e do nível do lençol freático, no período de um ano, sendo o primeiro desenvolvido no município de Francisco Dumont-MG e conduzido por Maffia *et al.* (2009) e o segundo é mais voltado para bacias com veredas, desenvolvido no estado de Goiás, por Pereira (2010), com monitoramento do lençol freático, vazão e qualidade das águas de seis veredas, sendo três antropizadas e três preservadas.

2.2 Veredas

O termo veredas, segundo Ferreira (2008), originou-se do latim “*Veredus*”, durante o império romano, onde o cavalo do correio era chamado de vereda. O caminho ou atalho utilizado pelos cavaleiros passou a chamar-se veredas. Guimarães Rosa descrevia os caminhos utilizados pelos viajantes nas longas jornadas, buscando livrar-se do cerrado denso, como uma vegetação de gramíneas e terreno aplainado, onde havia melhores condições para o deslocamento (FERREIRA, 2008). Atualmente, o nome veredas é utilizado para descrever uma formação vegetal com buritizais e gramíneas basicamente caracterizado por solo turfoso hidromórfico (BOAVENTURA, 2007).

Do aspecto fitogeográfico, as veredas encontram-se dentro do bioma cerrado (savana brasileira), bioma que abriga uma das maiores biodiversidades do planeta (BRASIL, 2009). O cerrado é considerado o segundo maior domínio morfoclimático da América do Sul, possuindo um complexo vegetacional com várias tipologias; entre elas, a vegetação característica de veredas (BOAVENTURA, 2007). O cerrado está localizado

na parte central do Brasil, possui grande importância, principalmente por possuir ligação com os demais biomas brasileiros, gerando, com isso, zonas de tensão biogeográficas (BOAVENTURA, 2007; RIZZINI, 1997).

As veredas são formadas por dois estratos: um herbáceo-graminoso contínuo e outro arbustivo-arbóreo (RIBEIRO; WALTER, 1998). Pesquisas recentes, por meio da ocorrência de pólen de buriti, evidenciam que as veredas típicas surgiram a partir do final do Pleistoceno (DRUMMOND *et al.*, 2005).

As veredas são calhas condutoras de bolsões de água pluviais à montante, evoluindo para aprofundamento à jusante, com formação de canais no solo, sendo que cada etapa evolutiva leva a mudanças e adaptações geomorfológicas e hidrológicas, seguida por transformações glaciais na sua cobertura vegetal (BOAVENTURA, 2007).

Além disso, são áreas de exsudação do lençol freático (nascentes), em vales rasos, com vertentes côncavas suaves, caracterizadas por substratos gleissolos, planossolos e organossolos e fundos planos, preenchidos por solos argilosos, turfosos e com elevada concentração de matéria orgânica (DRUMMOND *et al.*, 2005). São constituídas por comunidades hidrófilas, associadas à palmeira arbórea *Mauritiaflexuosa*L.f. (buriti), dispostas em alinhamentos ou então agrupamentos. No entorno da área embrejada, ocorre uma faixa herbácea menos úmida (BAHIA *et al.*, 2009; DRUMMOND *et al.*, 2005).

O reconhecimento da função das veredas, como indicativas de manancial perene e reguladora da vazão de rede de drenagem, foi assegurado na Lei Estadual 9375 de 1988, alterada na Lei Estadual 9375 de 1998, que classificou esses ambientes como Área de Preservação Permanente - APP (IGA, 2006). Conforme a lei 9.682 de 12/10/1988, do Estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 1988), as veredas são classificadas geomorfológicamente em: (i) vereda de superfície aplainada, que são áreas de exsudação do lençol freático, com solo argiloso, frequentemente turfoso na zona encharcada e solo arenoso ou siltoso na zona menos úmida, com a presença ou não de buritis ou mata de galeria; (ii) vereda-várzea, que são áreas de exsudação do lençol freático, em transição

para área de acumulação de sedimentos aluviais, típicos de planície de inundação ou várzea, com vegetação transicional de espécies herbáceas e buritizais para mata de galeria; e (iii) vereda de encosta, que representa uma área de exsudação do lençol freático, com solo arenoso, eventualmente argiloso, com cobertura herbácea, com a presença ou não de buritis, ocorrendo na borda das chapadas.

2.3 Impacto ambiental em veredas

São necessários estudos aprofundados sobre as veredas para suprir as carências de informação sobre fauna, flora, ecologia, hidrologia, relevo, entre outros inerentes a quaisquer ecossistema, com objetivo de avaliar os seus impactos, quando alteradas as suas funções bióticas e abióticas. As pressões antrópicas sofridas por esses ambientes com fins agropecuários, drenagem, mineração entre outros, exigem maior esforço para o conhecimento das veredas, em virtude dos grandes problemas ambientais gerados (BOAVENTURA, 2007; GUIMARÃES; ARAÚJO; CORRÊA, 2002).

Os fatores que estão contribuindo para a descaracterização das veredas são as barragens, com inundações e supressão da vegetação a montante, construções de estradas sem planejamento, promovendo o assoreamento dos cursos das veredas, compactação do solo principalmente pelo pisoteio do gado, utilização das suas várzeas como estradas naturais e a abertura de estradas com a utilização de máquinas pesadas (GUIMARÃES; ARAÚJO; CORRÊA, 2002).

As queimadas tem sido uma grande ameaça no processo de degradação das veredas. O acúmulo de matéria orgânica provoca o alastramento do fogo com maior rapidez, promovendo a destruição da flora e da fauna desses ambientes (HUNTER JUNIOR, 1996). MG-biota A queima do material turfoso, formado pelo acúmulo de serrapilheira em sua superfície, causa o empobrecimento do solo pela perda de seus nutrientes, que compõem o extrato superior, por meio da volatilização e pela destruição da microbiota ali existente (BOND; WILGEN, 1996)

A agricultura de subsistência tem sido também uma grande ameaça para os ambientes de veredas, uma vez que os veredeiros, por falta de

alternativa de renda, ocupam essas áreas, com cultivos de pequenas lavouras ou pastagens. Há o pisoteio de animais domésticos, causando a compactação do solo e a supressão da vegetação herbácea nativa, desencadeando todo um processo de degradação (RAMOS *et al.*, 2006). É comum encontrar remanescentes de eucalipto em Áreas de Preservação Permanente (GUIMARÃES; ARAÚJO; CORRÊA, 2002).

Devido à importância hídrica, paisagística, social e ecológica das veredas, são necessárias medidas emergenciais para coibir a expansão de novas ocupações nesses ambientes, onde faz necessário o aparelhamento dos órgãos de controle ambientais, tornando eficiente ao ponto de efetuar um monitoramento efetivo, além de prevenir e combater os incêndios florestais nas áreas turfosas com solos hidromórficos das veredas. Paralelamente as medidas propostas, necessitam-se de políticas de geração de emprego e renda para as populações de veredeiros e estudos multidisciplinares para o conhecimento das particularidades desses ambientes ímpares e a importância que exerce para o cerrado, em particular para o do norte de Minas Gerais (BAHIA *et al.*, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

Esta pesquisa foi desenvolvido em seis bacias com veredas na Área de Proteção Ambiental – APA do rio Pandeiros (FIG. 1). A APA do rio Pandeiros, criada pela Lei 11.901, de 01/09/1995, abrange os municípios de Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho, comportando toda a bacia hidrográfica do rio Pandeiros, com 393.060 hectares (NUNES *et al.*, 2009). As áreas de estudos abrangem bacias hidrográficas, com veredas, localizadas nos municípios de Januária e Bonito de Minas (MG), a aproximadamente 220 Km da cidade de Montes Claros, no norte de Minas Gerais. As áreas são conhecidas popularmente como: Água Doce (15°20'03.1" S, 44°51'00.0" W Almescla (15°21'37.2" S, 44°54'45.9" W), Buriti Grosso (15°26'26.6" S, 45°3'55" W), Capivara (15°16'10.23" S, 44°51'13.6" W), Pindaibal (15°22'30.2" S, 45°2'0,17" W) e São Francisco (15°23'4.4" S, 44°50'59.6" W).

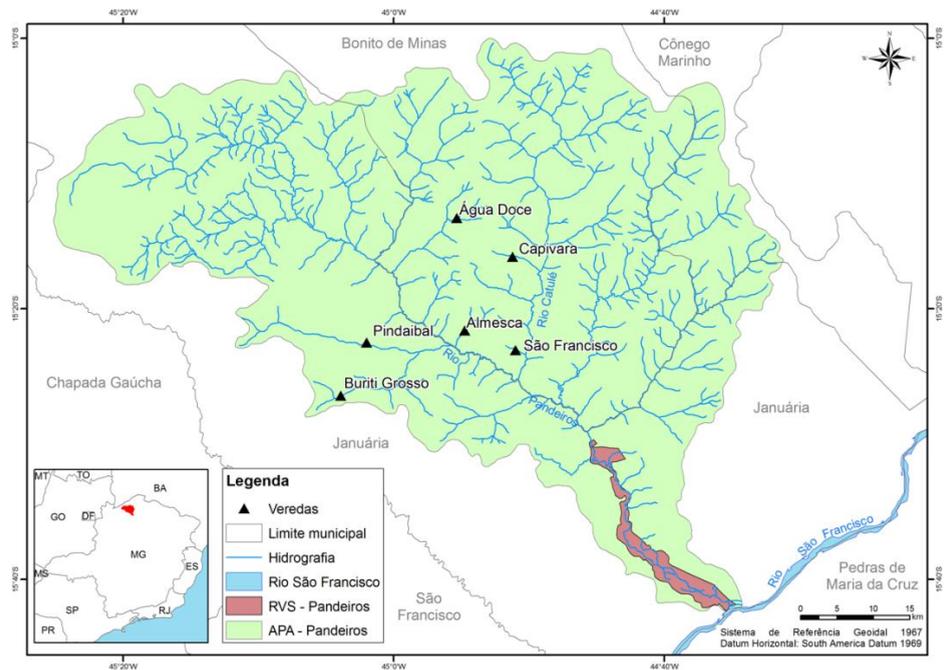


FIGURA 1 - Mapa e localização da Área de Proteção Ambiental do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais, com destaque para as bacias hidrográficas com veredas selecionadas nesta pesquisa

Fonte: UNIMONTES/ IEF, 2010.

Fitogeograficamente, a região encontra-se na área de transição dos domínios da Caatinga e do Cerrado (RIZZINI, 1997). A APA apresenta várias fisionomias vegetais, como o Cerrado Sentido Restrito, a Floresta Estacional Decidual (Mata Seca), as matas ciliares, as áreas de planícies alagáveis e as veredas (AZEVEDO *et al.*, 2009; IEF, 2006; NUNES *et al.*, 2009).

O clima é do tipo semi-árido, com estações seca e chuvosa, bem definidas (NUNES *et al.*, 2009). A temperatura média anual é de cerca de 21° a 24° C, com altitude entre 485m a 515 m e a precipitação média é de aproximadamente 1050 mm/ano, com chuvas concentradas nos meses de novembro a janeiro (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET, 1931-1990).

A situação sócio-econômica das áreas das bacias pesquisadas é caracterizada por famílias de baixa renda, sendo que o município de Bonito de Minas apresenta um dos menores Índices de Desenvolvimento Humano - IDHs do país (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD, 2011).

Dentro das áreas de drenagens das bacias com veredas estudadas, não há nenhuma propriedade produtiva de grande porte. As mesmas são ocupadas por agricultores familiares que sobrevivem com renda familiar de até um salário mínimo, como é o caso específico dos aposentados. Em geral, a renda das famílias está abaixo de R\$ 200,00 (IEF, 2003 dados não publicados), provinda principalmente da produção de carvão ilegal, por meio do modo de catação, da bolsa-família, de aposentadorias e de outros programas do governo federal. Os complementos alimentares são produzidos dentro das áreas de veredas, por ali existir um solo mais fértil e úmido, comparado com solos das partes mais altas, quando os mesmos são secos e formados por areia quartzosa, estruturados com aproximadamente 94% de areia (IFNMG, 2007).

O estado de preservação e de conservação ambiental das bacias analisadas é considerado bom, pelo menos nas partes altas, ou seja, fora das áreas de veredas, tendo em vista que, dentre as bacias selecionadas nesta pesquisa, algumas, como as das veredas Almescla, São Francisco e Buriti

Grosso, encontram-se inseridas em Reservas Particulares de Patrimônio Natural - RPPNs. Nas partes baixas, em áreas de veredas, a situação é inversa, pelo menos na bacia da vereda do Pindaibal, onde a degradação é generalizada, enquanto na vereda da Almescla, a preservação é quase total em toda a sua extensão. As áreas de veredas do Pindaibal, com solos turfosos e hidromórficos, encontram-se totalmente ocupadas e degradadas devido aos grandes projetos de drenagem no passado, financiados com recurso público (Pró-Várzea) e a prática da agricultura de subsistência no presente, devido ao grau de pobreza das famílias que ali habitam.

3.2 Metodologia de registro de dados

3.2.1 Medição de vazão

O acompanhamento da vazão das bacias com veredas foi realizado por meio da construção dos vertedouros nas calhas dos cursos d'água, em duas bacias selecionadas, ou seja, na Almescla, Pindaibal (FIG. 2). As leituras de vazão dos vertedouros foram realizadas diariamente e a carga hídrica (profundidade da lâmina d'água no vertedor) foi realizada a 1 m à montante do vertedor, com a utilização de uma régua graduada em milímetro. Para as demais bacias com veredas (Buriti Grosso, São Francisco, Capivara e Água Doce), foram realizadas medições, com o auxílio de molinete (medidor de velocidade de fluxo). Assim, nas bacias que não receberam vertedores, as medições foram efetuadas mensalmente, com o auxílio de molinete. Em todas as áreas estudadas, os pontos de medição foram posicionados à jusante das áreas, possibilitando a medição total da vazão à montante daqueles pontos.



FIGURA 2 – Vertedouros com medições diárias nas bacias com veredas na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais:
 a) vereda Pindaibal
 b) vereda Almescla.

Fonte : Arquivo pessoal.

3.2.1.1 Bacia da vereda Almescla

O vertedor foi instalado na foz da vereda Almescla, construído na forma retangular, de duas contrações laterais, com parede espessa e de queda livre, possuindo distância de 60 m da sua confluência com o rio Pandeiros. No ponto de construção, o curso d'água possui largura de 2,30 m e profundidade de 1,20 m. A construção do barramento foi realizado em tijolo de cimento, possuindo parede com espessura de 0,20 m e seu comprimento ocupou toda largura da vereda e mais 0,5 m para fora do curso de água em suas laterais, objetivando a sua sustentação em suas margens. A abertura para escoamento da água (vertedor) possuiu 0,80 m de largura por 0,40 m de altura (face) e uma soleira (crista), com espessura de 0,20 m.

Os dados de campo foram coletados por um morador da região, treinado para esse fim e, posteriormente digitalizados mensalmente por meio de planilha eletrônica Excel, com a utilização da equação de Francis (eq. 1).

$$Q = 1,71 (L - 0,2H)H^{3/2}$$

Em que:

Q = vazão em m³/s;

L = largura da soleira em metros linear;

H = carga hidráulica do vertedor ou profundidade da água em metros linear.

3.2.1.2 Bacia da vereda Pindaibal

O vertedor foi construído embaixo de uma ponte, localizado próximo à foz da vereda do Pindaibal, medindo uma distância de 1500 m da sua confluência com o rio Pandeiros. Ao construir a ponte, foi necessária a construção de aterros encabeçando as laterais da mesma e, dessa forma, toda água foi conduzida para o vão da ponte, possibilitando e facilitando a construção do vertedor, com 5,06 m de largura, 2,30 m de altura (face) e uma soleira (crista), com espessura de 0,20 m. sua construção foi realizada em tijolo de barro 0,20 m x 0,20 m com oito furos. O seu comprimento ocupava todo vão da ponte e, quando o vertedor encontra-se afogado, necessita-se do molinete para chegar aos valores de velocidade. Para isso, foi aplicada a equação 2:

$$V = 0,0128 + 0,3122.N \quad (\text{eq. 2})$$

Em que:

V = velocidade do escoamento, ms⁻¹;

N = número de rotações do molinete, rpm.

A leitura da carga hidráulica foi realizada todos os dias as 08:00hs, utilizando-se uma régua de metal, com graduação em milímetros. A leitura foi realizada a 1 m à montante do vertedor.

3.2.1.3 Bacias das veredas São Francisco, Buriti Grosso, Capivara e Água Doce

Não foram construídos vertedouros nas veredas São Francisco, Buriti Grosso, Capivara e Água Doce, devido ao grau de dificuldade de acesso, do custo de implementação e do monitoramento e do impacto ambiental advindo da construção. Assim, as medidas de vazão hídrica foram realizadas mensalmente, com o uso do molinete. Foram definidos pontos para medições de vazão em cada uma das quatro bacias. Para a definição do ponto de medição, levou-se em consideração: o acesso, a formação mais definida da calha da vereda e a maior proximidade da sua foz. Em cada ponto de medição, foram efetuadas diversas medidas de velocidades, com o auxílio de molinete, em toda largura da calha na distância de 0,20 m entre medidas e nas profundidades de 20 e 80%. Após as leituras, foi calculada a média de profundidade e do número de pulsos registrado pelo molinete no ponto de medição de vazão da vereda e aplicada na equação 2, para encontrar a velocidade e, na sequência, aplicada na equação 3, para obter os valores de vazão de cada bacia com veredas.

3.2.2 Medição de precipitação pluviométrica

As duas estações pluviométricas foram cercadas em alambrado, com 0,07 m de malha e área cercada de 3 m x 3 m, com altura de 1,8 m, sendo instalado o pluviômetro no centro do cercamento, com a sua boca a 1,5 m do solo e sua distância no mínimo 4 vezes a altura do obstáculo mais próximo, atendendo às normas da Organização Meteorológica Mundial - OMM. Os dois pluviômetros utilizados nas medições foram do modelo Vile de Paris, construídos em aço inox, com recipiente de medição possuindo graduação em milímetros. As estações foram instaladas aproximadamente a 50 m das residências dos moradores contratados para efetuar as leituras diárias e localizadas a 50 m da foz da vereda Almescla e 530 m da foz da vereda Água Doce, permitindo uma coleta de dados bem mais precisa que a estação mais próxima, instalada no Instituto Federal do Norte de Minas - IFNMG, localizada

na cidade de Januária, a 72 km da estação da água doce e a 78 km da vereda Almescla.

3.3 Determinação dos índices morfométrico

As bacias com veredas selecionadas foram diferenciadas segundo parâmetros geográficos, planialtimétricos e de caracterização hídrica, utilizando-se a carta planialtimétrica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2002) e imagens do *Google-Earth Plus* (acesso livre). Com esses materiais, foi possível por meio do software Auto-Cad, estimar as áreas das bacias hidrográficas, perímetros, larguras vetorial, comprimentos vetorial, comprimento dos rios e áreas do círculo.

Utilizando-se as equações 4 e 5, calcularam o coeficiente de compacidade (VILLELA; MATTOS, 1975) e o índice de circularidade (SCHUMM, 1956), respectivamente. Por meio da interpretação desses valores, foi possível verificar a maior ou menor tendência de enchentes, ou seja, maior variação na vazão de um curso d'água.

$$Kc = \frac{0,28P}{A^{0,5}} \quad (\text{eq. 03})$$

Sendo:

Kc = coeficiente de compacidade;

P = perímetro da bacia, km;

A = área da bacia, km^2 .

$$Ic = \frac{Mc}{Ml} \quad (\text{eq.04})$$

Sendo:

Ic = índice de circularidade;

Mc = comprimento ou comprimento vetorial, m;

Ml = maior largura ou largura vetorial, m.

3.4 Cálculo do percentual de volume escoado em relação ao volume precipitado

Os cálculos dos percentuais de volume escoado, em relação ao volume precipitado, foram realizados com a utilização da precipitação, da vazão e da área de cada bacia com vereda, conforme descrição abaixo:

a) volume precipitado na bacia = (valor precipitado x área da bacia),

b) volume escoado na foz = (Σ valores diários de vazão x 86.400),

c) percentual escoado em relação ao valor precipitado = (volume precipitado – volume escoado x 100 ÷ volume precipitado).

3.5 Medição e delimitação de área

A medição e a delimitação da área foram realizadas por meio de imagens de satélites de 21 de agosto de 2009, 14 de dezembro de 2009 e 15 de março de 2010 e de cartas topográficas planialtimétricas do Serviço de Geografia do Exército - SGE (1980). A utilização das imagens de satélites, com pixel de 1 m e 5 m, e as cartas com curvas de níveis possibilitaram a visualização da área da bacia. Em seguida, realizou-se uma varredura, por meio de sobrevoo e a pontuação de coordenadas (UTM), com a utilização de um aparelho GPS (*Global Position System*) portátil, modelo Garmin Map 76 CSX, para confirmar áreas duvidosas e verificar a existência de novas áreas abertas após imagem de satélite. Por fim, foi realizada a verificação *in loco* para constatação e medição das áreas e também para ajustar áreas de drenagem, por meio de verificação das marcas de escoamento das águas pluviais.

3.6 Histórico do uso e de ocupação do solo

O histórico do uso e de ocupação do solo na APA do rio Pandeiros foi obtido pela própria experiência do pesquisador, onde essas informações foram reunidas durante 24 anos de experiência na região. Estas informações foram obtidas pela atuação em organizações governamentais (Secretaria de Estado de Ações Social de Minas Gerais, Instituto Estadual de Florestas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), não governamentais (Associações Comunitárias Rurais, Cáritas Diocesana de Januária e Associação Ambiental de Januária) e nos movimentos sindicais e sociais (Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Januária, Pastoral da Terra). Desse modo, durante esse período, informações sociais, culturais e ambientais foram acumuladas, principalmente em relação ao uso e à ocupação das áreas de veredas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do estágio de conservação e o uso e ocupação do solo das bacias com veredas estudadas

Nas bacias com veredas pesquisadas, observou-se grande variação em relação ao uso e à ocupação das áreas e do estágio de conservação das mesmas (TAB. 1, FIG. 3).



FIGURA 3 - Principais impactos ambientais observados nas bacias com veredas da APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais:

- a) Queimadas
- b) Agricultura de subsistência
- c) Ocupação das veredas.

Fonte: Arquivo pessoal.

TABELA 1

Áreas das bacias hidrográficas com veredas analisadas (em ha) na APA do rio Pandeiros (norte de Minas Gerais) e porcentagem de áreas sem cobertura vegetal nativa total, de cerrado e de veredas

Vereda	Área da bacia (ha)			Cerrado(ha)			Vereda(ha)		
	Área total	S/cober. vegetal	%	Área total	S/cobert. Vegetal	%	Área total	S/ cobert. vegetal	%
São Francisco	1.082,0	4	0,37	1.044,0	3,9	0,37	38,0	0,1	0,26
Água Doce	2.344,0	22	0,94	2.248,0	21,7	0,97	96,0	0,3	0,31
Almescla	2.814,0	7	0,25	2.660,0	5,9	0,22	154,0	1,1	0,71
Buriti Grosso	4.648,0	244	5,3	4.298,0	69,0	1,6	350,0	175,0	50,0
Pindaibal	28.908,0	20.273	70,1	26.693,0	19.098,0	71,5	2.215,0	1.175,0	53,2
Capivara	3.256,0	61	1,9	3.174,0	0,0	0,0	82,0	61,0	74,4

A área total da bacia do Pindaibal é de 28.908 ha, sendo 26.693 ha de cerrado e 2.215 ha de vereda. A área da bacia sem cobertura vegetal representou 70,1% do total, ou seja, as áreas de cerrado e de veredas impactadas somadas. Entre as áreas exclusivas de cerrado, a parte sem cobertura vegetal somou 71,5% e, entre as áreas de veredas, a parte sem cobertura vegetal totaliza 53,2%. No início da década de 1980, por incentivo governamental, foram suprimidas mais de 50,0% da vegetação nativa de cerrado da referida bacia, objetivando o plantio de eucalipto. Na mesma década de 1980, por meio de incentivos fiscais, iniciou-se o uso alternativo das veredas, com plantios de arroz, em que, além da supressão da vegetação nativa, houve a construção de drenos, objetivando o controle da umidade do solo. Após quatro anos de utilização da área, a mesma foi abandonada até a presente data, possibilitando a regeneração natural, porém os drenos construídos ainda estão presentes, cumprindo a função de aceleração do fluxo hídrico da vereda e causando a diminuição da umidade do solo. Atualmente, há pequenas ocupações de áreas de veredas e de cerrado para prática da agricultura de subsistência e pequena criação de gado, por meio do sistema extensivo. Aproximadamente 30% da bacia do Pindaibal, atualmente, estão protegidas por intermédio de uma Reserva Particular de Patrimônio Natural - RPPN.

A área total da bacia da vereda Buriti Grosso é de 4.648 ha, sendo que a área impactada pelo uso alternativo do solo é de 244 ha, representando 5,3% da área total (TAB.1). Dessa área, 4.298 ha são de cerrado, com 69 ha sem cobertura vegetal e 350 ha de veredas. Na área coberta com vegetação de cerrado, ocorreu o plantio de eucalipto, no início da década de 1980, levando à supressão total da vegetação, onde a área foi abandonada logo após o plantio. Apesar de atualmente a cobertura vegetal existir em grande parte dessa área, de acordo com observação realizada por meio de imagem de satélite, no passado (década de 1980), ocorreu o uso alternativo do solo por um curto período em toda a extensão das áreas de veredas (349,5 ha). Os 99,9% do total da área de veredas foram alterados para o plantio de arroz, com drenagem intensa da área e prática da agricultura empresarial, alterando, drasticamente, a vazão da vereda. Assim, anteriormente a esse

impacto, essa vazão apresentava um comportamento bem mais constante, onde não havia a interrupção da sua vazão. O impacto causado na década de 1980, com o uso alternativo do solo nas áreas de recarga hídrica e dentro das áreas de solos hidromórficos de veredas, evidencia que as alterações registradas aconteceram após a intervenção em sua bacia hidrográfica. Atualmente, a bacia da vereda Buriti Grosso encontra-se protegida, por meio da criação de uma RPPN em toda a sua extensão. Com essa medida, a cobertura vegetal nativa está em processo de regeneração natural. Porém os drenos construídos dentro da vereda continuam abertos, cumprindo a sua função de acelerar o escoamento das águas. Uma vez que a primeira intervenção na área de vereda ocorreu nos anos 1980 e, após quatro anos de uso do solo, as atividades foram encerradas e toda área passou a ser protegida, portanto, considerou-se um percentual de impacto estimado para a vereda Buriti Grosso de 50,0%.

A bacia da vereda Almescla possui área total de 2.814 ha, sendo 2.660 ha de cerrado, representando 94,5% da área da bacia e, 154 ha de veredas, representando 5,5%. A área de cerrado sem cobertura vegetal é de apenas 5,9 ha, equivalendo a 0,2% da área total da bacia e 0,22% da área específica de cerrado, enquanto que a área de vereda sem cobertura é de 1,1 ha, representando 0,039% da área total da bacia e 0,71% da área específica de veredas (TAB. 1). Há menos de uma dezena de pequenas áreas com plantio que nunca ultrapassam a 0,25 ha nas áreas de veredas, praticado por pequenos produtores, que, em sua maioria, não possui o título das terras, porém, reside naquela região há mais de um século na condição de posseiro. A parte da bacia da margem esquerda da vereda da Almescla está protegida, por meio de uma RPPN, criada há sete anos, por um consórcio de empresas do sul de Minas Gerais, para atender às exigências da legislação ambiental, no tocante à reserva legal.

A bacia da vereda do São Francisco possui uma área total de 1.082 ha, sendo 1.044 ha de cerrado, representando 96,5% e 28 ha de veredas, representando 2,58% da bacia (TAB. 1). A área de cerrado sem cobertura vegetal é igual a 3,9 ha, ou seja, 0,37% da área da bacia. A área de vereda sem cobertura vegetal é de 0,1 ha, representando 0,009% da área total. O

bom estado de conservação dessa bacia deve-se ao fato de que a área estava inserida dentro de uma grande propriedade adquirida apenas com objetivo de especulação e de investimento financeiro. Portanto, não foi desenvolvida nenhuma atividade econômica, ou seja, atividade com uso alternativo do solo. Pouca variação foi observada na vazão dessa bacia e, atualmente, essa encontra-se totalmente inserida numa RPPN, com serviço de prevenção contra fogo e interferência de animais domésticos.

A área total da bacia da vereda Capivara é de 3.256 ha, sendo 3.174 ha. de cerrado, com 100% de cobertura vegetal e 82 ha de veredas, com apenas 25,6% de cobertura vegetal. A bacia ocupa o quarto lugar em grandeza de área, quando comparada com as bacias citadas anteriormente. A área de vereda sem cobertura vegetal encontra-se atualmente em uso, com a utilização da agricultura familiar, na produção de mandioca, milho, feijão, capim e cana de açúcar. A parte de cerrado não sofreu nenhuma supressão em sua cobertura vegetal nativa. Há a ocorrência eventual de fogo descontrolado, provocando grandes áreas queimadas, atingindo a maior parte da sua bacia, inclusive as áreas de vereda. As terras são pertencentes a grandes empresas que possuem a posse da mesma, porém os donos não efetivaram o cercamento e nem mesmo o monitoramento de suas áreas, deixando, com isso, aberta para a apropriação de posseiros.

A área da bacia da vereda Água Doce é de 2.344 ha, sendo 2.248 ha de cerrado, representando 95,9%, e 96 ha de veredas, perfazendo 4,09% da área total da bacia (TAB.1). As áreas sem cobertura vegetal de cerrado são de 22 ha, ou seja, 0,94% e de vereda de 0,3 ha, equivalente a 0,013%, do total da bacia. Essas pequenas áreas desmatadas são ocupadas por pequenos agricultores familiares que residem ali por várias décadas, praticando o plantio de milho e mandioca e, até mesmo, a produção de carvão ilegal da mata nativa, em forma de catação, utilizando o corte raso, sem destoca. Essa prática permite uma regeneração mais acelerada do cerrado. Não há registro de grandes desmatamentos em sua bacia, porém foi registrada a ocorrência de queimadas no cerrado, praticada de forma criminosa, fenômeno registrado também na bacia da vereda Capivara. Nota-

se o pisoteio do gado em alguns pontos de bebedouro dentro da vereda, provocado por meio da criação extensiva da bovinocultura.

A ocupação e o uso do solo das bacias com veredas estudadas, atualmente, são caracterizados por famílias com renda baixa, provinda da exploração agrícola, com índices de produtividade bem abaixo da média regional, sendo que essa exploração agrícola é realizada dentro das veredas, onde o solo é mais fértil, devido ao acúmulo de matéria orgânica na área turfosa, e úmido, por causa da exsudação do lençol freático (BOAVENTURA, 2007). Portanto, as famílias que moram nessas áreas se mantêm com auxílios de programas sociais governamentais e utilizam, ainda, os frutos nativos como complemento alimentar, excetuando as suas atividades produtivas de forma rudimentar. Não foi detectada nenhuma utilização de máquinas ou equipamentos agrícolas para o cultivo dos pequenos plantios, sendo todo trabalho de exploração realizado pelo sistema braçal e, sempre na área de abrangência da vegetação das veredas, ou seja, em solos hidromórficos. Áreas ainda não exploradas na região devem-se à baixa fertilidade do solo e à ocupação por posseiros extrativistas que ali residem desde o seu nascimento, reproduzindo uma cultura herdada dos seus antecessores, com o sistema de roça de toco.

4.2 Variação de vazão das bacias com veredas

A bacia da vereda Água Doce apresentou vazão máxima de 62Ls^{-1} , mínima de 22Ls^{-1} , com coleta de dados de vazão mensais, durante 12 meses (GRAF. 1). Foi observado uma regularidade na vazão durante o período avaliado, com um aumento e uma diminuição lenta e gradual dos valores de vazão coletados. Nessa bacia, foi instalada uma estação meteorológica. O registro das precipitações pluviométricas foi diária, possibilitando a comparação com dados pluviométricos da outra estação instalada na bacia da vereda Almescla. A distribuição das chuvas na bacia da vereda Água Doce apresentou pluviosidade total de 944 mm, durante o ano pesquisado. Percebem-se a ocorrência de um veranico em novembro (dias 61 a 91) de 2009. Durante esse veranico(dias 62 a 92), a vazão da bacia caiu

de 62 L s^{-1} para 25 L s^{-1} , sendo o último valor o limite mínimo de vazão registrada durante todo o período de estiagem, ou seja, bastou um mês sem chuvas para que a bacia apresentasse rapidamente uma vazão baixa, porém constante. Logo após o encerramento dos períodos de alta precipitação, ocorrem uma diminuição da vazão até alcançar uma vazão mínima constante, que permaneceu durante todo o período de estiagem, garantindo, assim, a perenização da calha da vereda. Segundo relato dos moradores, a condição registrada da vazão com baixa oscilação, mesmo em períodos de estiagem, é típica dessa bacia, sendo que a mesma tem apresentado uma regularidade na vazão durante décadas, não havendo outro comportamento já presenciado por eles, mesmo os mais antigos residentes naquela região.

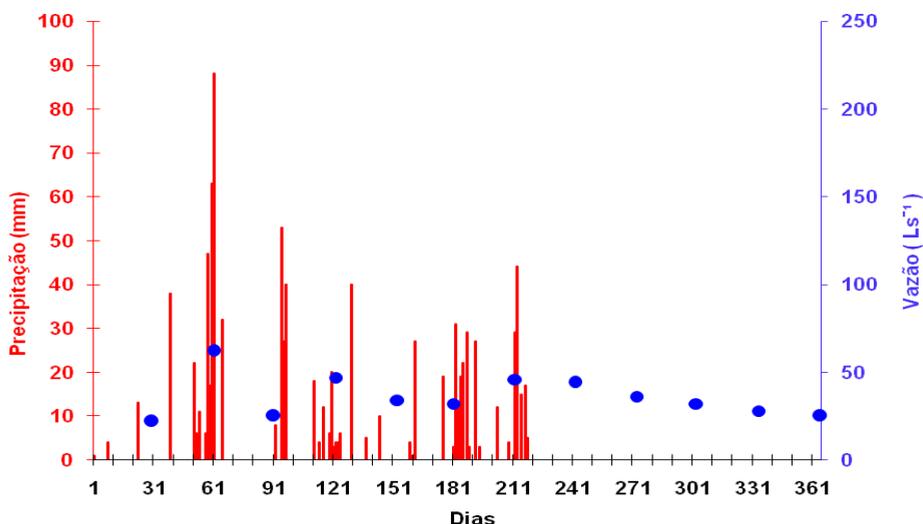


GRÁFICO 1 – Vazão (L s^{-1}) e precipitação (mm), no período de setembro 2009 a agosto de 2010, na bacia da vereda Água Doce, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais

Fonte: Dados da pesquisa.

A bacia da vereda Almescla apresentou uma vazão máxima de 126 L s^{-1} , mínima de 26 L s^{-1} , dados obtidos por meio de acompanhamento diário durante o período de monitoramento (GRAF. 2). A bacia da vereda Almescla não apresentou período de intermitência ou picos muito elevados de vazão, mesmo após o registro de altos valores de precipitação, como ocorreu no final de outubro (dia 61), com a precipitação ultrapassando os 80 mm. Mesmo assim, a vazão foi de 126 L s^{-1} , não correspondendo a mais de 5 vezes a

vazão mínima. Observando novamente o GRAF. 2, observa-se que os picos de vazão do final de novembro (dia 95) e início de março (dia 186), possuem valores muito próximos do pico de vazão do final de outubro (dia 61) e, quando verificando os índices de precipitação dos três picos, o primeiro chegou a 80 mm, enquanto o segundo e o terceiro não ultrapassaram os 35 mm, demonstrando um comportamento de equilíbrio também na vazão máxima. Durante o veranico, a bacia teve um comportamento na vazão, muito parecido com a bacia da vereda Água Doce, ou seja, a vazão baixou até próximo à mínima (dia 93)

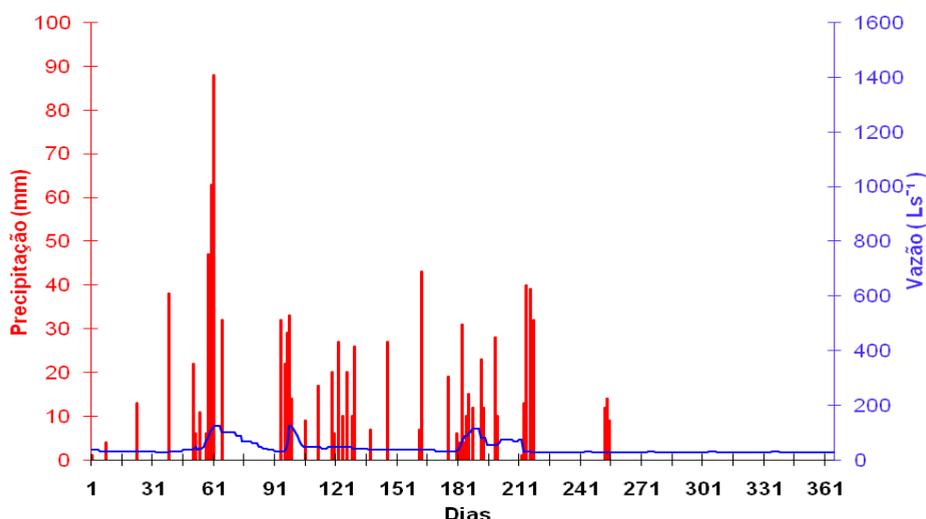


GRÁFICO 2 – Vazão (Ls^{-1}) e precipitação (mm) coletadas diariamente, no período de setembro 2009 a agosto de 2010, na bacia da vereda Almescla, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais.

A bacia da vereda Buriti Grosso apresentou uma vazão máxima de 207Ls^{-1} , ficando seca por cinco meses, durante um ano de monitoramento mensal (GRAF. 3) Durante o veranico ocorrido em novembro de 2009 (dias 62 a 92), a vazão caiu de 207Ls^{-1} , no início do mês para 3Ls^{-1} , no último dia do mês, uma queda de vazão muito diferente das bacias da vereda Água Doce e Almescla, sendo que a vereda Buriti Grosso não apresenta uma vazão mínima, mas sim o secamento total, sendo que a bacia mesma chegou a intermitência durante apenas trinta dias sem chuvas. Observando novamente o GRAF. 3, nota-se uma oscilação muito grande na vazão, uma vez que a mesma acompanha os valores pluviométricos, como ocorreu no

final de outubro, enquanto a precipitação alcançou valor acima de 80 mm, a vazão chegou a mais de 200 Ls^{-1} , no final do veranico, a vazão estava próximo de zero. Em janeiro de 2010, a vazão foi acima dos 50 Ls^{-1} . Em fevereiro de 2010, aproximou novamente do zero. Com as chuvas de março de 2010, subiu pra mais de 150 Ls^{-1} . Com o final do período chuvoso, em abril de 2010, os valores já se encontravam próximos do zero novamente. Não só durante o veranico, mas também durante os períodos chuvosos e estiagem, a vereda Buriti Grosso apresentou um comportamento na vazão muito diferente das veredas Almescla e Água Doce, enquanto a primeira apresentou um desequilíbrio na vazão, com grandes oscilações e secamento total, as outras duas permanecem com a vazão muito equilibrada e, na ausência das chuvas, as vazões caem, até encontrar um valor mínimo constante e permanecem até as próximas temporadas chuvosas, garantindo a perenização dessas veredas.

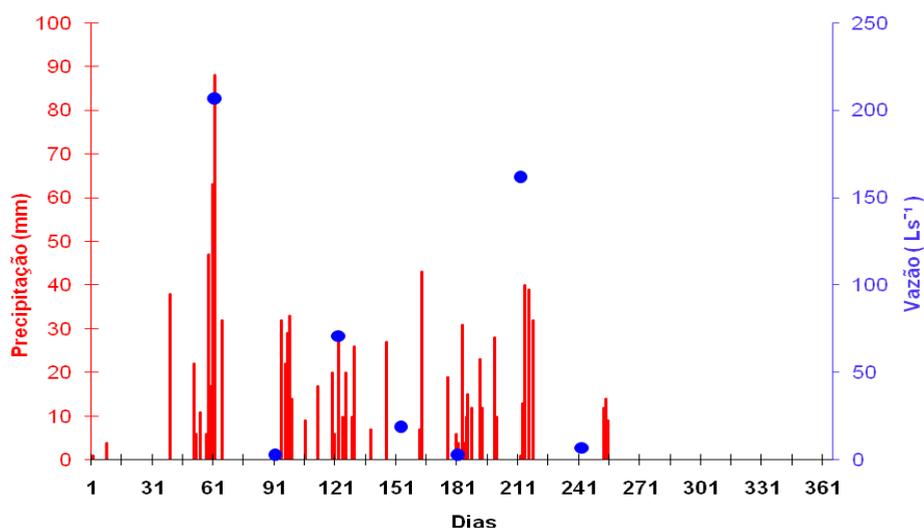


GRÁFICO 3 – Vazão (Ls^{-1}) e precipitação (mm), no período de setembro 2009 a agosto de 2010, na bacia da vereda Buriti Grosso, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais

Fonte: Dados da pesquisa.

A bacia da vereda Capivara apresentou resultados diferentes entre as seis veredas pesquisadas, uma vez que, mesmo durante o período chuvoso, não foi registrada vazão em sua foz. A média pluviométrica não difere das outras veredas relatadas, considerando que foi registrado uma quantia total

no ano pesquisado de 1041 mm nas bacias das veredas São Francisco, Almescla, Pindaibal e Buriti Grosso, contra 944 mm na bacias das vereda Capivara e Água Doce. A distribuição das chuvas ocorreu muito parecida com a das outras bacias, iniciando no mesmo mês de setembro, mesmo com poucos e baixos valores pluviométricos e apresentando um veranico no mês de novembro. O dia com maior incidência de chuvas alcançou 87 mm em 24 horas e, logo após esse acontecimento, iniciou-se o veranico. As leituras foram realizadas mensalmente, porém não ocorreu vazão no intervalo das leituras mensais, conforme observações realizadas em uma estrada muito arenosa que cruza a foz da vereda, uma vez que o escoamento mesmo instantâneo deixaria marcas no areal, fato não constatado durante as observações.

A vazão na bacia da vereda Pindaibal variou de zero a 1500 L s^{-1} , durante o período de um ano de monitoramento diário (GRAF. 4). O início do ciclo do fluxo hídrico (vazão) da referida bacia, considerando a existência de um período de intermitência, foi no dia 10 de outubro de 2009, pouco mais de um mês após o início dos trabalhos de monitoramento. Mesmo ocorrendo precipitação de 18 mm em setembro de 2009, essa precipitação não foi suficiente para o início da vazão na bacia. A partir da segunda chuva, com 38 mm precipitado, no dia 09 de outubro de 2009, é que ocorreu, no dia seguinte, a vazão da estação chuvosa da bacia da vereda Pindaibal, perdurando por oito meses, ou seja, até o dia 08 de junho de 2010. Observa-se ainda, no GRÁF. 4, a ocorrência de um veranico, em novembro(dias 62 a 92) de 2009. Nesse mês, ocorreu chuva somente no dia quatro, com apenas 32 mm precipitado. Assim, a bacia que apresentava uma vazão de 1500 L s^{-1} no dia primeiro de novembro, chegou ao dia 31 com vazão de apenas 13 L s^{-1} , bem próximo do secamento de sua calha. A bacia da vereda Pindaibal apresentou uma vazão com muita oscilação, de forma a acompanhar a variação dos valores pluviométricos, comportamento idêntico ao da bacia da vereda Buriti Grosso e bem diferente da Almescla e da Água doce, que, além de apresentarem uma maior regularidade na vazão, ainda permaneceram perenes durante todo o período do ano.

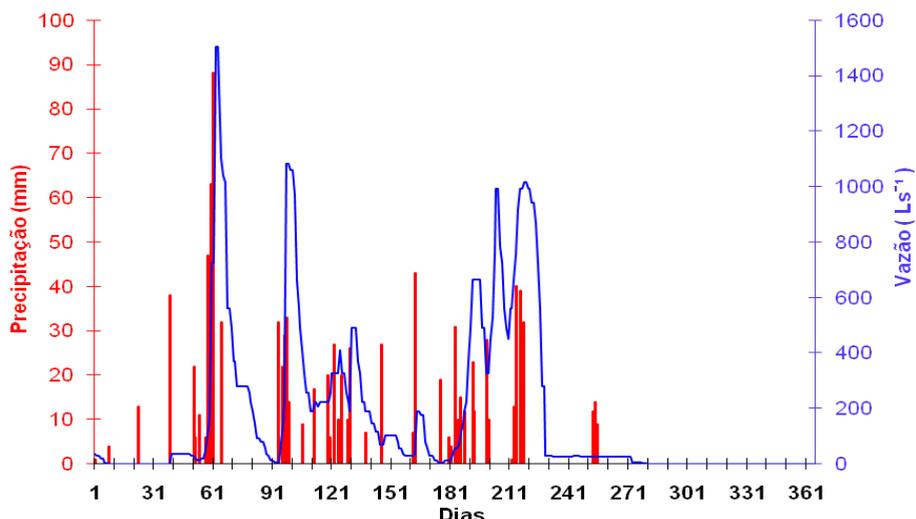


GRÁFICO 4 – Vazão (Ls^{-1}) e precipitação (mm), coletadas diariamente, no período de setembro 2009 a agosto de 2011, na bacia da vereda Pindaibal, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais

Fonte: Dados da pesquisa.

A bacia da vereda São Francisco apresentou uma vazão máxima de $91 Ls^{-1}$ e mínima $50 Ls^{-1}$, com uma variação inferior às bacias das veredas acima relatadas (GRAF. 5). Mesmo com acompanhamento mensal, evidenciou-se a baixa variação da vazão nessa bacia, sendo que os dados foram coerentes durante todo período de coleta, no decorrer do ano. O veranico ocorrido na região no mês de novembro não causou baixa da vazão dessa bacia. Os picos de precipitação também não determinaram aumento imediato da vazão, sendo que a vazão aumentava após vários dias chuvosos ao longo do mês ou até mesmo por mais de um mês e a redução da vazão também ocorria da mesma forma, lenta e gradual. Quando comparada a bacia da vereda São Francisco com as cinco bacias pesquisadas, nota-se um comportamento na dinâmica da vazão muito parecido com as bacias das veredas Almescla e Água Doce, porém diferente da Buriti Grosso e Pindaibal, com sua vazão oscilando muito e sem uma apresentar uma vazão mínima constante.

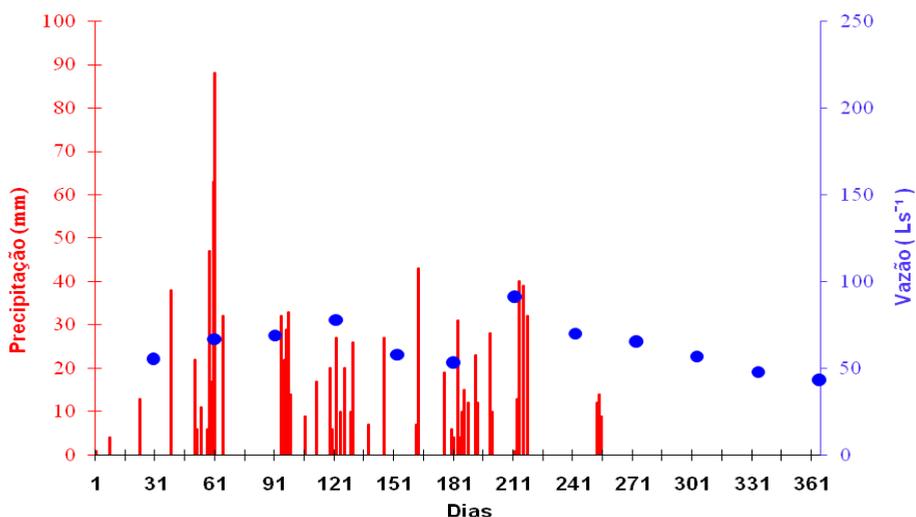


GRÁFICO 5 – Vazão (Ls^{-1}) e precipitação (mm), no período de setembro 2009 a agosto de 2010, na bacia da vereda São Francisco, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais

Fonte: Dados da pesquisa.

Com relação à bacia da vereda Capivara, não é possível fazer comparação, pois a mesma não apresentou vazão.

4.3 Variação da vazão entre as bacias com veredas preservadas e impactadas

4.3.1 Bacias com veredas preservada e impactada com medição diária

A bacia da vereda Almescla encontra-se bem preservada, apresentando um percentual de intervenção abaixo de 1%, uma vez que a mesma também apresentou uma vazão com baixa variação e uma vazão mínima constante, relacionando a preservação ao equilíbrio na vazão. A bacia da vereda Pindaibal apresenta um percentual de intervenção acima de 50%, tanto na bacia, quanto em área de vereda. Essa bacia apresentou grande desequilíbrio em sua vazão, além do secamento total, podendo co-relacionar o alto grau de intervenção ao desequilíbrio na vazão da bacia. As duas bacias apresentaram diferentes graus de intervenção antrópica (solo sem cobertura vegetal nativa), conforme foi demonstrado anteriormente na

caracterização das bacias com veredas e na descrição do uso e ocupação do solo. Assim, a bacia da vereda Almescla pode ser considerada como preservada e a bacia da vereda do Pindaibal, como impactada.

Nestas duas bacias, dados de vazão e de precipitação foram tomados diariamente para efeito de comparação. Os dados diários permitem analisar o comportamento da vazão após cada evento de precipitação, representando a relação chuva x vazão em curto prazo. Por exemplo, o tempo em que as águas das chuvas levaram para demonstrar variação na vazão da foz das bacias não ultrapassou três dias, dados que as medições mensais não poderiam mensurar.

Assim, a precipitação pluviométrica, durante os dozes meses de pesquisa, demonstrou boa distribuição das chuvas de setembro a outubro de 2009 e de dezembro de 2009 a março de 2010 nas áreas analisadas. Ocorreu um período de estiagem durante quase todo mês de novembro, mais precisamente nos dias 65 a 94. Os limites máximos de precipitação diária não ultrapassaram 84 mm, sendo que a maior parte da precipitação diária não chegou a 40 mm, demonstrando a inexistência de chuvas torrenciais, que seriam um fator determinante para picos elevados de vazão. Mesmo assim, ocorreram picos de vazão muito acentuados na bacia da vereda Pindaibal, conforme pode ser observado nos dias 65, 99 e 205, que correspondem dias do mês de novembro (início e final) de 2009 e março de 2010 (GRAF. 6)., enquanto que, na bacia da vereda Almescla, não foram observados picos expressivos de vazão, permanecendo perene durante todo o período estudado.

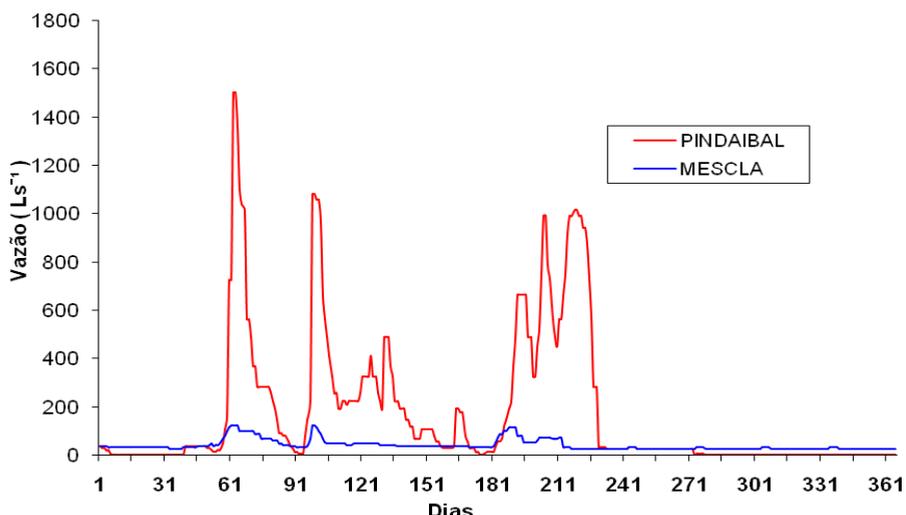


GRÁFICO 6 – Vazão (Ls^{-1}), no período de setembro 2009 a agosto de 2010 (365 dias de observação) nas bacias das veredas Almescla e Pindaibal, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais

Fonte: Dados da pesquisa.

Outro fator que demonstra diferenças entre essas duas bacias, é que na bacia da vereda Pindaibal, mesmo com vazão que alcançou $1500 Ls^{-1}$, foram observados quatro períodos de secamento total, nos dias 5 a 40, 95, 177 e 276 a 365 (GRAF. 6). A intensidade dos valores pluviométricos não foi o fator que contribuiu para a alteração na vazão das bacias com veredas analisadas, já que as duas bacias receberam o mesmo aporte pluviométrico e a vazão entre as mesmas oscilou expressivamente. O que ainda prevalece como fator determinante na perturbação da vazão é o nível de impacto em sua cobertura vegetal nativa, sofrido pela bacia, em área de solo hidromórfico, tendo em vista que a bacia da vereda Almescla, com vazão bem mais regular, apresenta porcentagem de área, em toda a sua bacia, sem cobertura vegetal igual a 0,25%, enquanto a bacia da vereda Pindaibal, que possui 70,1% da área sem cobertura vegetal, apresentou uma vazão totalmente irregular.

Na TAB. 2, estão listados dados geográficos, planialtimétricos e características hídricas das bacias com veredas estudadas. Observa-se que as dimensões das bacias são bem diferentes entre a Almescla e a Pindaibal, principalmente em relação à área do círculo, onde a bacia da vereda

Pindaibal é 13 vezes maior que a da Almescla. Além disso, grandes variações foram detectadas em perímetro, em largura e em comprimento.

TABELA 2

Parâmetros geográficos, planialtimétricos e de caracterização hídrica das bacias das veredas Almescla e Pindaibal, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais

Parâmetros	Bacias	
	Almescla	Pindaibal
Coordenadas	S 15° 22' 25"	S 15° 26' 29"
	W 44° 55' 23"	W 45° 03' 52"
Área da bacia (Km ²)	28,142	289,080
Perímetro (Km)	22,913	96,987
Largura vetorial (Km)	5,549	19,948
Comprimento vetorial (Km)	8,277	28,534
Comprimento do rio (Km)	11,287	30,944
Área do círculo (Km ²)	55,922	767,025
Altitude máxima (m)	666 m	640 m
Altitude mínima (m)	559 m	561 m
Ordem hierárquica	3 ^a	2 ^a

Por meio dos dados apresentados na TAB.2, foi possível calcular os valores dos coeficientes de compacidade (Kc) e dos índices de circularidade (Ic), contidos na TAB. 3. O coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro e a área de um círculo que envolve a bacia hidrográfica (VILLELA; MATTOS, 1975). O Kc indica tendência de enchentes (alteração na vazão). Quanto mais o Kc aproxima de 1, maior a probabilidade de picos de vazão. Portanto, quando se analisam os dados da bacia da vereda Almescla, com Kc igual a 1,21, nota-se que essa bacia possui maior tendência de enchentes, comparada com a bacia da vereda Pindaibal, que apresentou Kc de 1,60 (TAB. 3). Apesar disso, mesmo a bacia da vereda da Almescla possuindo maior tendência às enchentes, isso não foi observado. Portanto, o coeficiente de compacidade não contribuiu para a alteração na vazão da bacia da vereda Pindaibal, quando comparada com a Almescla.

TABELA 3

Valores de coeficiente de compacidade e do índice de circularidade para as bacias das veredas Almescla e Pindaibal, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais

Parâmetros	Bacias	
	Almescla	Pindaibal
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,21	1,60
Índice de circularidade (Ic)	1,49	1,43

Índices de circularidade iguais a 0,51 representam menor possibilidade de escoamento rápido, de forma a não contribuir para enchentes (MULLER, 1953; SCHUMM, 1956), enquanto que os índices maiores que 0,51 indicam um formato mais próximo da circular, favorecendo o processo de escoamento rápido e provocando picos elevados de vazão na sua foz (MULLER, 1953; SCHUMM, 1956). Quando comparado o índice de circularidade da bacia vereda Almescla (TAB. 3), de 1,49, com o índice da bacia da vereda Pindaibal, de 1,43, nota-se que a probabilidade de picos elevados de vazão da bacia da vereda Almescla também é maior do que a bacia da vereda do Pindaibal. Entretanto, ao comparar esses dados com os valores de vazão e de precipitação das bacias estudadas, observa-se o contrário, demonstrando que o índice de circularidade não foi um fator que determinou uma maior alteração na vazão da bacia da vereda do Pindaibal, considerando que a bacia da vereda Almescla, mesmo com maior probabilidade de enchentes, apresentou uma vazão bem mais equilibrada, com menores oscilações.

4.3.2 Bacias com veredas preservadas e impactadas

O comportamento da vazão também foi comparado entre as seis bacias analisadas, considerando assim os dados mensais de vazão e de precipitação. Foram consideradas preservadas as bacias das veredas Água Doce, Almescla e São Francisco; impactadas, as bacias das veredas Buriti Grosso, Capivara e Pindaibal (veja item 4.1). As estações meteorológicas utilizadas ficaram posicionadas nas bacias da vereda Água Doce e da vereda

Almescla, numa distância de 15 km entre si. Os valores pluviométricos da estação da bacia da vereda Água Doce registraram 944 mm/ano, quando os dados foram utilizados também para a bacia da vereda Capivara, com a qual faz limites. A estação da bacia da vereda Almescla registrou 1041 mm/ano, sendo que os dados, além de serem utilizados para a própria bacia, foram utilizados também para as bacias das veredas São Francisco, Buriti Grosso e Pindaibal, as quais se limitam com a bacia da vereda Almescla formando, assim, dois blocos de bacias hidrográficas com distância menor que 10 Km entre si. Os valores e os dias de precipitação são muito parecidos entre as duas estações, portanto, o comportamento semelhante na quantidade e na distribuição das chuvas entre as seis bacias possibilita uma comparação com maior precisão entre bacias preservadas e impactadas.

Durante o veranico ocorrido no mês de novembro de 2009, a vazão da bacia da vereda Almescla diminuiu, porém os valores oscilaram muito pouco, tanto anterior quanto após a estação chuvosa. Comparada com as bacias preservadas, a variação da vazão da bacia da vereda Almescla foi bem menor. Em especial, a variação da bacia da vereda Almescla, comparada com sua vizinha mais próxima, a bacia da vereda Pindaibal, aparentemente com as mesmas características físicas de solo, vegetação (BAHIA, 2011) e condições climáticas, apresentou vazão máxima de 1500Ls^{-1} e mínima nula, ou seja, uma grande oscilação no período chuvoso e a intermitência durante os meses de estiagens. A bacia da vereda da Almescla, mesmo apresentando vazão máxima de 120Ls^{-1} , muito inferior à vazão máxima da bacia da vereda Pindaibal, apresentou vazão mínima nunca inferior a 26Ls^{-1} , garantindo, assim, a sua perenização. Os valores pluviométricos das bacias das veredas Almescla e Pindaibal foram iguais, pois as duas bacias fazem limites e a estação meteorológica utilizada foi instalada próximo ao limite das mesmas. Desse modo, a vazão diferiu bastante entre as duas bacias. Por exemplo, com o veranico ocorrido no mês de novembro de 2009, a bacia da vereda Almescla também apresentou uma queda na vazão (GRAF. 2), sendo que, no dia primeiro de novembro de 2009, a vazão estava em 123Ls^{-1} , próxima da máxima, que é de 126Ls^{-1} , e, no dia 30 de novembro de 2009, a vazão registrada foi de 31Ls^{-1} , muito próxima da mínima registrada, que é de

26 Ls^{-1} , porém, ao se aproximar da vazão mínima, a mesma busca uma constância, assim como durante todo o período de estiagem.

Nas bacias das veredas Pindaibal e Buriti Grosso, observou-se um comportamento idêntico no período de veranico, onde houve uma queda brusca em suas vazões mínimas, próximas a zero, diferente do observado para a bacia da vereda Almescla. Esse comportamento pode ser explicado pelo bom estágio de conservação da bacia da vereda Almescla e, ao contrário, o grau de impacto sofrido pelas bacias das veredas Pindaibal e Buriti Grosso.

A vazão da bacia da vereda São Francisco apresentou uma maior constância entre as bacias anteriormente descritas. A sua vazão máxima chegou pouco menos do dobro da mínima. A presença de grandes picos de vazão ou do veranico não apresentou variações significativas na vazão dessas. Durante o veranico ocorrido no mês de novembro de 2009, a vazão permaneceu constante em relação ao mês anterior. Reforçando os resultados das bacias anteriores, a bacia da vereda São Francisco, a mais preservada entre as seis investigadas, apresentou a menor oscilação nos valores de vazão.

Não foi possível descrever a vazão da bacia da vereda Capivara, porque a mesma não apresentou registros de vazão, mesmo com valores pluviométricos iguais aos da bacia da vereda Água Doce, que ocupou o segundo lugar em regularidade na vazão entre as seis bacias investigadas.

A bacia da vereda Água Doce apresentou uma vazão muito equilibrada, quando comparada com as bacias impactadas, perdendo apenas para a bacia da vereda São Francisco, que apresentou variação menor que o dobro entre máxima e mínima. As bacias das veredas Água doce, São Francisco e Almescla, consideradas preservadas, apresentaram variação muito parecida entre si e totalmente diferente, quando comparadas com as bacias das veredas Pindaibal, Buriti Grosso e Capivara, consideradas impactadas.

A vazão mínima entre as bacias preservadas foi de 22 Ls^{-1} e a vazão máxima não ultrapassou 126 Ls^{-1} , com variação entre mínima e máxima abaixo de cinco vezes. A maior variação entre as bacias preservadas ocorreu

na bacia da vereda Almescla e a menor, na bacia da vereda São Francisco. Mesmo com leituras mensais em duas das três bacias preservadas, foi possível visualizar, por meio dos gráficos de vazão, apenas pequenas oscilações durante o ano, inclusive durante o veranico ocorrido no mês de novembro de 2009. Não ocorreu período de intermitência na vazão dessas bacias. Suas vazões garantiram a perenização dos cursos d'água, mesmo no período mais crítico de estiagem, ocorrido sempre entre agosto e novembro de cada ano.

Ao analisar as bacias impactadas, a vazão mínima das três foi zero, enquanto a maior vazão máxima ocorreu na bacia da vereda Pindaibal, com valor igual a 1500 L s^{-1} , ou seja, centenas de vezes a vazão mínima, apresentando uma vazão com grande desequilíbrio em todas as bacias impactadas, ou até mesmo chegando ao extremo, como aconteceu com a bacia da vereda Capivara, com interrupção total da vazão. Durante o veranico, apenas a bacia da vereda Buriti Grosso não apresentou vazão nula, porém chegou a 3 L s^{-1} no dia da leitura mensal, podendo até mesmo ter secado, mas como as leituras não foram diárias, esses dados podem não ter sido registrados.

Quando comparadas as vazões das bacias impactadas com as bacias preservadas, os seus gráficos de vazão apresentaram oscilações muito diferentes. As vazões das bacias impactadas são muito parecidas entre si, apresentando uma vazão apenas durante o período chuvoso e, mesmo durante as chuvas, bastou a ocorrência de um veranico de trinta dias, para que as vazões dessas bacias chegassem a zero. Após sessenta dias do final da estação chuvosa, todas as bacias impactadas encontravam-se secas, enquanto as bacias preservadas reduziram as suas vazões, mas a amplitude de variação entre máxima e mínima não foi tão discrepante quanto ao ocorrido nas bacias impactadas. Tanto as bacias preservadas quanto as bacias impactadas reduzem as suas vazões rapidamente, após um veranico prolongado ou o final do período chuvoso, porém, enquanto as impactadas diminuem até o secamento, as preservadas diminuem até alcançar uma mínima estável que permanece durante todo o período de estiagem, garantindo, assim, a perenização das mesmas. Esses resultados corroboram

os obtidos por Maffia *et al.* (2009), que estudaram bacias com veredas e observaram que, nos meses de estiagem, a vazão mínima permanece constante.

Não foi observar se as bacias com veredas, quando comparados o grau de preservação das bacias das veredas preservadas e impactadas, em suas partes altas, ou seja, fora dos solos hidromórficos, os níveis de preservação, possuem relação com a desregularização na vazão e nem com a diminuição do volume de escoamento nas fozes das veredas. Porém, quando comparados o percentual de área impactada de solo hidromórficos em cada vereda com o volume de escoamento, esse volume diminuiu sequencialmente entre as seis veredas. Assim, o aumento das áreas de solos hidromórficos antropizadas (TAB. 4) causa o incremento na desregularização da vazão, confirmando o trabalho realizado por Pereira (2010), que admite que a preservação da vereda contribui para uma menor variação de sua vazão.

TABELA 4

Percentuais de áreas de veredas e cerrados sem cobertura vegetal e percentual de volume escoado, nas bacias das veredas São Francisco, Água Doce, Almescla, Buriti Grosso, Pindaibal e Capivara, na APA do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais

Vereda	% de área de cerrado sem cobertura vegetal	% de área de vereda sem cobertura vegetal	% de volume escoado em relação ao volume precipitado
São Francisco	0,37	0,26	17,62
Água Doce	0,97	0,31	5,16
Almescla	0,22	0,71	4,89
Buriti Grosso	1,6	50,0	2,61
Pindaibal	71,5	53,2	1,85
Capivara	0	74,4	0

5 CONCLUSÃO

O estágio de preservação das áreas de veredas, com solos hidromórficos, está diretamente ligado à dinâmica do fluxo hídrico, portanto, conforme diminuem as áreas com cobertura vegetal nativa nessas áreas, a vazão vai se desestabilizando e diminuindo até chegar ao secamento total, mesmo que as áreas de entorno das veredas (fora do solo hidromórfico), porém dentro da bacia, estejam preservadas.

As bacias das veredas São Francisco, Água Doce e Almescla, com maiores percentuais de áreas de veredas(solo hidromórfico), com cobertura vegetal nativa, apresentaram uma menor variação em sua vazão e mantiveram-se perenes durante todo o ano, enquanto as bacias das veredas Capivara, Buriti Grosso e Pindaibal, com menores percentuais de áreas de veredas (solo hidromórfico), com cobertura vegetal nativa, apresentaram grandes variações em suas vazões e chegaram ao secamento total, durante o período de estiagem.

Bacias mais propícias a enchentes, devido a suas conformações morfológicas, podem apresentar uma vazão bem mais equilibrada, quando bem preservadas, do que as bacias antropizadas, em caso de chuvas torrenciais.

6 RECOMENDAÇÕES

São necessários estudos direcionados às áreas de solos hidromórficos das veredas, para explicar o destino das águas pluviais, nos casos de secamento total de uma vereda, como o ocorrido na bacia da Vereda Capivara.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L. A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista Saúde Pública**, v. 37, n. 4, p. 510-514, ago. 2003.

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 181, p. 15-19, 1994.

ARAÚJO, J. C. Variações climáticas e suas implicações para o semi-árido brasileiro: a contribuição do programa *Waves*. In: HOFMEISTER, W. (Ed.). **Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2002. p. 11-18. (Série Debates, n. 24).

AZEVEDO, I. F. P.; NUNES, Y. R. F.; VELOSO, M. D. M.; NEVES, W. V.; FERNANDES, G. W. Pandeiros, preservação estratégica na recuperação do São Francisco. **Scientific American Brasil**, v. 7, n. 83, p. 74-79, 2009.

BAHIA, T. O. **Variação estrutural e florística da comunidade arbórea em veredas sob efeito de impacto ambiental na APA do Rio Pandeiros, MG**. 2011. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, 2011.

BAHIA, T. O.; LUZ, G. R.; VELOSO, M. D. M.; NUNES, Y. R. F.; NEVES, W. V.; BRAGA, L. L.; LIMA, P. C. V. Veredas na APA do Rio Pandeiros: importância, impactos ambientais e perspectivas. **MG. BIOTA**, v. 2, n. 3, p. 4-13, 2009.

BOAVENTURA, R. S. **Veredas: berço das águas**. Belo Horizonte: Ecodinâmica, 2007. 264 p.

BOND, W. J.; WILGEN, B. W. V. **Fire and plants**. London: Chapman & Hall, 1996. 263 p.

BRASIL. Conservação Internacional - Ci. **Hotspots**. 2009. <http://www.conservation.org.br/arquivos/Mapa%20Hotspots%202005.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2011.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Brasília: Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº. 1.469, de 29 de dezembro de 2000**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado**: Programa Cerrado Sustentável. Brasília, DF: MMA, 2006.

CALHEIROS, R. O.; TABAI, F. C. V.; BOSQUILIA, S.; CALAMARI, M. **Preservação e recuperação das nascentes**. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas, 2004. 40 p.

CARMO, R. L.; OJIMA, A. L. R. O.; OJIMA, R.; NASCIMENTO, T. T. Água virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande “exportador” de água. **Ambiente e Sociedade**, v. 10, n. 1, p. 83-96, jan./jun. 2007.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais**: um atlas para sua conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005.

FALKENMARK, M. The Massive water scarcity now the ateningafrica-why isn't it being addressed. **Ambio**, v. 18, p.112-118, 1989.

FALKENMARK, M.; MOLDEN, D. Wake up to realities of river basin closure. **International Journal of Water Resources Development**, v.24, n. 2, p. 201-215, Mar. 2008.

FERREIRA, I. M. Cerrado: classificação geomorfológica da vereda. SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 9., 2008, Planaltina. **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

FIETZ, C. R. Água, o recurso natural do terceiro milênio. **A Lavoura**, v. 657, p. 18-19, jun. 2006.

FRACALANZA, A. P. Água: de elemento natural a mercadoria. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 33, p. 21-36, dez. 2005.

GRASSI, M. T. As águas do planeta terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, p. 31-40, maio, 2001. Edição especial.

GUIMARÃES, A. J. M.; ARAÚJO, G. M.; CORRÊA, G. F. Estrutura fitossociológica em área natural e antropizada de uma vereda em Uberlândia, MG. **Acta Botanica Brasílica**, v. 16, n. 3, p. 317-329, jul./set. 2002.

HERMANN, K. Apresentação: água: uma questão de sobrevivência. In: HOFMEISTER, W. (Ed.). **Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2002. p. 6-10. (Série Debates n. 24).

HUNTER JUNIOR, M. L. **Fundamentals of conservation biology**. USA: Blackwell Science, 1996. 482 p.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS – IGA. **Áreas de proteção ambiental no estado de Minas Gerais**: demarcação e estudos para o pré-zonamento ecológico: APA Bacia do Rio Pandeiros. Belo Horizonte: IGA, 2006. Relatório Técnico.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF. **Parques de Minas**. São Paulo: Empresa das Artes, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. 1930-1990. Disponível em: <http://www.inmet.com.br>. Acesso em: 14 out. 2008.

IZIQUE, C. As águas vão rolar: transposição do rio São Francisco divide opiniões e instiga polêmica entre governo e pesquisadores. **Pesquisa FAPESP**, v. 112, p. 26-29, jun. 2005.

LEMONS-FILHO, L. C. A.; CARVALHO, L. G.; EVANGELISTA, A. W. P.; CARVALHO, L. M. T.; DANTAS, A. A. A. Análise espaço-temporal da evapotranspiração de referência para Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1462-1469, set./out. 2007.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 219-228, jul./set. 2005.

LINSLEY, R. K.; FRANZINI, J. B. **Engenharia de recursos hídricos**. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1978. 798 p. *apud* CALHEIROS, R. O.; TABAI, F. C. V.; BOSQUILIA, S.; CALAMARI, M. **Preservação e recuperação das nascentes**. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas, 2004. 40 p.

MAFFIA, V. P.; DIAS, H. C. T.; GAMBÁS, O. S.; CARVALHO, A. P. V. Monitoramento da precipitação e vazão em uma microbacia com plantio de eucalipto no município de Francisco Dumont, MG. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, SERVIÇOS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE, 2., 2009, Taubaté. **Anais...** Taubaté, 2009. p. 141-148.

MILLER JUNIOR, G. T. **Ciência ambiental**. São Paulo: Thompson, 2007. 123 p.

MINAS GERAIS. Lei nº 9.682 de 12 de outubro de 1988. Altera a ementa e o artigo 1º da Lei nº 9.375, de 12 de dezembro de 1986, que declara de interesse comum e de preservação permanente os ecossistemas das veredas do vale do Rio São Francisco e dá outras providências. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 13 out. 1988.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, jun. 2002.

MULLER, V. C. **A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area Virginia and Tennessee**. New York: New Department of Geology, Columbia University, 1953. 51 p.

NUNES, Y. R. F.; AZEVEDO, I. F. P.; NEVES, W. V.; VELOSO, M. D. M.; SOUZA, R. M.; FERNANDES, G. W. Pandeiros: o Pantanal Mineiro. **MG. BIOTA**, v. 2, n. 2. p. 4-17, 2009.

PAES, R. A. **Alternativas para o desenvolvimento sustentável do submédio São Francisco**. 2009. 156 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Unb, 2009.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v., 4, n. 3, p. 465-473, set./dez. 2000. (Comunicado Técnico).

PEREIRA, S. **Recursos hídricos em veredas no Estado de Goiás**. 2010. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

PROCESSO DE ARTICULAÇÃO E DIÁLOGO - PAD. **O impacto dos grandes projetos e a violação dos DHESCA**. Rio de Janeiro: PAD, 2009.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD. **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. Brasília, DF: PNUD, 2011. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas /ranhing>>. Acesso em: 10 fev.2011.

RAMOS, M. V. V.; CURI, N.; MOTTA, P. E. F.; VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, M. M.; SILVA, M. L. N. Veredas do Triângulo Mineiro: solos, água e uso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 283-293, mar./abr. 2006.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002. 703 p.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomia do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBAPA-CPAC, 1998. p. 89-168.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997. 747 p.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy, New Jersey. **Geological Society of America Bulletin**, n. 67, n. 5, p. 597-646, May, 1956.

SERVIÇO DE GEOGRAFIA DO EXÉRCITO - SGE. Folha planialtimétrica de Minas Gerais. **Catolé Folha SD.23-Z-C-I**. Minas Gerais, 1980. Escala: 1:100.000.

SONODA, K. C.; OLIVEIRA FILHO, E. C. O bioma Cerrado e a importância do monitoramento biológico das águas. **Grupo Cultivar de Publicações**. Pelotas: Cultivar, 2009. Artigos Técnicos. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/artigos/artigo.asp?id=879>>. Acesso em: 14 out. 2008.

STUDART, T. A outorga do direito de uso da água em um cenário de incertezas: o caso do nordeste semi-árido. In: HOFMEISTER, W. (Ed.). **Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2002. p. 161-169. (Série Debates, n. 24).

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

VILLIERS, M. **Água**: como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002. 457 p.

ZENGEL, S. A.; MERETSKY, V. J.; GLENN, E. P.; FELGER, R. S.; Ortiz, D. Cienega de Santa Clara, a remnant wetland in the Rio Colorado delta (Mexico): Vegetation distribution and the effects of water flow reduction. **Ecological Engineering**, v. 4, p. 19-36, 1995.