ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Caracterização morfométrica e avaliação da qualidade da água da bacia Hidrográfica de Bita, Ipojuca – PE

Sérgio Monthezuma Santoianni Guerra¹; Ana Maria Ribeiro Bastos da Silva²; Sofia Pimentel Araújo³; Marcus Metri Corrêa⁴; Valdinete Lins da Silva⁵; Bruno Ricardo Trindade Santos³

1 –Professor Adjunto - Departamento de Tecnologia Rural/UFRPE. Recife-PE. smsguerra@hotmail.com

2 –Engenheira Química - Departamento de Engenharia Química/UFPE. Recife-PE. amrbsilva@ig.com.br

3 –Engenheira Agrícola e Ambiental - Departamento de Tecnologia Rural/UFRPE. Recife-PE

sofia.pimentel@hotmail.com; brunooricardoo@hotmail.com

4 –Professor Associado - Departamento de Tecnologia Rural/UFRPE. Recife-PE. metri@tr.ufpe.br

5 – Professora Titular – Departamento de Engenharia Química/UFPE. Recife-PE. leaq_val@yahoo.com.br

Artigo recebido em 10/09/2015 e aceito em 30/11/2015

Resumo

Diante da importância estratégica do reservatório da barragem de Bita para o abastecimento urbano e industrial de Pernambuco, este trabalho tem como objetivo estudar as características morfométricas da sua Bacia Hidrográfica, a partir de alguns parâmetros físicos, mapas de solo e vegetação e a qualidade da água do reservatório, através do Índice de Qualidade de Água (IQA) recomendado pela Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), visando gerar informações para subsidiar políticas de recursos hídricos junto ao poder público local. Para isso, gerou-se inicialmente o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) a partir de fotografias aéreas, cartas topográficas e imagens de satélites, utilizando sistema de informações geográficas (SIG), quando então foram calculados alguns parâmetros morfométricos para o estudo do comportamento hidrológico da bacia. A área de drenagem encontrada foi de 19,95 km², perímetro de 23,317 km, coeficiente de compactidade de 1,46, fator de forma de 0,18, índice de circularidade de 0,462 e tempo de concentração de 2,3h. A bacia hidrográfica tem formato alongado com densidade de drenagem de 5,88 km/km², demonstrando que apresenta alta capacidade de drenagem. Os resultados obtidos permitiram inferir que a forma mais alongada da bacia hidrográfica indica que a precipitação pluviométrica sobre ela se concentra em diferentes pontos, concorrendo para amenizar a influência da intensidade de chuvas, as quais poderiam causar maiores variações da vazão do curso d'água. Quanto à qualidade de água do reservatório, o IQA variou entre Bom e Ótimo, embora alguns parâmetros tenham demonstrado baixo índice sobretudo no mês de agosto.

Palavras-chave: Morfometria, Índice de Qualidade de Água, Hidrologia.

Morphometric characterization and assessment of water quality Hydrographic Basin of Bita, Ipojuca-PE

Abstract

Considering the strategic importance of Bita's dam for urban and industrial supply in Pernambuco, this work aims to study the morphometric characteristics of its watershed, from some physical parameters, soil and vegetation maps and the water quality of the dam's reservoir, through the Water Quality Index (WQI) recommended by the Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), in order to generate information to support local government water resources policies. For this purpose, initially, a Hydrologically Consistent Digital Elevation Model (HCDEM) was generated from aerial photographs, topographic maps and satellite images, using geographic information system (GIS), then, from the HCDEM, some morphometric parameters were calculated for the hydrological watershed behavior study. The Drainage Area found was 19.95 km², Perimeter 23317 km, Compactness Coefficient 1.46, Form Factor 0.18, Roundness Index 0.462 and Time of Concentration 2.3h. The watershed is elongated with 5.88 km / km² of drainage density, demonstrating that it features high drainage capacity. The results of this study indicate that the rainfall over Bita's watershed, because of its elongated shape, is concentrated on different points, contributing to minimize the rain intensity influence, which could cause high flow variations. Regarding the water quality of the reservoir, the WQI varied between Good and Excellent, although some parameters have shown a low rate especially in August.

Keywords: Morphometry, Water Quality Index, Hydrology

Introdução

Nas últimas décadas o meio ambiente tem passado por constantes alterações, em grande parte devido às interações da atividade humana com o meio físico. Muitas vezes, os desequilíbrios ambientais originados são provenientes da visão setorializada dentro de um conjunto de elementos que compõe a paisagem. A bacia hidrográfica, como unidade integradora desses setores (natural e social), é a unidade geográfica ideal para o planejamento integrado e deve ser administrada com essa função, a fim de que os impactos ambientais sejam minimizados (Silva et. al., 1999 e Cunha e Guerra, 1996).

A bacia hidrográfica se configura como uma das principais unidades de gerenciamento territorial que se dispõe para as atividades agrossilvipastoris, sendo modelada pelas condições geológicas e climáticas locais (Vanacker et al., 2005). Segundo a Lei das Águas, a bacia hidrográfica é “a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (Brasil, 1997), objetivando a disponibilidade e qualidade da água para as gerações atuais e futuras, a utilização racional do recurso e a prevenção e a defesa contra eventos extremos. Tucci (2003) destaca que a bacia hidrográfica é a principal unidade fisiográfica do terreno, uma vez que suas características governam, no seu interior, todo o fluxo superficial da água, constituindo-se numa área ideal para o manejo dos recursos naturais. Uma ação mínima aplicada em determinado ponto numa bacia hidrográfica é refletida a quilômetros de distância.

Segundo Villela & Mattos (1975), as características físicas de uma bacia hidrográfica constituem elementos de grande importância para avaliação de seu comportamento hidrológico, pois, ao se estabelecer relações e comparações entre elas e dados hidrológicos podem-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais nos quais falem essas informações. Além disso, Christofolletti (1980) ressalva que a análise de aspectos relacionados à drenagem, relevo e geologia de uma bacia hidrográfica pode levar à elucidação e compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local.

A maioria dos problemas práticos de hidrologia tem como referência a bacia

hidrográfica (Garcez e Álvares, 1988). As características topográficas, geológicas, geomorfológicas e pedológicas, bem como o uso e ocupação do solo da bacia, desempenham papel essencial no seu comportamento hidrológico, sendo importante medir numericamente algumas dessas influências. Alcantara e Amorim (2005) relatam que vários parâmetros podem ser utilizados para subsidiar uma análise mais detalhada de uma bacia hidrográfica, dentre eles estão a amplitude altimétrica, coeficiente de compacidade, fator forma, e índice de circularidade. Portanto, é fundamental entender a bacia como um sistema ecológico no qual existe uma série de complexas relações entre espécies diversas, entre a parte biótica e abiótica, entre o homem e todo esse ecossistema.

Dentre os componentes abióticos, a água é o recurso natural mais importante para o homem. Além de ser essencial para o surgimento e manutenção da vida, na atualidade, é importante para o desenvolvimento de diversas atividades criadas pelo ser humano, apresentando valores sociais, culturais e econômicas. Luíz et. al. (2012) sugerem que os fatores naturais e antrópicos influenciam na condição das águas e Córdoba et. al. (2010) afirmam que a qualidade da água é um dos fatores mais importantes quando se avalia o desenvolvimento sustentável de uma região e as preocupações sobre como medir corretamente a qualidade da água vêm crescendo nos últimos anos.

No entanto, Souza et. al. (2014) sugerem que a “qualidade da água é um conceito relativo que depende diretamente do uso a que se destina”. No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357 dispõe, dentre outros aspectos, sobre os padrões de qualidade da água para os diversos usos da mesma, atribuindo limites aceitáveis aos parâmetros considerados. (Brasil, 2005). Dessa forma, vários parâmetros físicos, químicos e biológicos podem ser usados para avaliar a qualidade da água ou o seu grau de poluição. Portanto, não é simples, na prática, definir claramente a qualidade de água de um reservatório ou curso d'água.

O Índice de Qualidade da Água (IQA), sugerido pela National Sanitation Foundation, em 1970, adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e hoje aceito por diversas agências estaduais de meio ambiente, fornece uma alternativa para integralizar os diversos valores dos parâmetros físicos, químicos e biológicos em um único valor. O IQA é um número

simples que expressa a qualidade geral da água baseado em nove parâmetros (Oxigênio dissolvido; Coliformes fecais; Potencial hidrogeniônico – pH; Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO_{5,20}; Temperatura da água; Nitrogênio total; Fósforo total; Turbidez e Resíduo total) cada qual com um peso atribuído (CETESB, 2014), com o intuito de transformar dados de qualidade da água em informação que pode facilmente ser entendida e utilizada pela sociedade.

Apesar de não serem incluídos na metodologia de análise do Índice de Qualidade de Água diversos parâmetros importantes, como substâncias tóxicas e protozoários patogênicos, o cálculo do IQA deve ser feito para corpos hídricos destinados ao abastecimento público após tratamento, como indica a Agência Nacional de Águas – ANA (2012).

Diante do exposto, o presente trabalho tem o objetivo de caracterizar morfometricamente a Bacia Hidrográfica de Bita, localizada dentro da área pertencente ao Complexo Industrial Portuário de Suape (CIPS) no Município de Ipojuca, Pernambuco, identificando os aspectos relevantes da fisiografia da bacia e da qualidade de água do reservatório destinado ao abastecimento público a partir do Índice de Qualidade de Água, visando gerar informações para subsidiar políticas de recursos hídricos junto ao poder público local. A escolha da temática advém da escassez de trabalhos publicados sobre as características fisiográficas desta bacia hidrográfica e da importância estratégica do seu reservatório para abastecimento urbano e industrial de Pernambuco. Atualmente,

segundo a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos de Pernambuco (SRHE), a barragem de Bita possui capacidade máxima de 2.770.000m³ e abastece o Complexo Industrial Portuário de SUAPE.

Material e métodos

A Bacia Hidrográfica de Bita, formada pelo rio Tabatinga, está localizada no Município de Ipojuca e faz parte da Bacia Hidrográfica do rio Massagana (Figura 01). Localiza-se região sul do Estado de Pernambuco entre as coordenadas 9.060 e 9.085 km de latitude Sul e 260 e 288 km de longitude Oeste (Sistema de coordenadas UTM, Datum Córrego Alegre, fuso 25S), com altitude variando entre 20 e 140 m e uma área superficial de 19,95 km². O clima, segundo a classificação de W. Köppen, é tropical chuvoso, situa-se entre os tipos As' (quente e úmido) e Am. Apresenta precipitação anual acima de 1600 mm e temperatura média anual elevada, da ordem de 26,1°. A umidade relativa do ar é alta, varia entre 79,2% e 90,7%, nos meses mais chuvosos entre abril e julho.

A bacia possui um reservatório que, segundo a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE), possui capacidade máxima de 2.770.000 m³ e atualmente abastece o Complexo Industrial Portuário de SUAPE.

Figura 01. Localização da Bacia Hidrográfica de Bitá.

Considerando-se a diversidade de temas tratados e a complexidade dos modelamentos efetuados tornou-se necessária a concepção de uma base de dados geoambientais. Esta base de dados inserida num Sistema de Informações Geográficas – SIG propiciou um rápido e consistente fluxo de dados e informações. Procedeu-se inicialmente a estruturação da Base de Dados Geoambientais para a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica e para acomodar o material previamente produzido sobre a área estudada.

A base de dados e as análises foram geradas através do sistema de informações geográficas, utilizando-se os softwares *ArcVIEW* e *Arc/INFO* versão 9.3, *PrintScream Deluxe*, *CorelDraw 9.0* e *AutoCad 2002*, e um vasto material cartográfico composto de fotografias aéreas convencionais e de pequeno formato, cartas topográficas, mapas de vegetação, de geologia e de solos, e imagens de satélites, possibilitando a criação de novos mapas temáticos a partir de informações existentes.

Os mapas de declividade e de altitude da Bacia Hidrográfica foram obtidos através da Base de Dados Geoambientais de Bitá. A imagem de declividade gerada foi do tipo contínua, por

apresentar valores reais. As classes de declividade foram separadas em seis intervalos distintos.

Com relação a análise morfométrica, os parâmetros calculados foram o Coeficiente de Compacidade, o Fator de Forma, o Índice de Circularidade, a Densidade de Drenagem e o Tempo de Concentração, cujas equações e variáveis estão apresentadas no Quadro 01.

Além dos cinco parâmetros acima, para o estudo da ordem da Bacia Hidrográfica, utilizou-se a classificação apresentada por Strahler (1957), em que os canais sem tributários são designados de primeira ordem. Os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem. Os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente (Silveira, 2003). A junção de um canal de dada ordem a um canal de ordem superior não altera a ordem deste.

Parâmetro	Equação	Definição das Variáveis
Coefficiente de Compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	Kc - coeficiente de compacidade; P - perímetro (m) e A - área de drenagem (m²).
Fator de Forma (F)	$F = \frac{A}{L^2}$	F - fator de forma; A - área de drenagem (m²) e L - comprimento do eixo da bacia (m).
Índice de Circularidade (IC)	$IC = \frac{12,57 * A}{P^2}$	IC - índice de circularidade; A - área de drenagem (m²) e P - perímetro (m).
Densidade de Drenagem (Dd)	$Dd = \frac{Lt}{A}$	Dd - densidade de drenagem (km/km²); Lt - comprimento total de todos os canais (km) e A - área de drenagem (km²).
Tempo de Concentração (Tc)	$Tc = 57 \left(\frac{L^2}{Ieq} \right)^{0,385}$	Tc – Tempo de Concentração (min); L – Comprimento do Curso Principal (Km), e Ieq – Declividade da Bacia (m/Km)

Quadro 01 – Parâmetros morfométricos analisados para a Bacia Hidrográfica do Bitá.

agosto e novembro, no período de 2005 a fevereiro de 2013.

Por fim, quanto à determinação da qualidade da água do reservatório de Bitá, o Índice da Qualidade de Água (IQA) foi calculado segundo metodologia proposta pela National Sanitation Foundation (NSF), dos Estados Unidos, e readequada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (01)$$

(Equação 01). Para esta análise, procurou-se avaliar a variação do IQA durante o ano, a partir de uma série de dados do monitoramento da barragem fornecida pela Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), dos meses de fevereiro, maio,

A determinação do produtório ponderado foi feita, portanto, a partir dos parâmetros (q) e pesos (w) apresentados na Tabela 01 e dos gráficos dos parâmetros de qualidade (Figura 02).

Tabela 01 – Parâmetros e pesos utilizados para a determinação do IQA.

Parâmetro de Qualidade de Água (q)	Peso (w)
Oxigênio dissolvido (%OD)	0,17
Coliformes fecais (NMP/100mL)	0,15
Potencial hidrogeniônico – pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO _{5,20} (mg/L)	0,10
Variação da Temperatura da água (°C)	0,10
Nitrogênio Total (mg/L)	0,10
Fósforo total (mg/L PO ₄)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Resíduo total (mg/L)	0,08

Fonte: CETESB (2014)

Figura 02. Curvas de qualidade dos parâmetros utilizados para cálculo do IQA.

Após tratamento estatístico dos dados, em que se obteve o desvio padrão e o intervalo de confiança, o IQA foi analisado conforme a classificação apresentada na Tabela 02, extraída do Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo, da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e aceita pela Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH).

Tabela 02 – Classificação da qualidade da água, segundo o IQA

Faixas de IQA	Nível de Qualidade
$79 < \text{IQA} \leq 100$	Ótimo
$51 < \text{IQA} \leq 79$	Bom
$36 < \text{IQA} \leq 51$	Razoável
$19 < \text{IQA} \leq 36$	Ruim

Resultados e discussão

Depois de concluídas todas as análises, algumas características importantes da Bacia Hidrográfica de Bita podem ser destacadas. Para o uso e a ocupação do solo, observou-se que há o predomínio da exploração da cana de açúcar com 15,761 km² representando cerca de 78,99% da área em estudo (Figura 03).

Figura 03. Uso e ocupação dos solos da Bacia Hidrográfica de Bita.

Originalmente, a vegetação desta região era formada por ecossistemas característicos das fitoformações atlânticas. Porém, a ação antrópica e os consequentes ciclos de exploração econômica, reduziram drasticamente o ecossistema original da região e desfizeram as características ambientais. A mata atlântica representa 0,367 km² (1,84% da área), onde é observado o predomínio das seguintes espécies: visgueiro (*Parkia pendula*), mananjuba (*Slonga obtusifolia*), manguba (*Pseudobombax* sp.), vinhático (*Platymenia reticulata*), angelim (*Andira nítida*), sucupira (*Bowdichia virgiloides*), cedro (*Cedrela* sp.), maçaranduba (*Manilkara salzmanni*), jequitibá (*Cariniana brasiliensis*), pororoca (*Clusia nemorosa*), ingazeiro (*Inga subnuda*), frei Jorge (*Cordia trichotoma*), pau-pombo (*Tapirira guianensis*), sapucaia (*Lecythis pisonis*) e urucuba (*Virola gardneri*). As capoeiras (capoeira, capoeira densa e capoeira rala) representam 1,817 km² (9,11%) e são constituídas principalmente por mangabeira (*Hancornia spenciosa*), lixeira (*Curatella americana*),

imbaúbas (*Cecropia* sp.), pitombeira (*Talisia esculenta*), aroeira de praia (*Schinus terebinthifolius*),

araça (*Psidium guianensis*), ingá (*Inga fagifolia*) e genipapo (*Genipa americana*).

Quanto à ocupação no entorno do reservatório, pode-se observar a presença das várias feições de vegetação, predominando novamente áreas de canavial. Nesta faixa, destaca-se o fragmento sem vegetação, o que pode, a depender do seu manejo, impulsionar o escoamento superficial da água, a erosão do solo e, diante da existência de uma grande área de canavial contornando este fragmento, transportar agrotóxicos e fertilizantes para o reservatório, levando à degradação do mesmo.

Recomenda-se que seja feita a recomposição vegetal da faixa destinada à Área de Preservação Permanente (APP) do entorno do reservatório, principalmente no fragmento sem vegetação, afim de que se evite maiores danos à qualidade da água.

Amarelos (PA) e o Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA).

Com relação aos solos da Bacia Hidrográfica de Bitá, representados na Figura 04, observa-se dominância dos Gleissolos (GL), Argissolos

Figura 04. Pedologia da Bacia Hidrográfica de Bitá.

As unidades de mapeamento GL 3 e GL-4 representam 5,687 km² (28,5%) da área total da bacia. A GL 3 é formada predominantemente por 50% de Gleissolo, 30% de Neossolos Flúvicos e 20% de Cambissolos. De modo geral, os solos são distróficos, com argila de atividade alta ou baixa, de textura média a argilosa e sob relevo predominantemente plano. Além dos Gleissolos, o hidromorfismo encontra-se em parte do Neossolos Flúvicos da área. A vegetação é de floresta perenifólia de várzea. Estes solos se caracterizam por apresentarem naturalmente: baixa profundidade efetiva, densidade alta, baixa porosidade, elevada relação micro/macroporos, baixa velocidade de infiltração, drenagem deficiente e baixa capacidade de aeração, o que dificulta a exploração agrícola e facilita a contaminação (Pauletto et al., 2005).

O Gleissolo também é predominante na associação GL-4, ocupando cerca de 45% da unidade de mapeamento. Contudo, essa unidade distingue-se da anterior por apresentar os Argissolos Amarelos ou Acinzentados como os demais componentes da unidade. Esses solos

encontram-se com textura média/argilosa, distróficos ou eutróficos e sob relevo plano e suave ondulado. Parte das áreas ocupadas pelos Argissolos são observados horizontes plínticos, sugerindo presença de ciclos de óxi-redução (hidromorfismo pouco expressivo), com consequente formação de zonas de depleção e concentração de ferro (mosqueados plínticos).

A classe Argissolo Vermelho-amarelo é formada por duas associações: Argissolo Vermelho-amarelo 6 (PV-6) e Argissolo Vermelho-amarelo 18 (PV-18), representando 12,127 km² (60,78%). Essa associação é formada predominantemente por Argissolo Vermelho-amarelo distrófico, 80% da unidade de mapeamento, atividade baixa e alta, textura média a argilosa, relevo ondulado, horizonte A moderado e proeminente, e 20% de Cambissolo distrófico, atividade baixa e alta, textura argilosa, relevo ondulado e fortemente ondulado, raso, horizonte A moderado e proeminente. Essa classe de solo associada ao relevo da bacia hidrográfica e aos demais atributos observados levam a inferir que há possibilidade de ocorrência de processo erosivo

com risco a sedimentação e perda da capacidade de armazenamento de água no reservatório.

A classe Argissolo Amarelo é formada pela associação Argissolo Amarelo 8 (PA-8), representa apenas 0,576 km² (2,89%), sendo formada predominantemente por 45% de Argissolo Amarelo Distrófico, atividade baixa, textura média a argilosa, relevo suavemente ondulado a ondulado.

A geologia da Bacia Hidrográfica de Bita (Figura 05) é predominantemente constituída pelas rochas Arqueanas (Aogn), que ocupam 18,104 km² (90,74%) e são representadas por ortognaisses de natureza predominantemente tonalítica com porções granodioríticas e dioríticas e, mais raramente, graníticas migmatizadas, com neossoma granítico róseo de granulação média a grosseira predominando sobre outros tipos neossomáticos.

A unidade PSg3I, com 0,15 km² (0,75%), corresponde a Leucogranitos de grã média a grosseira, textura tendendo a porfírica, com variações para sienogranito, que ocorrem como batólitos, bastante deformados quando situados próximos ao Lineamento Pernambuco.

A unidade PSg3F corresponde a 0,086 km² (0,43%) e representam rochas do Proterozóico Superior, representadas por Granodioritos de coloração creme a cinza claro, granulação média, por vezes grosseira, heterogranular, textura fanerítica e raramente apresentando tendência

porfíroide. Geomorfologicamente ocorrem sob a forma de blocos parcialmente alterados e mais raramente formando maciços rochosos, capeados levemente por fina camada de solo residual, com pouquíssimas áreas de exposição.

Às rochas cristalinas previamente descritas (Aogn, PSg3I e PSg3F), constata-se a presença de aquíferos fraturados caracterizados por baixas vazões e qualidade da água, exceção feita ao manto de intemperismo existente sobre estas rochas que pode conter aquíferos livres com águas subterrâneas melhores, apesar de serem muito vulneráveis.

Os Sedimentos Flúvio-Lagunares (Qdf) ocupam 0,05km² (0,25%) e são representados por areias grossas a finas e siltes argilosos ricos em matéria orgânica, provavelmente de origem flúvio-lagunar. Geomorfologicamente ocorrem em baixa cota topográfica que ocorre na porção interna da planície costeira. No tocante ao potencial hídrico subterrâneo, a estas rochas são associados aquíferos livres caracterizados por vazão e qualidade das águas razoáveis, apesar alta vulnerabilidade a poluição e contaminação. Quanto à declividade da bacia (Figura 06), aproximadamente 58% da área apresentam declividade entre 20 a 40%, caracterizando um relevo forte ondulado. Em termos de declividade média, o valor encontrado foi de 19%, representando um relevo ondulado.

Figura 05. Geologia da Bacia Hidrográfica de Bitá.

Figura 06. Declividades da Bacia Hidrográfica de Bitá.

A declividade é relevante no planejamento, tanto para o cumprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções do homem no meio e possui importante papel na distribuição da

água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos. A ausência de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, dentre outros, associada a maior declividade,

conduzirá à maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo, sujeitando a bacia à degradação.

Fazendo-se uma sobreposição dos mapas de uso e ocupação do solo (Figura 03), geológico (Figura 05) e de declividade (Figura 07), constata-se uma coincidência entre as capoeiras (capoeira, capoeira densa e capoeira rala), as rochas Arqueanas (representadas por predominantemente por rigolitos) e os terrenos mais acidentados (declividades superiores a 10%). Esta coincidência fornece a estes terrenos uma fragilidade ambiental preocupante, devendo, portanto ser ocupado de maneira muito controlada.

Espera-se representativo escoamento superficial nesta bacia que, aliado a ausência de cobertura vegetal em certas épocas do ano, pela

colheita da cana-de-açúcar, propicia grande predisposição à erosão e possível assoreamento do reservatório de água. Isso permite afirmar que o escoamento superficial, decorrido das águas das chuvas, acontece com maior velocidade, desencadeando o fenômeno de maior esculturação da paisagem, o que se assemelha com o observado por Zimback e Carvalho (1996), estudando três bacias hidrográficas no Estado de São Paulo.

A Figura 07 apresenta a altimetria da Bacia Hidrográfica de Bitá. O nascente do curso de água principal encontra-se na cota altimétrica 140 m, passando para a cota 20m na seção de saída. A declividade média encontrada para o curso d'água principal foi pequena (0,0113 m/m), o que indica maior tempo de permanência da água e possível risco de sedimentação.

Figura 07. Altimetria da Bacia Hidrográfica de Bitá.

A Bacia Hidrográfica de Bitá apresenta uma altitude média de 98m, o que representa estar próxima do nível do mar. De acordo com Castro Jr. (2001), em altitudes elevadas, a temperatura é baixa, e apenas pequena quantidade de energia é utilizada para evaporar a água, ao passo que, em altitudes baixas, como é o caso observado na Bacia Hidrográfica de Bitá, quase toda a energia absorvida é usada para evaporação da água. As considerações realizadas pelo autor reforçam a importância de se realizar estudos que visem o

manejo e a conservação da água e do solo na bacia hidrográfica, principalmente pela importância de seu reservatório para abastecimento do Complexo Industrial e Portuário de SUAPE, polo de desenvolvimento do Estado de Pernambuco.

No que tange os aspectos fisiográficos da bacia hidrográfica, em toda a extensão da área de estudo constatou-se a presença do padrão de drenagem dendrítico (Figura 08). De acordo com a classificação de Strahler (1957) a Bacia Hidrográfica de Bitá é de 5º ordem, com 19,95 km²

de área total, perímetro de 23,173 km, comprimento do curso d'água principal de 10,6 km e tempo de concentração de 2,3 horas. Apresenta densidade de drenagem de 5,88 km/km², o que representa, de acordo com Villela e Mattos (1975), uma alta densidade de drenagem, originada provavelmente pelas características ambientais da bacia (relevo ondulado) que favorecem o escoamento superficial e conseqüente formação de canais. Os valores encontrados para o coeficiente

de compacidade (1,46), fator de forma (0,18) e índice de circularidade (0,46) indicam um forma alongada da Bacia de Bitá. Os valores observados para os coeficientes, associado a alta densidade de drenagem, indicam que há de baixo a médio risco de ocorrer enchentes na área de estudo, semelhante ao observado por Torres et al. (2008) para a Microbacia do Córrego de Lanhoso, MG.

Figura 08. Sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica de Bitá.

O estudo pluviométrico para o município de Ipojuca foi considerado relevante para auxiliar no estudo da qualidade da água do reservatório de Bitá, uma vez que o regime de chuva influenciou os parâmetros analisados, concordando com Silva et al (2008), que identificaram a chuva como uma importante variável a ser considerada em estudos envolvendo a qualidade da água de cursos d'água, sendo, segundo os autores, o principal agente regulador da qualidade de rios no estado do Amazonas.

Foram processados os dados de pluviometria da cidade de Ipojuca dos anos de coleta de água do reservatório, disponibilizados pela Agência Pernambucana de Águas e Climas (Apac). A série analisada mostra que a época de maior precipitação média na região ocorre entre os meses de abril e julho, sendo junho o mês de maior índice pluviométrico, como demonstrado no Gráfico 01.

Dados: Agência Pernambucana de Águas e Climas (Apac).
Gráfico 01. Precipitação média mensal do período de estudo.

Finalmente, com relação ao Índice Qualidade de Água do reservatório de Bita, foram encontrados os valores médios de cada um dos

parâmetros, para cada mês de análise, a partir dos quais algumas considerações puderam ser realizadas (Tabela 03).

Tabela 03. Média dos índices de cada parâmetro, para cada mês de análise. D.P: Desvio Padrão; I.C.: Intervalo de Confiança

	Fevereiro			Maio			Agosto			Novembro		
Parâmetros	Média Índices	D.P	I.C	Média Índices	D.P	I.C	Média Índices	D.P	I.C	Índices	D.P	I.C
Oxigênio dissolvido (OD)	88,51	8,83	5,77	88,49	3,08	2,46	77,14	21,33	17,07	90,21	7,04	5,22
Coliformes fecais	42,98	19,39	12,67	40,04	10,79	8,64	37,31	17,83	14,26	54,90	11,01	8,16
pH	86,72	5,73	3,74	85,00	7,87	6,30	75,33	17,58	14,07	85,50	7,04	5,21
DBO _{5,20}	84,05	5,37	3,51	82,67	1,18	0,94	87,79	5,75	4,60	86,00	3,85	2,86
Variação da Temperatura	94,00	0	-	94,00	0	-	94,00	0	-	94,00	0	-
Nitrogênio Total	98,16	1,40	0,91	97,83	2,32	1,86	98,94	0,18	0,14	99,02	0	-
Fósforo total	92,72	7,47	4,88	95,9	1,94	1,55	96,04	1,87	1,50	92,29	7,01	5,19
Turbidez	83,20	7,32	4,78	79,59	15,82	12,66	64,75	6,53	5,22	84,32	10,11	7,49
Resíduo total	82,38	3,51	2,29	84,61	1,34	1,07	85,73	0,32	0,25	85,14	1,06	0,79

Dentre os nove parâmetros analisados, o pior desempenho foi observado para o parâmetro

Coliforme Fecal. A presença deste tipo de bactéria causadora de contaminação microbiológica pode indicar deficiência de saneamento (Moura et. al., 2009) e, segundo a ANA (2012), possibilitar a ocorrência de patógenos associados a doenças de veiculação hídrica.

Nas curvas de qualidade, esse índice variou de 37,31 a 54,90, evidenciando a problemática da falta de tratamento de efluentes na região e o despejo inadequado de esgotos no reservatório. Em termos médios, além dos Coliformes Fecais, para o mês de agosto, os parâmetros Turbidez, pH e Oxigênio Dissolvido apresentaram valores de qualidade inferiores a 79, saindo da faixa de qualidade ótima.

A turbidez da água, segundo a ANA (2015), representa o “grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água”, sendo a erosão dos solos o principal fator causador da elevação da turbidez, principalmente em épocas de chuva, por carregar material sólido para os corpos d’água. O aumento da turbidez pode causar a redução da fotossíntese pelas algas, que poderá desencadear desequilíbrios na biota do reservatório. Além disto, para Luíz et. al. (2012), o material em suspensão representa aspecto importante em estudos ambientais, uma vez que espécies de microrganismos e outros materiais podem aderir ao mesmo e serem transportados no ambiente aquático.

Para o caso do reservatório de Bitá, a causa mais provável para o aumento da turbidez, e consequentemente a queda do índice deste parâmetro para o mês de agosto, é a ocorrência de chuvas na região mais pronunciada na época que antecede o mês de coleta, e que provavelmente acarretam mais processos erosivos e carregam consigo maior quantidade de material para o lago. Este comportamento também foi descrito por Arcova e Cicco (1999) para as microbacias de Cunha, no estado de São Paulo e por Alves *et al.* (2008) para a bacia do rio Pirapó, em Maringá.

Concomitantemente ao período de maior ocorrência de chuvas na região, a redução na qualidade dos parâmetros de pH e de OD também pode estar relacionada com o aumento do escoamento superficial para o contexto agrícola de Bitá.

Semelhante aos resultados encontrados para o reservatório de Bitá, Silva et al (2009), para o caso do estudo da qualidade da água do

reservatório da usina hidrelétrica de Peti, em Minas Gerais, observaram menores valores de Oxigênio Dissolvido para os períodos de chuva, além disso, os autores afirmaram que a queda do nível de OD é um possível indicativo de um período de degradação de matéria orgânica causada por intensa ação bacteriana. Adicionalmente, Toledo e Nicoletta (2002) destacaram no monitoramento da qualidade da água de uma microbacia de uso agrícola e urbano em Guaíra (SP), que a entrada de material advindo de fontes agrícolas e urbanas pode promover o decréscimo na concentração de OD, devido ao processo respiratório da comunidade, principalmente se o material de entrada for orgânico. De acordo com a ANA (2015) tanto a supersaturação como a baixa concentração de OD podem causar problemas sérios à vida aquática, podendo levar até a mortandade de peixes.

A hipótese da queda do IQA devido à maior precipitação ganha força ao se analisar o pH, que apresentou todos os valores dos anos analisados, para o mês de agosto, inferiores a 7,0, chegando ao valor de 5,5. Ainda em conformidade com a ANA (2015), o pH pode afetar o metabolismo de muitas espécies, de acordo com a resolução n.º 357 do CONAMA, o pH ideal para a preservação da vida aquática fica entre a faixa de 6 a 9 (Brasil, 2005).

Esteves (1988) defende que a decomposição da matéria orgânica, causada pela atividade bacteriana, resulta na liberação de gás carbônico através da respiração dos organismos, que formará ácido carbônico e íons hidrogênicos, levando à acidez do corpo hídrico. Para o contexto de Bitá, portanto, as variações dos índices de OD e pH devem também estar associadas ao aumento da precipitação e consequentemente ao maior escoamento superficial em períodos chuvosos, que carrega com a água, dentre outros materiais, compostos orgânicos provenientes da produção agrícola que contorna o corpo d’água, desencadeando uma maior atividade bacteriana e então a decomposição do material.

Cabe ressaltar ainda que para o parâmetro Temperatura, como é sugerido pela CPRH, a variação foi considerada nula, já que não há diferença de temperatura entre os pontos coletados nos corpos hídricos em questão. Portanto, o índice ficou constantemente igual a 94, o que impossibilitou o cálculo do intervalo de confiança.

Apesar da redução da qualidade de alguns índices (turbidez, pH e OD) e o valor constantemente baixo do índice de Coliformes Fecais, que pode indicar a necessidade de ações que visem o saneamento ambiental no entorno da bacia hidrográfica de Bita, os resultados do estudo mostraram uma pequena variação do Índice de Qualidade de Água ao longo dos anos, conforme pode ser observado no (Gráfico 02), com valores de IQA variando entre de 60 e 90, o que indica que a água do reservatório variou entre a classe Boa e

Ótima. A baixa variação do IQA no período estudado propõe que haja certo equilíbrio ambiental na bacia hidrográfica. No entanto, conforme ANA (2012), no IQA há perdas de informação das variáveis individuais e essa avaliação integrada deve ser utilizada com moderação, pois jamais substituirá uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica.

Gráfico 02. Variação do IQA no período estudado.

Ao realizar uma abordagem mensal na qualidade de água (Quadro 02), pode-se observar que o mês de agosto apresentou menor IQA para o período estudado, mas ainda assim caracterizando uma boa classificação. Essa queda se deve justamente à baixa nos índices dos parâmetros Oxigênio Dissolvido, pH e Turbidez, anteriormente discutidos.

Quadro 02. Médias mensais do IQA.

Meses	IQA médio	Classificação
Fevereiro	79,63	Ótimo
Maio	78,60	Bom
Agosto	74,28	Bom
Novembro	83,27	Ótimo

Dessa forma, diante dos resultados obtidos, é possível admitir que a água do reservatório de Bita apresenta-se com qualidade

satisfatória nos aspectos estudados, sendo adequada ao abastecimento público.

Ressalta-se a necessidade de uma análise mais detalhada dos fatores que levaram à pequena variação do IQA no período estudado e mais especificamente para a redução observada no mês de agosto.

Conclusões

A partir da análise e da interpretação dos dados obtidos e considerando as condições atuais da Bacia Hidrográfica de Bita, pode-se concluir que:

A bacia hidrográfica encontra-se com uma grande faixa de área desmatada, em torno de 79%, resultado da exploração da cana-de-açúcar.

A bacia hidrográfica apresentou coeficiente de compacidade de 1,46, fator de forma de 0,18 e índice de circularidade de 0,46, indicando a forma alongada e evidenciando menor risco de cheias em condições normais de pluviometria anual.

A declividade média encontrada na bacia foi de 19%, caracterizando relevo ondulado, que associado a alta densidade de drenagem ($Dd = 5,88 \text{ km/km}^2$), demonstra que a bacia hidrográfica está sujeita a processo de degradação por erosão do solo.

O padrão de drenagem formado pelos cursos d'água caracteriza-se como dendrítico.

O parâmetro de Coliformes Fecais indica constante despejo de esgotos domésticos sem devido tratamento no reservatório de Bitá.

O Índice de Qualidade de Água para o período compreendido entre os anos 2005 a 2013 não sofreu amplas variações, permanecendo entre Bom e Ótimo, apresentando-se satisfatório para o abastecimento público.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Tecnológica (CNPq) pelo auxílio financeiro e concessão de bolsa de estudo durante o estudo e à Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) pela disponibilidade dos dados de qualidade de água.

Referências

- ANA. Agência Nacional de Águas, 2012. Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil. Brasília.
- ANA. Agência Nacional de Águas, 2015. Índice de qualidade de água. Disponível: http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn8. Acesso: 04 abr. 2015.
- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2015. Monitoramento pluviométrico de Ipojuca. Disponível: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>. Acesso: 04 abr. 2015.
- Alcantara, E.H., Amorim, A.J., 2005. Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. *Caminhos da Geografia* 7, 70 – 77.
- Alves, E.C., Silva, C.F. da, Cossich, E.S., Tavares, C.R.G., Filho, E.E. de S., Carniel, A., 2008. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. *Acta Sci. Technol* 30, 39-48.
- Arcova, F.C.S., Cicco, V., 1999. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, estado de São Paulo. *Scientia Forestalis* 56, 125-134.
- BRASIL, 1997. Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro.
- CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2005. Resolução CONAMA n.º 357 de 17 de março. Brasília.
- Castro J.R.E., 2001. O papel da fauna endopodônica na estruturação física dos solos e o seu significado para a hidrologia de superfície. Tese (Mestrado). Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CETESB. Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo, 2014. Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2013. Disponível: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>. Acesso: 10 abr. 2015.
- Christofoletti, A., 1980. *Geomorfologia*, 2.ed. Edgard Blucher, São Paulo.
- Córdoba, E.B., Martinez, A.C., Ferrer, E.V., 2010. Water quality indicators: Comparison of a probabilistic index and a general quality index. The case of the Confederación Hidrográfica del Júcar (Spain). *Ecological Indicators* 10, 1049-1054.
- Cunha, S.B., Guerra, A.J.T., 1996. Degradação ambiental, in: Guerra, A.J.T., Cunha, S.B. (Eds.), *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 337-379.
- Esteves, F.A., 1988. *Fundamentos da limnologia*. Interciência/ FINEP, Rio de Janeiro.
- Garcez, L.N., Alvarez, G.A., 1988. *Hidrologia*. Edgard Blucher Ltda, São Paulo.
- Luíz, A.M.E., Pinto, M.L.C., Scheffer, E.W. de O., 2012. Parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na bacia hidrográfica do rio Taquaral, São Mateus do Sul- PR. *RAEGA*, 290-310.
- Moura, R.S. de, Pelliá, A., Terrab, A.P.S., Okurac, M.H., 2009. Qualidade da água de minas em área urbana na cidade de Uberaba (MG). *Revista Baiana de Saúde Pública* 33, 85-96.
- Pauletto, E.A., Borges, J.R., Sousa, R.O. de, Pinto, L.F.S., Silva, J.B. da, Leitzke, V.W., 2005. Avaliação da densidade e da porosidade de um Gleissolo submetido a diferentes sistemas de cultivo e diferentes culturas. *Revista Brasileira de Agrociência* 11, 207-210.
- Silva, A.B., Brites, R.S., Sousa, A.R., 1999. Caracterização do meio físico da microbacia quatro bocas, em Angelim, PE, e sua quantificação por sistema de informação geográfica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34, 109-117.
- Silva, A.E.P., Angelis, C.F., Machado, L.A.T., Waichaman, A.V., 2008. Influência da precipitação na qualidade da água do rio Purus. *Acta Amazonica* 38, 733 – 742.

- Silva, A.P. de S., Dias, H.C.T., Bastos, R.K.X., Silva, E., 2009. Qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. R. Árvore 33, 1063-1069.
- Silveira, A.L.L., 2003. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica, in: Tucci, C.E.M. (Org.), Hidrologia: ciência e aplicação. EDUSP, São Paulo, pp. 35-51.
- Souza, J.R., Moraes, M.E.B., Sonoda, S.L., Santos, H.C.R.G., 2014. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso do Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. Revista Eletrônica do Prodepa [online] 8. Disponível: <http://www.revistarede.ufc.br/revista/index.php/revista/article/viewFile/217/51>. Acesso: 05 abr. 2015.
- Strahler, A.N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Haven: Transactions: American Geophysical Union 38, 913-920.
- Toledo, L.G., Nicoletta, G., 2002. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. Scientia Agricola 59, 181-186.
- Torres, J.L.R., Fabian, A.J., Silva, A.L. da, Pessoa, E. de J., Silva, E.C. da, Resende, E. de F., 2008. Diagnóstico ambiental e análise morfométrica da microbacia do Córrego Lanhoso em Uberaba, MG. Caminhos de Geografia 9, 1-11.
- Tucci, C.E.M., 2003. Hidrologia: Ciência e aplicação. 3ª ed. Ed. da UFRGS/ABRH, Porto Alegre.
- Vanacker, V., Molina, A., Govers, G., Poesen, J., Dercon, G., Deckers, S., 2005. River channel response to short-term human-induced change in landscape connectivity in Andean ecosystems. Geomorphology 72, 340-353.
- Villela, S. M., Mattos, A., 1975. Hidrologia aplicada, 1 ed. McGraw – Hill do Brasil, São Paulo.
- Zimback, C.R.L., Carvalho, A.M., 1996. Caracterização hídrica dos solos de três bacias hidrográficas na região de Marília (SP). Revista Brasileira de Ciência do Solo 20, 459-466.