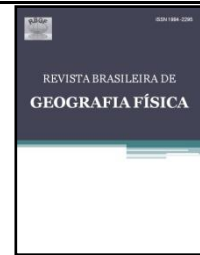




ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Uso e ocupação do solo e cenários tendenciais de vazões na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba - Brasil

Gleudson Caetano da Silva¹, Vanderlei de Oliveira Ferreira²

¹ Mestre em Geografia. Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia, Rua Padre Modesto, 465, CEP 38740-124, Patrocínio, Minas Gerais. (34) 98700-3659. gleidsoncaesi@gmail.com ² Doutor em Geografia/Análise Ambiental. Professor da Universidade Federal de Uberlândia. Av. João Naves de Ávila, 2121, CEP 38400-902, Uberlândia. (34) 3291-5980. vanderlei.ferreira@ufu.br (autor correspondente).

Artigo recebido em 21/12/2017 e aceito em 18/01/2019

RESUMO

O presente artigo avalia a evolução do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Paranaíba entre 1985 e 2013, procurando identificar interferências nas vazões fluviais máximas, médias e mínimas. Ficou evidenciado que a agricultura expandiu substancialmente no período, reduzindo a participação das demais categorias de uso, principalmente pastagem e vegetação natural. Ocorreu um acréscimo de 50% das áreas de agricultura entre 1985 e 2013. A vegetação natural sofreu decréscimo de 21% de 1985 a 2003, mas no período 2003 a 2013 teve um acréscimo de 9%. Tal fato se justifica pela criação de unidades de conservação e implantação de políticas conservacionistas relacionadas ao Código Florestal Brasileiro. Considerando o período 1985 a 2013 a vegetação nativa retrocedeu 4,59% em termos de área ocupada. As pastagens apresentaram redução de 5% para o mesmo período. Em 1985 a situação da bacia quanto ao índice de transformação antrópica era "regular" (nível 4). Mas, em 2003 o índice sofreu alteração significativa, passando para o nível 5, que demonstra a característica "degradada", permanecendo este mesmo indicador para o ano de 2013. Quanto às vazões máximas e médias, predominam cenários qualificados como de tendência não significativa de queda. No caso das vazões mínimas houve prevalência para o indicador de tendência significativa de queda. Tais resultados podem oferecer subsídios às iniciativas de gestão, que incluem o aprimoramento de estratégias políticas e administrativas voltadas para o uso racional dos recursos naturais na bacia hidrográfica do rio Paranaíba.

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo, transformação antrópica, regime de vazões, bacia do Paranaíba.

Use and occupation of soil and trends scenarios of flows in the Paranaíba River basin - Brazil

ABSTRACT

The use and occupation of the soil interferes with the behavior of the watercourses because it modifies the patterns of evaporation, evapotranspiration, infiltration, runoff and precipitation. The present article evaluates the evolution of land use and occupation in the Paranaíba river basin between 1985 and 2013, seeking to identify interferences in the maximum, medium and minimum flows. It was evidenced that agriculture expanded substantially in the period, reducing the participation of the other categories of use, mainly pasture and natural vegetation. There was an increase of 50% in the areas of agriculture in the period 1985 to 2013. The natural vegetation decreased by 21% in 1985 and 2003. However, in the period 2003 to 2013 had a 9% increase. This is justified by the creation of conservation units and the implementation of conservationist policies. Considering the period from 1985 to 2013 the native vegetation fell by 4.59% in terms of area occupied. The pastures presented reduction of 5% for the same period. In 1985 the situation of the basin in the anthropic transformation index was "regular" (level 4). However, in 2003 the index changed significantly to level 5, which shows the "degraded" characteristic, remaining the same indicator for the year 2013. Regarding the maximum and average flows, predominant scenarios qualified as non-significant trend of which gives. In the case of the minimum flows, there was a prevalence for the indicator of a significant fall trend. These results, although not yet conclusive, may offer support to the various management initiatives, which include the improvement of political and administrative strategies aimed at the management of natural resources in the Paranaíba river basin.

Keywords: Soil use and occupation, anthropic transformation, flow regime, Paranaíba basin.

Introdução

A compreensão das relações entre o uso e ocupação do solo e o comportamento hidrológico de bacias hidrográficas é tarefa importante, especialmente quanto às modificações nos regimes de vazões máxima, média e mínima.

Autores como Chow et al. (1988) e Santos et al. (2010) discutem os variados caminhos que a água segue após o início das precipitações. Spohr et al. (2009) destacam que a rugosidade dos solos e a cobertura vegetal auxiliam nas taxas de infiltração, reduzindo o escoamento superficial, refletindo, assim, no regime de vazões.

As vazões fluviais estão fortemente ligadas ao escoamento superficial. As vazões mínimas, especificamente, estão intimamente ligadas ao escoamento básico ou subterrâneo. Os estudos da vazão máxima, quando associados às características de uso e ocupação do solo, permitem aprofundar o entendimento das relações presentes e pregressas entre o homem e o meio físico, podendo subsidiar a elaboração de planos de drenagens, barramentos e demarcação de áreas de risco (Tucci, 2004; Santos et al., 2010).

Vários autores, tais como Pruski et al. (2006), Tucci (2002) e Araújo e Rocha (2010) assinalam que a vazão máxima deve ser estudada através da análise da probabilidade de ocorrências, definindo então valores referenciais de risco que, se iguais ou ultrapassados, resultam em enchentes. A ocorrência de enchentes dentro de uma bacia hidrográfica é primariamente um fenômeno de origem natural, porém passível de potencialização via intervenções antrópicas.

A adoção de um planejamento integrado da bacia hidrográfica, incluindo a consideração de um período maior de retorno para as obras de engenharia é fundamental. Os períodos adotados costumam ser muito curtos e com isso a probabilidade de um evento ser igualado ou ultrapassado acaba comprometendo o custo e a segurança dos projetos (Santos et al., 2010).

Segundo Von Sperling (2007), o estudo de vazão média é útil quando se deseja estimar as condições que prevalecem durante o ano incluindo, portanto, a sazonalidade da disponibilidade hídrica. A consideração da vazão média é importante como referência genérica para tomada de decisões relacionadas à produção de energia, consumo da agricultura, práticas esportivas, navegação, dentre outros tipos de usos de recursos hídricos. Informações sobre vazão média são úteis em situações de regularização, incluindo avaliação de perdas intermediárias por evaporação e infiltração (Baena et al., 2004). Além disso, são importantes quando se avalia efeitos da cobertura do solo nos regimes hidrológicos.

O cálculo da vazão média é feito de acordo com a vazão de longo período, através do indicador Q_m , obtido mediante o estudo de séries históricas e, portanto, são dados que correspondem à média diária anual. As informações podem ser regionalizadas e contextualizadas territorialmente através da vazão específica (q), resultante da divisão da vazão média de longo termo (Q_m) pela área de drenagem (A).

O conhecimento das vazões mínimas permite a análise comportamental da bacia hidrográfica após o período vazante. Normalmente recorre-se à variabilidade dos fatores de amplitude, de constância e de frequência, definindo assim a disponibilidade hídrica natural para adoção de estratégias políticas que possibilitam, por exemplo, a emissão de outorgas.

A compreensão das vazões mínimas, conforme afirma Tucci (2002), deve considerar o menor valor existente em uma série histórica fluviométrica, diferindo-a ao compará-la com os valores de vazões máximas e médias. Trata-se da quantidade de água que continua a fluir em um rio durante os períodos de estiagem, ou em períodos que ocorrem baixas precipitações.

Pruski et al. (2006) e Von Sperling (2007) indicam que o conhecimento pertinente as vazões mínimas e, sobretudo, as análises elaboradas em períodos considerados cruciais ou de estiagens extremas apontam resultados que possibilitam prever o potencial hídrico de uma bacia. Estes resultados são de suma importância para determinar a capacidade da bacia hidrográfica em suprir as necessidades básicas da população em períodos de déficits hídricos extremos. Ao se avaliar a vazão mínima recorre-se normalmente à $Q_{7,10}$.

O presente artigo procura verificar a possível ocorrência de cenários tendenciais de vazões máxima, média e mínima, procurando avaliar a evolução do uso e ocupação do solo e decorrentes interferências, com intuito de oferecer subsídios a iniciativas diversas, que incluem o aprimoramento de estratégias políticas e administrativas voltadas para a gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Paranaíba.

A bacia do Paranaíba faz parte da região hidrográfica do Rio Paraná, localizando-se nas coordenadas geográficas situadas entre os paralelos 15° e 20° sul e os meridianos 45° e 53° oeste, totalizando uma área de drenagem de aproximadamente 220 mil km², dos quais 65% faz parte do estado de Goiás, 30% estão em Minas Gerais, 2% no Mato Grosso do Sul e 3% no Distrito Federal (figura 1). A nascente do rio principal localiza-se no município de Rio Paranaíba, na Serra da Mata da Corda, percorrendo aproximadamente

1.160 km até sua foz, onde há o encontro com o Rio Grande. Grande parte da área da bacia está inserida no bioma Cerrado (Mendes Silva e Ferreira, 2015).

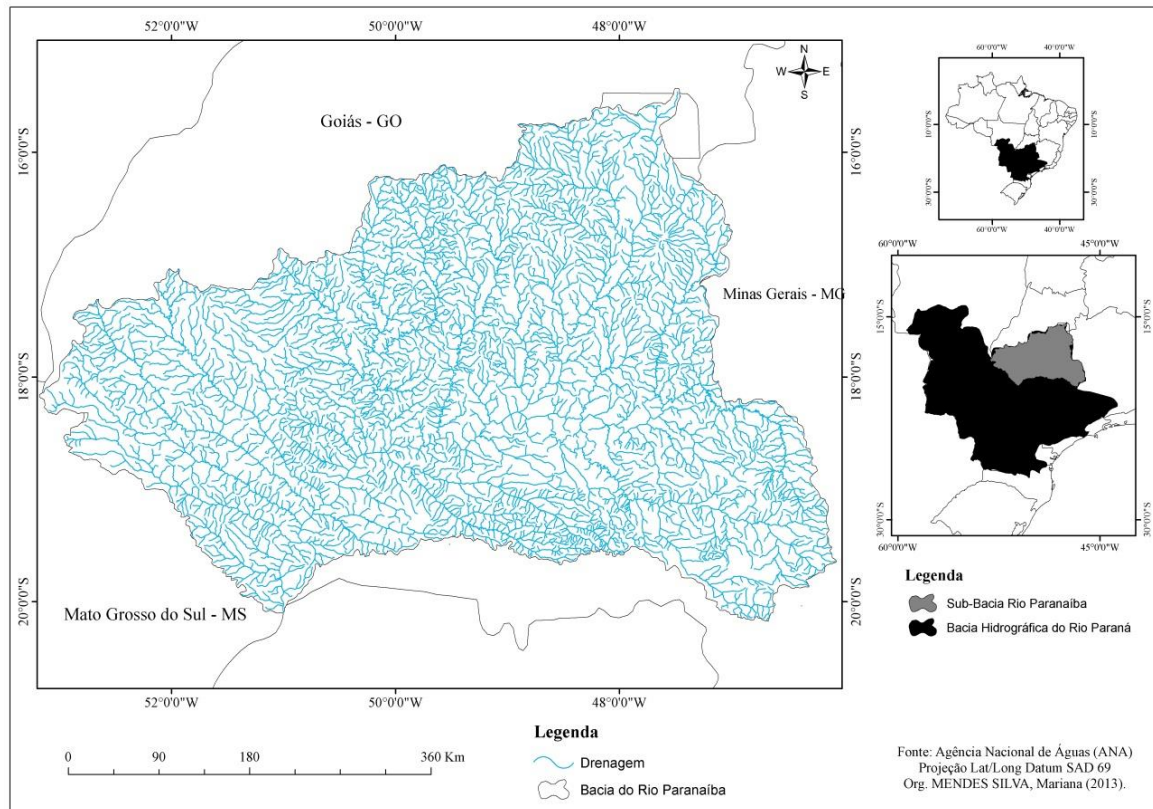


Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba
Fonte: adaptado de MENDES SILVA e FERREIRA, 2015

Fundamentos conceituais da pesquisa

Uso e ocupação do solo e vazões

O uso e ocupação do solo interfere direta ou indiretamente na dinâmica hidrológica ao modificar os padrões de evaporação, evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial e precipitação das bacias hidrográficas, podendo reduzir ou aumentar a abstração inicial. Coelho Neto (1994) discute o papel da cobertura do solo, que não se restringe ao amortecimento das gotas da chuva, contribuindo também para a concentração de água no solo, auxiliando nas taxas de infiltração, sendo esta essencial para a biota e para o processo de recarga dos aquíferos.

Para Salomão (1999) a vegetação desenvolve um papel de suma importância na prevenção da erosão, reduzindo a desagregação de materiais, a lixiviação e a sedimentação, resultando então em uma água com maior qualidade e em maior quantidade. A este respeito, Botelho e Silva (2010) chamam atenção para o que vem ocorrendo

em diversas regiões no mundo, em que os processos de ocupação e manejo desordenado dos solos têm gerado impactos ambientais como desertificação, assoreamento e aceleração de processos erosivos.

De acordo com Silva et al. (2012) os impactos ambientais tendem a ampliar em áreas com pouca cobertura e/ou com vegetação espaçada, fatores estes que caracterizam uma região como fornecedora de sedimentos. Sedimentos estes, que são transportados através do escoamento superficial e depositados, na maioria das vezes, dentro dos cursos d' água, gerando interferências na capacidade de escoamento e nos padrões qualitativos das águas.

Se a impermeabilização dos solos ocorrer em áreas de maior declividade aumenta a probabilidade de ocorrência de picos extremos de vazões (Booth, 1991; Botelho e Silva, 2010; Cardoso Neto, 2010). Em áreas urbanas é importante acompanhar cuidadosamente o uso e ocupação do solo, adequando-o à variabilidade

climática e, com isso, gerando mais estabilidade nos padrões de vazão máxima, média e mínima.

Pires e Santos (1995) apresentaram a figura 2, na qual organizaram o uso e ocupação do solo quanto aos reflexos sobre os padrões de vazões.



Figura 2 – Fluxograma de atividades antrópicas e possíveis alterações nos padrões de vazões
Fonte: Pires e Santos (1995)

O controle dos impactos das formas de uso e ocupação das bacias hidrográficas deve priorizar iniciativas e tecnologias voltadas para o armazenamento de água no solo. Para isso deve-se melhorar o investimento nas bases metodológicas, elaborando e adaptando ferramentas capazes de amenizar o escoamento superficial e garantir padrões qualitativos e quantitativos a água de forma que venha a suprir as necessidades vitais (Letey, 1985; Gao & Shao, 2012)

Modelos de avaliação de séries históricas de vazões

De acordo com Wei (2006), os estudos de séries históricas permitem entender a dinâmica existente entre uma ou mais variáveis, ao longo de um período temporal. Afirma que somente através do entendimento da variabilidade temporal é possível apontar os reflexos de um fenômeno, tanto

no tempo quanto no espaço. Partindo desse princípio, torna-se possível destacar quais são os fatores responsáveis pela origem do evento e, sendo assim, estabelecer os agentes transformantes (Serra Filho et al., 1975; Karl et al., 1988).

Compreender como o ser humano vem se apropriando cada vez mais dos espaços das bacias hidrográficas e como tal processo de ocupação repercute nas séries históricas de vazão é tarefa fundamental no contexto dos diagnósticos ambientais. A esse respeito, na abordagem proposta por Morettin e Toloí (2006) a previsão em si, bem como o ato de prever, não constitui um meio formalizado de intervenção, mas fornece embasamento teórico e conceitual que permite elaborar ferramentas que sejam capazes de auxiliar na elaboração de estratégias, permitindo então atingir determinados objetivos.

De acordo com Ehlers (2009), as séries

históricas apresentam algumas particularidades que devem ser tratadas como características comportamentais, sendo estas:

- As observações são correlacionadas e requerem técnicas específicas de análise;
- É fundamental considerar a ordem temporal das observações;
- Possibilidade da existência de fatores complexos, como tendências, variações sazonais ou cíclicas;
- É mais difícil de lidar com falhas nos períodos de observação e dados discrepantes devido à natureza sequencial.

Nas análises de séries históricas podem ocorrer ínfimas abstrações, mas, considerando a diversidade de modelos disponíveis, deve-se preocupar com a qualidade dos dados e, principalmente, com o objetivo a ser atingido. O que para Silva (2012), fica bem representado através das expressões obtidas na análise matemática dos dados e, principalmente a liberdade lógico-matemática que os modelos disponibilizam, permitindo assim abstrair as regularidades dos fenômenos observados e com isso chegar a uma possível representação dos mesmos.

A análise de séries históricas visa sempre efetuar previsões futuras, mantendo a base fundamentada em valores gerados e armazenados no passado, sugerindo que a previsão gerada venha a se aproximar da realidade. A esse respeito, as ferramentas geoestatísticas são indispensáveis. O grau de análise varia do mais simples ao grau extremamente complexo, chegando a exigir a empregabilidade de *softwares* altamente

sofisticados para o armazenamento e desenvolvimento de modelos.

Uma série histórica é caracterizada como sendo contínua se as observações foram feitas consecutivamente no tempo; ou podem ser discretas a partir do momento em que estipulamos um tempo pré-determinado para determinada observação. No entanto, outro fator relacionado à análise da distribuição temporo-espacial está que a mesma pode ser feita em períodos igualmente espaçados (Wei, 2006; Morettin & Toloi, 2006).

Conforme afirma Ferreira (2012),

[...]. Existem diversas metodologias destinadas à previsão de séries temporais, dentre as quais as que recorrem a modelos de suavização exponencial, modelos autorregressivos, regressão linear, médias móveis ou Modelos ARIMA (*Auto Regressive Integrate Moving Average*). Tecnologias de inteligência computacional tais como redes neurais, lógica nebulosa e algoritmos genéticos têm possibilitado a criação de metodologias avançadas de análise de tendências em séries temporais.

Tibulo et al. (2014) reforça que é de suma importância o auxílio de ferramentas computacionais, tais como redes neurais, lógica nebulosa e algoritmos genéticos, visando sempre aprimorar a base metodológica e, para com isso chegar cada vez mais à precisão dos resultados, reduzindo incertezas. O mesmo autor considerou a existência de observações em uma série temporal até o instante t , analisando a previsão no instante $t+h$ que é denotada pelos indicadores $\hat{Z}_t(h)$, cuja origem é t e o horizonte de previsão é h . As previsões baseiam-se em $Z(t+1)$, $Z(t+2)$, $Z(t+h)$. Dessa forma, podem ser representadas graficamente por meio do exemplo da figura 3.

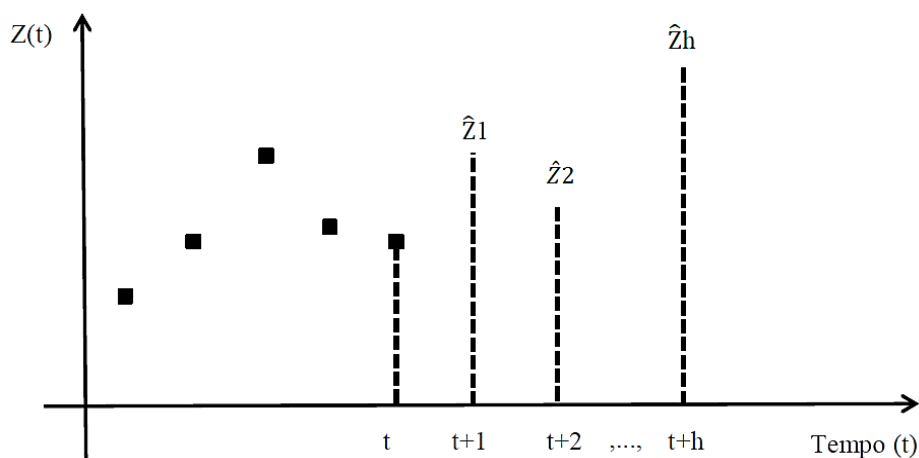


Figura 3 – Representação gráfica de uma série temporal com previsões de origem t e horizontes de previsão iguais a um, dois e h passos à frente

Fonte: Morettin & Toloí, (2004). Adaptado por Tibulo et al. (2014).

De certa forma, um fator importante é que toda série histórica pode ser decomposta, o que possibilita a análise dos seus indicadores, resultando assim em projeções futuras, e principalmente permitindo que ocorra a detecção de particularidades. Para tanto, busca-se cada vez mais um modelo representativo e realístico dos fenômenos abordados e que represente fielmente as variáveis geradoras (Grosso et al. 2005).

Material e métodos

A pesquisa aqui relatada recorreu a instrumentos geocartográficos para avaliação multitemporal do uso e ocupação do solo, bem como ferramentas de análise tendencial para analisar séries históricas de vazões.

Procedimentos para representação multitemporal do uso e ocupação do solo

O primeiro passo foi a aquisição dos arquivos através de *download* nas páginas do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) e Projeto TERRACLASS Cerrado e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os projetos PROBIO e TERRACLASS foram desenvolvidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Inicialmente foi definida uma escala cartográfica que atendesse a proposta da pesquisa. Devido à extensão da bacia, optou-se por trabalhar na escala de semi-detalle 1:250.000. De acordo com Martins (2012), trata-se de escala de certa expressividade, principalmente quando é adotada para representar grandes regiões. Quanto aos períodos adotados para avaliação multitemporal, optou-se por considerar os anos de 1985, 2003 e 2013 (quadro 1).

FASE	PERÍODO DETERMINADO DO MAPEAMENTO	BASE CARTOGRÁFICA
INICIAL	Mapa de uso e ocupação 1985	-Imagens do Satélite <i>LANDSAT</i> 8 (Sensor ETM+); -Cartas Topográficas pertencentes ao Mapeamento Sistemático Brasileiro efetuado pelo IBGE.
INTERMEDIÁRIA	Mapa de uso e ocupação 2003	-Imagens do Satélite <i>LANDSAT</i> 5 (Sensor TM); -Imagens pertencentes ao Projeto PROBIO.
CONTEMPORÂNEA	Mapa de uso e ocupação 2013	Imagens pertencentes ao Projeto TERRACLASS Cerrado; Imagens do Satélite <i>LANDSAT</i> 8 (Sensor ETM+).

Quadro 1 – Informações referentes às fases temporais e base cartográfica do mapeamento de uso e ocupação do solo

O banco de imagens que permitiu a caracterização do uso e ocupação do solo em 1985 foi obtido mediante *download* dos arquivos do satélite *Landsat5* TM, *Datum* SIRGAS-2000,

através do site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Foram selecionadas 19 cenas que abrangem os meses de agosto, setembro e outubro (figura 4).

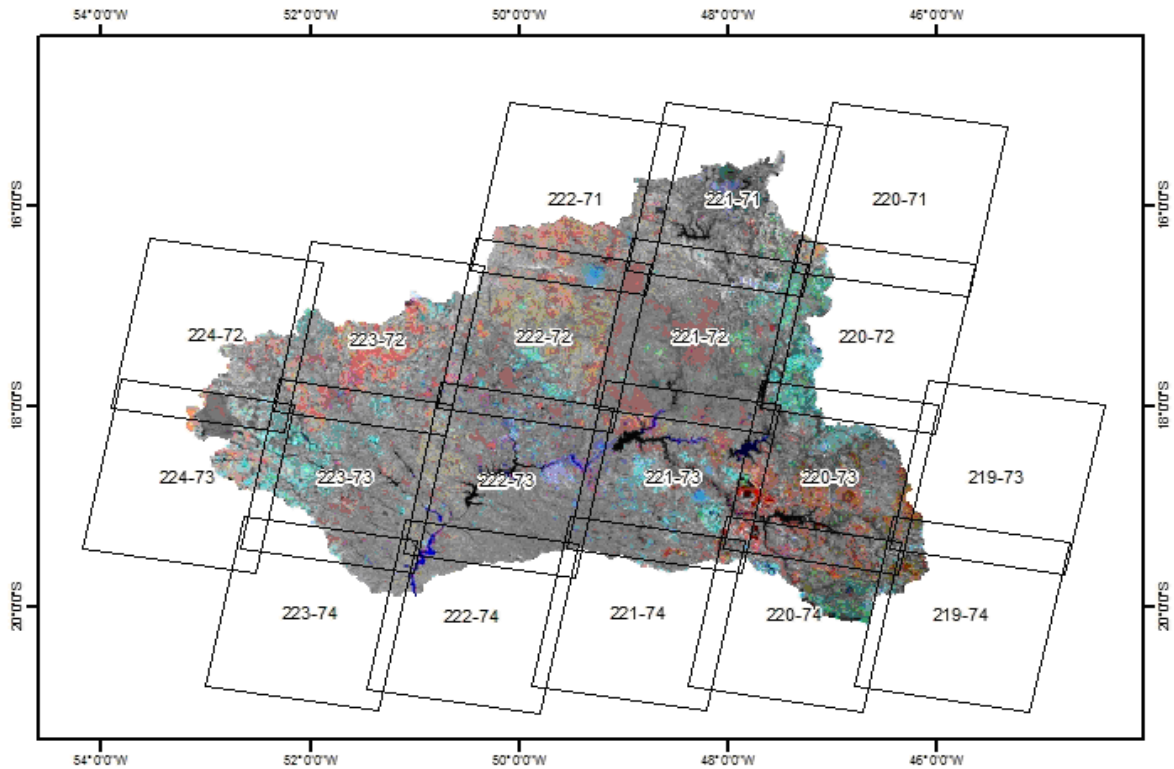


Figura 4 – Mapa de distribuição das cenas TM/Landsat5 que cobrem a área da bacia do rio Paranaíba. Fonte: Adaptado de Rosa & Sano (2014)

A interpretação visual das imagens foi baseada na composição colorida 4R5G3B, conforme chave de identificação inserida parcialmente no quadro 2. Os polígonos gerados através da segmentação das imagens foram

convertidos para o formato *shapefile* e transferidos para o *software* ArcView GIS 10.2®. Com relação às bandas espectrais, foi adotada a proposta de Sano e Rosa (2014), conforme discriminadas no quadro 3.

CLASSE DE COBERTURA VEGETAL	PADRÕES CARACTERÍSTICOS DA INTERPRETAÇÃO	EXEMPLO NUMA COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB 453
Savana Arborizada (Sa)	Padrão de cor: vermelho brilhante; Textura: intermediária a rugosa; Forma geométrica: irregular	
Savana Parque (Sp)	Padrão de cor: verde escuro; Textura: intermediária a rugosa; Forma geométrica: irregular	
Pastagem Cultivada (Ap)	Padrão de cor: verde azulado; Textura: intermediária a lisa; Forma geométrica: regular	

Quadro 2 – Exemplo de classes utilizadas para mapeamento de uso e ocupação do solo de 1985

Posteriormente, foi possível associar cada segmento a uma classe de uso e ocupação do solo, sendo considerados: influência mineral, corpos d'água, influência urbana, agricultura, pastagem, vegetação natural, silvicultura (reflorestamento).

Tais classes categorizadas são compatíveis com os mapeamentos de uso e ocupação dos solos de 2003 e de 2013 (PROBIO e TERRACLASS, respectivamente). Utilizou-se o *software* ArcMap10.2[®] para efetuar a classificação supervisionada das classes.

TIPO DE BANDA		FAIXA ESPECTRAL
3	Região do Vermelho	0,63 – 069 µm
4	Região do Infravermelho Próximo	0,76 – 0,90 µm
5	Região do Infravermelho de Ondas Curtas	1,55 – 1,75 µm

Quadro 3 - Tipos de bandas utilizadas no mapeamento do uso e ocupação do solo no período de 1985

Fonte: Rosa & Sano (2014). Org. Silva. G. C (2017).

Para o mapeamento de 2003 as imagens *Landsat-5* de órbita-ponto foram adquiridas junto ao Projeto PROBIO. O primeiro passo foi a composição das bandas espectrais no Sistema RGB, utilizando-se o arranjo 4, 5 e 3. A análise dos processos de composição das bandas espectrais do sistema RGB (4, 5 e 3) é correspondente ao comprimento espectral referente aos canais infravermelho próximo (0,76-0,90 µm), infravermelho médio (1,55-1,75 µm) e vermelho (0,63-0,69 µm). Após execução deste procedimento, foi possível realizar todo o processamento digital das imagens. O tratamento das imagens *Landsat 5* foi executado através do *software* ArcGis[®].

Para que fosse possível criar o mosaico de imagens, utilizou-se o *software* ENVI[®], pois o mesmo admite o desenvolvimento da técnica de equalização de histograma, que se baseia no agrupamento de uma ou mais imagens e, partindo deste agrupamento, considera-se uma delas como sendo a imagem de referência. De acordo com Shimabukuro *et al.* (2002), para o desenvolvimento da técnica de equalização de histogramas, deve-se sempre adotar um método estatístico que seja baseado na função de distribuição cumulativa.

Para que houvesse a cobertura total da área pelas imagens de sensoriamento remoto, uma vez que o projeto PROBIO contempla somente as áreas recobertas pelo bioma Cerrado, deixando assim uma lacuna referente ao bioma Mata Atlântica, foi necessário adquirir imagens complementares fornecidas pelo satélite *Landsat5* (códigos 221/73, 222/73, 222/74 e 223/73).

Foi aplicada a técnica de classificação supervisionada para as classes de uso e ocupação caracterizadas como corpos d'água, agricultura, vegetação natural, pastagem e silvicultura. Foi também utilizada a técnica mista, que é baseada na vetorização manual das classes ou grupos definidos nas imagens. Para tal procedimento utilizou-se o *software* ArcMap10.2[®]. Na verdade, foi empregada a técnica mista para as classes de uso e ocupação categorizadas como influência urbana e influência mineral.

Para efetuar o mapeamento referente a 2013, a aquisição dos dados georreferenciais foi executada por meio do *download* de arquivos disponíveis no site do projeto TERRACLASS CERRADO. Neste caso, após o *download* das imagens, foi formado um banco de dados com imagens pertencentes ao satélite *Landsat8/OLI* (*Operational Land Imager*). Posteriormente, todo tratamento foi executado através do *software* ENVI[®] e, portanto, foi necessária a conversão das bandas 4, 5 e 6 do satélite *Landsat8/OLI* de nível cinza com 16 bits/pixel para valores de reflectância aparente ou topo da atmosfera. Ressalta-se que com a edição das bandas 4, 5 e 6 é possível destacar toda a vegetação em tons de vermelho, o que possibilita uma melhor classificação tanto a nível visual quanto em nível de desenvolvimento estatístico pelos *softwares* ArcMap10.2[®] ou pelo ENVI[®].

Buscando destacar a faixa espectral correspondente às bandas 4, 5 e 6, foi elaborado o quadro 4, que permite identificar, além do comprimento da faixa espectral, o tipo de banda correspondente.

TIPO DE BANDA		FAIXA ESPECTRAL
4	Região do Vermelho	0,64 – 067 µm
5	Região do Infravermelho Próximo	0,85 – 0,88 µm



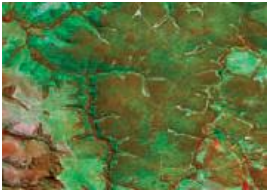
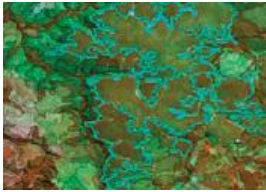
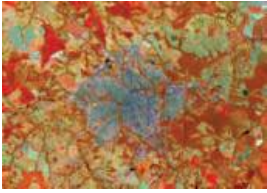
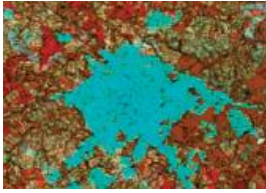


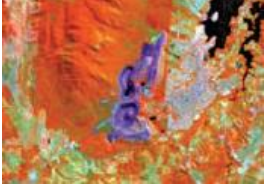
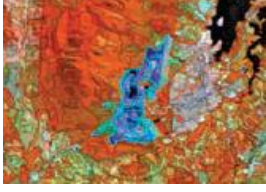
Quadro 4 - Tipos de bandas utilizadas no Projeto TERRACLASS (2013)

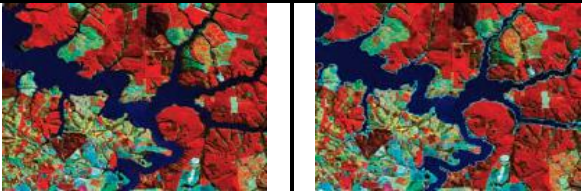
Fonte: TERRACLASS (2013). Org. Silva. G. C (2017).

O projeto TERRACLASS objetivou mapear somente a cobertura vegetal pertencente ao bioma Cerrado, apresentando assim uma faixa em vazio pertencente ao bioma Mata Atlântica. Assim, optou-se pelo *download* das imagens complementares através do site *Earth Explorer* (USGS), sendo as imagens pertencentes ao satélite Landsat8 (códigos 221/73, 222/73, 222/74 e

223/73).

A exportação e disponibilização dos dados vetoriais gerados em *shapefile*, bem como a correção da topologia, foi executada mediante os recursos do *software* ArcGIS10.2®, que permitiu elaborar também o recorte da imagem. A chave de classificação utilizada no projeto TERRACLASS está representada no quadro 5.

FEIÇÕES MAPEADAS	IMAGEM LANDSAT8 (OLI) RGB – 5,6 E 4	IMAGEM LANDSAT8 SEGMENTADA	ITERPRETAÇÃO VISUAL
Florestal			Cor: Vermelho. Tonalidade: Escuro. Textura: Rugosa. Forma: Irregular a Regular. Contexto: Áreas com vegetação arbórea com predominância de dossel contínuo.
Não Florestal - Savânica			Cor: Vermelho. Tonalidade: Média a Escura. Textura: Intermediária a Rugosa. Forma: Irregular. Contexto: Áreas de Vegetação Arbórea arbustivos-herbáceas com árvores distribuídas aleatoriamente sobre o terreno.
Áreas Urbanas			Cor: Azul. Tonalidade: Médio. Textura: Rugosa. Forma: Regular e Irregular. Contexto: Áreas edificadas, pequenos distritos, lugarejos, vilas com poucas estruturas urbanísticas.
Agricultura Anual			Cor: Magenta ou verde claro. Tonalidade: Clara e Média. Textura: Lisa. Forma: Regular. Contexto: Áreas de solo exposto ou vegetadas, geralmente composta por uma única espécie de interesse comercial.
Mineração			Cor: Roxo. Tonalidade: Médio a Escuro. Textura: Rugosa. Forma: Irregular. Contexto: Presença de afloramento de rochas, clareiras e incluindo poços de rejeitos.

Corpos D'água		<p>Cor: Azul escuro a preto Tonalidade: Escura. Textura: Lisa. Forma: Irregular. Contexto: Áreas contidas por represas, lagos e rios.</p>
---------------	---	---

Quadro 5 - Exemplo de classes adotadas pelo projeto TERRACLASS (2013)
 Fonte: TERRACLASS (2013). Org. Silva. G. C (2017).

A correção da topologia foi executada pelo *software* ArcGIS10.2[®]. Quanto ao processo de mapeamento, utilizou-se o *software* ArcMap10.2[®], que permitiu executar a classificação supervisionada das classes e, para tanto, também foi utilizada a técnica mista que através da edição manual buscou minimizar os erros de comissão e omissão na classe de uso e ocupação referente à influência urbana.

Procedimentos para tratamento de dados fluviométricos

Foram selecionadas séries fluviométricas situadas entre 1975 e 2013 visando correlação com os dados obtidos no mapeamento de uso e ocupação do solo. As séries foram segmentadas para os períodos 1975-1985, 1985- 2003 e 2003-2013. A coleta dos dados foi feita através de *download* no sitio eletrônico do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb) da Agência Nacional de Águas (ANA). A figura 5 apresenta a distribuição espacial dos 23 postos fluviométricos. Eles foram selecionados de um total de 666 disponíveis.

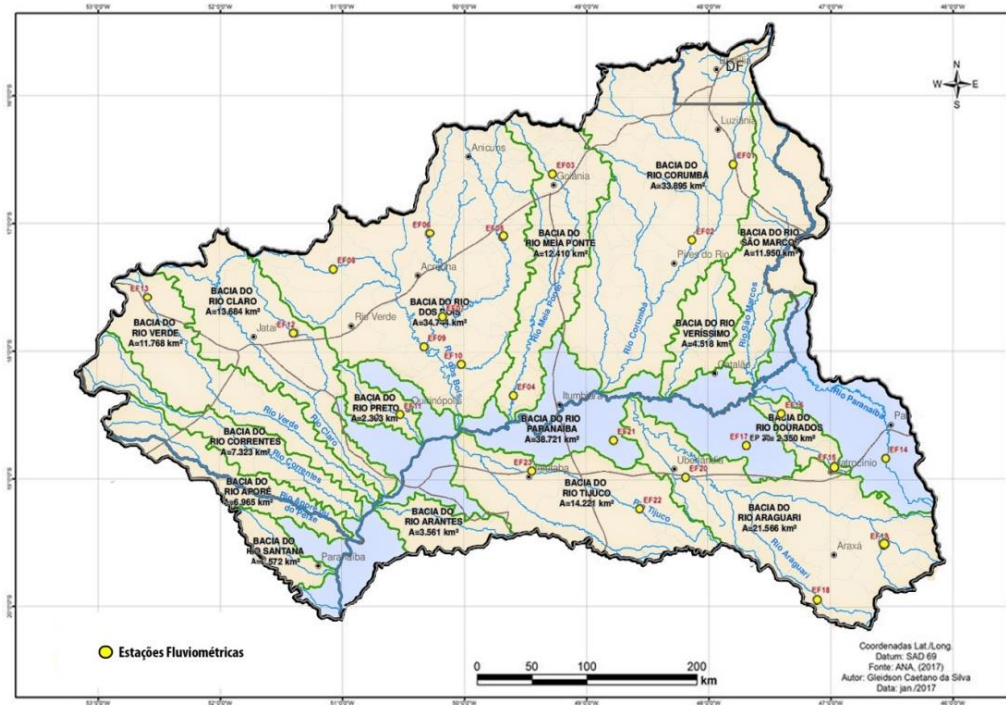


Figura 5 – Mapa de localização dos postos de dados fluviométricos adotados
 Fonte: ANA (2016). Org. Silva. G. C (2017)

Os dados fluviométricos foram analisados através do teste não paramétrico proposto por Mann (1945) e adaptado por Kendall (1975), popularmente conhecido como método Mann-Kendall. O método consiste fundamentalmente em conferir cada valor da série histórica com os valores restantes, seguindo sempre um processo de

ordenação sequencial. Cabe ao método, em síntese, contar o número de vezes em que os termos restantes são maiores do que o valor analisado. Sendo assim, o método tem por base rejeitar ou aceitar uma hipótese nula (H_0), podendo assim negar ou não a existência de um cenário tendencial na série histórica analisada mediante a

aceitação de um nível de significância (α , 95%). Deve-se sempre buscar uma padronização de forma que siga uma distribuição normal com média 0 e com variância 1, lembrando que o valor positivo do

teste Z indica uma tendência crescente e o valor negativo uma tendência decrescente.

Resultados e discussão

A tabela 1 apresenta as áreas ocupadas pelas diferentes classes de uso e ocupação do solo nos cenários 1985, 2003 e 2013.

Uso e ocupação do solo

CLASSES	Mapa 1985 (Km ²)	Mapa 2003 (Km ²)	Mapa 2013 (Km ²)
Corpos D'água	2.195,81	2.350,41	3.516,54
Influência Urbana	1.789,46	2.699,62	2.471,53
Influência Mineral	15,98	13,49	57,56
Silvicultura	2.947,07	1.444,25	2.814,77
Pastagem	102.620,72	106.988,05	91.139,78
Vegetação Natural	73.945,55	58.603,12	63.781,55
Agriculturas	37.846,23	49.261,82	57.579,18
Outros			1.363,61
TOTAL	221.360,82	221.360,76	221.360,91

Tabela 1 – Áreas ocupadas pelas classes de uso de ocupação do solo nos anos 1985, 2003 e 2013

O ano de 1985 foi adotado para analisar a situação de um momento marcado pelo início da rápida expansão das atividades econômicas na bacia, induzida pela ação de projetos governamentais. Conforme demonstrado na tabela 2, a classe que destacava refere-se às pastagens, que ocupavam 102.620,72 km², o que representava

46,36% do território da bacia. A segunda classe que também merecia destaque era a vegetação natural (biomas Cerrado e Mata Atlântica). Pastagens e vegetação natural ocupavam 79,76% da bacia. A agricultura ocupava 17,10% e a silvicultura 1,33%. A figura 6 apresenta o resultado do mapeamento para o ano de 1985.

CLASSES	MAPEAMENTO 1985	
	ÁREA (Km ²)	Taxa de Ocupação (%)
Corpos D'água	2.195,81	0,99%
Influência Urbana	1.789,46	0,81%
Influência Mineral	15,98	0,01%
Silvicultura	2.947,07	1,33%
Pastagem	102.620,72	46,36%
Vegetação Natural	73.945,55	33,40%
Agricultura	37.846,23	17,10%
TOTAL	221.360,82	100%

Tabela 2 – Dados do uso e ocupação do solo em 1985

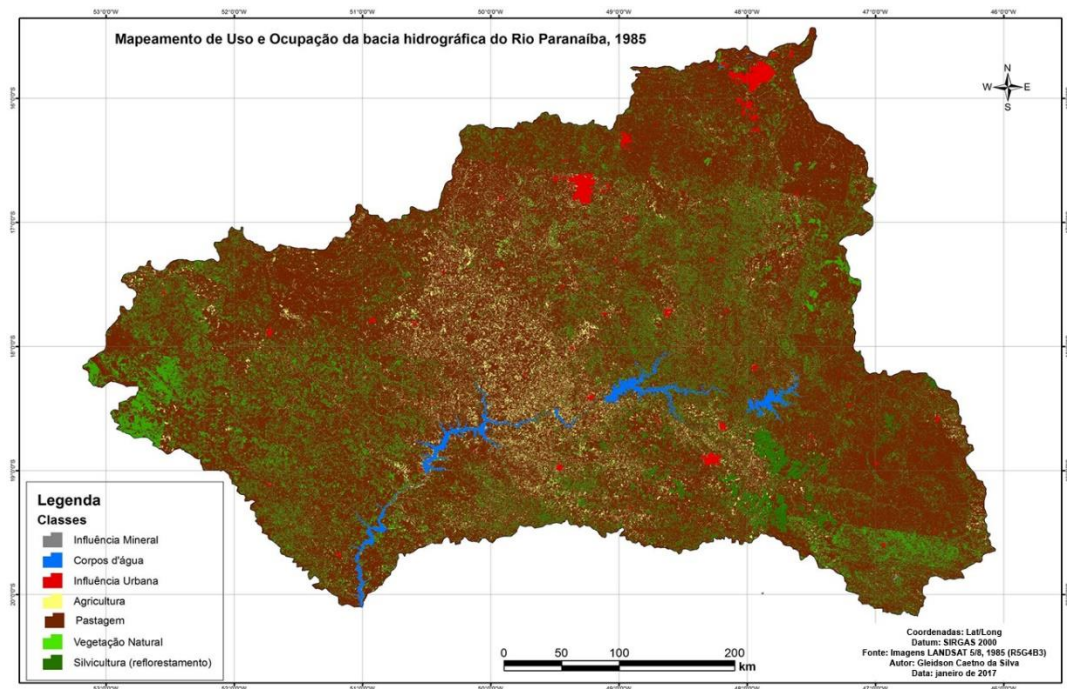


Figura 6 – Mapa de uso e ocupação do solo em 1985.
Org. Silva. G. C (2017)

Conforme já mencionado o mapa referente a 2003 foi elaborado por meio dos dados do projeto PROBIO, mediante uso de imagens dos satélites *Landsat 5* e *8 TM* e *ETM+*, mantendo a escala

cartográfica 1:250.000. As áreas e taxas de ocupação estão expostas na tabela 3. A figura 7 apresenta o mapa para o cenário de 2003.

MAPEAMENTO 2003		
CLASSES	ÁREA (Km ²)	Taxa de Ocupação (%)
Corpos D'água	2.350,41	1,1%
Influência Urbana	2.699,62	1,2%
Influência Mineral	13,49	0,0%
Silvicultura	1.444,25	0,7%
Pastagem	106.988,05	48,3%
Vegetação Natural	58.603,12	26,5%
Agricultura	49.261,82	22,3%
TOTAL	221.360,76	100%

Tabela 3 – Dados do uso e ocupação do solo em 2003

Percebe-se que as pastagens continuavam ocupando grande parte do território da bacia, com uma área de 106.988,05 km², o que representava 48,33%. A vegetação natural ocupava 58.603,12 Km² (26,47%), ou seja, praticamente um quarto da bacia ainda mantinha a sua vegetação natural. A agricultura já ocupava 49.261,82 Km², indicando uma taxa de ocupação de 22,25% contra os 17,10% de 1985.

As alterações significativas ocorridas entre as classes de uso e ocupação do solo entre 1985 e

2003 são resultantes de ações políticas que visavam o avanço da fronteira agrícola. Ocorreu o crescimento da agricultura e das pastagens, substituindo a vegetação natural, que sofreu um decréscimo territorial de 15.342,43 Km², uma perda percentual de 6,93%. As áreas dos corpos d'água apresentou acréscimo de 154,60 km², indicando um crescimento relativo de 0,7%, fator este que pode ser explicado pela implantação de represas na bacia para produção de energia.

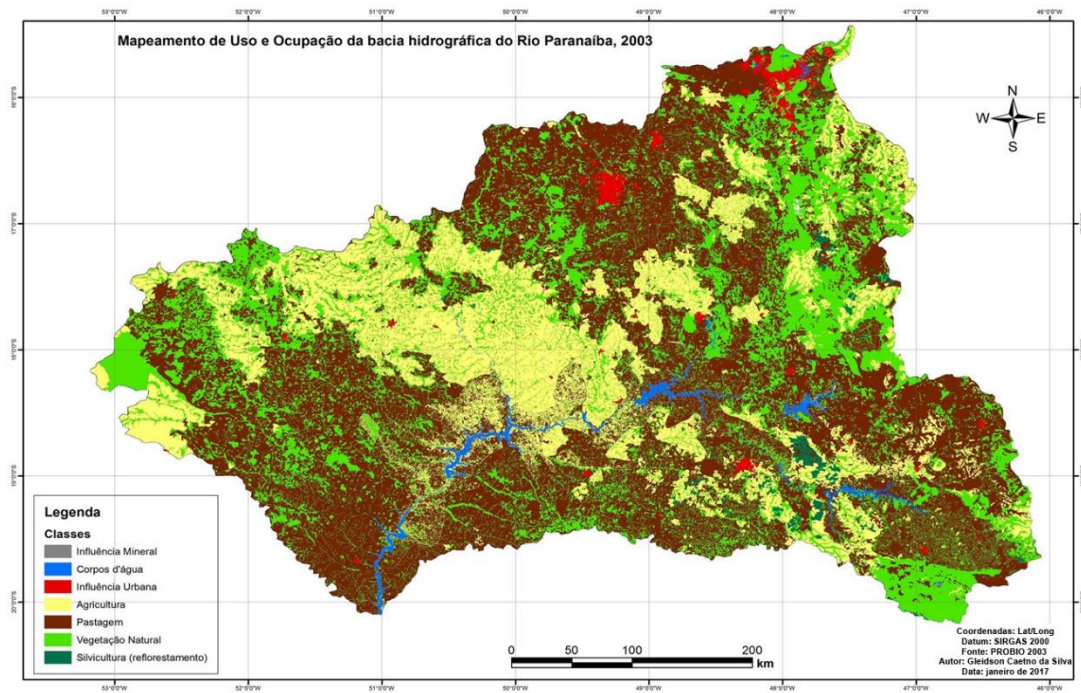


Figura 7 – Mapa de uso e ocupação do solo em 2003
Org. Silva. G. C (2017)

Por fim, o mapa do uso e ocupação do solo de 2013, elaborado com base no mapeamento do projeto TERRACLASS (2013), também com imagens dos satélites *Landsat 5* e *8 TM* e *ETM+*, apresenta a classe pastagem ocupando área 91.139,78 Km² (41,17%). A classe vegetação

natural aparece ocupando 63.781,55 Km² (28,81%) e a agricultura 57.579,18 Km², ou seja, 26,01%. Percebe-se, assim, o avanço da agricultura em detrimento da vegetação natural (tabela 4 e figura 8).

MAPEAMENTO 2013		
CLASSES	ÁREA (Km ²)	Taxa de Ocupação (%)
Corpos D'água	3.516,54	1,59%
Influência Urbana	2.471,53	1,12%
Influência Mineral	57,56	0,03%
Silvicultura	2.814,77	1,27%
Pastagem	91.139,78	41,17%
Vegetação Natural	63.781,55	28,81%
Agricultura	57.579,18	26,01%
Outros	1.363,61	0,62%
Total	221.360,91	100%

Tabela 4 – Dados do uso e ocupação do solo em 2013

A classe da pastagem cresceu 4.367,33 Km² entre 1985 e 2003. De 2003 a 2013 constatou-se um decréscimo de 15.848,27 km². Entre 1985 e

2013 houve decréscimo de 11.480,94 km² das áreas de pastagem.

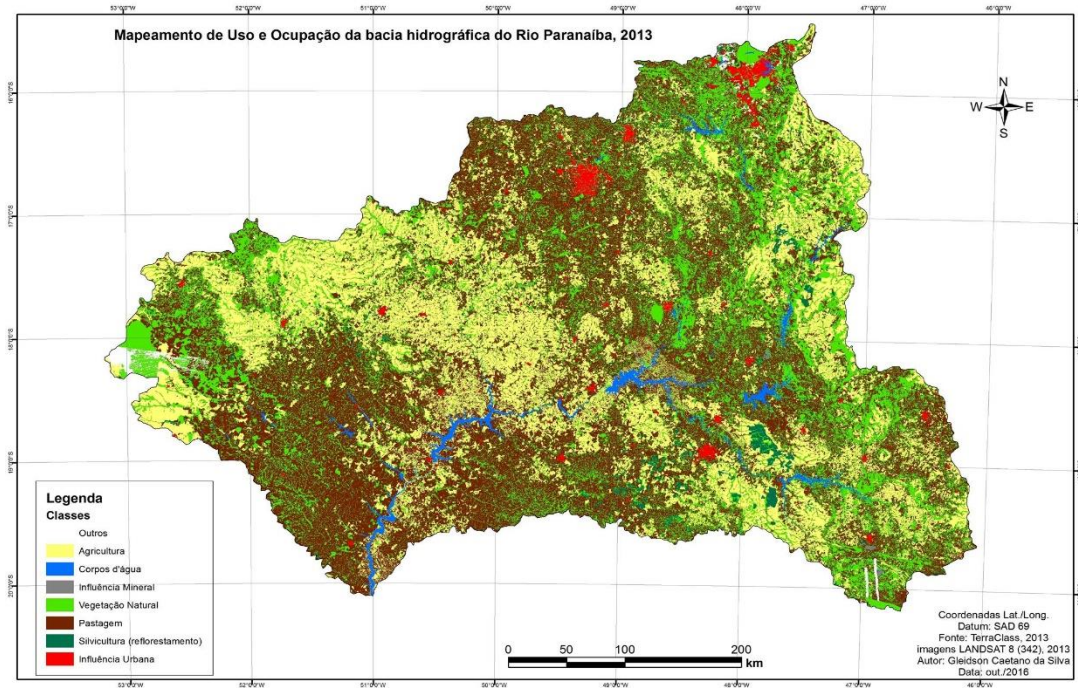


Figura 8 - Uso e Ocupação do Solo em 2013
Org. Silva. G. C (2017).

A classe referente à agricultura foi a que mais expandiu, reduzindo a participação das demais categorias, principalmente pastagem e vegetação natural. Percebe-se um acréscimo de

50% das áreas de agricultura para o período de 1985 a 2013, totalizando um incremento de 19.732,95 Km², conforme mostra a tabela 5.

MAPEAMENTOS	Área
Mapeamento 1985	37.846,23
Mapeamento 2003	49.261,82
Mapeamento 2013	57.579,18
ACRÉSCIMOS / DECRÉSCIMOS	Área
Mapeamentos 1985 - 2003 (Km ²)	11.415,59
Mapeamentos 2003 - 2013 (Km ²)	8.317,36
Mapeamentos 1985 - 2013 (Km ²)	19.732,95

Tabela 5 - Evolução temporo-espacial da classe referente à agricultura

A classe da vegetação natural sofreu decréscimo de 15.342,43 Km² entre 1985 e 2003, ou seja, uma perda de aproximadamente 21%. Todavia, no período de 2003 a 2013 teve um

acréscimo de 5.178,43 Km², que representa 9% (tabela 6). Tal fato se justifica pela criação de unidades de conservação e implantação de políticas conservacionistas.

MAPEAMENTOS	Área
Mapeamento 1985	73.945,55
Mapeamento 2003	58.603,12
Mapeamento 2013	63.781,55
ACRÉSCIMOS / DECRÉSCIMOS	Área
Mapeamentos 1985 - 2003 (Km ²)	-15.342,43
Mapeamentos 2003 - 2013 (Km ²)	5.178,43
Mapeamentos 1985 - 2013 (Km ²)	-10.164,00

Tabela 6 - Evolução temporo-espacial da classe referente à vegetação natural

Aplicação do índice de transformação antrópica

Para enriquecer a análise das relações entre a dinâmica do uso e ocupação do solo e as vazões optou-se pela consideração do índice de transformação antrópica (ITA), proposto por

Mateo (1991). Trata-se de um método que vai além de contemplar a quantificação das pressões antrópicas através de classes de uso e ocupação do solo, pois indica o grau de antropização para cada classe individualmente. O primeiro passo para a execução do ITA consiste na elaboração da tabela 7, que apresenta o peso adotado para cada classe de uso e ocupação.

CLASSES	PESOS (ITA)
Corpos d'água	1
Influência Urbana	10
Influência Mineral	10
Silvicultura	5
Pastagem	6
Vegetação Natural	1
Agricultura	7

Tabela 7 – Pesos para as classes de uso e ocupação do solo visando aplicação do ITA

Fonte: Cruz et al. (1998) Org. Silva. G. C (2017).

O índice de transformação antrópica é calculado através da seguinte equação:

$$ITA = \frac{\sum(\%USO \times PESO)}{100}$$

Onde:

Uso = área em valores percentuais da classe de uso e cobertura;

Peso = grau de alteração antrópica - 1 a 10 (10 = maiores pressões)

O índice de transformação antrópica (ITA)

da bacia do Paranaíba está apresentado na tabela 8 para os anos de 1985, 2003 e 2013. Em 1985 a situação da bacia quanto à transformação antrópica é “regular” (nível 4). Mas em 2003 o índice sofreu alteração significativa deixando assim de ser caracterizado como regular, passando então para o nível 5, que demonstra a característica “degradada”, permanecendo este mesmo indicador para 2013. Os impactos antrópicos sobre os recursos naturais são indiscutivelmente crescentes na bacia.

Classes	Área (km ²)			(% Uso)			Peso	ITA		
	1985	2003	20013	1985	2003	20013		1985	2003	20013
Corpos d'água	2.195,81	2350,41	3516,54	0,99	1,06	1,59	1	0,01	0,01	0,02
Influência Urbana	1.789,46	2699,62	2471,53	0,81	1,22	1,12	10	0,08	0,12	0,11
Influência Mineral	15,98	13,49	57,56	0,01	0,01	0,03	10	0,00	0,00	0,01
Silvicultura	2.947,07	1444,25	2814,77	1,33	0,65	1,27	5	0,07	0,03	0,06
Pastagem	102.620,72	106988,05	91139,78	46,36	48,33	41,17	6	2,78	2,90	2,47
Vegetação Natural	73.945,55	58603,12	63781,55	33,40	26,47	28,81	1	0,33	0,26	0,29
Agricultura	37.846,23	49261,82	57579,18	17,10	22,25	26,01	7	1,20	1,56	1,82
Σ								4	5	5

Tabela 8 – ITA para os anos de 1985, 2003 e 2013.

Estudo das vazões

Médias Mensais e Médias de Longo Prazo (MLT)

Junior (2013) propõe avaliar o período seco e chuvoso por meio da sobreposição da média mensal à média de longo prazo (MLT). Se a primeira é superior, o período é caracterizado como

úmido. Caso contrário, o período é caracterizado como seco. A figura 9 apresenta, enquanto exemplos representativos, as curvas de vazão mensal de 4 dentre os 23 postos fluviométricos estudados. Percebe-se o início do período seco em meados de abril e o fim em meados de novembro.

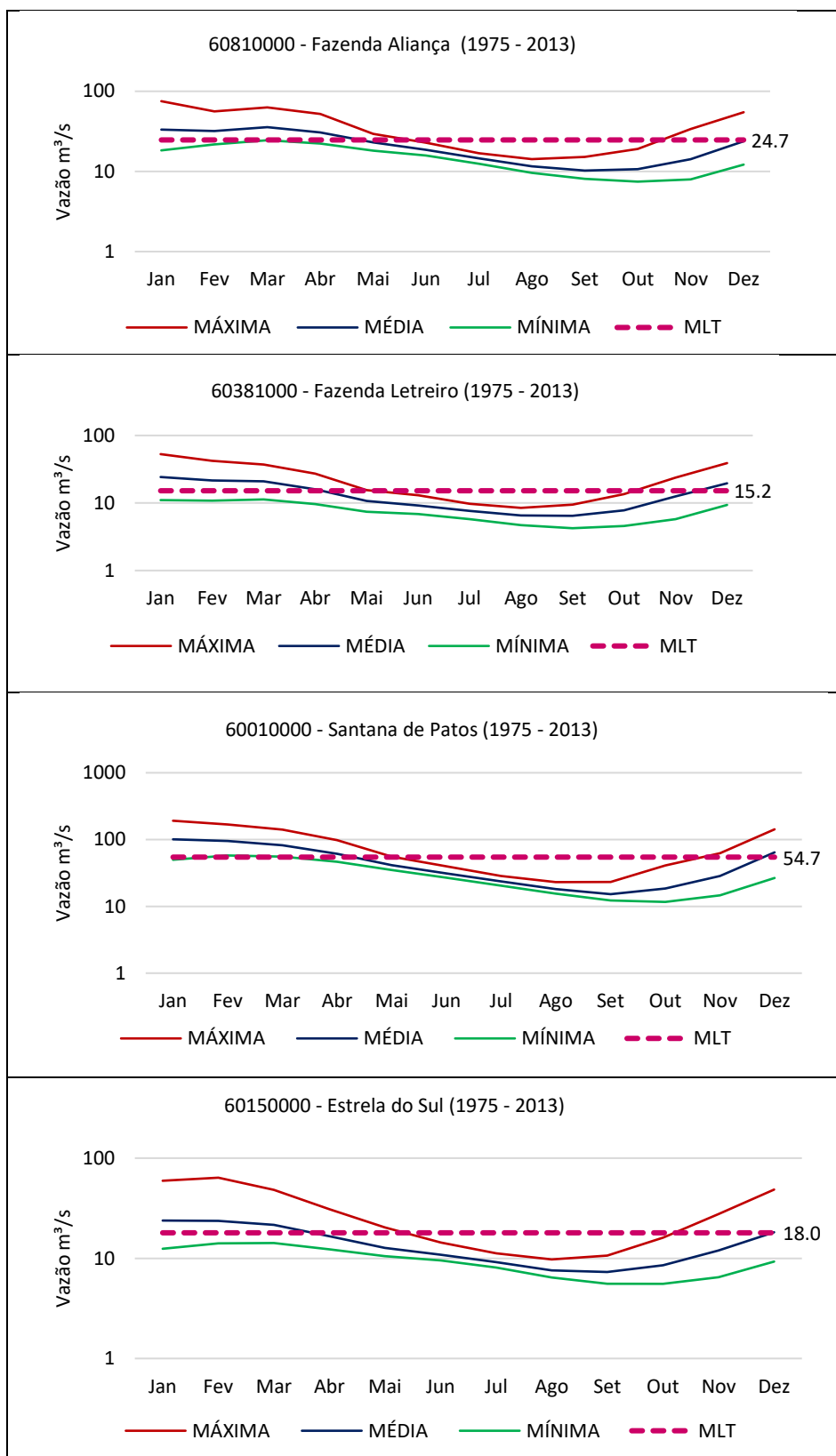


Figura 9 - vazão mínima, média e máxima no período 1975 a 2013 nos postos 60810000, 60381000, 60010000 e 60150000, adotados como exemplos
 Dados: ANA/Hidroweb (2016). Org. Silva. G. C (2017)

Cenário Tendencial nos Regimes de Vazão

Os resultados do método de Mann-Kendall, foram avaliados por meio da adoção das

categorias indicadas no quadro 6. Para a vazão máxima, conforme exposto na figura 10, considerando o período 1975-2013, 48% dos 23 postos estudados encontram-se na categoria TNSQ

com 11 registros, seguidos por 8 registros (35%) na categoria TNSA. Não houve nenhum registro nulo

e ocorreu somente um caso na categoria TSA (4%) e outros 3 na categoria TSQ (13%).

CÓDIGO	CATEGORIAS
TSA	Tendência significativa de Aumento (>1,96)
TNSA	Tendência não significativa de Aumento (<1,96)
ST	Tendência Nula ou Sem Tendência (0)
TNSQ	Tendência não significativa de queda (<-1,96)
TSQ	Tendência significativa de queda (>-1,96)

Quadro 6 - Classificação do índice tendencial do teste de Mann-Kendall
 Fonte: Fechine e Galvínio (2009)

Aplicando o método de Mann-Kendall para vazões máximas e somente para o subperíodo 1975 a 1985, verifica-se que 78% dos postos encontram-se na categoria TNSA (18 registros). Ocorrem outros 3 registros (13%) na categoria TSA e 2 registros TNSQ (9%). Para 1985 a 2003, percebe-se que 78% dos postos encontram-se na categoria TNSQ (18 registros). Apenas 3 postos (13%) estão na categoria TNSA e outros 2 (9%) na categoria ST. Não ocorre nenhum registro nas categorias TSQ e TSA. Por fim, para o período 2003-2013, observa-se 57% dos dados na categoria TNSQ (13 registros). Outros 5 postos (22%) aparecem na categoria TNSA e apenas 3 ocorrências na categoria ST (13%).

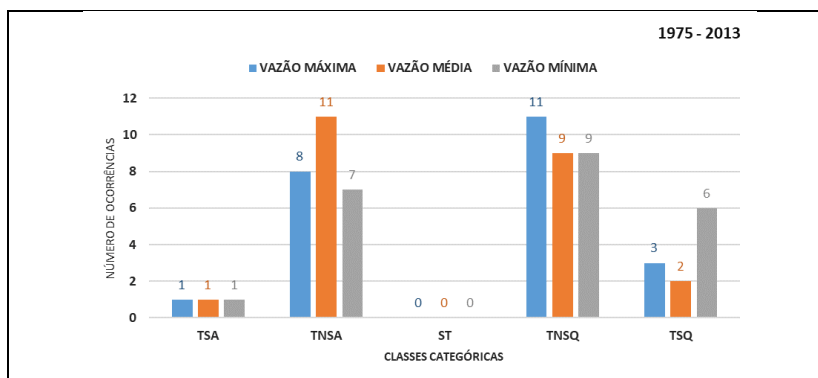
Quanto à vazão média, conforme demonstrado na figura 10, considerando o período 1975-2013, 48% dos 23 postos estudados encontram-se na categoria TNSA com 11 registros, seguidos por 9 registros (39%) na categoria TNSQ. Não houve nenhum registro com tendência nula e ocorreu somente um registro na categoria TSA (4%) e 2 registros na categoria TSQ (9%).

Ainda em relação à vazão média, somente para o subperíodo de 1975 a 1985, verifica-se que 52% dos postos encontram-se na categoria TNSA (12 registros). Ocorrem outros 11 registros (48%) na categoria TSA. Para 1985 a 2003, percebe-se que 70% dos postos encontram-se na categoria

TNSQ (16 registros). Apenas 4 postos (17%) estão na categoria TSQ e outros 3 (13%) na categoria TNSA. Por fim, para o período 2003-2013, observa-se 48% dos postos na categoria TNSA (11 registros). Outros 8 postos (35%) aparecem na categoria TNSQ e apenas 4 ocorrências na categoria ST (17%).

Também na figura 10 observa-se o resultado da aplicação do método de Mann-Kendall para vazões mínimas para o período 1975/2013. Predominam as categorias TNSQ (9 registros) e TNSA (7 registros), que representam 39 e 30% respectivamente dos postos fluviométricos. Ainda ocorrem 6 registros da categoria TSQ (26% dos postos) e apenas 1 ocorrência de TSA.

Considerando somente o intervalo temporal 1975 a 1985 para vazões mínimas, observa-se que 70% dos postos encontram-se na categoria TNSA (16 registros). Ocorrem outros 07 postos (30%) na categoria TSA. Para 1985 a 2003, percebe-se que 48% dos postos encontram-se na categoria TNSQ (11 registros). Outros 9 postos (39%) estão na categoria TSQ e outros 3 (13%) na categoria TNSA. Por fim, para o período 2003-2013, observa-se 43% dos postos na categoria TNSQ (10 registros). Outros 7 postos (30%) aparecem na categoria TNSA e 5 ocorrências na categoria ST (22%). Ocorreu apenas 1 registro de TSQ.



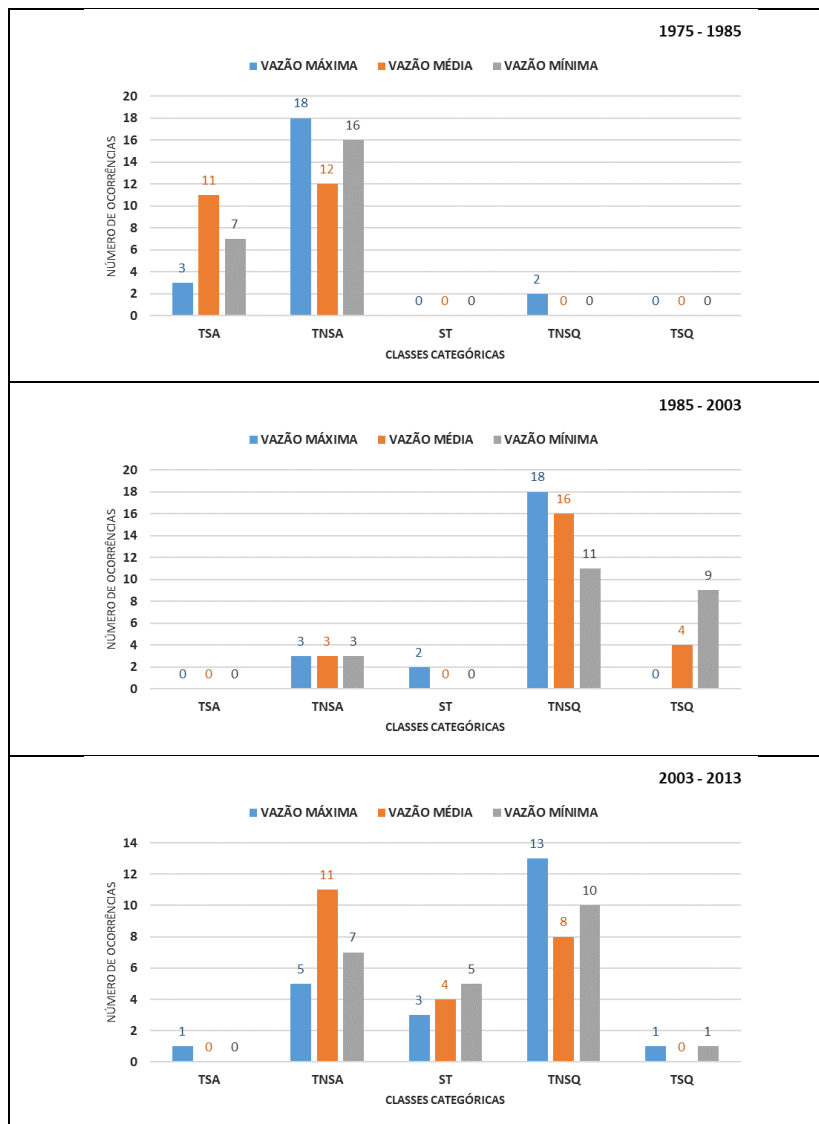


Figura 10 – Conjunto gráfico referente ao número de ocorrência das categorias tendenciais, obtidas através do teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima, média e mínima para os períodos de 1975 a 2013, 1975 a 1985, 1985 a 2003 e 2003 a 2013

Considerando o período integral de estudo (1975/2013) percebe-se certa correspondência na situação apurada para os regimes de vazão máxima, média e mínima. As categorias que mais se destacaram foram TNSA (Tendência não significativa de aumento) e TNSQ (Tendência não significativa de queda). O indicador TSQ (Tendência significativa de queda) foi verificado em 6 postos fluviométricos quando considerada a vazão mínima, fato preocupante quando se considera a questão dos usos múltiplos da água da bacia.

Para o período de 1975 a 1985, constata-se que as variações tendenciais concentram-se nas categorias TSA (Tendência significativa de aumento) e TNSA (Tendência não significativa de aumento). O período de 1985 a 2003 concentra-se nas categorias TNSQ (Tendência não significativa

de queda) e TSQ (Tendência significativa de queda). A análise para o período de 2003 a 2013 mostra destaque para a categoria TNSQ (Tendência não significativa de queda) e TNSA (Tendência não significativa de aumento). Percebe-se certa proximidade de comportamento das vazões máximas, médias e mínimas, não sendo possível afirmar de forma definitiva uma situação hegemônica de tendências nas séries históricas de vazão da bacia do Paranaíba, quando aplicado o método Man-Kendall. Apenas no caso das vazões mínimas observa-se certo destaque para o indicador de tendência significativa de queda (TSQ).

Conclusões

O conhecimento acerca dos fluxos

fluviométricos, considerando dados de vazão máxima, média e mínima, é de suma importância, pois permite a adoção de medidas estratégicas quanto aos aproveitamentos hidroelétricos, execução de obras hidráulicas, expansão urbana, riscos de enchentes e gerenciamento da disponibilidade hídrica para múltiplos usos.

Os resultados expostos no presente artigo complementam conclusões percebidas por Santos e Ferreira (2017), que avaliaram séries históricas de pluviosidade na mesma bacia aplicando análise de regressão linear. Os resultados apontaram para redução das chuvas em 46% dos postos pluviométricos, estabilidade em 18% e aumento das chuvas em 36% deles. Através da aplicação do teste do sinal, a mesma pesquisa indicou que 32% dos postos pluviométricos apresentam tendência de aumento das chuvas e 68% deles apresentam tendência de redução.

A pesquisa considerou um período de 38 anos e adotou um conjunto de 23 postos fluviométricos, totalizando 327.405 registros extraídos do banco de dados da Agência Nacional de Águas. A análise estatística não paramétrica dos dados de vazão máxima, média e mínima através do modelo de Mann-Kendall permitiu verificar se há alguma tendência nos dados. A esse respeito, não foi possível afirmar uma situação hegemônica definitiva nas séries históricas de vazão da bacia do Paranaíba, embora predominem tendências não significativas de queda. No caso das vazões mínimas houve prevalência para o indicador de tendência significativa de queda (TSQ).

A ocupação antrópica da bacia tem sido desordenada, desconsiderando aptidão das terras, bem como a disponibilidade e vulnerabilidade dos recursos naturais, incluindo a água. O mapeamento do uso e ocupação do solo permitiu constatar a expansão da agricultura, que em 1985 ocupava 11.415,6 Km² e no último mapeamento, realizado para 2013, atingiu 19.733,0 Km². Em contrapartida foi constada perda significativa da vegetação nativa e um pequeno crescimento dos corpos d'água devido à implantação de reservatórios de usinas hidrelétricas, fator esse que também interfere nos regimes de vazão. O índice de transformação antrópica indica que a bacia passou de um cenário considerado "regular", em 1985, para um cenário de "degradação" nos mapeamentos seguintes.

Para o período mais recente, entre 2003 e 2013, ficou evidenciado um aumento nas áreas ocupadas por vegetação natural. Tal fato reflete o esforço de adaptação às imposições do Código Florestal Brasileiro, especialmente quanto à demarcação e recuperação de Áreas de Proteção

Permanente (APPs) junto às faixas marginais de proteção de cursos d'água e nascentes, e também Reservas Legais. Entretanto, este processo deverá se esgotar na medida em que as não conformidades forem sendo resolvidas.

Espera-se que os dados gerados e analisados possam ser utilizados em pesquisas futuras. A ideia é diversificar e aprofundar as alternativas metodológicas, para, a partir daí, ter mais segurança sobre o cenário futuro do comportamento hidrológico da bacia do rio Paranaíba.

Agradecimento

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro (Processo 441780/2014-8 - Chamada MCTI/CNPq/Universal 14/2014)

Referências

- ANA. Agência Nacional de Águas. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2017. Banco de Dados SNIRH. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso: 04 abr. 2017.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2014. Banco de Dados SNIRH. Disponível em: <http://cbhparanaiba.org.br/prh-paranaiba/plano>. Acesso: 24 ago. 2016
- Araújo, A. P.; Rocha, P. C., 2010. Regime de fluxo de alterações hidrológicas no rio Tibagi – bacia do rio Paranapanema / Alto Paraná. *Revista de Geografia de Recife* [online] 27. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228901/23312>. Acesso: 24 ago. 2016.
- Baena, L. G. N.; Silva D. D.; Pruski, F. F.; Calijuri, M. L., 2004. Regionalização de vazões com base em modelo digital de elevação para a bacia do rio Paraíba do Sul. *Revista de Engenharia na Agricultura* [online] 24. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162004000300013>. Acesso: 22 jun. 2015.
- Booth, D. B., 1991. Urbanization and the natural drainage system – impacts, solutions, and prognoses. *The Northwest Environmental Journal* [online] 7. Disponível em: <https://digital.lib.washington.edu/researchworks/handle/1773/17032>. Acesso: 12 ago. 2016.
- Botelho, R. G. M & Silva, A.S., 2010. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In:

- Guerra, A.J.T. e Vitte, A.C. (Org.). Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 153-188.
- Cardoso Neto, A., 2010. Sistemas Urbanos de Drenagem. (s/d). Disponível em: http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf. Acesso: 20 set. 2016.
- Chow, V.T.; Maidment, D.R.; Mays, L.W., 1988. Applied hydrology. McGrawHill, Series in Water Resources and Environmental Engineering. McGrawHill: New York. ISBN 0-07-010810-2. xii, pp. 572.
- Coelho Netto, A.L., 1994. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia, in: Guerra, A.J.T. & Cunha, S.B. (Org.), Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, pp. 472.
- Ehlers, R. S., 2009. Análise de Séries Temporais. Disponível em: <http://www.icmc.usp.br/~ehlers/stemp/stemp.pdf>. Acesso: 15 ago. 2016.
- Ferreira, V. O., 2012. Análise de Tendências em Séries Pluviométricas: Algumas Possibilidades Metodológicas. Revista Geonorte [online] 8. Disponível em: <http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/2360>. Acesso: 22 abr. 2016.
- Fechine, J.A.; Galvino, J.D., 2009. Tendência das precipitações na Bacia Hidrográfica do Rio Brígida – Estado de Pernambuco. Revista de Geografia de Recife [online] 27. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20090005>. Acesso: 24 ago. 2016.
- Gao, L. & Shao, M., 2012. Temporal stability of soil water storage in diverse soil layers. Editora Elsevier, Journal Catena [online] 95. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.02.020>. Acesso: 01 jul. 2016.
- Grosso, J.D., Beduschi, C. E., Menuzzo, R., Moraes, J. M., Martinelli, L. A., 2005. Análise de séries temporais de vazão e precipitação em algumas bacias do estado de São Paulo com diferentes graus de intervenções antrópicas. Revista Brasileira de Geociências [online] 24. Disponível em: https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/24_2/Artigo%206.pdf. Acesso: 12 jun. 2016.
- Karl, T.R.; Diaz, H.F.; Kukla, G., 1988. Urbanization: its detection and effect in the United States climate record. Journal of Climate and Applied Meteorology [online] 1. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0442%281988%29001%3C1099%3AUIDAEI%3E2.0.CO%3B2>. Acesso: 14 jan. 2016.
- Kendall, M. G., 1975. Rank Correlation Methods, 4 ed. Charles Griffin, London.
- Letey, J., 1985. Relationship between soil physical properties and crop productions. Advances in Soil Science, Editora University of California [online] 1. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4612-5046-3_8. Acesso: 14 jan. 2016.
- Mann, H. B., 1945. Non-parametric test against trend, Editora Econometrica: Journal of the Econometric Society [online] 13. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2307/1907187>. Acesso: 04 ago. 2016.
- Martins, A. P.; Rosa, R., 2012. Caracterização climática da bacia do Rio Paranaíba a partir da rede de estações de superfície automática do INMET (2001-2011), utilizando ferramentas do geoprocessamento. Revista Geonorte [online] 2. Disponível em: <http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/2581/2385>. Acesso: 22 abr. 2016.
- Mateo, J., 1991. Geocologia de los Paisajes. Caracas, UCC.
- Mendes Silva, M; Ferreira, V. O., 2015. Rainfall and water balance of Paranaíba river basin. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 8. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233261/0>. Acesso: 15 mai. 2016.
- Morettin, P. A.; Toloi, C. M. C., 2006. Análise de séries temporais, 1 ed. Editora Blucher, São Paulo.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2002. Projeto de conservação e utilização Sustentável da diversidade biológica brasileira (Probio I e II). Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/download.htm>. Acesso: em 01 ago. 2016.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2013. Projeto Terraclass Cerrado. Mapeamento do uso e cobertura vegetal do cerrado. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/download.htm>. Acesso: 20 jul. 2016.
- Pires, J.R.S. & Santos, J.E., 1995. Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. Ciência Hoje Rio de Janeiro [online] 19. Disponível em:

- <http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/download/399/366>. Acesso: 04 ago. 2016.
- Pruski, F.F.; Silva, D. D.; Koetz, M., 2006. Estudo da vazão em cursos d'água. REVENG: Revista Engenharia na Agricultura [online] 43. Disponível em: <https://reveng.ufv.br/index.php/reveng/article/download/205/204>. Acesso: 04 ago. 2016.
- Rosa, R. e Sano, E. E., 2014. Uso da Terra e Cobertura Vegetal na Bacia do Rio Paranaíba. Revista Campo-Território [online] 19. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/viewFile/24277/15593>. Acesso: 15 out. 2016.
- Salomão, F. X. T., 1999. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (Org.) Erosão e conservação dos solos: Conceitos, temas e aplicações. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. pp. 229-267,
- Santos, D. C; Ferreira, V. O., 2017. Pluviometria da bacia hidrográfica do rio Paranaíba: variabilidade e tendências. Revista Caminhos da Geografia [online] 18. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/RCG186301>. Acesso: 29 ago. 2016.
- Santos, E. H. M.; Griebeler, N. P.; Oliveira, L. F. C., 2010. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online] 14. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n8/v14n08a06.pdf>. Acesso: 02 abr. 2016.
- Serra Filho, R.; Cavalli, A. C.; Guillaumon, J. R.; Chiarini, J. V.; Nogueira, F.P.; Ivancko, C. M. A. M.; Barbieri, J. L.; Donizeli, P. L.; Coelho, A. G. S.; Bittencourt, I., 1975. Levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. 11 ed. Editora do Boletim Técnico do Instituto Florestal. São Paulo.
- Shimabukuro, Y. E.; Novo, E. M.; Mertes, L. K., 2002. Amazon river mainstem foodplain Landsat TM digital mosaic. Editora Taylor & Francis: International Journal of Remote Sensing [online] 23. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01431160010029165>. Acesso: 13 set. 2016.
- Silva, I. C.; Oliveira, R. M.; Silva, T. F., 2012. Evidências da degradação ambiental na mata ciliar do rio Itapororoca, no município de Itapororoca/PB. Revista Geonorte [online] 4. Disponível em: <http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/1865/1742>. Acesso: 22 abr. 2016.
- Spohr, R. B.; Carlesso, R.; Gallárreta, C. G.; Préchac, F. G.; Petillo, M. G., 2009. Runoff modeling from soil physical characteristics in different places in Uruguay. Revista Ciência Rural [online] 39. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009000100012>. Acesso: 15 mai. 2016.
- Tibulo, C.; Carli, V. de.; Zanini, R. R., 2014. Modelos de séries temporais aplicados a dados de umidade relativa do ar. Revista Espacios [online] 35. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a14v35n06/14350622.html>. Acesso: 15 mai. 2016.
- Tucci, C. E. M., 2004. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 3.ed. Editora da Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre.
- Tucci, C.E.M., 2002. Regionalização de vazões. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- USGS. U. S. Geological Survey: Science for a changing world. Earth explorer. Disponível em: <https://archive.usgs.gov/archive/sites/eo1.usgs.gov/index.html>. Acesso: 12 jan. 2016.
- Von Sperling, M., 2007. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. 1.ed. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- Wei, W., 2006. Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods. 3 ed. Editora Pearson Addison Wesley, New York.