

# Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento

S. B. Castro<sup>1</sup> & T. M. Carvalho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Estudos Sócio Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Caixa Postal 31, 74001-970, Goiânia-GO, Brasil*

<sup>2</sup>*Instituto de Pesquisas da Amazônia, INPA, CPBA, Av. André Araújo, 2936, 69060-001, Manaus-AM, Brasil  
sieliageo@gmail.com, tmorato@infonet.com.br*

*(Recebido em 09 de dezembro de 2008; aceito em 24 de fevereiro de 2009)*

---

Este estudo apresenta alguns índices de análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Turvo no centro-sul goiano. A bacia possui uma área de aproximadamente 3342 Km<sup>2</sup> abrangendo dez municípios de Goiás. Para esta análise foram criados os mapas da drenagem e de geomorfologia, levando em conta que a geomorfologia é um dos aspectos mais importantes deste estudo, pois permite compreender a disposição da drenagem e tem aplicação direta para uso e planejamento territorial. Foram usados os programas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, ENVI 4.3. e ARCGIS 9.2, os quais permitiu uma análise com maior precisão em diferentes escalas. Os índices morfométricos utilizados foram Análise linear da bacia hidrográfica, Relação de bifurcação, Índice de bifurcação, Densidade hidrográfica, Densidade de drenagem, Amplitude altimétrica da bacia, Relação de Relevo, Índice de Rugosidade.

Palavras-chave: análise morfométrica, bacia hidrográfica do rio Turvo, geomorfologia, geoprocessamento

This study presents some indexes of morphometric analysis of the Turvo river basin in central-south of Goiás State. The drainage basin has an area of approximately 3342 km<sup>2</sup>, covering ten municipalities of Goiás. For this analysis were created drainage and geomorphological maps, taking into account that geomorphology is one of the most important aspects of this study, because it allows understand the provision of drainage and has direct application to use and territorial planning. Was used programs of geoprocessing and remote sensing, ENVI 4.3. ARCGIS 9.2, which enabled an analysis with greater accuracy on different scales. The indexes used were morphometric analysis of linear basin, relationship of bifurcation, bifurcation index, density basins, drainage density, magnitude altimetry of the basin, relief relationship, roughness index.

Keywords: morfometric analysis, drainage basin Turvo, geomorphology, geoprocessing

---

## 1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que o recurso hídrico é um bem não renovável e importante para todas as formas de vida no planeta e a garantia de um uso sustentável e consciente tornou-se essencial. A análise morfométrica de bacias hidrográficas é um importante recurso para caracterizar e identificar a dinâmica de um sistema fluvial. Existem várias aplicações para tais técnicas, principalmente para um planejamento ambiental adequado [9].

É fácil identificar, principalmente no Brasil, planejamento urbano sem infra-estrutura adequada, causando transtornos à população. Sendo um país de clima tropical, a ocorrência de chuvas intensas sazonais é alta, além deste fator, os tipos de solos e condições do relevo são outras variáveis que favorecem eventos como enchentes, as quais são agravadas devido às características da drenagem (forma e densidade) de uma determinada bacia hidrográfica. E ao considerar a importância desse aspecto, a análise morfométrica tem uma importante contribuição como uma ferramenta de suporte para o planejamento territorial.

A bacia hidrográfica ou a bacia de drenagem é formada pelo conjunto de canais fluviais, delimitados por terrenos adjacentes mais elevados, os quais formam uma rede de drenagem constituída por diversos tributários e um rio principal, estes canais drenam terras desde suas nascentes, terrenos mais elevados, carreando sedimentos em suspensão, de fundo e substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas para o canal principal. Os processos erosivos tendem a ser mais intensos na região da alta bacia hidrográfica, a qual é formada basicamente pelos rios de

primeira ordem, pequenos tributários, porém, possuem ação erosiva devido a alta energia por desenvolverem-se em terrenos com os maiores declives da bacia hidrográfica. Conforme a densidade de drenagem aumenta a vazão também aumenta, cuja valores mais elevados situam-se na foz do rio principal [1].

As análises sobre redes de drenagens tornaram-se consistente devido às idéias de Horton [5] que desenvolveu um grupo de leis chamado “Leis da composição de drenagem” obtido através da análise morfométrica. [12] contribui especialmente na técnica de ordenação de canais. Que é o primeiro passo para uma análise morfométrica de bacias hidrográficas - análise linear e areal. No contexto da geomorfologia, este trabalho constitui importante papel para a compreensão do relevo e dinâmica terrestre (geológica, geomorfológica, podendo vir a prevenir impactos ambientais. O objetivo deste trabalho é de apresentar os primeiros resultados obtidos de um estudo em andamento sobre o zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo, que tem a finalidade de contribuir com os estudos sobre planejamentos e gestão de bacias hidrográficas do Estado de Goiás.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A primeira etapa da pesquisa foi definir uma bacia hidrográfica no Estado de Goiás, onde foi possível fazer uma análise morfométrica completa e também houvesse variações consideráveis na geologia e geomorfologia assim como um conjunto de canais representativos, os quais foram classificados conforme a hierarquia fluvial proposta por [12]. Foram utilizadas imagens de radar interferométricas da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução original de 90m, obtidas através do endereço ([ftp://ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/South\\_America/](ftp://ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/South_America/)). Devido à escala de análise, foi necessário uma interpolação das imagens SRTM para 30 metros, possibilitando melhor identificação dos canais de drenagem e aspectos do relevo para o refinamento do mapa geomorfológico. Foi utilizado o mapa geomorfológico do Estado de Goiás (1:250.000) o qual serviu de base para o refinamento geomorfológico na escala 1:100.000, em que foi possível reinterpretar as unidades desnudacionais e agradacionais. As unidades agradacionais foram mapeadas com o uso de imagens Landsat 7, a qual possibilita identificar formas deposicionais como planícies fluviais, sistemas lacustres e faixas aluviais. As unidades desnudacionais foram mapeadas com o uso das imagens de radar da SRTM, as quais são eficientes para mapeamentos do relevo por se tratar de um modelo digital de elevação [2].

Os softwares ARCGIS 9.2 e ENVI 4.3 foram utilizados para elaborar os mapas de geomorfologia, hipsométrico, localização e também para definir a bacia hidrográfica e a hierarquia dos canais (STRAHLER, 1952). Após a elaboração dos mapas, foi feita e análise e a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica. A rede de drenagem foi elaborada de forma automática no programa ARCGIS 9.2, em que foi possível identificar e gerar um arquivo vetorial para posterior classificação morfométrico. Para a análise linear e areal foram utilizadas as propostas de [4;5;11;12].

## 3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo encontra-se no centro-sul goiano, Estado de Goiás, Brasil (figura 1). Faz parte da bacia hidrográfica do Paraná. A bacia do rio Turvo possui uma área de 3.342km<sup>2</sup> seu relevo varia com cotas de 920 metros à montante à 490 metros à jusante. A geologia da bacia hidrográfica é composta por 2/3 de rochas graníticas (ortognaisse e granito gnaisse) que fazem parte da formação Granito-Gnaises indiferenciados, ao sul da bacia encontram-se basalto e arenito que compõe parte da Formação da Serra Geral além de xisto, anfíbolito e formação ferrífera.

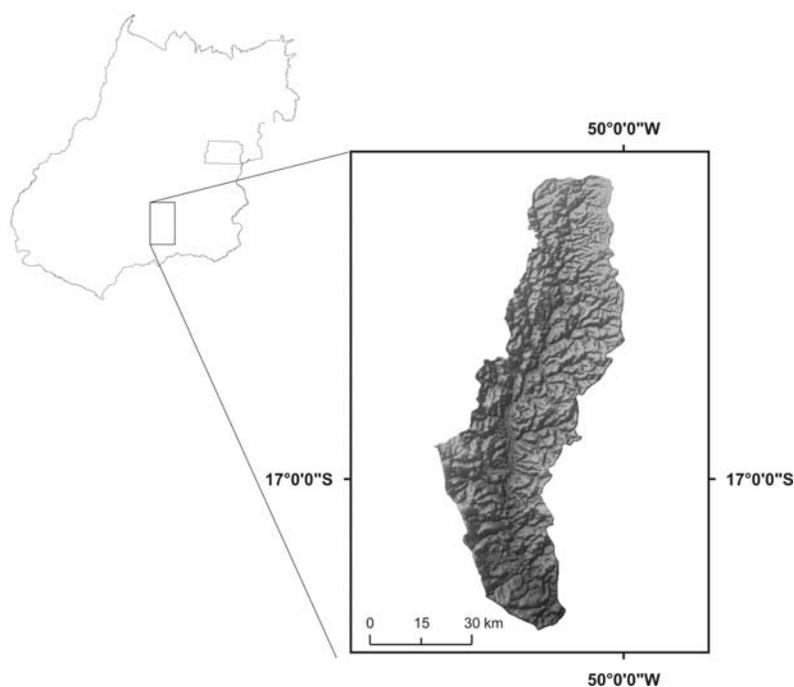


Figura 1: Bacia hidrográfica do rio Turvo, GO

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. GEOMORFOLOGIA

Foram identificadas na bacia hidrográfica do rio Turvo quatro unidades geomorfológicas, denominadas SRAIII<sup>1</sup> (Superfície Regional de Aplainamento III), SRAIV (Superfície Regional de Aplainamento IV), MC (Morros e Colinas) e ZER<sup>2</sup> (Zona de Erosão Recuante).

A unidade mais representativa da bacia hidrográfica e a superfície regional de aplainamento III (SRAIII) com variação altimétrica de 400 à 550m, com fraca dissecação e associada com morros e colinas “MC” pertencentes à bacia sedimentar Paraná. À montante da bacia, onde estão as nascentes, existe forte dissecação, também associada a morros e colinas. O que indica uma área com alta suscetibilidade a erosão.

Na região da média bacia, onde há forte dissecação, ocorre uma zona de erosão recuante “ZER”, marcada por reentrâncias. A ZER possui como agente modificador do relevo a rede de drenagem, a qual evolui por erosão recuante, dissecando as superfícies de aplainamento e gerando outras superfícies regionais de aplainamento em cotas inferiores, neste caso encontra-se a SRAIV com cotas inferior a SRAIII. Segundo, dados da Secretaria de Indústria e Comércio e Superintendência de Geologia e Mineração [6], quando uma zona de erosão recuante está associada a grandes bacias de drenagem pode se estender por amplas áreas, com recuo significativos e vales com vertentes apresentando depósitos coluviais, frequentemente com fragmentos de lateritas erodidas.

<sup>1</sup> Superfícies Regionais de Aplainamento (SRA) são as unidades mais representativas do relevo do Estado de Goiás compartimentadas em diferentes intervalos de cotas altimétricas. Resume-se em uma unidade denudacional gerada pelo arrasamento/aplainamento de uma dada superfície [6].

<sup>2</sup> Zona de Erosão Recuante (ZER) refere-se às áreas de erosão (escarpas de erosão e engolfamentos) das superfícies regionais de aplainamento. Na medida em que uma ZER evolui (formando paisagens de morros e colinas) passa a dar início a um estágio evolutivo de uma SAR em uma cota inferior [6].

## 4.2. MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TURVO

Uma bacia hidrográfica pode conter diferentes padrões geométricos, além de inúmeros canais de primeira, segunda ou ordens superiores, essa característica certamente varia em cada bacia de drenagem. Assim como a área da bacia, o perímetro, a extensão e dados altimétricos. Com estes dados pode ser feita uma primeira aproximação da rede de drenagem.

### *Análise linear da bacia hidrográfica*

A análise linear refere-se aos índices e relações ao longo do fluxo da rede de drenagem, como relação de bifurcação, relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem e o comprimento do rio principal. O método de Stralher foi utilizado neste estudo para a classificação morfométrica da drenagem (tabela 1), sendo que [12] utiliza-se dos preceitos da hierarquização da rede de drenagem estabelecida por [5] onde as nascentes são consideradas de primeira ordem e os canais subseqüentes de segunda ordem, assim por diante.

*Tabela 1 – Relação hierarquia, quantidade e extensão de canais da rede de drenagem da bacia do rio Turvo, GO.*

| <b>Ordem (Strahler)</b> | <b>Quantidade de canais</b> | <b>Extensão (km)</b> |
|-------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 1 <sup>a</sup>          | 1313                        | 1117                 |
| 2 <sup>a</sup>          | 605                         | 590                  |
| 3 <sup>a</sup>          | 437                         | 353                  |
| 4 <sup>a</sup>          | 154                         | 134                  |
| 5 <sup>a</sup>          | 1                           | 179                  |
| Total                   | 2510                        | 2374                 |

### *Relação de bifurcação [5]:*

Relação entre o número total de segmentos de determinada ordem e o número total dos segmentos da ordem imediatamente superior (tabela 2). Estes valores indicam o grau de dissecação da bacia hidrográfica, quanto maior for o valor do índice de bifurcação maior será o grau de dissecação, valores geralmente abaixo de 2 indica relevo colinoso. Pode ser definido pela seguinte equação:

$$Rb = Nu / Nu+1$$

$Rb$  → relação de bifurcação;

$Nu$  → número de segmentos de determinada ordem;

$Nu+1$  → número de segmentos da ordem imediatamente superior

### *Índice de bifurcação:*

*Tabela 2 – Relação número de canais e o índice de bifurcação da bacia do rio Turvo, GO.*

| <b>Ordem</b>   | <b>Nº. de Canais</b> | <b>Índice de Bifurcação</b> |
|----------------|----------------------|-----------------------------|
| 1 <sup>a</sup> | 1313                 | -                           |
| 2 <sup>a</sup> | 605                  | 2,17                        |
| 3 <sup>a</sup> | 437                  | 1,38                        |
| 4 <sup>a</sup> | 154                  | 2,83                        |
| 5 <sup>a</sup> | 1                    | 0,520                       |

***Densidade hidrográfica [5]:***

É a relação que se expressa entre o número de rios e a área da bacia hidrográfica. Importante para indicar a capacidade de gerar novos cursos de água na bacia hidrográfica em função das características pedológicas, geológicas e climáticas da área. É dada pela seguinte equação:

$$Dh = N / A$$

$$Dh = 0,9$$

Dh → Densidade hidrográfica;

N → Número total de rios;

A → Área da bacia.

***Densidade de drenagem [5]:***

É definida como o quociente do comprimento total dos canais e a área de drenagem. Quanto maior o índice menor é a capacidade de infiltrar água, valores baixos indicam que a região é mais favorável a infiltração contribuindo com o lençol freático. Essa variável se relaciona com os processos climáticos atuantes na área estudada, os quais influenciam o fornecimento e o transporte de material detrítico, a densidade de drenagem está diretamente relacionada à capacidade de erosão fluvial, sendo assim, representa uma superfície com maiores índices de dissecação, eficiência em transportar sedimentos e maiores vazões em seu curso principal, formando rios com planícies bem desenvolvidas nas ordens elevadas. Para um mesmo tipo de clima, a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico das rochas. As rochas mais impermeáveis possuem melhores condições para o escoamento superficial, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem. A equação é a seguinte:

$$Dd = Lt / A$$

$$Dd = 0,7 \text{ km/km}^2$$

Dd → densidade de drenagem;

Lt → comprimento total dos canais;

A → Área da bacia.

***Amplitude altimétrica da bacia [11]:***

Esta variável corresponde à diferença altimétrica entre a foz e a maior altitude situada num determinado ponto da área da bacia. Indica o desnível médio da bacia hidrográfica. Este método tem sido adotado e proposto por outros autores tais como [12].

$$Hm = Hmax - Hmin$$

$$Hm = 430\text{m}$$

Hm → Amplitude altimétrica;

Hmax → Altitude máxima;

Hmin → Altitude mínima.

***Relação de Relevo [11]:***

Relaciona a amplitude altimétrica máxima da bacia e sua extensão, ou seja, seu comprimento. A fórmula utilizada para esse cálculo é:

$$Rr = Hm / Lh$$

$$Rr = 3,4$$

Rr → Relação de relevo

Hm → amplitude altimétrica

Lh → comprimento da bacia

### **Índice de Rugosidade [7]:**

O índice de rugosidade combina as variáveis, declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número adimensional que resulta do produto entre a amplitude altimétrica (*Hm*) e a densidade de drenagem (*Dd*). Este índice mostra a relação declividade com os comprimentos dos canais, sendo que quanto maior for o índice implica em relevo mais colinoso e dissecado (maiores declividades) e canais mais entalhados. A fórmula para esse cálculo é:

$$Ir = Hm \cdot Dd$$

$$Ir = 301$$

Ir → Índice de Rugosidade

Hm → Amplitude Altimétrica Máxima da Bacia

Dd → Densidade de Drenagem

## **5. CONCLUSÃO**

Este estudo revela a importância das técnicas adotadas para análises morfométricas e o caminho para se chegar a aos produtos aqui expostos trouxeram boas respostas aos objetivos desta análise. Deste forma, utilizamos as imagens de radar interferométricas da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) que a partir destas foi possível gerar a hierarquia de canais usando somente ferramentas dos softwares ARCGIS 9.2 e ENVI 4.3, a ferramenta responsável pela hierarquia de canais é encontrada no ARCGIS 9.2 denominada de “*Hidro Tools*”. Assim foi possível obter dados mais precisos da área estudada, após esta etapa concluímos o estudo a partir de observações de dados gerados anteriormente. Este estudo faz parte de um projeto maior o qual tem a finalidade de elaborar um zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo, que permitirá planejamento ambiental e políticas públicas para tomada de decisão dos recursos hídricos desta bacia.

O valor de 2,17 referente ao índice de bifurcação nos canais de segunda ordem indicam nascentes com relevo bem dissecado, com morros e colinas desenvolvidas. No trecho do médio curso a bacia hidrográfica apresenta um valor de 1,38 indicando um relevo menos dissecado, com colinas mais suaves, no entanto, entre a média e baixa bacia hidrográfica o índice de bifurcação aumenta para 2,83, caracterizando relevo mais dissecado, formado pela unidade de zona de erosão recuante, com morros e colinas bem desenvolvidas remanescentes das superfícies regionais de aplainamento adjacentes. Estas características morfológicas do relevo também proporcionaram um valor de densidade hidrográfica de 0,9, considerado ambiente favorável para geração de novos cursos fluviais, e 0,7 km/km<sup>2</sup> para densidade de drenagem, indicando que esta bacia hidrográfica apresenta baixa relação entre o comprimento de rios e a área da bacia, indicando um eficiente escoamento de fluxo de água e boa infiltração para o lençol freático. Os índices de rugosidade e relação de relevo (301 e 3,4) mostram que a bacia do rio Turvo apresenta-se em ambiente de médio declive e colinoso, cujo motivo é devido suas nascentes estarem dissecando a superfície regional de aplainamento III e drenando para áreas mais baixas com morros e colinas formado uma zona de erosão recuante (ZER).

As análises lineares permitiram que através das extensões e quantidades de canais de escoamento superficial, pudessem expressar sua potencialidade e capacidade de escoamento. As análises areais dimensionaram a bacia espacialmente tanto em áreas quanto comprimento, nos estudos de planejamento a área da bacia é um dado fundamental para definir sua potencialidade hídrica. Já a análise hipsométrica permitiu que do ponto de vista geomorfológico, o saldo quantitativo pudesse revelar informações objetivas e importantes ligados à distribuição dos gradientes altimétricos da bacia.

1. CARVALHO, T.M. Métodos de sensoriamento remoto aplicados a geomorfologia. *Revista Geográfica Acadêmica*. 1:44-54 (2007).
2. CARVALHO, T.M.; BAYER, M. Utilização dos produtos da "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 9:35-41 (2008)
3. CHRISTOFOLETTI, A. Considerações a propósito da geografia física dos cerrados. *Notícia Geomorfológica*. 11:5-32 (1966).
4. CHRISTOFOLLETI, A. *Geomorfologia*, 1980. 280p.
5. HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins. Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol Soc Am Bull*. 56:275-370 (1945)
6. LATRUBESSE, E. CARVALHO, T.M. *Geomorfologia de Estado de Goiás e Distrito Federal*. Secretaria de Indústria E Comércio e Superintendência de Geologia e Mineração (org), 2006. 89p.
7. MELTON, M. A. An analysis of the among elements of climate, surface properties and geomorphology. *Technical Report*. 11:23-41 (1957).
8. MOURA, J.R.S. *Geomorfologia do Quaternário*. In GERRA, A. J.T. e CUNHA, S. B.(org) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Editora Bertrand Brasil, 1995, p.335-364.
9. RICE, R. J. *Fundamentos de Geomorfologia*, Ed. Paraninfo, 1987. 324p.
10. SAADI, A. A geomorfologia como ciência da apoio ao planejamento urbano em Minas Gerais. *Revista Geonomos*. 2:1- 4 (2004).
11. SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. *Bull. Geol. Soc. America*. 67:597-646 (1956).
12. STRAHLER, Arthur N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. *Geol. Soc. America Bulletin*. 63:1117-1142 (1952).