

## Caracterização da bacia do Maxixe com auxílio de Sistemas de Informações Geográficas

### *Characterization of the Maxixe Basin with Geographic Information Systems*

Bruno Rodrigues Oliveira, Gabriela Branquinho Antônio

<sup>1</sup>Geólogo pós graduando em Geoprocessamento e Georreferenciamento, Universidade Candido Mendes, Maceió, AL, Brasil

<sup>2</sup>Geógrafa mestranda em Recursos Hídricos e Saneamento, CTEC, UFAL, Maceió, AL, Brasil

#### Resumo

As geotecnologias são ferramentas fundamentais e amplamente utilizadas no planejamento urbano, na gestão de recursos hídricos e em estudos de susceptibilidade erosiva, como deslizamentos e inundação por serem capazes obter informações confiáveis e de baixo custo sejam elas qualitativas e/ou quantitativas. Dessa forma, tendo a bacia hidrográfica como delimitador da área de estudo por ser um unidade de planejamento reconhecida legalmente, o objetivo do presente trabalho é utilizar Sistema de Informações Geográficas (SIG) na elaboração do mapeamento temático e a obtenção de parâmetros físicos, como a área, perímetro, dentre outros visando caracterizar a bacia hidrográfica do rio Maxixe. Como resultado, foi possível realizar uma análise qualitativa e quantitativa das características da bacia em estudo e caracteriza-la com uma forma alongada com relevo predominantemente suave e com uma baixa susceptibilidade a grandes inundações e demonstrar algumas aplicações do geoprocessamento na obtenção de informações relevantes para o planejamento e manejo dos recursos naturais de regiões específicas como as bacias hidrográficas.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica, Mapeamento temático, SIG, Rio Maxixe.

#### Abstract

Geotechnologies are fundamental and widely used tools in urban planning, hydric resources management and erosive, landslides and floods susceptibility studies for being capable to obtain reliable and low cost information either being qualitative or quantitative ones. Thus, taking the watershed as a delimiter of the study area for being a planning unit legally recognized, the objective of this work is to use Geographic Information System (GIS) in developing the thematic mapping and obtaining physical parameters, like area, perimeter, and others in order to characterize the watershed of the river Maxixe. As a result, it was possible to conduct a qualitative and quantitative analysis of basin characteristics of the study and characterized it with an elongated shape with predominantly smooth relief and a low susceptibility to major flooding and demonstrate some geoprocessing applications in obtaining relevant information for planning and management of natural resources of specific areas such as river basins.

**Keywords:** Watershed, Thematic mapping, GIS, Maxixe river.

## 1. Introdução

A bacia hidrográfica pode ser definida como uma unidade física de captação natural da água de precipitação determinada pela rede de drenagem composta pelo seu rio principal e por seus afluentes, limitada por divisores de águas, que distribuem a água por toda a bacia desde os divisores até o exutório.

Esta unidade física é reconhecida legalmente como unidade de planejamento pelo CONAMA 001 no Brasil desde 1986 (BRASIL, 1986) e foi adotada como unidade de estudo e gestão pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela lei nº. 9.433, de 8 de Janeiro de 1997, a qual incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos. O artigo 8º desta mesma lei regulamenta que os planos de recursos hídricos serão elaborados por bacia hidrográfica, tanto para o estado, quanto para o país, sendo assim o tratamento individual dessas unidades de planejamento são importantes visto que cada uma delas apresentam características físicas próprias.

Os parâmetros físicos de uma bacia apresentam uma relação com o regime hidrológico, sendo assim, considera de grande relevância o conhecimento desses parâmetros (LIMA, 2013). Deodoro & Fonseca (2014) apresentam as áreas de aplicações possíveis de um estudo hidrológico e das características físicas de uma bacia hidrográfica, como por exemplo, controle de erosão, regularização de corpos d'água, suscetibilidade e potencialidade a erosão e suscetibilidade a inundação e preservação do meio ambiente, preservação e desenvolvimento da vida aquática.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a bacia do rio do Maxixe, através da análise dos dados inseridos no Sistema de Informações Geográficas (SIG). O SIG é capaz de manipular uma grande quantidade de dados de diversas fontes, referenciados espacialmente, em um mesmo ambiente virtual. Neste ambiente, os dados podem ser relacionados, correlacionados e interpretados, obtendo assim, produtos com qualidade e precisão

Para a caracterização da bacia foram elaborados um conjunto de mapas temáticos e o cálculo dos parâmetros físicos utilizando o dados matriciais e vetoriais de escala regional, variando de 1:100.000 até 1:250.000, disponíveis em bancos de dados online até o presente ano. O SIG ArcGIS foi utilizado tanto na coleta, tratamento, manipulação, e posterior elaboração da cartografia quanto no cálculo dos parâmetros.

A análise dessas informações permitirá um melhor conhecimento da área de estudo e servirá de suporte a futuras análises da área em diversos setores como a gestão dos recursos hídricos.

### 1.1. Localização da área de estudo

A bacia do rio do Maxixe está localizada se na região hidrográfica do Talhada, segundo a divisão adotada pela Agencia Nacional de Águas (ANA), e está totalmente inserida no estado de Alagoas (AL) e está limitada ao norte com a Bacia do Rio Moxotó, ao sul com o Rio São Francisco, ao leste com a Bacia do Riacho Grande da Cruz, e ao oeste com as Bacias dos Riachos Olho D'água e Talhada (Figura 1).

A rede de drenagem da bacia é composta pelo rio principal, o rio do Maxixe com sua nascente no município de Pariconha, desaguando no rio São Francisco, e em seu afluente principal. Ainda encontram-se o riacho Novo, Bom nome, Marcação, do Miguel, da Palha e rio Cazumba. Estão inseridas na bacia os riachos Salgado, Xingó e da Areia que desaguam no rio São Francisco.

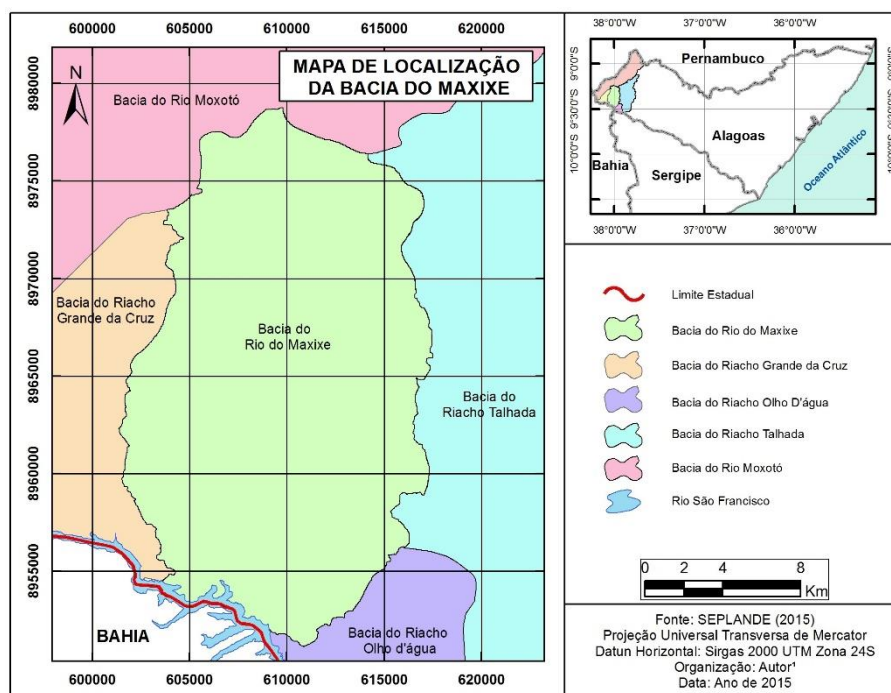


Figura 1: Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio do Maxixe (Fonte: SEPLANDE/2015).

## 2. Metodologia

O procedimento metodológico para a realização desse trabalho baseia-se nos seguintes procedimentos: (a) Pesquisa bibliográfica com seleção de autores dentro de cada temática apresentada e a escolha dos conceitos fundamentais que melhor se adéquam ao trabalho. (b) Coleta e pré-processamento dos dados para serem trabalhados na plataforma SIG; (c) Elaboração dos mapas temáticos e cálculo dos parâmetros físicos da bacia em estudo por meio do software ArcGIS.

Serão apresentadas neste tópico as diversas fontes de aquisição de informação e os tratamentos recebidos pelos dados, bem como a sua utilização para a elaboração dos mapas temáticos e a definição dos parâmetros utilizados na caracterização da bacia e forma de obtenção dos mesmos.

### 2.1. Pesquisa bibliográfica

A utilização dos sistemas de informações geográficas no estudo de bacias hidrográficas, com ênfase nos parâmetros morfométricos, vem sendo amplamente utilizados nos últimos 10 anos. Diversos exemplos podem ser observados em: Ribeiro E. *et al.* (2015); Ribeiro F. *et al.* (2015); Lorenzon *et al.* (2015); Deodoro & Fonseca (2014); Lima & Furrier (2013); Costa *et al.* (2013); Lira *et al.* (2012); Marcuzzo *et al.* (2012); Arai *et al.* (2012); Galdino *et al.* (2012); Perico *et al.* (2011); Brubacher *et al.* (2011); Campanharo (2011); Salles (2010); Curtarelli (2009); Castro & Carvalho (2009); Silva G. *et al.* (2009); Silva R. *et al.* (2009); Cherem (2008); Ritela *et al.* (2008); Santos *et al.* (2008); Guariz (2008); Cardoso *et al.* (2006); Pinto *et al.* (2005); e Tonello (2005). Quanto ao identificação do uso e ocupação do solo podemos citar Lucas *et al.* (2014); Miguel *et al.* (2013a; 2013b); e Nascimento *et al.* (2011). Com base nos trabalhos supracitados, foram escolhidos os parâmetros mais utilizados e relevantes nas análises, os quais serão apresentados posteriormente.

### 2.2. Coleta e pré-processamento

Nessa etapa foi realizada a aquisição de dados, seleção de autores principais de acordo com sua conceituação dentro de cada temática apresentada e definição de alguns conceitos fundamentais visando dar embasamento ao trabalho. As informações coletadas e as respectivas fontes estão enumeradas na Tabela 1.

Tabela 1: Dados utilizados e seus respectivos produtos e referências (Fonte: Elaborado pelos autores)

Dados utilizados	Formato dos dados	Produto Final	Referências
Geodiversidade do estado de Alagoas	Vetorial (Polígono)	Mapa geológico e geomorfológico	GEOBANK (2015)
Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Alagoas	Vetorial (Polígono)	Mapa pedológico	GeoPortal (2015)
Modelo digital de elevação (MDE)	Matricial	Mapa hipsométrico, de declividade e da hidrografia	TOPODATA (2011)
Imagem LANDSAT 8 – Data 23/03/2014	Matricial	Mapa de uso do solo	USGS (2015)
Divisão das Bacias Hidrográficas do estado de Alagoas	Vetorial (Polígono)	Mapa de localização	SEPLANDE (2015)

O SIG utilizado no mapeamento foi o ArcGIS 10, o qual foi configurado para trabalhar com a projeção Universal Transversa de Mercator, com datum horizontal SIRGAS 2000 Zona 24S e escala dos mapas foi definida em função dos dados vetoriais e matriciais usados como base. Todos os dados foram projetados para o sistema geográfico em uso.

O MDE utilizado foi resultado de um processo de refinamento, realizando pelo INPE, da resolução espacial original de 3 arco-segundos (aproximadamente 90m) da imagem *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) para 1 arco-segundo (aproximadamente 30m) por krigagem utilizando interpolações programadas em programas de lote (macros) do aplicativo Surfer (VALERIANO & ALBUQUERQUE, 2010).

Os dados de geodiversidade do estado de Alagoas foram levantados em uma escala de 1:250.000 e apresentam informações sobre as unidades geológicas, tipos de rochas, estruturas, grau de fraturamento e deformação, entre outras. Já os levantamentos de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Alagoas foram levantados em uma escala de 1:100.000.

A imagem utilizada para a classificação do uso do solo foi imageada pelo satélite LANDSAT 8 na data de 23/03/2014 por ser a imagem mais recente com menor interferência de nuvens. As imagens do satélite são disponibilizadas pela USGS ortorretificadas e consistem em nove bandas espectrais (bandas de 1 a 7 e 9) com resolução de 30 metros), a pancromática com resolução espacial de 15 metros e duas faixas térmicas (bandas 10 e 11) com 100 metros de resolução. Para a composição colorida foram escolhidas as bandas 5, 4 e 3, composição esta, amplamente utilizada por diversos autores (INOCENCIO & SANTO, 2002; MESSIAS, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2013; MOREIRA *et al.*, 2013) e recebeu correção atmosférica, como tratamento digital, antes do processo de classificação supervisionada.

### 2.3. Mapeamento e caracterização da bacia

Nesta fase, foram elaborados os mapas temáticos e a caracterização da bacia com base nos parâmetros físicos. Os procedimentos para a elaboração dos mapas temáticos e a definição de alguns conceitos fundamentais sobre parâmetros de caracterização de bacias hidrográficas serão apresentados a seguir. As seguintes temáticas foram abordadas no presente trabalho: hipsometria, declividade, hidrografia, geologia, pedologia, uso e ocupação do solo.

### 2.3.1. Mapeamento temático

#### 2.3.1.1. Delimitação da Bacia

Para a delimitação da bacia foi utilizada a ferramenta *ArcHydro* criada para facilitar análises comumente realizadas na área de recursos hídricos. Primeiro se cria o ponto do exutório a partir da opção "*Batch Point Generation tool*" e em seguida delimita-se a bacia utilizando a opção "*Watershed Processing / Batch Subwatershed Delineation*".

#### 2.3.1.2. Hipsometria

O modelo digital de elevação (MDE) que foi utilizado na elaboração do mapa está disponível no banco de dados geomorfométricos do Brasil em Topodata (2011). O MDE apresenta espaçamento (resolução) de 1 arco-segundo com precisão de aproximadamente 30 m e foi tratado pelo método de preenchimento de depressões (*fill sinks*) para a correção de eventuais falhas resultantes dos dados.

Posteriormente, utilizou-se a ferramenta "*Spatial Analyst Tools/ Surface/ Contour*" para a extração das curvas de nível e a "*3D Analyst Tools/ Data Management/ TIN/ Create TIN*" para gerar um TIN (*Triangulated Irregular Network*) a partir das curvas.

#### 2.3.1.3. Declividade

Para o mapa de declividade é possível utilizar a derivação geomorfométricas, no caso, as classes de declive, disponíveis no banco de dados geomorfométricos do Brasil em Topodata (2011). Entretanto, para elaborar o mapa utilizou-se a ferramenta "*Spatial Analyst Tools/ Surface/ Slope*" no MDE para gerar as declividades em porcentagem. As classes de declividade apresentadas no mapa foram as propostas pela Embrapa (2006) em que 0 a 3% corresponde a um relevo plano, de 3 a 8% corresponde a um relevo suave ondulado, de 8 a 20% corresponde a um relevo ondulado, de 20 a 45% corresponde a um relevo forte ondulado, de 45 a 75% corresponde a um relevo montanhoso e maior que 75% corresponde a um relevo escarpado.

#### 2.3.1.4. Mapa de Uso e Ocupação do Solo

O mapa de uso e cobertura do solo foi elaborado utilizando a ferramenta "*Toolbar/Image Classification/Interacted Supervised Classification*" que permite definir regiões de interesse que servirão de base para a classificação supervisionada pelo método do *maximum-likelihood*. As regiões de interesse selecionadas para a classificação foram escolhidas a partir de visitas na área de estudo.

Nas classes identificadas são analisadas a separabilidade espectral em gráficos bidimensionais combinando as bandas escolhidas para a classificação utilizando a ferramenta "*Toolbar/Image Classification/Showscatterplots*". Os dados devem se apresentar bem segmentados para que as classes sejam bem delimitadas.

#### 2.3.1.5. Rede de drenagem

A delimitação da hidrografia foi determinada com a utilização da ferramenta *ArcHydro* na opção "*Terrain Processing / Stream Definition*" a partir dos dados de acumulação obtidos na etapa anterior pela opção "*Terrain Preprocessing > Flow Accumulation*". O manual do Esri (2010), sugere um valor padrão de 1% da área acumulada máxima para utilizar como limiar da determinação da rede de drenagem. Entretanto, o valor do limiar pode ser selecionado pelo usuário e quanto maior o valor do limiar irá resultar em uma rede de drenagem menos densa.

Antes de extrair a drenagem foi realizado a correção de falhas resultantes dos dados utilizando a ferramenta do "*Terrain Preprocessing/ Fill Sinks*", também incluída no *ArcHydro*.

### 2.3.1.6. Mapa geológico e de solos

Os mapas foram elaborados a partir dos dados vetoriais disponíveis e complementados com informações coletadas em campo.

### 2.3.2. Análise das características geométricas da bacia

#### 2.3.2.1. Cálculo da área ( $A$ )

A área de drenagem ( $A$ ) é a projeção horizontal da área da bacia limitada pelos divisores topográficos. É um elemento fundamental para a obtenção dos demais parâmetros físicos da bacia e definir o potencial hídrico da mesma, uma vez que define de modo geral o volume de água que será escoado pela bacia. Quanto maior for a área da bacia, maior será o volume de água que passará pelo seu exutório, incrementando o efeito das enchentes no interior dessa.

No presente trabalho, a área da bacia foi obtida por meio da opção "*Calculate Geometry*" na tabela de atributos do polígono da bacia delimitado previamente.

#### 2.3.2.2. Cálculo do perímetro ( $P$ )

O perímetro da bacia ( $P$ ) constitui o comprimento médio ao longo dos divisores topográficos. Para a estimativa do perímetro da bacia foi utilizada a opção "*Calculate Geometry*" na tabela de atributos do polígono da bacia delimitado previamente. Uma forma alternativa seria utilizar um mapa da bacia em formato raster e realizar somatória de todas as diagonais que compõem suas células que limitam a bacia.

#### 2.3.2.3. Coeficiente de compacidade ( $K_c$ )

O coeficiente de compacidade ou índice de Gravelius ( $K_c$ ) relaciona a forma da bacia com um círculo construindo uma relação entre o perímetro da bacia ( $P$ ) e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia ( $A$ ). O coeficiente  $K_c$  foi determinado utilizando a equação (1):

$$K_c = \frac{0,28 \times P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Onde:

A = área da bacia, em km<sup>2</sup>

P = perímetro da bacia, em km

Quanto mais próximo  $K_c$  for de 1, a forma da bacia se aproximará de um círculo e mais susceptível ela será a inundações acentuadas. Se o valor de  $K_c$  for maior que 1, quanto maior o valor, mais irregular será a bacia.

#### 2.3.2.4. Fator de forma ( $K_f$ )

O fator de forma ( $K_f$ ) é um índice que relaciona a forma da bacia com a forma de um retângulo e é determinado pela relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia (comprimento do curso d'água principal). O fator  $K_f$  foi determinado, utilizando a equação (2):

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Onde:

A = área da bacia, em km<sup>2</sup>

L = Comprimento da linha de fundo, em km

Entre bacias com o mesmo tamanho, a bacia que apresentar o fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes (VILLELA & MATTOS, 1975; FRITZSONS *et al.*, 2010).

### 2.3.2.5. Índice de circularidade ( $I_c$ )

O índice de circularidade ( $I_c$ ) proposto por Müller (1953 apud BRUBACHER *et al.*, 2011) relaciona a área da sub-bacia com a área de um círculo de mesmo perímetro e pode ser obtido pela equação (3):

$$I_c = \frac{A}{A_c} \quad (3)$$

Onde:

A = Área da bacia, em km<sup>2</sup>

$A_c$  = Área de um círculo de perímetro igual à da bacia, em km<sup>2</sup>

A suscetibilidade a enchentes varia diretamente em função da circularidade da bacia, quanto mais circular, mais água será retida e mais sujeita a enchentes ela será.

### 2.3.2.6. Padrões de Drenagem

Segundo Christofolletti (1980), as redes de drenagem podem ser observadas em seis padrões (Figura 2): o dendrítico que apresenta ramificações irregulares em todas as direções; o paralelo, que como o próprio nome diz, apresenta paralelismo de suas drenagens; o retangular que apresenta relação com falhas ou juntas; o treliça que é caracterizado por drenagens controladas pela estrutura geológica onde um tributário ficam dispostos em ângulos retos; o radial apresenta geometria radial; e o anelar que é caracterizado pela geometria circular de suas drenagens, compondo vários anéis.

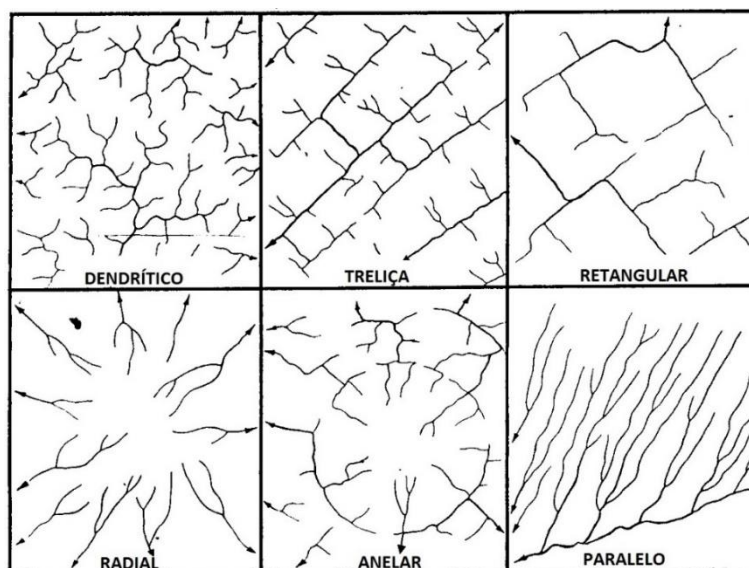


Figura 2: Padrões de drenagem (Fonte: Adaptado de Christofolletti, 1980)

## 2.3.3. Análise das características de relevo da bacia

### 2.3.3.1. Amplitude altimétrica ( $H_m$ )

A amplitude do relevo ( $H_m$ ) foi encontrada através da diferença entre a maior ( $H_{max}$ ) e a menor altitude ( $H_{min}$ ) presente na área de estudo. Essas informações são obtidas na "Zonal Statistics as Table".

### 2.3.3.2. Elevação média da bacia ( $H_{med}$ )

Para a o elevação média de uma bacia ( $H_{med}$ ) observa-se o valor “mean” na opção “Classify” no Layer Properties/ Symbology” utilizando como base a imagem raster do MDE elaborado para a bacia.

### 2.3.3.3. Índice de declividade da bacia ( $I_d$ )

Para obter a declividade média da bacia ( $I_{dmed}$ ) observa-se o valor “mean” na opção “Classify” no Layer Properties/ Symbology” utilizando como base a imagem raster de declividade da bacia obtido anteriormente. Também é possível obter o maior ( $I_{dmax}$ ) e a menor declividade ( $I_{dmin}$ ) presente na área de estudo.

### 2.3.3.4. Orientação do relevo

A orientação do relevo pode ser obtida utilizando a ferramenta “*Spatial Analyst Tools/ Surface/ Aspect*” e posteriormente gerando um histograma utilizando a opção “create histogram” no “*Spatial Analysty Toolbar*” para identificar a direção preferencial.

### 2.3.3.5. Coeficiente de rugosidade ( $CR$ )

O coeficiente de rugosidade direciona o uso potencial do solo em microbacias hidrográficas (ROCHA, 1997 apud CAPANHARO, 2011) e é utilizado para estimar o risco de degradação ambiental. Pissarra *et al.* (2004 apud CAPANHARO, 2011) propõem quatro classes para a análise de CR, em que os solos apropriados para a agricultura apresentam CR inferior a 23, enquanto os solos com CR entre 23 e 43 são apropriados para pastagens/pecuária. Para valores entre 44 e 63, os solos são considerados apropriados para pastagem/reflorestamento e para valores superiores a 63 são apropriados para reflorestamento. O coeficiente pode ser calculado pela equação (4).

$$CR = H_{dm} \times D_d \quad (4)$$

Onde:

$H_{dm}$  = Declividade média da bacia, em metros

$D_d$  = Densidade de drenagem

## 2.3.4. Características da rede de drenagem

### 2.3.4.1. Ordem

A ordem dos cursos d’água foi determinada utilizando os critérios introduzidos Strahler (1953). A metodologia de classificação, apresentada por Strahler, define os canais sem tributários como primeira ordem. Os canais de segunda ordem serão formados pela da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem. As próximas ordens são formadas a partir da confluência de dois canais da ordem anterior podendo ter como afluentes, canais cuja ordem não seja maior que do canal que está sendo ordenado. A confluência de um canal de ordem inferior a um canal de ordem superior não altera a ordem deste.

Para a hierarquização da rede de drenagem fluvial foi utilizada a ferramenta “*Spatial Analyst Tool/ Hydrology/ Stream Order*” e escolhido o método de Strahler (1953). A classificação dos cursos d’água foi realizado com o objetivo de facilitar a análise morfométrica das bacias.

### 2.3.4.2. Ordem dos cursos de água na foz ( $n$ )

O grau de ramificação de uma bacia é representado pela ordem dos cursos de água na foz. A ordem é obtida previamente, sendo assim, somente é necessário obter o valor máximo de todos os objetos da



rede de drenagem. Este valor é obtido pela opção “*maximum*” de “*Summary Statistics (Analysis)*” na coluna das ordens.

$$n = \max(n) \quad (5)$$

Onde:

$n$ = ordem dos cursos de água

#### 2.3.4.3. Comprimento do rio principal ( $L$ )

O comprimento do curso d'água principal ( $L$ ) é a medida do comprimento do rio desde a sua nascente até o exutório. A partir dos cursos d'água hierarquizados é realizada a somatória das diagonais das células que compõem o rio principal no caso de um dado matricial ou utilizar a opção “*Calculate Geometry/ Length*” na tabela de atributos do rio principal gerado pela opção “*Terrain Preprocessing > Longest Flow Path for Cacthments*” na ferramenta *ArcHidro*.

#### 2.3.4.4. Comprimento total dos cursos d'água ( $L_t$ )

O comprimento total dos cursos d'água ( $L_t$ ) é a medida de comprimento de todos os rios (principal e tributários) desde a nascente até a seção de referência de cada tributário, incluindo o curso principal. A partir dos cursos d'água hierarquizados é realizada a somatória das diagonais das células dos cursos d'água no caso de dados matriciais ou utilizar a opção “*Statistics*” na coluna de comprimentos na tabela de atributos da rede de drenagem no caso de um dado vetorial

#### 2.3.4.5. Declividade Simples ( $S_s$ )

É obtida pela divisão do desnível máximo ( $\Delta H$ ) pelo comprimento ( $L$ ) como pode ser observado na equação (6).

$$S_s = \Delta H / L \quad (6)$$

Onde:

$\Delta H$  = Desnível máximo do rio principal, em metros

$L$  = Comprimento do curso d'água principal, em km

A declividade influencia diretamente na velocidade de escoamento. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e bem mais pronunciados e estreitos serão os gráficos vazão x tempo das enchentes.

#### 2.3.4.6. Densidade de drenagem ( $D_d$ )

A densidade de drenagem ( $D_d$ ) é o índice que indica o grau de desenvolvimento e a eficiência do sistema de drenagem da bacia. A densidade de drenagem é obtida pelo somatório dos comprimentos de todos os canais da rede de drenagem dividido pela área da bacia, como pode ser observado na equação (7):

$$D_d = \frac{L_t}{A} \quad (7)$$

Onde:

$L_t$ = Comprimento de todos os canais, em km

$A$  = Área da bacia, em km<sup>2</sup>

A classes de qualidade de drenagem utilizadas foram as propostas por Villela & Mattos (1975) em que as bacias que apresentam o índice inferior a 0,5 km/km<sup>2</sup> são caracterizadas como bacias com drenagem pobre, para valores entre 0,5 e 1,5km/km<sup>2</sup> são bacias com drenagem regular, para bacias com drenagem boa e muito boa necessitam de apresentar valores entre 1,5 a 2,5 e 2,5 a 3,5 km/km<sup>2</sup> respectivamente e para bacias excepcionalmente bem drenadas apresentam valores superiores a 3,5 km/km<sup>2</sup>.

#### 2.3.4.7. Densidade Hidrográfica ( $D_h$ )

A densidade hidrográfica é um parâmetro importante por indicar a capacidade de gerar novos cursos de água na bacia hidrográfica em função das características pedológicas, geológicas e climáticas da área. Os parâmetros para o cálculo são o número de objetos na tabela de atributos da rede de drenagem e a área da bacia calculada previamente. Pode se obter essa relação com equação (8):

$$Dh = N/A \quad (8)$$

$N$ = Número de rios

$A$ = Área da bacia, em km<sup>2</sup>

Segundo Lollo (1995), é possível classificar a densidade hidrográfica em: Dh menor que 3 com baixa; entre 3 e 7 como média; entre 7 e 15 como alta; e maior que 15 como uma densidade alta.

#### 2.3.4.8. Sinuosidade do curso de água ( $I_s$ )

A sinuosidade do curso de água ( $I_s$ ) é um fator controlador da velocidade do escoamento. Para o cálculo utiliza-se o valor do comprimento do curso de água principal obtido anteriormente e a distância vetorial entre dois extremos do canal principal (linha reta) como pode ser observado na equação (9).

$$I_s = C_p/dv \quad (9)$$

Onde:

$C_{cp}$ = comprimento do canal, em km

$dv$ = distância vetorial, em km

O canal tende a ser retilíneo se o valor de  $I_s$  estiver próximo a 1,0 e tortuosos se superior a 2,0. Os valores tortuosos indicam formas transicionais, regulares e irregulares (LANA, 2001). Segundo Brubacher *et al.* (2011), quanto maior  $I_s$ , menor será a velocidade do escoamento e, conseqüentemente, menor a influência nas enchentes a jusante da sub-bacia considerada, ou seja, maior retenção de água no interior da mesma.

#### 2.3.4.9. Coeficiente de Manutenção ( $C_m$ )

O coeficiente de manutenção dos canais ( $C_m$ ) foi proposto por Schumm (1956 apud CAMPANHARO, 2011) e representa a área de drenagem necessária em quilômetros quadrados, para sustentar um quilômetro linear de canal segundo Borsato & Martoni (2004), ou seja, uma estimativa da área mínima necessária para a implementação e desenvolvimento de um canal de drenagem. O coeficiente pode ser calculado pela equação (10).

$$C_m = \left(1/D_d\right) \times 1000 \quad (10)$$

Onde:

$D_d$ = Densidade de drenagem, em km/km<sup>2</sup>

2.3.4.10. Índice de rugosidade ( $I_r$ )

O índice de rugosidade ( $I_r$ ) é expressado por um número adimensional em que valores elevados indicam bacias sujeitas a cheias rápidas e implica em relevo mais colinoso e dissecado (maiores declividades). A fórmula para esse cálculo desse índice é apresentada na equação (11):

$$I_r = H_m D_d \quad (11)$$

$H_m$  = Amplitude altimétrica máxima da bacia

$D_d$  = Densidade de drenagem

2.3.4.11. Índice de bifurcação ( $R_b$ )

A relação entre o número total de segmentos de determinada ordem e o número total dos segmentos da ordem imediatamente superior é chamada de índice de bifurcação e representa o grau de dissecção da bacia. Quanto maior o índice, maior o grau de dissecção da bacia e valores inferiores a 2 indicam relevo colinoso (CASTRO & CARVALHO, 2009). O índice pode ser obtido pela equação abaixo:

$$R_b = N_u / N_{u+1} \quad (12)$$

Onde:

$N_u$  = número de segmentos de determinada ordem

$N_{u+1}$  = número de segmentos da ordem imediatamente superior

Para a obtenção desse parâmetro utiliza-se as informações disponíveis na tabela de atributos para o cálculo. A fórmula pode ser inserida no "Field Calculator" em uma nova coluna para o cálculo ou calculado manualmente.

Com base nas ferramentas supracitadas é possível extrair individualmente, ou de forma automatizada como relata Silva G. *et al.* (2009), os parâmetros necessários para caracterizar uma bacia hidrográfica através da plataforma SIG. Os parâmetros escolhidos para a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica em estudo são características geométricas, de relevo e da rede de drenagem e estão enumerados na

Tabela 2.

**Tabela 2:** Parâmetros escolhidos para a caracterização da bacia hidrográfica em estudo (Fonte: Elaborado pelo autor)

<i>Características geométricas</i>	
Área total	Fator de forma ( $F$ )
Perímetro total	Índice de circularidade ( $I_c$ )
Coeficiente de compacidade ( $K_c$ )	Padrão de drenagem
<i>Características do relevo</i>	
Orientação	Altitude mínima ( $H_{min}$ )
Declividade mínima ( $I_{dmin}$ )	Altitude média ( $H_{med}$ )
Declividade média ( $I_{dmed}$ )	Altitude máxima ( $H_{max}$ )
Declividade máxima ( $I_{dmax}$ )	Amplitude altimétrica ( $H_m$ )
Coeficiente de Rugosidade ( $CR$ )	
<i>Características da rede de drenagem</i>	

Declividade média do curso d'água principal ( $S_s$ )	Densidade de drenagem ( $D_d$ )
Comprimento do curso d'água principal ( $L$ )	Coefficiente de Manutenção ( $C_m$ )
Comprimento total dos cursos d'água ( $L_t$ )	Ordem dos cursos de água na foz ( $n$ )
Sinuosidade do curso de água ( $I_s$ )	Índice de bifurcação ( $R_b$ )

### 3. Resultados

De posse da análise das características morfométricas calculadas em conjunto com os mapas temáticos elaborados é possível caracterizar a bacia hidrográfica qualitativa e quantitativamente como será apresentado a seguir.

A bacia do Maxixe apresenta uma amplitude altimétrica de 600 metros, variando de 120m no exutório da bacia e 720m no extremo nordeste da bacia com direção preferencial de orientação sul como pode ser observado na Figura 3. A partir dos dados altimétricos foi elaborado o mapa de declividade (Figura 4) da área de estudo.

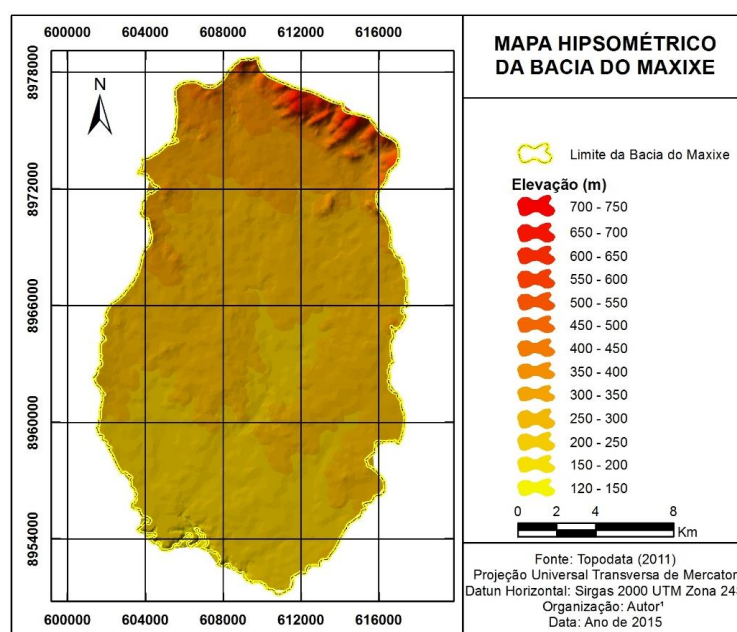
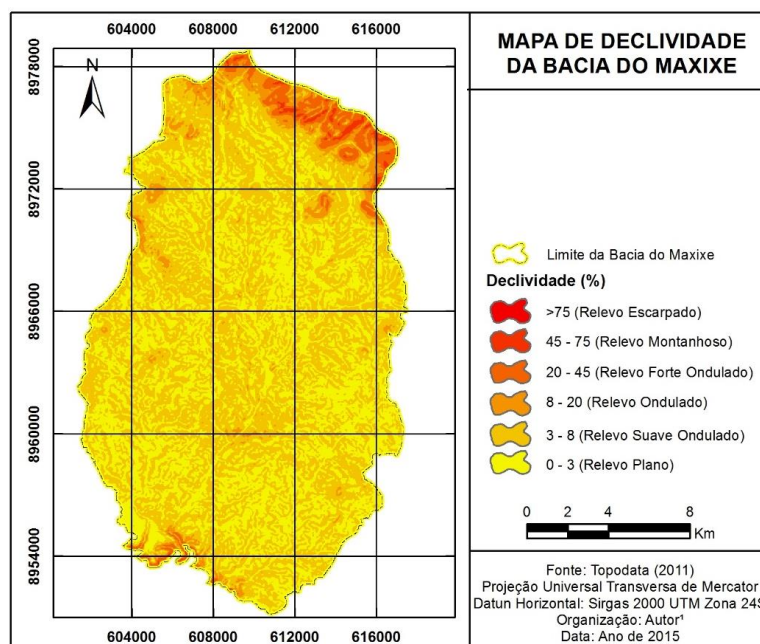


Figura 3: Mapa hipsométrico da bacia do Maxixe (Fonte: Elaborado pelo autor)



**Figura 4:** Mapa de declividade da bacia do Maxixe (Fonte: Elaborado pelo autor)

De posse da hipsometria, da declividade e das formas de relevo identificadas pela Companhia de Pesquisa Recursos Minerais (CPRM) para o estado de Alagoas foi elaborado o mapa geomorfológico. A distribuição geográfica das unidades geomorfológicas da bacia pode ser observada na Figura 5 e as suas respectivas características estão resumidas na Tabela 3.

**Tabela 3:** Formas do relevo identificadas por CPRM e suas respectivas características (Fonte: Elaborado pelo autores)

Forma de Relevo	Varição de Declividade (%)	Altimetria (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
Superfícies Aplainadas Retocadas do Degradadas	0,005 - 20	120-350	289,53	91,90
Inselbergs	0,005 - 45	250-350	2,29	0,73
Domínio de Morros e de Serras Baixas	0,005 - 75	350-750	23,20	7,37
<b>Total</b>			314,00	100

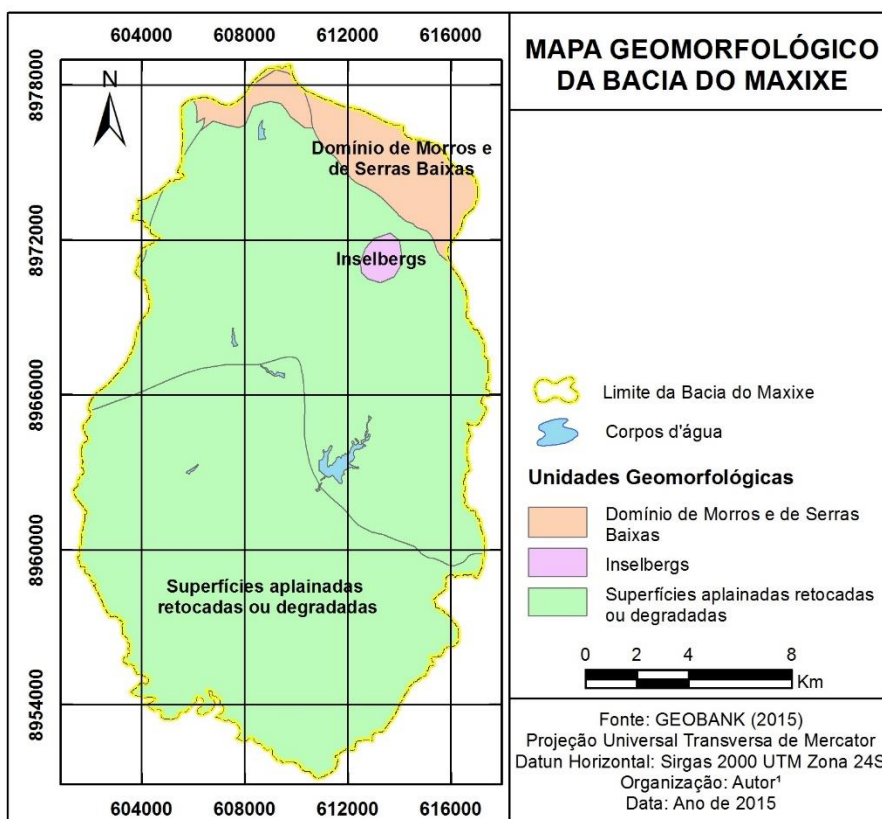
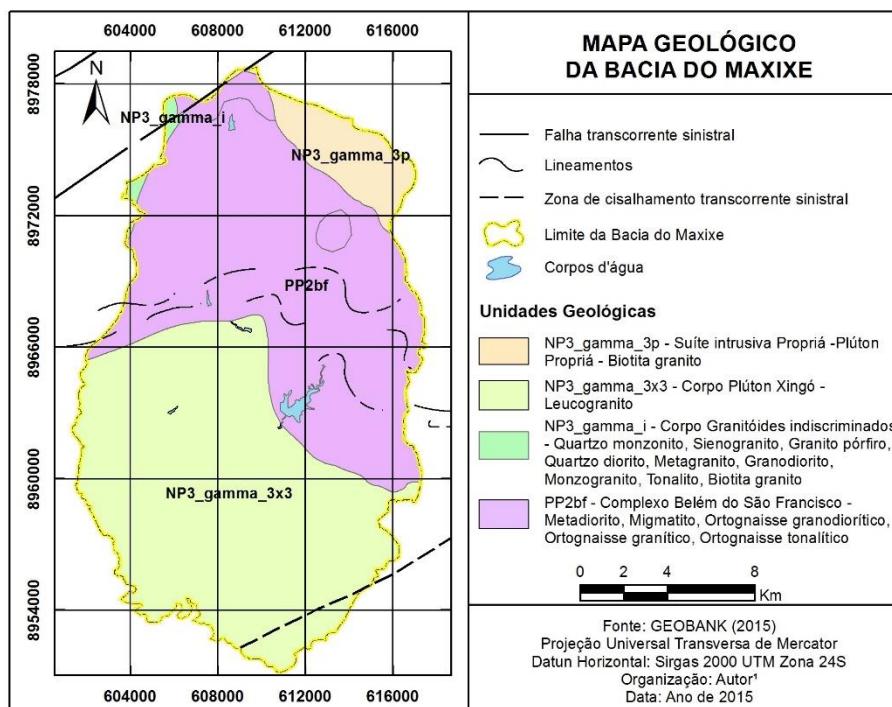


Figura 5: Mapa de geomorfológico da bacia do Maxixe (Fonte: Elaborado pelo autor)

As unidades geomorfológicas identificadas pelo CPRM apresentam os mesmos limites que as unidades geológicas. Foram identificadas quatro unidades distintas (Tabela 4), dentre elas as que possuem maior representatividade são a Belém do São Francisco e o Corpo Plúton Xingó com 46% e 47,6% da área da bacia respectivamente como pode ser observado na Tabela 4.

**Tabela 4:** Unidades geológicas identificadas pelo CPRM e suas respectivas características (Fonte: Adaptado de GEOBANK, 2015)

Unidades Geológicas	Era	Classes de fraturamento	Deformação tectônica	Litotipo
Complexo Belém do São Francisco (PP2bf)	Paleo-proterozóico	Moderado a intenso	Intensa	Metadiorito, Migmatito, Ortognaisse granodiorítico, Ortognaisse granítico, Ortognaisse tonalítico
Corpo Plúton Xingó (NP3_gamma_3x3)	Neo-proterozóico	Pouco a moderado	Pouco a moderada	Leucogranito
Suíte Intrusiva Propiá -Pluton Propia (NP3_gamma_3p)	Neo-proterozóico	Pouco a moderado	-	Biotita granito
Granitóides Indiscriminados (NP3_gamma_i)	Neo-proterozóico	Pouco a moderado	Moderada a intensa	Quartzo monzonito, Sienogranito, Granito pórfiro, Quartzo diorito, Metagranito, Granodiorito, Monzogranito, Tonalito, Biotita granito



**Figura 6:** Mapa geológico da bacia do Maxixe (Fonte: Elaborado pelo autor)

Quanto ao aspecto pedológico, o município apresenta nove unidades de solos, segundo a Embrapa (GeoPortal, 2015) e suas descrições estão representadas na Figura 7. A bacia apresenta as seguintes áreas para cada unidade: RLe41 composta por neossolos litólicos e afloramentos de rocha com 0,06km<sup>2</sup>; RRed16 composta por neossolos regolíticos, neossolos litólicos e planossolos com 29,80km<sup>2</sup>, RLe45 composta por neossolos litólicos, regolíticos e afloramentos de rocha com 14,38km<sup>2</sup>, RLe11 composta por neossolos litólicos e afloramentos de rocha com 0,09km<sup>2</sup>, RRed17 composta por neossolos litólicos e regolíticos com 2,90km<sup>2</sup>, SXe38 composta por planossolos e cambissolos háplicos e neossolos com 45,92km<sup>2</sup>. CXbe1 composta por cambissolos, argissolos e neossolos com 5,62km<sup>2</sup> e SXe27 compostos por planossolos e neossolos com 1,22km<sup>2</sup>. Os solos da região se apresentam, predominantemente, com uma textura arenosa e média com presença de fase pedregosas e/ou rochosas.

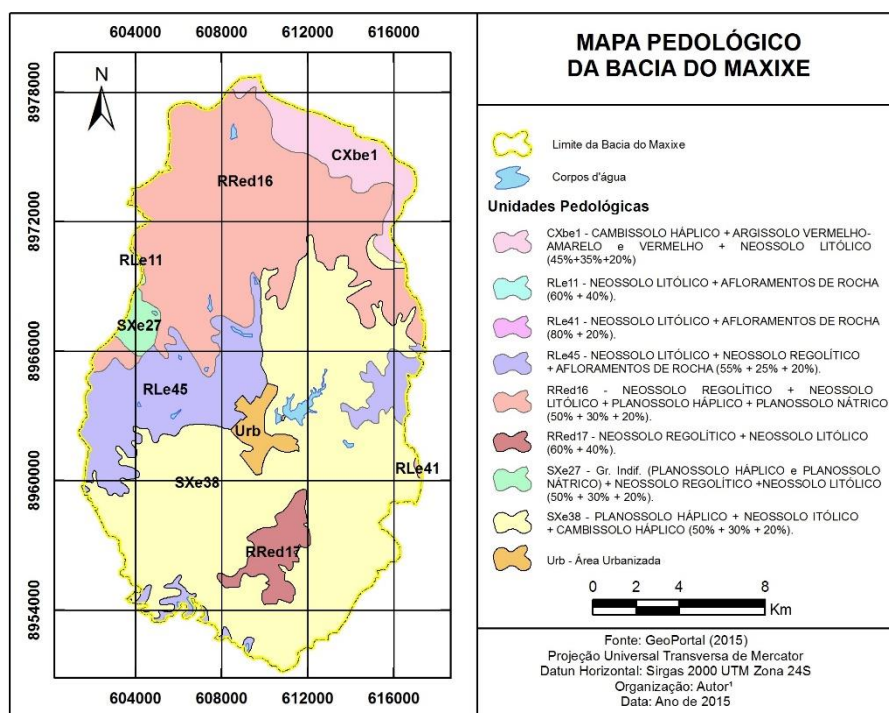


Figura 7: Mapa pedológico da bacia do Maxixe (Fonte: Elaborado pelo autor)

Quanto a rede hidrográfica, é possível identificar que a bacia é definida pelo rio principal Rio de Maxixe e seu principal afluente, o Riacho da Veneza, e dois riachos principais, o Salgado e Xingó todavia, também estão presentes na bacia os riachos da Areia, Novo, Bom nome, da Palha, do Miguel e Marcação. A bacia apresenta dois pequenos barramentos no seu rio principal e um de maior porte no seu principal afluente (Figura 8).

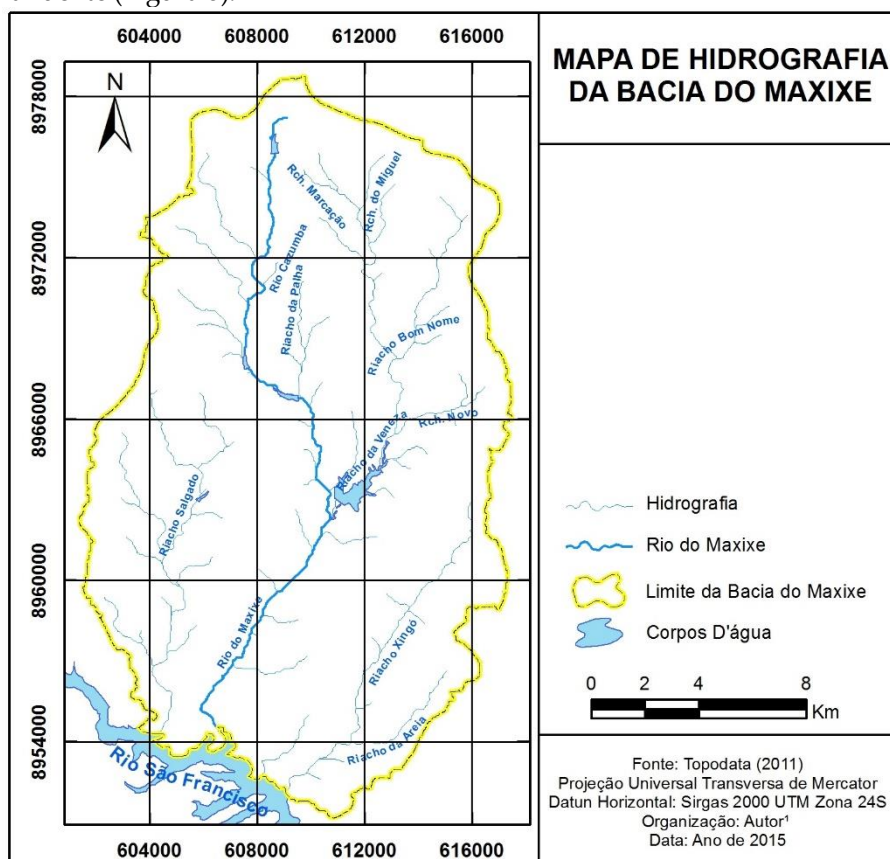








Figura 8: Mapa da rede hidrográfica da bacia do Maxixe (Fonte: Elaborado pelo autor)

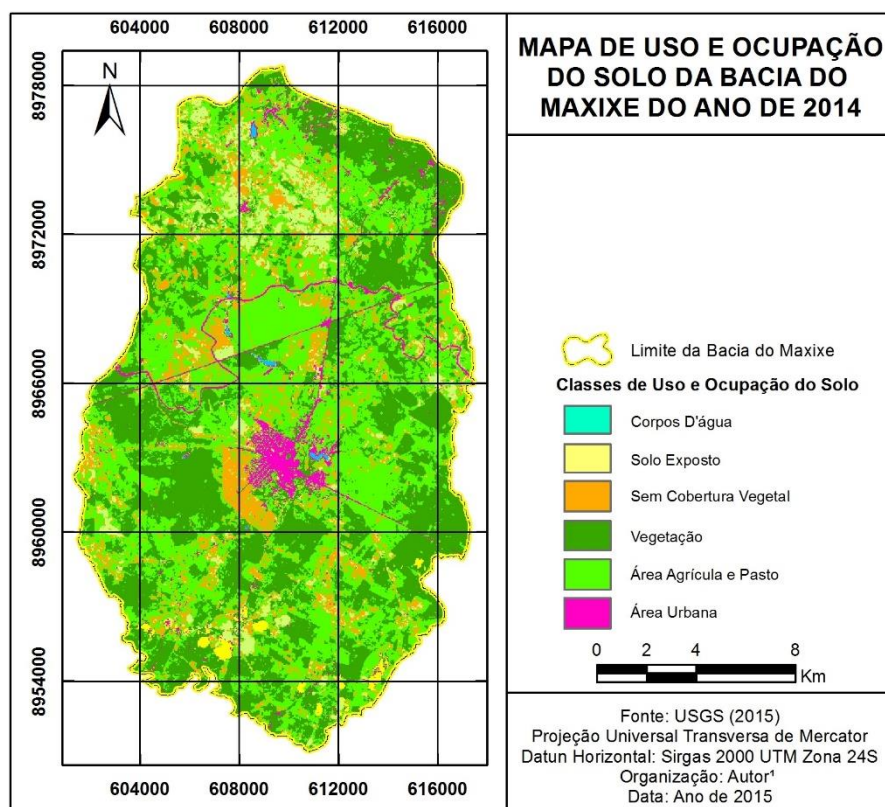


Quanto ao uso do solo foram identificadas seis classes na bacia do Maxixe através da classificação supervisionada utilizando a composição de bandas RGB542. As duas classes mais representativas são a classe 1 que corresponde a área aproveitada para agricultura de subsistência ou para fins comerciais enquanto a classe 2 representa a vegetação de mata nativa em cotas mais elevadas e vegetação rasteira nas superfícies aplainadas. A classe 3 corresponde a áreas de solo exposto encontradas em loteamentos, caixas de empréstimo de solo e açudes enquanto a classe 4 são constituídas de áreas sem cobertura vegetal. A classe 5 consiste na área urbana onde estão incluídas áreas residenciais, estradas e o Canal do Sertão Alagoano e por último, a classe 6 que representa os corpos d'água. As principais características das classes estão resumidas na Tabela 5 e sua distribuição geográfica pode ser observadas na Figura 9.

Tabela 5: Classes de uso e ocupação do solo identificadas a partir da imagem LANDSAT 8 (Fonte: Elaborado pelos autores)

Nº	Classes de Uso e Ocupação do Solo	Exemplo da Classe mapeada	Localização	Área	
				(km <sup>2</sup> )	(%)
1	Área Agrícola e Pasto		Comunidade de Turco em Delmiro Gouveia	132,92	41,94
2	Vegetação		Próximo a comunidade Mulungu e Tabela em Água Branca	107,13	33,81
3	Solo Exposto		Próximo a comunidade Cruz em Delmiro Gouveia	40,73	12,85
4	Sem Cobertura Vegetal		Próximo a comunidade Pedrão em Delmiro Gouveia	21,60	6,82

5	Área Urbana		Comunidade Várzea do Pico em Pariconha	12,77	4,03
6	Corpos D'água		Próximo a comunidade de Turco em Delmiro Gouveia	1,75	0,55
<b>Total</b>				<b>316,90</b>	<b>100</b>



**Figura 9:** Mapa de uso do solo de 2014 da bacia do Maxixe (Fonte: Elaborado pelo autor)

A caracterização da bacia foi realizada a partir da análise areal, utilizando as características geométricas e de relevo, e linear das características da rede de drenagem da bacia. Os valores foram calculados na própria tabela de atributos inserindo as formulas no “*Field Calculator*” em uma nova coluna, entretanto podem ser calculados manualmente e depois inseridos na tabela de atributos. Os parâmetros calculados estão resumidos na

Tabela 6.

**Tabela 6:** Parâmetros calculados para a Bacia do Maxixe (Fonte: Elaborado pelos autores)

	Características	Valor calculado	Unidade
<b>Características geométricas</b>	Área total	316,90	km <sup>2</sup>
	Perímetro total	112,73	km
	Coefficiente de compactidade ( $K_c$ )	1,77	-
	Fator de forma ( $F$ )	0,31	-
	Índice de circularidade ( $I_c$ )	0,33	-
	Padrão de drenagem	Paralelo	-
<b>Características do relevo</b>	Orientação	Sul/Sudeste	-
	Declividade mínima ( $I_{dmin}$ )	0,0005	%
	Declividade média ( $I_{dmed}$ )	4,90	%
	Declividade máxima ( $I_{dmax}$ )	75,13	%
	Altitude mínima ( $H_{min}$ )	120,00	m
	Altitude média ( $H_{med}$ )	285,08	m
	Altitude máxima ( $H_{max}$ )	720,00	m
	Amplitude altimétrica ( $H_m$ )	600,00	m
<b>Características da rede de drenagem</b>	Coefficiente de Rugosidade ( $CR$ )	3,14	-
	Declividade média do curso d'água principal ( $S_s$ )	0,02	%
	Comprimento do curso d'água principal ( $L$ )	32,04	km
	Comprimento total dos cursos d'água ( $L_t$ )	203,42	km
	Sinuosidade do curso de água ( $I_s$ )	1,23	-
	Densidade de drenagem ( $D_d$ )	0,64	km/km <sup>2</sup>
	Coefficiente de Manutenção ( $C_m$ )	1557,79	-
	Ordem dos cursos de água na foz ( $n$ )	4	-
	Densidade Hidrográfica ( $D_h$ )	0,38	-
	Índice de rugosidade ( $I_r$ )	385,16	-
	Índice de bifurcação entre os cursos de 1ª e 2ª ordem ( $R_{b12}$ )	2,05	-
	Índice de bifurcação entre os cursos de 2ª e 3ª ordem ( $R_{b23}$ )	1,95	-
	Índice de bifurcação entre os cursos de 3ª e 4ª ordem ( $R_{b34}$ )	2,32	-

A análise dos parâmetros da bacia permitiu definir a forma da bacia como alongada, bem diferente de bacia circular, ou seja, a chance de ocorrência de chuvas intensas em toda a extensão da bacia é muito menor. Em condições normais de pluviosidade anual, a bacia apresenta baixo risco de grandes cheias e é bastante susceptível a escoamento superficial. Quanto ao relevo da bacia se apresenta predominantemente plano a suave ondulado com 40 e 50% respectivamente da área da bacia com uma orientação predominante sul/ sudeste.

O sistema de drenagem apresenta um padrão predominantemente paralelo (Figura 8) e segundo a densidade de drenagem, a bacia apresenta uma capacidade de drenagem regular próximo ao índice pobre, o que acarreta na necessidade da construção de açudes e/ou barragens para acumulo de água.

O rio do Maxixe é um rio de quarta ordem com 32,04km de comprimento total, uma declividade média baixa e apresenta um canal entre os tipos sinuoso e retilíneo. O índice de bifurcação entre os canais de 1ª e 2ª ordem e 3ª e 4ª apresentam-se bem dissecados enquanto os de 2ª e 3ª ordem é menos dissecado, com presença de colinas.

O coeficiente de manutenção é de 1557,79km<sup>2</sup>, ou seja, cada canal tem essa área, em média, disponível para a manutenção de um quilômetro linear de canal. Mesmo a bacia apresentando uma

densidade de drenagem regular, a bacia apresenta uma densidade hidrográfica baixa o que dificulta o surgimento de novos canais.

#### 4. Conclusões

O estado de Alagoas apresenta 17 regiões hidrográficas sendo que somente 5 delas apresentam um comitê de bacias hidrográficas. Entretanto, nenhuma dessas regiões estão inseridas na mesorregião do sertão alagoano, região essa, que mais demanda no aspecto de gestão de recursos hídricos por ser uma região de elevadas temperaturas e o regime pluvial é bastante irregular.

É de extrema importância desenvolver estudos para se obter um melhor conhecimento do estado das bacias do sertão alagoano pois com a implantação do Canal do Sertão Alagoano haverá aumento na disponibilidade de recursos hídricos em quantidade e qualidade o que acarretará no desenvolvimento de diversas atividades como o uso agrícola, abastecimento humano, dessedentação animal, pecuária, entre outro. Caso essas atividades sejam desenvolvidas sem um devido planejamento podem causar danos desde a salinização do solo devido a uma irrigação excessiva, no caso de uso agrícola, até contaminação por consumo sem devido tratamento no caso de abastecimento humano.

Tendo isso dito, vê-se necessário desenvolver estudos nas bacias hidrográficas do sertão alagoano visando gerar informações que auxiliem no planejamento e na gestão dos recursos hídricos disponíveis e que serão inseridos no balanço hídrico da bacia através do canal do sertão alagoano pelos órgãos competentes, sejam federais ou estaduais

A partir das geotecnologias de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas-SIG foi possível gerar informações, em uma escala regional, de forma bastante simplificada a partir de dados disponíveis em banco de dados online. Os dados elaborados permitem compreender o comportamento geral da bacia, baseados em parâmetros físicos, e fornecem bases de dados para o planejamento e gestão dos recursos hídricos e para estudos de viabilidade para implantação de futuros empreendimentos na bacia.

#### Referências

ARAI, F.K.; PEREIRA, S.B.; OLIVEIRA, F.C.; DAMALIA, L.S. Caracterização hidromorfológica da bacia do Dourados localizada no centro-sul do Mato Grosso do Sul. *Agrarian (Dourados)*. Online, v. 5, p. 270-280, 2012.

Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA. (2011). Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>>. Acesso em 18 de mar. 2015.

BORSATO, F.H. & MARTONI, A.M. Estudo da Fisiografia das Bacias Hidrográficas Urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*. v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 12 março. 2006.

BRASIL. Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997 - que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRUBACHER, J.P.; OLIVEIRA, G.G.; GUASSELLI, L.A. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfológicas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS. *In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2011, Curitiba. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfológicas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS*, p. 1279-1286, 2011.

CAMPANHARO, W.A. Diagnostico Físico da Bacia do Rio Santa Maria do Doce - ES. 2011. Universidade Federal do Espírito Santo, UFES. Trabalho de conclusão de curso. 66p. Disponível em: <[http://www.florestaemadeira.ufes.br/sites/www.florestaemadeira.ufes.br/files/TCC\\_Wesley%20Augusto%20Campanharo.pdf](http://www.florestaemadeira.ufes.br/sites/www.florestaemadeira.ufes.br/files/TCC_Wesley%20Augusto%20Campanharo.pdf)>. Acesso em 24 de maio de 2015.

- CARDOSO, C.A.; DIAS, H.C.T.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, S.V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Rev. Árvore* [online]. v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006. ISSN 0100-6762.
- CASTRO S.B. & CARVALHO T.M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. *SCIENTIA PLENA* v. 5, n. 2. 2009.
- CHEREM, L.F. Análise morfométrica da bacia do Alto Rio das Velhas - MG. 2008. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Modelagem de Sistemas Ambientais. Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais - IGC/UFMG, Belo Horizonte, 2008. 111 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. – Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188p.
- COSTA, E.B.S.; SILVA, C.L.; SILVA, M.L. Caracterização Física de bacias Hhidrográficas na região de Manaus (AM). *Caminhos de Geografia (UFU)*, v. 14, p. 93-100, 2013.
- CRIADO, R. C. & PIROLI, E.L. Geoprocessamento como ferramenta para a análise do uso da terra em bacias hidrográficas. *Revista Geonorte*, v. 3, n. 4, p. 1010-1021, 2012.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico Do Brasil (CPRM). Geobank. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acesso em 14 de mar. 2015.
- CURTARELLI, M. P. SIG aplicado à caracterização morfométrica de bacias hidrográficas – estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul – Santa Catarina/Brasil. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4693-4699, 2009.
- DEODORO, S.C.; FONSECA, B.M. ANÁLISE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA BÁRBARA (MG) BASEADA EM ANÁLISES MORFOMÉTRICAS E MULTICRITERIAIS. *In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento XXV Expositiva*, 2014, Gramado. *Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento XXV Expositiva*. Rio de Janeiro: SBC, v. 1, p. 1-14, 2014.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - GeoPortal Digital (2015). Disponível em: <<http://mapoteca.cnps.embrapa.br/>>. Acesso em 22 de maio de 2015.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2.ed.) [Internet]. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Brasília, 2006. 306p. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>> Acesso em 10 de fev. 2015.
- Environmental Systems Research Institute. Inc. (ESRI) Arc Hydro Geoprocessing Tools - Tutorial (2010).
- FRITZSONS, E. & MANTOVANI, L.E. Os Substratos Geológicos e os Coeficientes Morfométricos em Bacias Hidrográficas do Carste Dolomítico no Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 03, p. 181-189, 2010.
- GALDINO, C.H.P.A.; FRAGOSO JR C.R.; SOUZA J.C.S. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROLÓGICA DO RIO CAPIÁ COM AUXÍLIO DE SIG. *In: XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, 2012, João Pessoa. *XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, 2012.
- GUARIZ, H.R. Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do Córrego Jaqueira-Alegre, ES. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Alegre, Universidade Federal do Espírito Santo, 275p, 2008.
- INOCENCIO, L.C. & SANTO, A.L. Mapeamento de uso do solo multitemporal por imagens de satélite na região sul do município de Criciúma – SC (Área Piloto). *Ver. Tecnol. Ambiente, Criciúma*, v. 8, n. 1, p. 93-114, 2002.
- LIMA, V. F.; FURRIER, M. Avaliação morfológica e morfométrica da bacia hidrográfica do rio Mamuaba - PB, para detecção de prováveis deformações neotectônicas. *Cadernos de Geociências*, v. 10, p. 34-44, 2013.
- LIRA, E.M.; NASCIMENTO, F.I.C.; ALMEIDA, G.O. ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ AMARO, ACRE-BRASIL. *Revista GeoNorte*, v. 1, p. 606-616, 2012.
- LANA, C. E.; ALVES, J. M.P.; CASTRO, P.T.A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. *Rem: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto*, v. 54, nº2, p. 121-126, 2001. Disponível em: <<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672001000200008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672001000200008&lng=en&nrm=iso)>>. Acesso em 23 de Maio de 2015.
- LIMA, R. N. S.; PINTO, V. G.; NOGUEIRA, I. A; ROSA, B. F. J. V.; RIBEIRO, C. B. M. Caracterização fisiográfica e avaliação dos efeitos da represa de Chapéu D`Uvas nas vazões do Rio Paraibuna. *In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2013, Bento Gonçalves. *Água - Desenvolvimento econômico e socioambiental*, 2013.

LOLLO, J.A. O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. 1995. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

LORENZON, A.S.; FRAGA, M.S.; MOREIRA, A.R.; ULIANA, E.M.; SILVA, D.D.; RIBEIRO, C.A.A.S.; BORGES, A.C. Influência das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Benevente nas enchentes no município de Alfredo Chaves-ES. *Revista Ambiente & Água*, v. 10, p. 195-206, 2015.

LUCAS, E.A.; SCHÄFER, A.; BRANCO, V.T.A. Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Negro-RS Utilizando Imagens de Satélite do Sensor OLI/LANDSAT 8. *In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento e XXV Expositiva*, 2014, Gramado. *Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento e XXV Expositiva*, 2014.

MARCUZZO, F.F.N.; OLIVEIRA, N.L.; CARDOSO, M.R.D.; TSCHIEDEL, A.F. Detalhamento Hidromorfológico da Bacia do Rio Paraíba. *In: XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, 2012, João Pessoa. *XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste - Anais*, 2012.

MESSIAS, C.G. Análise de uso do solo utilizando diferentes técnicas e imagens de média e alta resolução espacial. *Revista de Geografia*, v. 2, n. 1, p. 9, 2012.

MIGUEL, A.E.S.; MEDEIROS, R. B.; OLIVEIRA, W. uso do geoprocessamento para análise ambiental da bacia do córrego Sapé, Brasilândia/MS. *Geografia em Atos (Online)*, v. 2, p. 42-57, 2013a.

MIGUEL, A.E.S.; MEDEIROS, R.B.; OLIVEIRA, W.; BRUGNOLLI, C.A.C. uso e ocupação do solo e análise morfométrica da bacia hidrográfica do córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. *Revista Geonorte*, v. 8, p. 72-84, 2013b.

MOREIRA, G.F.; FERNANDES, R.B.A.; FERNANDES FILHO, E.I.; VIEIRA, C.A.O.; SANTOS, K.A. Classificação Automatizada do Uso e Cobertura do Solo Usando Imagens Landsat. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 06, p. 58-65, 2013.

NASCIMENTO, M.C.; ANDRADE, E.L.; GUIMARÃES JUNIOR, S.A.M.; PETTER, P.R.; MEDEIROS, P.R.P.; OLIVEIRA, A.N.S. Mapeamento da Fragmentação dos Remanescentes Florestais na Região Hidrográfica do Riacho Talhado, Alagoas-Brasil. *In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2011, Curitiba-PR. *Anais do 15º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, p. 4570-4577, 2011.

OLIVEIRA, T.C.; SARMIENTO, C.M.; RAMIREZ, G.M.; SILVA, L.F.L.E.; MIRANDA, L.H. Avaliação de Métodos de Classificação utilizando imagem LANDSAT-8 no Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo. *In: 4 Congresso Brasileiro de Geoprocessamento*, 2013, Rio de Janeiro. *4 Congresso Brasileiro de Geoprocessamento*, 2013, 4p.

PERICO, E.; CEMIN, G.; AREND, Ú.; REMPEL, C.; ECKHARDT, R.R. Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS. *In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2011, Curitiba. *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. São paulo: Tec Art ed, p. 1200-1207.

PINTO, L.V.A.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C. Caracterização física da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. *CERNE (UFLA)*, v. 11, p. 49, 2005.

RIBEIRO, E.G.P.; FERREIRA, B.M.; MACIEL, M.N.M.; PEREIRA, B.W.F.; SOARES, J.A.C. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé do una por meio de geotecnologias. *Enciclopédia Biosfera*, v. 11, p. 2960-2974, 2015.

RIBEIRO, F.L.; CAMPOS, S.; SANTOS, W.R.P.; RODRIGUES, B.T.; GOMES, L.N.; NARDINI, R.C. Caracterização morfométrica da microbacia Água do Paredão Jataizinho, PR. *In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, 2015, João Pessoa. *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*. João Pessoa, 2015.

SANTOS, L.N.S.; SILVA, K.R.; CECÍLIO, R.A. Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Juco Braço Norte - ES. *In: Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação*, 8, 2008, São José dos Campos. *Anais (CD-ROM)*. São José dos Campos, p. 1-4, 2008.

SALLES, M.M. O uso do sig na análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio São João - MG. *Ix*. 29p. 2010.

Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento Econômico - SEPLANDE. (2015). Banco de Dados. Disponível em: <<http://dados.al.gov.br/s>>. Acesso em 21 de junho de 2015.

SILVA, R.M.; PAIVA, F.M.L.; SANTOS, C.A.G. Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na bacia do rio Capiá baseado em SIG e sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 2, p. 26-40, 2009.

SILVA, G.N.S.; PORTO, R.Q.; DINIZ, L.S.; SILANS, A.M.B.P. Aquisição automatizada de parâmetros morfológicos de bacias hidrográficas. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009, Campo Grande, MS. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS: ABRH, v. 1, 2009.

STRAHLER, A.N, Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography, Geological Society of America Bulletin, v. 63, p. 1117-1142, 1953.

TONELLO, K.C. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. 69p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa: UFV. 2005.

United States Geological Survey - USGS. (2015). Banco de dados. Disponível em: < <http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em 18 de junho de 2015.

VALERIANO, M.M. & ALBUQUERQUE, P.C.G. Topodata: processamento dos dados SRTM. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-16702-RPQ/854). 79p., 2010 (Boletim).

VILLELA, S.M. & MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo, Editora McGraw Hill do Brasil, 1975.