

# DETALHAMENTO HIDROMORFOLÓGICO DA BACIA DO RIO MUNDAÚ

*Francisco F. N. Marcuzzo<sup>1</sup>; Vanessa Romero<sup>2</sup>; Murilo R. D. Cardoso<sup>3</sup>*

**RESUMO** – A caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Mundaú é possível em virtude do uso de geotecnologias que revelam o comportamento de sua fisiografia. O objetivo desta pesquisa é estudar os parâmetros morfológicos que interferem na atividade hidrológica da bacia do Rio Mundaú. Imagens do projeto SRTM com resolução de 90 metros foram inseridas e mosaicadas em um programa GIS visando possibilitar o desenvolvimento deste estudo. Com o MDE delimitado a partir do recorte da bacia foi possível realizar a investigação de parâmetros tais como linearidade, área, comprimento e por fim, determinar a hipsometria da bacia do Rio Mundaú. A análise hipsométrica desta bacia revelou os valores dos Coeficientes de Massividade e Orográfico, respectivamente  $1,19 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$  e 0,06 bem como a Amplitude Altimétrica da bacia, 1018 metros (extraída por SRTM), a Relação de Relevo, equivalente a  $0,48 \text{ m}^{-1}$  e o Índice de Rugosidade da bacia, correspondente a 4,43. Conclui-se que a bacia do Rio Mundaú apresenta considerável variação em sua área, proporcionada pela linearidade e pelos fatores hipsométricos da bacia, o que contribui para a ocorrência de cheias em diversos pontos da bacia.

**ABSTRACT** –The morphometric characterization of Mundaú River is possible by the use of geotechnologies that reveal the physiography behavior. The objective of this research is to study the morphological parameters that affect the hydrological activity of Mundaú River basin. SRTM project images with a resolution of 90 meters were inserted and mosaicked into a GIS program in order to enable the development of this study. With MDE delimited from there cut was possible the investigation of parameters such as linearity, area, length, and finally establish the hypsometric of Mundaú River basin. The hypsometric analysis of this basin revealed the values of the Coefficients of Massiveness and Orographic, respectively  $1,19 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$  and 0,06 and Atimetry Amplitude basin, 1018 meters (extract by SRTM), the Relation of Relief, equivalent to  $0,48 \text{ m}^{-1}$  and the Index of Rugosity of the basin, corresponding to 4,43. It was concluded that Mundaú River basin has considerable variation in its area, provided by the linearity and the hypsometric factors of the basin, which contributes to the occurrence of floods in various parts of the basin.

**Palavras-chave:** hipsometria, hidrofisiologia, bacia hidrográfica.

---

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup>, Doutor, Pesquisador em Geociências / Engenharia Hidrológica, CPRM (Serviço Geológico do Brasil) – Ministério de Minas e Energia – Rua 148, nº485 - Setor Marista - CEP 74170-110, Tel.: (62) 3240-1426 – Goiânia/GO. [francisco.marcuzzo@cprm.gov.br](mailto:francisco.marcuzzo@cprm.gov.br).

<sup>2</sup> Acadêmica em Saneamento Ambiental, IFG (Instituto Federal de Educação e Tecnologia de Goiás) – Rua 75, nº 46, Centro - CEP: 74055-110, Tel. (62) 3227-2700 – Goiânia/GO. [vromero.fe@gmail.com](mailto:vromero.fe@gmail.com)

<sup>3</sup> Acadêmico em Geografia, UFG (Universidade Federal de Goiás) – Caixa Postal: 131, Campus Samambaia (Campus II), Conjunto Itatiaia – CEP 74001-970. Tel.: (62) 3521-1000 – Goiânia/GO. [muriloshinobi@gmail.com](mailto:muriloshinobi@gmail.com)

## 1 - INTRODUÇÃO

O uso consuntivo da água nas regiões urbanas de um país é resultado de uma série de fatores cuja raiz se encontra rente a implementação de legislação severa quanto à preservação dos recursos hídricos. A análise hipsométrica de uma bacia consiste no estudo das características morfométricas da seção considerada e objetiva mensurar as consequências da ação antrópica sobre as fontes aquíferas.

Tonello *et al.* (2006), mediante análise morfométrica da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, no município de Guanhães em Minas Gerais, confirma que a morfometria diferenciada entre as sub-bacias, principalmente em termos de declividade, exposição do terreno e declividade média do curso d'água principal, indica um provável comportamento hidrológico também diferenciado, o que evidencia a necessidade de um manejo específico de cada uma dessas sub-bacias. Em estudo sobre morfometria de microbacias do Córrego Rico, em São Paulo, Pissara *et al.* (2010) concluem que os parâmetros físicos das microbacias determinaram as áreas mais suscetíveis ao processo erosivo. Nascimento *et al.* (2009), em trabalho sobre a influência do uso e cobertura do solo e da hipsometria na variação de temperatura superficial para o município de Minaçu (GO) concluem que existe uma relação entre hipsometria e temperatura de modo que o tipo de uso e cobertura do solo altera a influência significativa da hipsometria, mas a cobertura, sozinha, não apresenta uma correlação tão significativa com as temperaturas superficiais.

De acordo com Cardoso *et al.* (2006), em estudo sobre a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, a forma mais alongada da bacia, comprovada pelo índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma, denota um forte controle estrutural da drenagem.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é estudar a hidromorfologia da bacia do Rio Mundaú visando quantificar os parâmetros físicos e morfológicos que interferem no seu comportamento hidrológico.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - Divisão territorial municipal, população e clima da bacia do Rio Mundaú

A bacia hidrográfica do Rio Mundaú possui uma área total de 4457,87 km<sup>2</sup> e perímetro de 382,68 km. A bacia do Rio Mundaú (Figura 1) está localizada nos Estados de Alagoas, com 45,10% (2010,37 km<sup>2</sup>) da área da bacia, e Pernambuco, com 54,90% da área da bacia (2447,50 km<sup>2</sup>). A área de drenagem da bacia do Rio Mundaú envolve 36 municípios, com parte ou todo território inserido na bacia, sendo 19 municípios no estado de Alagoas e 17 municípios no estado de Pernambuco. Os

municípios de Alagoas com sede na bacia são: Muricí, União dos Palmares, São José da Laje, Santana do Mundaú, Satuba e Branquinha. E os municípios pernambucanos cuja sede se encontra na bacia do Rio Mundaú são: Angelim, Palmeirina, Correntes, Caetés, Canhotinho, Guaranhus, Lagoa do Ouro e São João.

O maior território municipal com sede na bacia do Rio Mundaú pertence ao município de Guaranhus com área de 450,06 km<sup>2</sup> e perímetro de 141,92 km, no estado de Pernambuco, e o menor, o município de Jupi (área de 68,59 km<sup>2</sup> e perímetro de 56,33 km), também no estado de Pernambuco. Segundo dados do IBGE (2010), toda a população residente nos municípios que fazem parte da bacia do Rio Mundaú (com ou sem sede na bacia) somam 1.751.500 pessoas. O município mais populoso da bacia é Maceió/AL com 917.086 habitantes. A menor população está no município de Santa Luzia do Norte/AL, com 6.863 habitantes. A maior densidade populacional pertence ao município de Maceió, com 1786,37 habitantes.km<sup>-2</sup> e a menor fica com o município de Capela/AL com 83,64 habitantes.km<sup>-2</sup>.

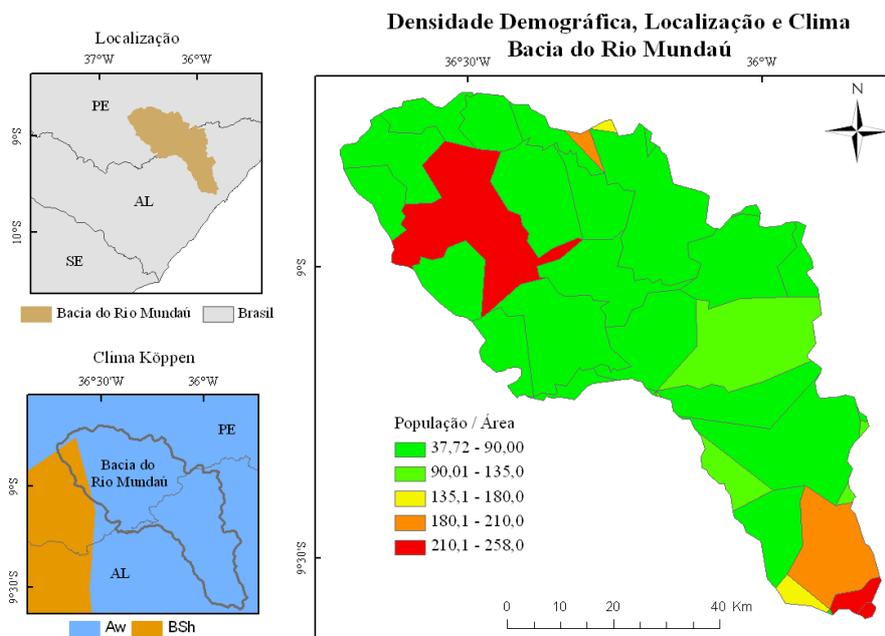


Figura 1 - Densidade de habitantes por quilômetro quadrado, clima e localização da bacia.

A bacia do Rio Mundaú apresenta em quase toda sua totalidade o clima, segundo a classificação de Köppen, Aw (Tropical, com estação seca no inverno), sendo que uma pequena porção a noroeste da bacia apresenta o clima BSh (clima das estepes quentes com baixas latitudes e altitudes) (Figura 1). Na bacia do Rio Mundaú atuam a Massa Polar Atlântica (MPA), a Massa Tropical Atlântica (MTA) e a Massa Equatorial do Atlântico Sul (MEAS). A massa equatorial do Atlântico sul atua na estação do verão, onde se verifica maior amplitude térmica. Também no verão atua a massa tropical atlântica, caracterizada por suas elevadas temperaturas e umidade que vão se amenizando quanto mais se afastam do litoral, chegando no sertão nordestino, já quase sem umidade. No curso baixo da bacia do Rio Mundaú a massa polar atlântica, atuante no inverno, já

chega enfraquecida e à medida que adentra a bacia, suas características de baixa temperatura e baixa umidade tornam-se ainda mais fracas.

## 2.2 - Vegetação, uso do solo e principais rios

A bacia do Rio Mundaú caracteriza-se intensivamente pela prática da agropecuária (Figura 2), enquanto que pequenas porções da bacia são ocupadas por florestas (ombrófila aberta e estacional semi-decidual), ecótono, savana (estépica), água, influência urbana, vegetação secundária, dentre outras não classificadas.

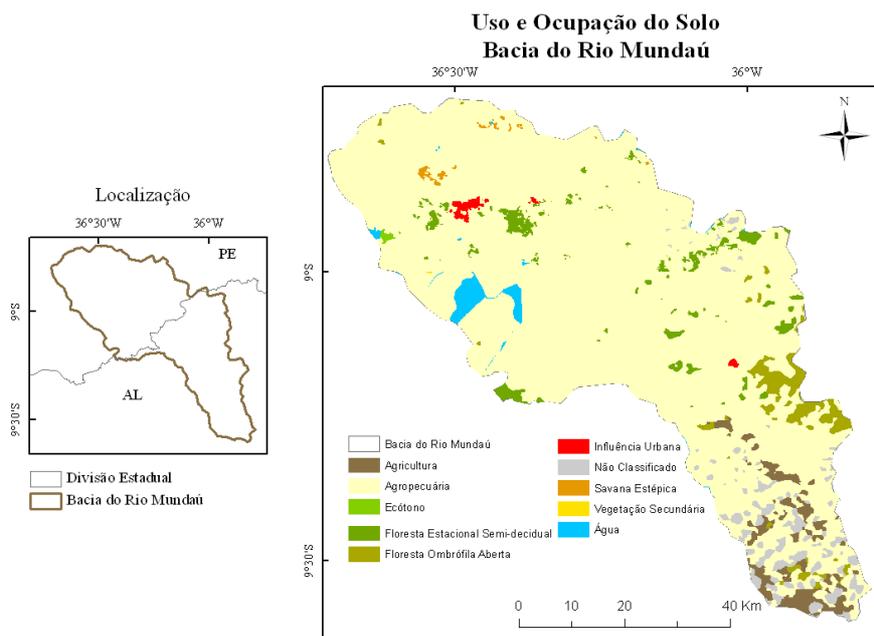


Figura 2 - Uso e ocupação do solo da bacia do Rio Mundaú.

Os principais rios da bacia do Rio Mundaú são, em quilômetros lineares: Mundaú (158,27), Canhoto (101,81), Inhaúma (48,68), Satuba (43,33) (Figura 3).

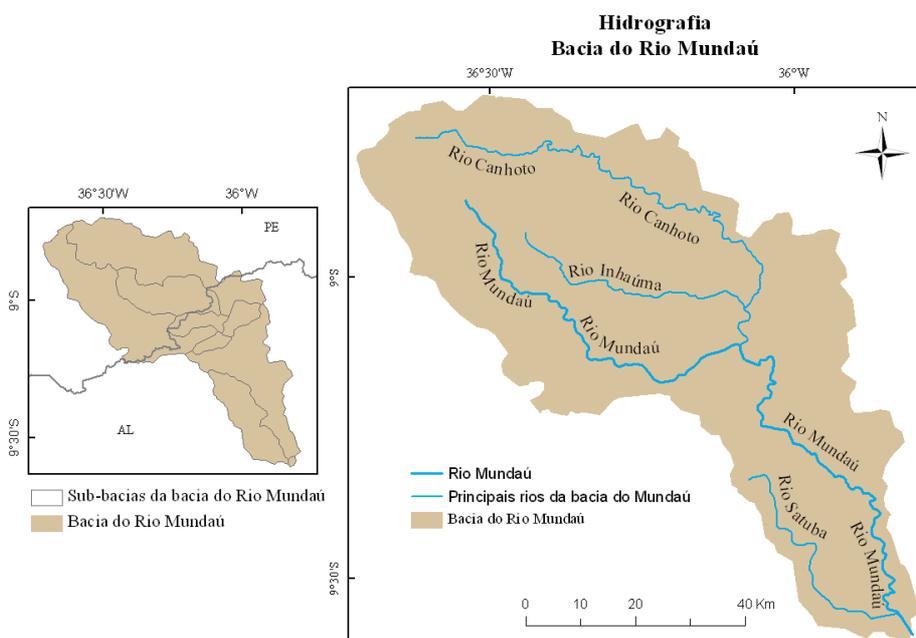


Figura 3 - Hidrografia com os principais cursos d'água da bacia do Rio Mundaú.

### 2.3 - Imagem utilizada no estudo - SRTM

No presente trabalho foram utilizados dados do projeto SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) obtidos da NASA (2002). As imagens SRTM com resolução de 90 metros foram agrupadas em um programa GIS (Geographic Information System) visando estabelecer os limites da bacia do Rio Mundaú (Figura 4). O MDE (Modelo Digital de Elevação) foi posteriormente delimitado e permitiu analisar a hipsometria da bacia. A maior porção da bacia do Rio Mundaú está inserida no bioma da Mata Atlântica. Uma pequena parte a norte e outra a noroeste da bacia, ambas no estado de Pernambuco, estão inseridas no bioma da Caatinga (Figura 4). Segundo os dados extraídos por SRTM, a amplitude altimétrica da bacia varia de 0 a 1018 metros (Figura 4). Os municípios de Satuba/AL e Santa Luzia do Norte/AL são os municípios da bacia que possuem as menores altitudes (ambos situados a 0 m de altitude) e o de Garanhuns/PE o de maior (1018 m).

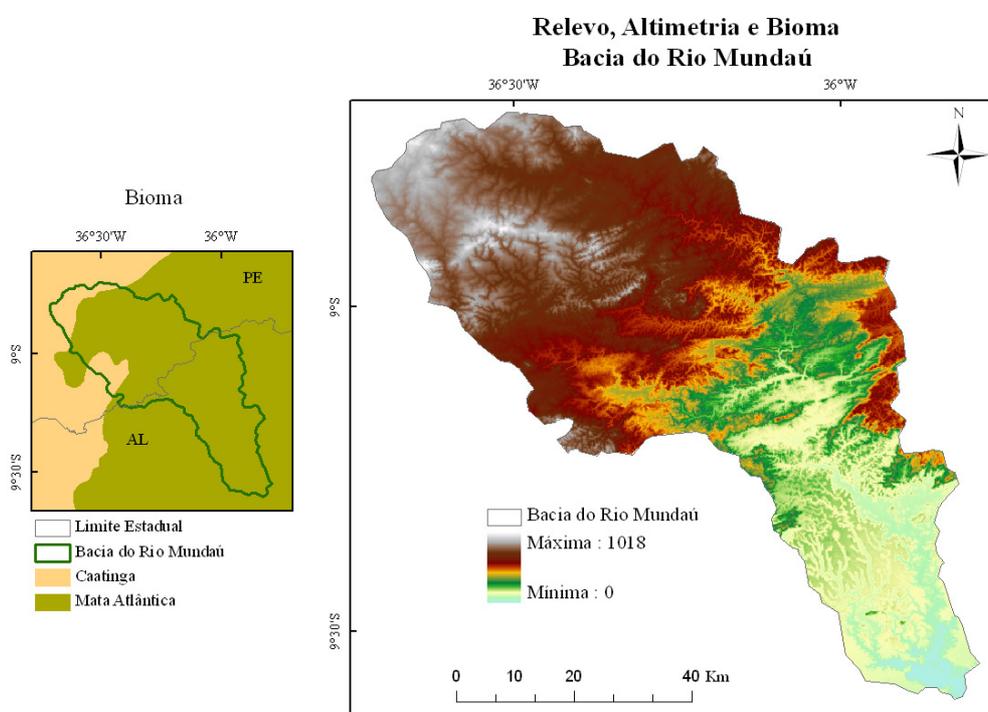


Figura 4 - Relevo, altimetria, localização e bioma da bacia do Rio Mundaú.

### 2.4 - Metodologia para o estudo de linearidade da bacia

#### 2.4.1 – Relação de bifurcação ( $R_b$ )

A relação de Bifurcação foi definida por Horton (1945) como sendo a relação entre o número total de segmentos de certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior.

$$R_b = \frac{Nu}{Nu+1} \quad (1)$$

em que,  $Nu$  é o número de segmentos de determinada ordem;  $Nu+1$  é o número de segmentos da ordem imediatamente superior.

#### 2.4.2 – Índice de sinuosidade ( $I_s$ )

O índice de sinuosidade é a relação entre a distância da desembocadura do rio e a nascente mais distante (equivalente vetorial), medida em linha reta ( $Ev$ ), e o comprimento do canal principal ( $L$ ). O índice de sinuosidade possui classes, divididas conforme o Quadro 1.

$$I_s = \frac{100(L-ev)}{L} \quad (2)$$

Quadro 1 - Índices de sinuosidade divididos por classes.

Classe	Descrição	Limites (%)
I	Muito reto	<20
II	Reto	20 a 29
III	Divagante	30 a 39,9
IV	Sinuoso	40 a 49,95
V	Muito sinuoso	>50

#### 2.4.3 – Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem

Para se calcular o comprimento médio dos segmentos fluvial,  $L_m$ , divide-se a soma dos comprimentos dos canais de cada ordem  $L_u$  pelo número de segmentos encontrados na respectiva ordem  $N_u$ .

$$L_m = \frac{L_u}{N_u} \quad (3)$$

#### 2.4.4 – Comprimento do canal principal

É a distância que se estende ao longo do curso d'água desde a nascente principal até a desembocadura (Foz).

#### 2.4.5 – Equivalente vetorial do Canal Principal ( $Ev$ )

O equivalente vetorial representa o comprimento de cada segmento fluvial de determinada ordem, em linha reta, que se estende do nascimento ao término do referido canal.

$Ev$  = distância em km

Nascente → Foz (4)

#### 2.4.6 – Extensão do percurso superficial ( $Eps$ )

Representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, correspondendo a uma das variáveis independentes mais importantes que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como fisiográfico das bacias de drenagem. Durante a evolução do sistema de drenagem, a extensão do percurso superficial está ajustada ao tamanho apropriado relacionado com as bacias de primeira ordem, sendo aproximadamente igual à metade do recíproco valor da densidade de drenagem.

$$Eps = \frac{1}{2Dd} \quad (5)$$

em que,  $Eps$  (m) representa a extensão do percurso superficial;  $Dd$  ( $km^{-1}$ ) é o valor da densidade de drenagem.

#### 2.4.7 – Gradiente dos Canais

Vem a ser a relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do respectivo segmento fluvial. A sua finalidade é indicar a declividade dos cursos de água, podendo ser medido para o rio principal e para todos os segmentos de qualquer ordem.

$$Alt. Max - Alt. Min = Gradiente do canal \quad (6)$$

### 2.5 - Metodologia para o estudo de área da bacia

#### 2.5.1 – Área da bacia (A)

É toda área determinada normalmente em  $km^2$ , drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal. Determinando o perímetro da bacia, a área pode ser calculada com o auxílio do planímetro, de papel milimetrado, pela pesagem de papel uniforme devidamente recortado ou através de técnicas mais sofisticadas, com o auxílio do computador.

#### 2.5.2 – Comprimento da bacia

Várias são as definições a propósito do comprimento da bacia, acarretando diversidade no valor do dado a ser obtido. Entre elas podemos mencionar:

- Distância medida em linha reta entre a foz e determinado ponto do perímetro, que assinala equidistância no comprimento do perímetro entre a foz e ele. O ponto mencionado representa, então, a metade da distância correspondente ao comprimento total do perímetro;
- Maior distância medida em linha reta, entre a foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro;
- Distância medida, em linha reta, entre a foz e o mais alto ponto situado ao longo do perímetro;
- Distância medida em linha reta acompanhado paralelamente o rio principal. Esse procedimento acarreta diversas decisões subjetivas quando o rio não é irregular ou tortuoso, ou quando a bacia de drenagem possui forma incomum.

#### 2.5.3 – Relação entre o comprimento do rio principal e área da bacia

Esta fórmula demonstra notável consistência entre os dados, apesar da diversidade de condições ambientais envolvidas, permitindo que o comprimento geométrico do curso de água

principal possa ser calculado conforme a seguinte expressão, proposta inicialmente por Christofolletti (1980).

$$L = 1,5A^{0,6} \text{ (em unidades métricas)} \quad (7)$$

em que,  $L$  é o comprimento do canal principal (km);  $A$  é a área da bacia ( $\text{km}^2$ ).

#### 2.5.4 – Forma da bacia ( $If$ )

Após a delimitação da bacia, independentemente da escala, traça-se uma figura geométrica (círculo, retângulo, triângulo, etc.) que possa cobrir da melhor forma possível a referida bacia hidrográfica. A seguir relaciona-se a área englobada simultaneamente pelas duas com a área total que pode pertencer à bacia e ou a figura geométrica obtendo-se um índice de forma:

$$If = 1 \frac{(\text{área } KnL)}{(\text{área } KuL)} \quad (8)$$

em que,  $If$  é o índice de forma;  $K$  é a área da bacia ( $\text{km}^2$ );  $L$  é a área da figura geométrica ( $\text{km}^2$ ). Quanto menor for o índice, mais próxima da figura geométrica respectiva estará a forma da bacia.

#### 2.5.5 – Densidade dos rios ( $Dr$ )

Definido por Horto (1945) apud Christofolletti (1980) é a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica. Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão como, quilômetro quadrado ( $\text{km}^2$ ).

$$Dr = \frac{N}{A} \quad (9)$$

em que,  $DR$  é a densidade de rios ( $\text{n}^\circ$  de rios. $\text{km}^{-2}$ ),  $N$  é o número de rios ou cursos de água,  $A$  é a área da bacia considerada ( $\text{km}^2$ ).

#### 2.5.6 – Densidade de drenagem ( $Dd$ )

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. A densidade de drenagem foi inicialmente definida por Horton (1945) apud Christofolletti idem, podendo ser calculada pela equação à frente.

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (10)$$

em que,  $Dd$  é a densidade da drenagem ( $\text{km} \cdot (\text{km}^2)^{-1}$ ),  $Lt$  é o comprimento total dos canais (km),  $A$  é a área da bacia ( $\text{km}^2$ ).

#### 2.5.7 – Coeficiente de manutenção ( $Cm$ )

Proposto por S. A. Schumm, em (1956), esse índice tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. O referido autor

considera-o como um dos valores numéricos mais importantes para a caracterização do sistema de drenagem, podendo ser calculado através de expressão, a fim de que seja significativa na escala métrica.

$$Cm = \frac{1}{Dd}1000 \quad (11)$$

em que,  $Cm$  é o coeficiente de manutenção,  $Dd$  é o valor da densidade de drenagem (m).

## 2.6 - Metodologia para o estudo hipsométrico da bacia

### 2.6.1 – Coeficiente de Massividade ( $Cm$ ) e o Coeficiente Orográfico ( $Co$ )

É o coeficiente da divisão da altura média ( $Am$ ) do relevo da área pela superfície ( $A$ ); e o coeficiente orográfico é a multiplicação da altura média da bacia pelo coeficiente de massividade.

$$Cm = \frac{Am}{A} \quad (12)$$

$$Co = Am Cm \quad (13)$$

### 2.6.2 – Amplitude Altimétrica ( $Hm$ )

Corresponde à diferença altimétrica entre a altitude da desembocadura e a altitude do ponto mais alto situado em qualquer lugar da divisória topográfica. Este conceito, também denominado de “relevo máximo da bacia”. O ponto mais elevado da bacia deve ser considerado a média das cotas mais elevadas, pois o seu ponto alto não compreende toda porção mais elevada da bacia.

$$Hm = P1 - P2 \quad (14)$$

em que,  $P1$  é o ponto mais alto (m),  $P2$  é o ponto mais baixo (m) da bacia hidrográfica.

### 2.6.3 – Relação de relevo ( $Rr$ )

Considera o relacionamento existente entre a amplitude altimétrica máxima da bacia e a maior extensão da referida bacia, medida paralelamente à principal linha de drenagem. A relação do relevo ( $Rr$ ) pode ser calculada dividindo: amplitude topográfica máxima ( $Hm$ ) e a raiz quadrada da área da bacia ( $A$ ).

$$Rr = \frac{Hm}{A^{0,5}} \quad (15)$$

### 2.6.4 – Índice de rugosidade ( $Ir$ )

O índice de rugosidade combina as qualidades de declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número adimensional que resulta do produto entre a amplitude altimétrica ( $H$ ) e a densidade de drenagem ( $Dd$ ).

$$Ir = H Dd \quad (16)$$

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior parte dos resultados foram obtidos por meio de equações numéricas e, a outra parte em um programa de Sistema de Informação Geográfica. Os resultados foram posteriormente descritos e transpostos em documentos cartográficos (Tabelas e Figuras - Mapas) visando melhor compreensão do estudo realizado.

#### 3.1 - Hierarquia fluvial e ordem dos principais afluentes do Rio Mundaú

Strahler (1952) propõe uma ordenação que elimina o conceito de que o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda a extensão e a necessidade de se refazer a numeração a cada confluência. A Tabela 1 descreve a quantidade de canais de 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordens e os seus respectivos comprimentos (km) e o comprimento médio dos canais por ordem na bacia do Rio Mundaú.

Tabela 1 - Ordem dos canais, quantidade de canais, comprimento linear e densidade de canais por ordem na bacia do Rio Mundaú.

	Ordem dos Canais				Total
	1	2	3	4	
Quantidade	59	20	3	1	83
Comprimento linear	158,27	230,21	95,49	92,59	1029,16
Comprimento médio dos canais	10,35	11,51	31,93	92,59	12,40

#### 3.2 - Análise linear da rede hidrográfica da bacia do Rio Mundaú

##### 3.2.1 – Análise da relação de bifurcação

Estudando o sistema de ordenação de Strahler (1952), Christofolleti (1980) concluiu que o resultado obtido na relação de bifurcação nunca pode ser inferior a 2. Estes valores, em sua maioria, devem variar entre 3 e 5. Na bacia do Rio Mundaú a relação variou de 1,84 a 2,28 tendo uma média de 1,95 (Tabela 2).

Tabela 2 - Relação de bifurcação da bacia do Rio Mundaú.

Ordem 1	Ordem 2	Ordem 3	Ordem 4	Média
--	2,95	6,67	3	4,21

##### 3.2.2 – Índice de sinuosidade

O índice de sinuosidade é de grande relevância para a análise dos cursos d'água, pois ele determina se o canal é formado por reta ou possui elevada sinuosidade. O Rio Mundaú possui 81,46% de sinuosidade ficando na classe V, conforme o Quadro1 (item 2.4 - Metodologia para o

estudo de linearidade da bacia), sendo considerado muito sinuoso, ou seja, possui áreas acentuadamente sinuosas no decorrer do seu percurso.

### 3.2.3 – Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem

O cálculo da relação entre o comprimento médio dos cursos d'água de cada ordem da bacia do Rio Mundaú (Tabela 3) mostrou que há uma correlação positiva com o crescimento da ordem e o comprimento médio dos cursos d'água.

Tabela 3 - Relação entre o comprimento médio dos cursos d'água (LM) de cada ordem da bacia do Rio Mundaú.

Ordem	Quantidade	%	km	LM
1	59	71,07	158,27	2,68
2	20	24,08	230,21	11,51
3	3	3,65	95,49	31,83
4	1	1,20	92,59	92,59
Total	83	100	1029,16	12,39

### 3.2.4 – Comprimento do canal principal

No cálculo do canal principal foi considerado o curso d'água principal que percorria a maior distância entre a nascente e sua respectiva foz. O Rio Mundaú e seus rios possuem suas principais nascentes em regiões com altitudes que variam de 0 a 1018 metros. O Rio Mundaú possui aproximadamente 158,27 km de extensão.

### 3.2.5 – Equivalente vetorial do canal principal

O cálculo do equivalente vetorial do curso d'água principal tem um valor interpretativo, pois resulta de seu confronto com os índices do comprimento médio e da declividade média. Christofolletti (1980) cita que nos canais retinizados e com alta declividade, a grandeza do equivalente vetorial aproxima-se do comprimento, detendo por isso, menor percurso.

Na bacia do Rio Mundaú verifica-se que há uma diferença significativa deste curso d'água, pois o mesmo apresenta 158,27 km de percurso e um equivalente de 113,24 km resultando-se 45,03 km de diferença. Este dado mostra o distanciamento da nascente do curso d'água até sua foz correspondendo ao controle morfométrico da bacia hidrográfica do Rio Mundaú.

### 3.2.6 – Extensão do percurso superficial

A extensão do percurso superficial é uma relação que é dependente da extensão que o fluxo terá que percorrer desde o interflúvio da bacia até o talvegue. A extensão do percurso superficial foi

de 0,11 km<sup>-1</sup>, ou seja, sabe-se que, em média, a cada distância de 0,11 km na vertente haverá um canal para escoamento das águas superficiais da bacia do Rio Mundaú.

### 3.2.7 – Gradiente do canal

O cálculo do gradiente altimétrico do curso d'água é feito pela diferença altimétrica entre a nascente do rio e sua respectiva foz. A principal nascente do Rio Mundaú está próxima do nível 861 m e sua foz a 0 m do nível do mar, seu gradiente altimétrico é de 861 m distribuídos em 158,27 km de extensão do canal principal. Na Tabela 4 consta o gradiente altimétrico dos principais rios formadores da bacia do Rio Mundaú (Figura 3).

Tabela 4 - Gradiente dos principais rios da bacia do Rio Mundaú.

Nome do Rio	Altitude (m)		Gradiente do rio (m)	Comprimento Talvegue (km)	Nº de Municípios por onde passa o rio
	Nascente	Foz			
Mundaú	861	0	861	158,27	9
Canhoto	860	204	656	101,81	9
Inhaúma	867	204	663	48,68	3
Satuba	179	10	169	43,33	4

## 3.3 - Análise areal da bacia do Rio Mundaú

### 3.3.1 – Área da bacia

Entende-se por área de bacia hidrográfica como toda região drenada pelo mesmo conjunto de canais livres naturais ou não, sendo os seus limites delimitados pelos divisores d'água (interflúvios; divisores de drenagem). Os cursos d'água delimitados dentro deste perímetro escorrem em direção do declive, direcionando-se para sua foz no curso d'água principal e este para o mar (Figura 3 e 4). Neste estudo, com base em imagens SRTM, verificou-se que a bacia do Rio Mundaú possui uma área de 4457,87 km<sup>2</sup> e um perímetro de 382,68 km (Tabela 5).

Tabela 5 - Área e perímetro das sub-bacias da bacia do Rio Mundaú.

Nome da Bacia	Área (km <sup>2</sup> )	Perímetro (km)
Rio Mundaú	4457,87	382,68
Rio Canhoto	1163,41	237,54
Rio Inhaúma	505,68	116,85
Rio Satuba	470,81	119,89

### 3.3.2 – Comprimento da bacia

Com o estudo analítico dos possíveis comprimentos da bacia do Rio Mundaú (Figura 5), verificaram-se alguns parâmetros de relevância com relação às distâncias verificadas na área de abrangência da bacia (Tabela 6):

- Reta formada entre os pontos A-B verifica-se a maior distância encontrada em linha reta até a foz principal da bacia;
- Reta formada entre os pontos A-C, é o eixo vetorial, determinando a reta longitudinal da bacia hidrográfica do Rio Mundaú;
- Reta formada entre os pontos A-D é a distância da foz à nascente da bacia hidrográfica;
- Reta formada entre os pontos A-E, é a distância do ponto mais baixo (0 m) até o ponto de maior altitude (1018 m) da bacia hidrográfica do Rio Mundaú;
- Reta formada entre os pontos B-F, é a reta transversal ao sentido de escoamento da região, representando a maior largura da bacia hidrográfica do Rio Mundaú.

Tabela 6 - Distâncias de segmentos lineares entre pontos extremos na bacia do Rio Mundaú.

Retas	Distância entre os pontos (km)
A - B	133,39
A - C	133,39
A - D	113,24
A - E	110,44
B - F	057,59

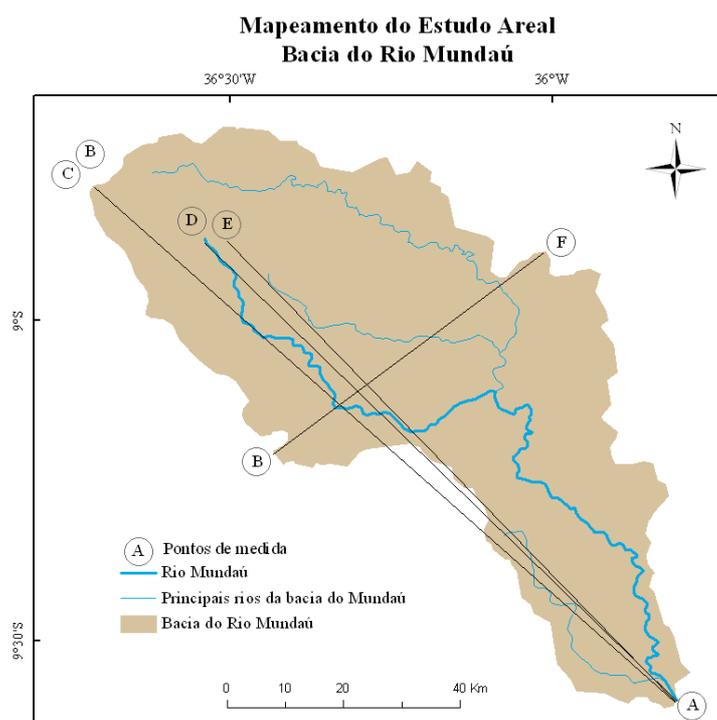


Figura 5 - Mapeamento do estudo areal da bacia do Rio Mundaú.

### 3.3.3 – Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia

Na Tabela 7 é apresentada a relação entre o comprimento dos principais rios do Rio Mundaú (Figura 3) e suas respectivas áreas de drenagem.

Tabela 7 - Relação entre o comprimento dos principais rios da bacia do Rio Mundaú e suas respectivas áreas de drenagem.

Nome da Bacia	<sup>1</sup> C.T. (km)	<sup>2</sup> AD (km <sup>2</sup> )	Relação Direta Comprimento/Área (km.(km <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> )	<sup>3</sup> CE (km)	<sup>4</sup> DCER (km)	<sup>5</sup> DCER (%)
Rio Mundaú	158,27	4457,87	0,04	232,04	73,77	32
Rio Canhoto	101,81	1163,41	0,09	103,64	1,83	2
Rio Inhaúma	48,68	505,68	0,1	62,87	14,19	23
Rio Satuba	43,33	470,81	0,09	60,23	16,90	28

<sup>1</sup> C.T. – Comprimento do Talvegue, medido segundo a shape dos rios do Brasil disponibilizado em [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br).  
<sup>2</sup>AD – Área de Drenagem. <sup>3</sup>CE – Comprimento Estimado a Partir da Área, pela equação sete, no item 2.5.3. <sup>4,5</sup> DCER – Diferença entre o Comprimento Estimado e Real.

A relação entre a área da bacia (4457,87 km<sup>2</sup>) e o percurso do canal principal (158,27 km) é de 0,04 (km<sup>-1</sup>). Verifica-se na bacia do Rio Mundaú que, com essa relação, a cada km<sup>2</sup> de área da bacia há uma drenagem de 0,04 km.

### 3.3.4 – Forma da bacia

O processo para determinação da forma da bacia é simples, podendo-se determinar a forma utilizando-se de figuras geométricas simples como ponto de referência e verificando-se em qual forma geométrica (triângulo, retângulo, quadrado, círculo, etc.) se adapta melhor a forma da bacia hidrográfica. Portanto, a forma da bacia do Rio Mundaú é a triangular por se aproximar de 0 (de acordo com equação 8 de Material e Métodos = 0,70) . Ressaltando-se que a forma geométrica da bacia hidrográfica pode determinar mudanças do canal, pois conforme sua forma, seus fluxos que provocam enchentes podem ser representativos.

### 3.3.5 – Densidade de rios

No cálculo da densidade de rios pode-se verificar se a bacia é bem servida de boa rede de canais ou não. Sua importância é fundamental, pois através deste parâmetro ocorre a representatividade do comportamento hidrográfico dentro de seus aspectos fundamentais, a capacidade de gerar novos canais de drenagens. A densidade de rios na bacia do Rio Mundaú (Figura 3) foi de 0,03 cursos d'água por quilômetro quadrado da bacia (Tabela 8). Uma bacia é considerada bem drenada quando tem um canal por km<sup>2</sup>.

Tabela 8 - Densidade de rios da bacia do Rio Mundaú e das bacias dos seus principais rios.

Nome da Bacia	Área da bacia formada pelo rio (km <sup>2</sup> )	Número de canais no rio	Densidade de rios (nº de rios.km <sup>-2</sup> )	Nº de Municípios por onde passa o rio
Rio Mundaú	4457,87	113	0,03	9
Rio Canhoto	1163,41	37	0,03	9
Rio Inhaúma	505,68	11	0,02	3
Rio Satuba	470,81	3	0,01	4

### 3.3.6 – Densidade de drenagem

Entende-se que à medida que aumenta o valor numérico da densidade há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem.

A densidade de drenagem pode variar de 0,5 km.(km<sup>2</sup>)<sup>-1</sup> (bacias mal drenadas devido a elevada permeabilidade ou precipitação escassa) a 3,5 km.(km<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>(bacias excepcionalmente bem drenadas ocorrendo em áreas com elevada precipitação ou muito impermeáveis).

Na bacia do Rio Mundaú a densidade de drenagem é de 0,23 km de canal por km<sup>2</sup> de área (Tabela 9). A densidade de drenagem nas sub-bacias formadas pelos principais rios do Rio Mundaú (Figura 3) é mostrada na Tabela 9.

Tabela 9 - Densidade de drenagem da bacia do Rio Mundaú e das bacias dos seus principais rios.

Nome da Bacia	Comprimento total dos canais (km)	Área da bacia formada pelo rio (km <sup>2</sup> )	Densidade de drenagem (km.(km <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> )	Nº de Municípios por onde passa o rio
Rio Mundaú	1029,16	4457,87	0,23	9
Rio Canhoto	300,25	1163,41	0,26	9
Rio Inhaúma	110,24	505,68	0,22	3
Rio Satuba	77,78	470,81	0,17	4

### 3.3.7 – Coeficiente de manutenção

O coeficiente de manutenção tem o objetivo de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. O coeficiente de manutenção nas sub-bacias formadas pelos principais rios do Rio Mundaú (Figura 3) é mostrado na Tabela 10.

Tabela 10 - Coeficiente de manutenção da bacia do Rio Mundaú e das bacias dos seus principais rios.

Nome da Bacia	Densidade de drenagem (km.(km <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> )	Coeficiente de manutenção (m <sup>2</sup> .m <sup>-1</sup> )	Nº de Municípios por onde passa o rio
Rio Mundaú	0,23	4331,56	9
Rio Canhoto	0,26	3874,80	9
Rio Inhaúma	0,22	4587,08	3
Rio Satuba	0,17	6053,10	4

### 3.4 - Análise e estudo hipsométrico da bacia do Rio Mundaú

#### 3.4.1 – Coeficiente de massividade e coeficiente orográfico

Já conceituados no subitem 2.6 de Material e Métodos, estes parâmetros facilitam a compreensão das deformidades geomorfológicas da bacia do Rio Mundaú (Figura 3) (Tabela 11).

Tabela 11 – Estudo hipsométrico da bacia do Rio Mundaú e das bacias de seus principais rios.

Nome da Bacia	Área da bacia (km <sup>2</sup> )	Altitude (m)		Amplitude altimétrica (m)	Altura média (m)	Coeficiente	
		P1	P2			Massividade (10 <sup>-4</sup> m <sup>-1</sup> )	Orográfico
Rio Mundaú	4457,87	1018	0	1018	531	1,19	0,06
Rio Canhoto	1163,41	860	204	656	654	5,60	0,37
Rio Inhaúma	505,68	867	204	663	610	12,10	0,74
Rio Satuba	470,81	179	10	169	142	3,00	0,04

#### 3.4.2 – Amplitude altimétrica máxima da bacia

Entende-se por amplitude altimétrica máxima da bacia hidrográfica a diferença entre o ponto de máxima elevação e o ponto de menor elevação, sendo que uma bacia possui diversos pontos culminantes devendo-se escolher o ponto mais elevado, mesmo se este ponto for próximo à foz da área estudada. Na bacia do Rio Mundaú o ponto de maior elevação está localizado no município de Garanhuns/PE, com 1018 m, e a cota mínima situa-se na foz do Rio Mundaú, situada no município de Santa Luzia do Norte/AL, com 0 m em relação ao nível do mar. A amplitude altimétrica máxima nas sub-bacias formadas pelos principais rios do Rio Mundaú (Figura 3) constam na Tabela 11.

#### 3.4.3 – Relação de relevo

Relação de relevo consiste no relacionamento existente entre a amplitude altimétrica máxima de uma bacia e a maior extensão da referida bacia, medida paralelamente à principal linha de drenagem. A relação de relevo na bacia do Rio Mundaú e nas sub-bacias formadas pelos seus principais rios (Figura 3) é mostrada na Tabela 12.

Tabela 12 - Relação de relevo da bacia do Rio Mundaú e das bacias de seus principais rios.

Nome da Bacia	Amplitude altimétrica (m)	Área da bacia formada pelo rio (km <sup>2</sup> )	Relação de Relevo (m <sup>-1</sup> )	Nº de Municípios por onde passa o rio
Rio Mundaú	861	4457,87	0,48	9
Rio Canhoto	656	1163,41	0,61	9
Rio Inhaúma	663	505,68	0,93	3
Rio Satuba	169	470,81	0,25	4

### 3.4.4 – Índice de rugosidade

O parâmetro hipsométrico Índice de Rugosidade combina as qualidades de declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número adimensional. A Tabela 13 mostra os resultados obtidos sobre tal parâmetro na bacia do Rio Mundaú e nas bacias dos seus principais rios (Figura 3).

Tabela 13 - Índice de rugosidade da bacia do Rio Mundaú e das bacias de seus principais rios.

Nome da Bacia	Amplitude altimétrica (m)	Densidade de drenagem (km.(km <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> )	Índice de Rugosidade	Nº de Municípios por onde passa o rio
Rio Mundaú	861	0,23	4,43	9
Rio Canhoto	656	0,26	2,52	9
Rio Inhaúma	663	0,22	3,01	3
Rio Satuba	169	0,17	0,99	4

### 3.5 - Sumário hidromorfométrico da bacia do Rio Mundaú

Abaixo segue resultados obtidos no estudo hidromorfométrico da bacia do Rio Mundaú.

Tabela 14 - Sumário das análises hidromorfológicas da bacia do Rio Mundaú.

Hidromorfologia da bacia do Rio Mundaú	Valores Obtidos
Ordem dos canais na bacia	Tabela 1
Relação bifurcação (média)	4,21
Índice de sinuosidade (muito sinuoso)	81,46%
Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem	Tabela 2
Comprimento do canal principal	158,27 km
Equivalente vetorial	113,24 km
Gradiente do canal principal	861 m
Área da bacia	4457,87 km <sup>2</sup>
Perímetro	382,68 km
Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia	0,04 (km.(km <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> )
Forma da bacia	Triangular: 0,70
Densidade de rios	0,03 (nº de rios.km <sup>-2</sup> )
Comprimento total dos canais	1029,16 km
Densidade de drenagem	0,23 (km.(km <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> )
Coefficiente de manutenção	4331,56 (m <sup>2</sup> .m <sup>-1</sup> )
Coefficiente de massividade	1,19.10 <sup>-4</sup> m <sup>-1</sup>
Coefficiente Orográfico	0,06
Amplitude altimétrica	1018 m
Relação de relevo	0,48 m <sup>-1</sup>
Índice de rugosidade	4,43

## 4 - CONCLUSÕES

A bacia do Rio Mundaú, localizada nos estados de Alagoas e Pernambuco, nos últimos anos tem sofrido intensamente com a ocorrência de alagamentos nas áreas de sua abrangência. O Rio Mundaú é considerado rio de domínio da União e é o principal curso d'água da bacia com 158,27 km de extensão. Sua nascente está localizada no município de Garanhuns e sua foz, a Lagoa Mundaú, no município de Maceió.

A ocorrência de enchentes na bacia hidrográfica do Rio Mundaú tem sido uma constante, aumentando consideravelmente com o crescimento da urbanização e consequente acumulação de lixo. Portanto, as enchentes provocadas pelo transbordamento do Rio Mundaú são periódicas, especialmente pelo fator uso e ocupação do solo da bacia.

O estudo da linearidade da bacia do Rio Mundaú indica que o elevado índice de sinuosidade do canal principal da bacia (81,46%) favorece a ocorrência de enchentes no local de abrangência da mesma, bem como sua declividade (861 m) acentuada

Apesar da baixa densidade de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Mundaú, os alagamentos recorrentes tem grande relação com o relevo cujas terras apresentam elevada amplitude altimétrica, o que favorece a rápida concentração das águas de chuva no Rio Mundaú.

Neste trabalho, analisou-se toda a linearidade, hipsometria e área de abrangência da bacia hidrográfica do Rio Mundaú.

Após análise e estudo da bacia do Rio Mundaú conclui-se que esta bacia apresenta considerável variação em sua área, proporcionada pela linearidade da bacia e pelos fatores hipsométricos, Coeficiente de Massividade, Coeficiente Orográfico, Amplitude Altimétrica, Relação de Relevo e Índice de Rugosidade.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil – empresa pública de pesquisa do Ministério de Minas e Energia) pelo fomento que viabilizou o desenvolvimento deste trabalho.

## BIBLIOGRAFIA

CARDOSO, C.A.; DIAS, H.C.T.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, S.V. (2006). “*Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.*” Rev. Árvore, v.30, n.2, pp.241-248.

- CHRISTOFOLETTI, A. (1980). *Geomorfologia*. 2 ed., São Paulo, SP: Edgard Blucher. 188 p.
- GOVERNO DE PERNAMBUCO - Secretaria de Recursos Hídricos. “*Bacia do Rio Mundaú*”. Disponível em <[http://www.sirh.srh.pe.gov.br/site/bacia\\_rio\\_mundau.php](http://www.sirh.srh.pe.gov.br/site/bacia_rio_mundau.php)> Acesso 06/2011.
- HORTON, R.E. (1945). “*Erosional development of streams their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology*” in Bulletin of the Geological Society of America, Colorado, v. 56, pp. 275-370.
- IBGE. (2010). “*Dados do Censo 2010 publicados dia 04/11/2010*”. Disponível em <[http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados\\_do\\_censo2010.php](http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados_do_censo2010.php)> Acesso 03/2011.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. (2007). *Climatologia – noções básicas e climas do Brasil*. Oficina de textos, São Paulo, pp. 83-112
- NASCIMENTO, D.T.; SOUSA, S.B. DE; OLIVEIRA, I.J. DE (2009). “*A relação entre os valores de temperatura superficial terrestre (TST), o uso e cobertura do solo e a topografia no município de Minaçu-GO (2001)*”. Ateliê Geográfico, v.3 n.7, pp. 93 – 107.
- O JORNAL, Alagoas – “*Moradores da bacia do rio Mundaú visitam Sala de Alerta*”. Disponível em <<http://www.ojornalweb.com/2011/05/18/moradores-da-bacia-do-rio-mundau-visitam-sala-de-alerta/>> Acesso 06/2011.
- PISSARRA, T.C.T.; RODRIGUES, F.M.; POLITANO, W.; GALBIATTI, J.A. (2010) “*Morfometria de microbacias do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil*”. Revista. Árvore, v.34, n.4, pp. 669 – 676.
- STRAHLER, A.N. (1952). “*Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology*”. Trans. Amer. Geophys. Union, v. 38, pp. 913-920.