

---

# Detalhamento hidrogeomorfológico

---

da sub-bacia do Alto Rio Candeias,  
Amazônia Ocidental, Brasil

---

Descripción hidrogeomorfológica de la subcuenca  
del Alto Río Candeias, Amazonia Occidental, Brasil

Hydrogeomorphological detail of the Alto  
Candeias River sub-basin, Western Amazon, Brazil

**Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro**

**Giliard Rodrigues Bonifácio**

**Matheus Vinicius Scherrer Cardos de Souza**

**Rosalvo Stachiw**

**Jhony Vendruscolo**

**Lindomar Alves de Souza**

**Diogo Martins Rosa**

---

### Resumo

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é em função de suas características geomorfológicas. O trabalho teve como objetivo caracterizar a morfometria da sub-bacia do Alto Rio Candeias. Foram analisadas as características geométricas, de relevo e drenagem, utilizando imagem SRTM e software QGIS. A sub-bacia do Alto Rio Candeias tem área de 5.248,10 km<sup>2</sup>, perímetro de 597,64 km, forma alongada, tendência a baixa suscetibilidade a enchentes, altitude mínima de 87 m, média de 200 m e máxima de 1.093 m, predominância de relevo plano a ondulado (88,83%), rede de drenagem divagante com padrão dendrítico de 7<sup>a</sup> ordem, densidade de drenagem mediana e tempo de concentração de 34 horas e 21 minutos. Essas características podem auxiliar na formação de políticas públicas, com intuito de gerenciamento dos recursos hídricos para o abastecimento dos setores agropecuários e florestais.

**Palavras chaves:** região amazônica; recursos naturais; drenagem; manejo de bacias.

### Resumen

El comportamiento hidrológico de una cuenca hidrográfica está en función de sus características geomorfológicas. El trabajo tuvo como objetivo caracterizar la morfometría de la subcuenca del Alto Río Candeias. Se analizaron las características geométricas, de relieve y drenaje, utilizando imagen SRTM y software QGIS. La subcuenca del Alto Río Candeias tiene un área de 5.248,10 km<sup>2</sup>, perímetro de 597,64 km, forma alargada, tendencia a baja susceptibilidad a inundaciones, altitud mínima de 87 m, media de 200 m y máxima de 1.093 m, predominancia de relieve plano a ondulado (88,83%), red de drenaje divagante con patrón dendrítico de 7<sup>o</sup> orden, densidad de drenaje mediana y tiempo de concentración de 34 horas y 21 minutos. Estas características pueden auxiliar en la formación de políticas públicas, con la intención de administrar los recursos hídricos para el abastecimiento de los sectores agropecuarios y forestales.

**Palabras clave:** región amazónica; recursos naturales; drenaje; manejo de cuencas.

### Abstract

*The hydrological behavior of a river basin depends on its geomorphological characteristics. The objective of this work is to characterize the morphometry of the Alto Candeias River sub-basin. The geometric characteristics, relief and drainage were analyzed by using SRTM image and QGIS software. The Alto Candeias River sub-basin has an area of 5,248.10 km<sup>2</sup>, a perimeter of 597.64 km, an elongated form, tendency to low susceptibility to floods, minimum altitude of 87 m, average of 200 m and maximum of 1,093 m, predominance of flat to wavy relief (88.83%), drainage network with 7 the order dendritic pattern, average drainage density and concentration time of 34 hours and 21 minutes. These characteristics can help in the making of public policies, with the purpose of managing the water resources for the supply of the agricultural and forestry sectors.*

**Key words:** Amazon region; natural resources; drainage; management of basins.

## 1. Introdução

O estado de Rondônia é dividido em 7 bacias hidrográficas (Abunã, Guaporé, Jamari, Machado, Madeira, Mamoré e Roosevelt), subdivididas em 42 sub-bacias com áreas de 2.005,0038 a 11.037,1047 km<sup>2</sup> (Sedam, 2002). Dentre as sub-bacias, destaca-se o Alto Rio Candeias, por estar inserida em uma região com recursos naturais abundantes (Sedam, 2012), abranger uma terra indígena (Uru-Eu-Wau-Wau), uma floresta nacional (Flona Bom Futuro) e mais de 4.840 propriedades rurais demarcadas pelo Incra (2018).

Os recursos naturais apesar de serem abundantes, não estão livres do risco de escassez, tendo em vista que existem poucas informações para nortear o planejamento de diagnósticos e, conseqüentemente, a seleção de estratégias para gestão adequada. O manejo racional dos recursos naturais, principalmente hídrico, é essencial para manter a qualidade ambiental da terra indígena e floresta nacional, e a sustentabilidade das propriedades rurais.

A dinâmica dos recursos hídricos do ecossistema é regulada pelas características da bacia hidrográfica (Barbosa e Furrier, 2012; Xavier e Coelho Neto, 2014; Santiago *et al.*, 2015), por isso é considerada como unidade ideal para gestão ambiental (Brasil, 1997). As características da bacia são classificadas em geométricas, de relevo e drenagem, e podem ser obtidas diretamente de dados gerados com sensoriamento remoto, ou indiretamente pela combinação destes dados com o geoprocessamento, utilizando um sistema de informação geográfica (Silva Neto *et al.*, 2015).

Tendo em foco a importância destas informações o presente trabalho teve por objetivo realizar a caracterização de geometria, de relevo e rede de drenagem da sub-bacia do Alto Rio Candeias.

## 2. Material e métodos

### 2.1 Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo é a sub-bacia do Alto Rio Candeias, localizada dentro dos limites dos municípios de Alto Paraíso, Ariquemes, Buritis, Campo Novo de Rondônia, Governador Jorge Teixeira, Monte Negro e Porto Velho (Figura 1). A região tem clima do tipo Monção (Am), com temperatura média anual de 25,6 °C (Alvares *et al.*, 2014) e precipitação anual entre 1.564,5 e 2.008,2 mm (Franca, 2015).

A vegetação da área é caracterizada como floresta ombrófila aberta, sendo uma tipologia de transição entre a floresta amazônica e cerrado, que ocorre entre 100-600 m de altitude, associada a quatro faciações florísticas (palmeiras, cipós, bambus e sororoca), (IBGE, 2012).

### 2.2 Caracterização morfométrica

Foram analisadas as características geométricas (área, perímetro, fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade), de relevo (altitude mínima, média e máxima, e declividade) e drenagem (padrão, densidade, ordem, índice de sinuosidade e tempo de concentração). A metodologia utilizada está descrita a seguir:

#### 2.2.1 Área e perímetro

Foram obtidos utilizando o software QGIS 2.10.1 (versão Pisa), (QGIS *Development Team*, 2015), dados altimétricos do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução de 30 m (USGS, 2017), e a ferramenta *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM). O processo consistiu nos seguintes passos: *Pit Remove < D8 Flow Directions < D8 Contributing Area* (1ª versão) < *Stream Definition by Threshold* (1ª versão) < Criação do ponto *Shapefile* (ex-

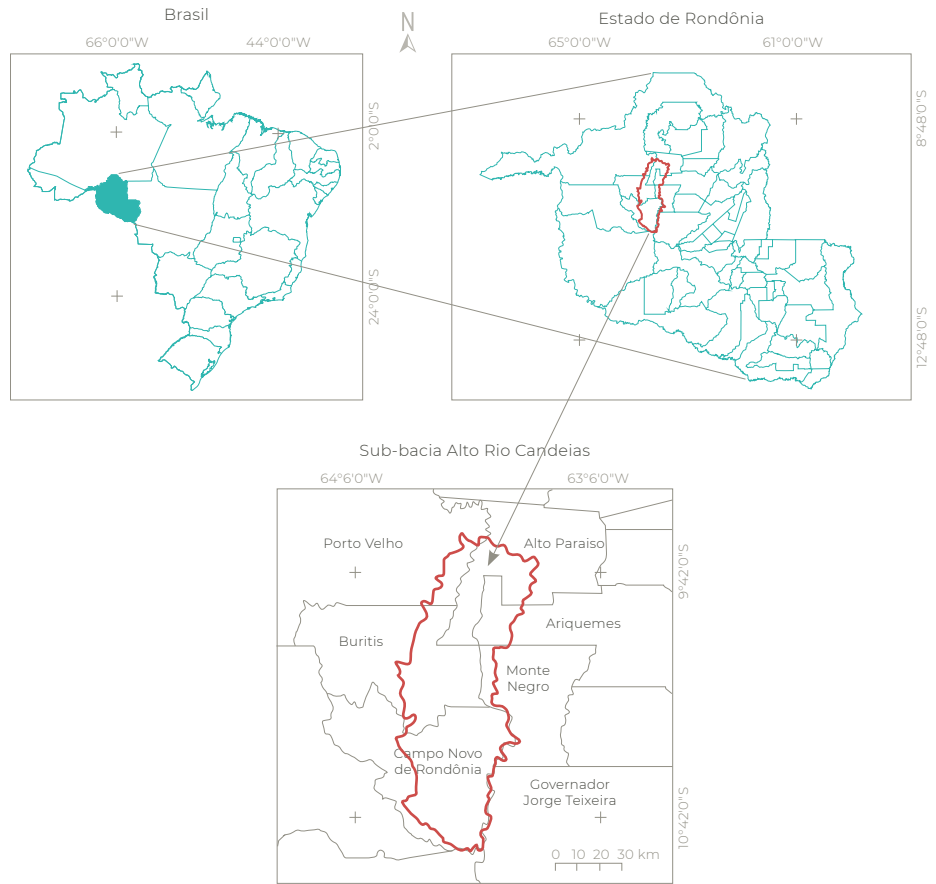


Figura 1 Localização da sub-bacia do Alto Rio Candeias, Rondônia, Brasil

utório) < D8 Contributing Area (2ª versão)  
 < Stream Definition by Threshold (2ª versão)  
 < Stream Reach and Watershed.

### 2.2.2 Fator de forma

É definido pela relação entre a largura média e o comprimento do eixo axial da sub-bacia (Cardoso *et al.*, 2006), e foi calculado com a equação 1 (Villela e Mattos, 1975). Em seguida classificou-se o valor de acordo com a Tabela 1.

$$F = A/L^2 \quad (1)$$

Onde: A = área da sub-bacia (km<sup>2</sup>) e L = comprimento do eixo da sub-bacia (km).

Tabela 1 Valores de referência para classificação do fator de forma

Fator de forma	Classe
< 0,50	Não sujeito a enchente
0,50 - 0,75	Tendência mediana a enchentes
0,75 - 1,00	Bacia sujeita a enchentes

Fonte: Lima Júnior *et al.* (2012)

### 2.2.3 Índice de circularidade (IC)

Relaciona a área da sub-bacia com a área de um círculo de perímetro equivalente (Cardoso *et al.*, 2006), e foi obtido com a equação 2 (Schumm, 1956). Posteriormente realizou-se a classificação do valor de acordo com a Tabela 2.

$$IC = (12,57 \times A)/p^2 \quad (2)$$

Onde:  $p$  = perímetro da sub-bacia (km) e  
 $A$  = área da sub-bacia (km<sup>2</sup>).

**Tabela 2** Valores de referência para classificação do índice de circularidade

Índice de circularidade	Classe
0,36 – 0,50	Forma alongada
0,51 – 0,75	Forma intermediária
0,76 – 1,00	Forma circular

Fonte: Silva (2012)

### 2.2.4 Coeficiente de compacidade (Kc)

Define a relação entre o perímetro da sub-bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a sub-bacia (Cardoso *et al.*, 2006), e foi calculado com a equação 3 (Villela e Mattos, 1975). O valor do Kc foi classificado conforme a Tabela 3.

$$Kc = 0,28 \times P/\sqrt{A} \quad (3)$$

Onde:  $P$  = perímetro da sub-bacia (km) e  
 $A$  = área da sub-bacia (km<sup>2</sup>).

**Tabela 3** Valores de referência para classificação do coeficiente de compacidade

Coeficiente de compacidade	Classe
1,00 – 1,25	Alta propensão a enchentes
1,25 – 1,50	Tendência mediana a enchentes
> 1,50	Não sujeito a enchentes

Fonte: Lima Júnior *et al.* (2012)

### 2.2.5 Altitudes mínima, média e máxima

Os valores foram obtidos com a imagem altimétrica SRTM, resolução de 30 m, utilizando o software QGIS 2.10.1. Para a mensuração da altitude média, também se utilizou a ferramenta ‘Estatística por zona’.

### 2.2.6 Declividade

Inicialmente extraiu-se o relevo utilizando o software QGIS, imagem altimétrica SRTM e a ferramenta ‘Modelo Digital de Elevação’ (MDE), posteriormente, classificou-se os resultados de acordo com a declividade, sendo adotado as seguintes classes: plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%), montanhoso (45-75%) e escarpado (> 75%), (Santos *et al.*, 2013).

### 2.2.7 Padrão de drenagem

A princípio extraiu-se a drenagem da sub-bacia, este procedimento ocorreu simultaneamente a obtenção da área e perímetro, em seguida a forma da distribuição dos cursos d’água classificou-se de acordo com Parvis (1950).

### 2.2.8 Densidade de drenagem (Dd)

Correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da sub-bacia hidrográfica (Christofolletti, 1969), levando-se em consideração rios perenes e temporários, e foi calculado com a equação 4 (Horton, 1945). O valor da Dd foi classificado conforme a Tabela 4.

$$Dd = L/A \quad (4)$$

Onde:  $L$  = comprimento total da rede de drenagem da sub-bacia (km) e  $A$  = área de drenagem da sub-bacia (km<sup>2</sup>).

**Tabela 4** Valores de referência para classificação da densidade de drenagem

Densidade de drenagem (km km <sup>-2</sup> )	Classe
< 0,50	Baixa
0,50 - 2,00	Média
2,01 - 3,50	Alta
> 3,50	Muito Alta

Fonte: Beltrame (1994)

### 2.2.9 Ordem dos cursos de água

Obtido com a ferramenta TauDEM, tendo como base o modelo digital de elevação (MDE) do SRTM. A classificação foi de acordo com Strahler (1952).

### 2.2.10 Índice de sinuosidade (Is)

É a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Alves e Castro, 2003), e foi mensurado com a equação 5 (Vilela e Mattos, 1975). O valor do Is foi classificado com base na Tabela 5.

$$Is = 100(L-Ev)/L \quad (5)$$

Onde: L = comprimento do canal principal da sub-bacia (km) e Ev = distância vetorial do canal principal da sub-bacia (km).

**Tabela 5** Valores de referência para classificação do índice de sinuosidade

Índice de sinuosidade (%)	Classe
< 20	Muito Reto
20 a 29	Reto
30 a 39,9	Divagante
40 a 49,95	Sinuoso
> 50	Muito Sinuoso

Fonte: Romero *et al.* (2017)

### 2.2.11 Tempo de concentração (Tc)

Tempo necessário para o escoamento deslocar-se do ponto hidráulicamente mais distante da bacia para a saída, conhecida como exutório (Kent *et al.*, 2010). Este parâmetro foi calculado com a equação 6 (Kirpich, 1940).

$$Tc = [0,87 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)]^{0,385} \quad (6)$$

Onde: H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle da sub-bacia (m) e L = comprimento do talvegue principal da sub-bacia (km).

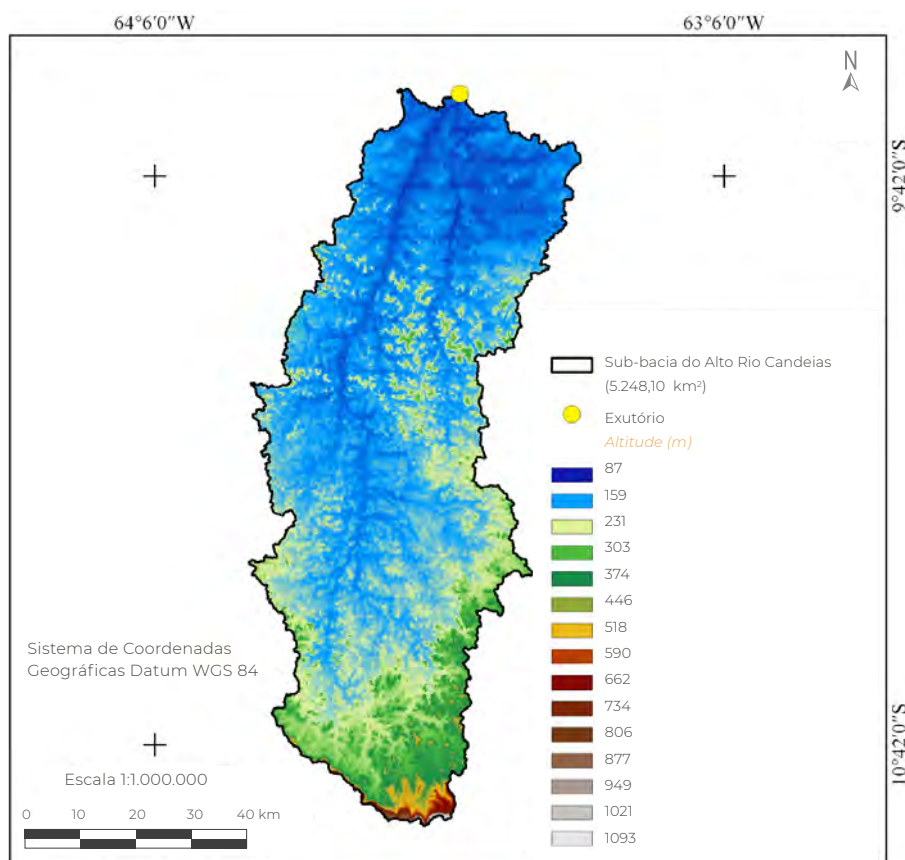
## 3. Resultados e discussão

A sub-bacia do Alto Rio Candeias tem área de 5.248,10 km<sup>2</sup>, perímetro de 597,64 km, fator de forma de 0,25, índice de circularidade de 0,18 e coeficiente de compacidade de 2,31.

Os valores de fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade, demonstram que a sub-bacia tem forma alongada e proporciona baixa suscetibilidade a enchentes. Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Helbel *et al.* (2014), na microbacia do Igarapé Pintado, e Rocha e Santos (2016) na microbacia do rio Nazaré, ambas no município de Ji-paraná, Rondônia, e estão associadas com as características de relevo, predominância de plano a suave ondulado.

Em condições de precipitações longas e intensas combinadas com problemas de compactação do solo, podem ocorrer enchentes ou extravasamento do canal principal na sub-bacia, mesmo não sendo susceptível geometricamente. A compactação do solo pode ocorrer em sistemas agropecuários (Vendruscolo, 2012), portanto, recomenda-se o monitoramento nas áreas onde são desenvolvidas estas atividades.

Em relação a altitude, constata-se que a sub-bacia tem valores de 87 a 1.093 m, com valor médio de 200 m (Figura 2). A altitude influencia diretamente na quantidade de radiação emitida na sub-bacia, regulando a temperatura, precipitação e evapotranspiração da região (Castro e Lopes, 2001; Rogério *et al.*, 2014). Com o aumento da altitude geralmente observa-se a elevação dos níveis de precipitação, por causa do efeito orográfico, e a redução da temperatura (Vieira *et al.*, 2009). Portanto, constata-se que na sub-bacia pode ter regiões com microclimas específicos, com tendências de maiores precipitações na cabeceira, visto que, segundo Castro Jr. (2001),



**Figura 2** Hipsometria da sub-bacia Alto Rio Candeias, Amazônia Ocidental, Brasil

em altitudes mais elevadas ocorrem maiores índices pluviométricos, característica essa encontrada na cabeceira da sub-bacia do Alto Rio Candeias.

Considerando a influência da altitude na precipitação, recomenda-se a implantação de reflorestamentos, manejos florestais sustentáveis e sistemas agroflorestais com prioridade em regiões próximas a cabeceira da sub-bacia, e assim, expandindo-se até a sua foz. Tal recomendação tem como propósito, maximizar a capacidade de armazenamento de água no solo, propondo manter um suprimento de água regular aos cursos d'água ao longo do ano, seja para agropecuária quanto para o consumo humano nesta região.

A altitude pode ser utilizada para seleção de culturas por afetar diretamente a temperatura, sendo observado a queda de 1 °C a cada 100 m de aumento na altitude (ar seco), que ocorre devido a redução da pressão atmosférica (Varejão-Silva, 2006). Também é interessante salientar que a altitude é um dos principais fatores ambientais que influenciam no crescimento e desenvolvimento da vegetação, e, conseqüentemente, a fisionomia da cobertura florestal (Blum *et al.*, 2011).

Devido a influência da altitude na vegetação, algumas espécies têm apresentado melhor resposta de produtividade quando cultivadas em altitudes inferiores a 600 m, como observado por Mesquita *et al.* (2016)

para a espécie *Coffea conephora* L. Já para cultivo de espécies florestais como *Aspidosperma macrocarpon* (Peroba) e *Amburana acreana* (Cerejeira), tem preferências a ambientes com altitudes entre 108 a 255 m (Figueiredo *et al.*, 2015). Assim, observa-se que estas espécies, a princípio, dentro de suas particularidades podem ser cultivadas e manejadas na sub-bacia do Alto Rio Candeias.

Em relação ao relevo da sub-bacia, observa-se que é de plano a escarpado, ocorrendo a predominância dos relevos plano (19,24%), suave ondulado (38,07%) e ondulado (31,53%) (Figura 3). Estes resultados demonstram que 88,83% da sub-bacia não apresenta limitação

a mecanização agrícola e florestal com relação a declividade, encontrando-se nas classes extremamente apta a muito apta, como descrito por Höfig e Araújo-Junior (2015). A baixa declividade, além de comprovar o potencial para exploração agrícola e florestal com sistemas mecanizados, também facilita o planejamento de manejo sustentável do solo e gestão ambiental, visando a conservação dos recursos naturais (França *et al.*, 2015).

A declividade também influencia propagação de incêndios florestais, onde a declividades < 15% indicam baixo nível de influência na propagação do fogo, moderado nível de propagação de 16% a 25%, de 26% a 35%

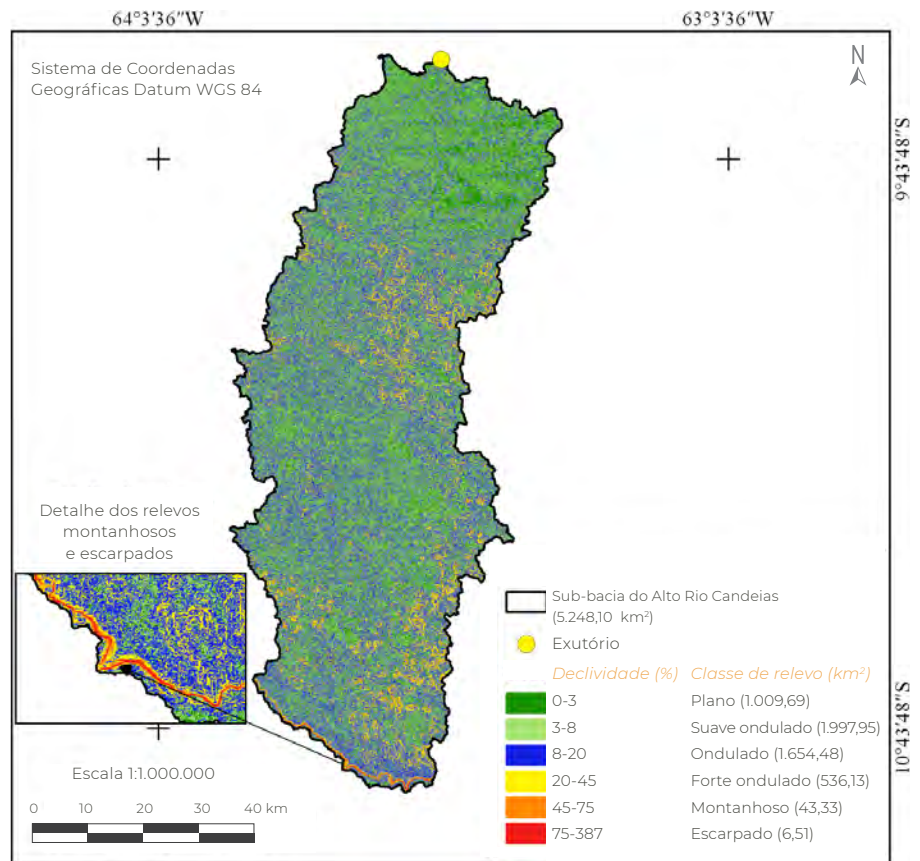


Figura 3 Relevo da sub-bacia Alto Rio Candeias, com destaque para a crista com declividades entre 20 e 387%, Amazônia Ocidental, Brasil



de alto nível de propagação, de 36 % a 45 % de muito alto nível de propagação e  $\geq 46$  % extremo nível de propagação do fogo (Ribeiro *et al.*, 2008). Neste contexto, observa-se que a sub-bacia do Alto Rio Candeias tem 81,16 % da área com baixa e 12,14 % com moderada influência na propagação de incêndios.

Outro aspecto relevante quanto a declividade é que o aumento da declividade também promove a redução da taxa de infiltração de água no solo e eleva o escoamento superficial (Paes Júnior e Bernardes, 2013). Observa-se que a sub-bacia tem predominância de baixas declividades, e condições favoráveis para infiltração na maior parte da região, em relação ao relevo. Apesar desta característica recomenda-se técnicas integradas de manejo de conservação do solo (mecânica, vegetativas e edáficas). Essas técnicas visam reduzir a perda de solo (Eduardo *et al.*, 2013), diminuindo a lixiviação de nutrientes e matéria orgânica do sistema agrícola (Lobato *et al.*, 2009), e aumentar a capacidade de retenção de água no solo, principalmente nas camadas de 20 a 40 cm, potencializando a produtividade de grãos (Borges *et al.*, 2014).

A sub-bacia do Alto Rio Candeias tem uma rede de drenagem de 4.622,41 km, classificada como dendrítica de 7ª ordem (Figura 4), densidade de drenagem de 0,88 km km<sup>-2</sup>, índice de sinuosidade de 34,7 e tempo de concentração de 34 horas e 21 minutos.

A característica dendrítica da sub-bacia está relacionada com a predominância de relevos com baixa declividade da região, que tendem a não direcionar os drenos, como observado por Demattê e Demétrio (1998), em regiões com padrões de drenagem do tipo subdendríticos. O padrão dendrítico associado ao número de ordens demonstra o potencial de elevada complexidade do sistema aquáti-

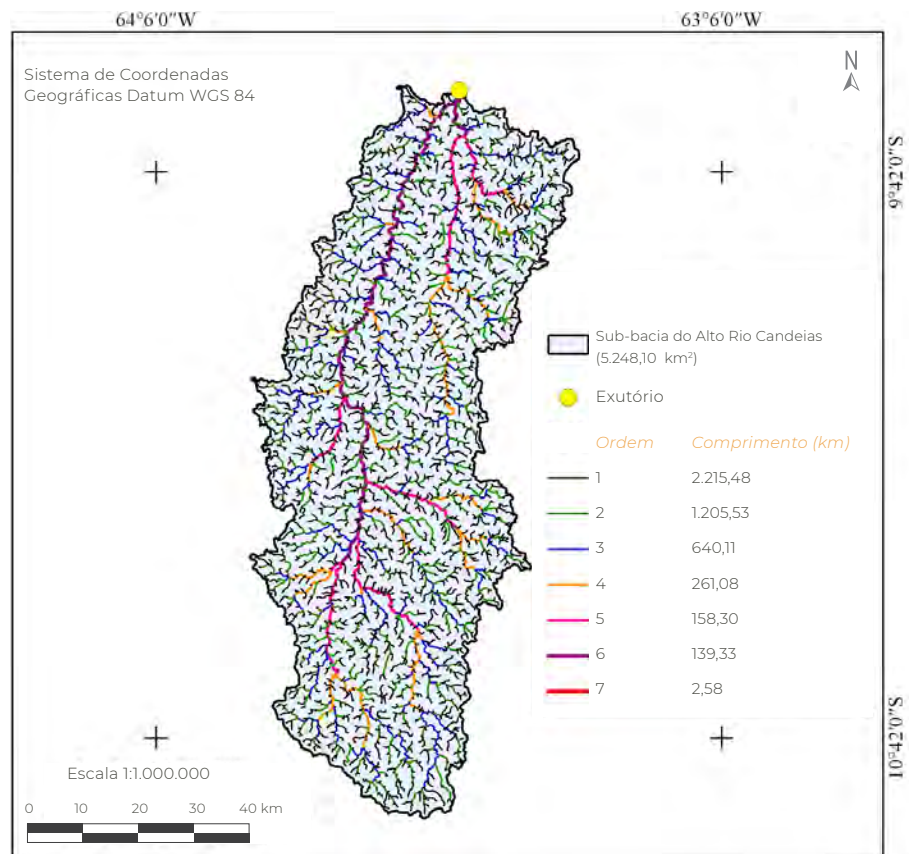
co, como observado por Fairfull e Witheridge (2003). Em estudo realizado por Vasconcelos *et al.* (2013), observou-se que rios de 4ª e 5ª ordem, quando comparados com rios de 1ª a 3ª ordem, tem maior riqueza de gênero e abundância de macroinvertebrados.

Diante da possibilidade de elevada riqueza do sistema aquático na sub-bacia, recomenda-se estudos mais detalhados relacionados a ecologia aquática, com intuito de confirmar essa hipótese. E a possibilidade de identificação de espécies endêmicas, fornecendo informações para o direcionamento das políticas a conservação do ecossistema aquático desta região.

A densidade de drenagem é considerada média na sub-bacia Alto Rio Candeias, e está relacionada com o relevo na região. Esse parâmetro denota a capacidade de escoamento superficial e erodibilidade dos materiais localizados na superfície terrestre, onde declividades mais elevadas tendem aumentar os valores de ambos os parâmetros (Gabler *et al.*, 2009).

De acordo com a densidade de drenagem, observa-se a necessidade de planejamentos mais rigorosos em relação ao manejo da cobertura do solo, buscando reduzir a perda de solo por erosão hídrica e os assoreamentos das nascentes, rios e reservatórios. Portanto, maximizar a vida útil dos reservatórios tem influência direta na viabilidade de atividades econômicas na região, tendo em vista que esses são destinados para consumo humano, dessedentação de animais, pisciculturas e irrigação de lavouras.

O valor do índice de sinuosidade determina que a rede de drenagem é divagante. Esta característica, comum em regiões predominantemente planas e com padrão de drenagem dendrítica, resulta em fluxo hídrico lento,



**Figura 4** Características da rede de drenagem e ordenamento dos cursos de água, da sub-bacia Alto Rio Candeias, Amazônia Ocidental, Brasil

ocasionando retardamento do tempo necessário para a água voltar ao lento principal após períodos de inundação, e maior tempo de permanência no ecossistema, favorecendo a manutenção de sistemas de irrigação.

O tempo de concentração de 34 horas e 21 minutos, pode ser considerado elevado, reduzindo a probabilidade de ocorrência de inundações máximas. Esta característica está relacionada com a combinação da sinuosidade da rede de drenagem (Smith e Ward, 1998; Ferreira e Ferreira, 2010), e predominância de baixas declividades.

As florestas aumentam o tempo de concentração, portanto a retirada da vegetação arbó-

rea agrava a situação de cheia. Esse cenário ocorre por haver a diminuição da interceptação da água da chuva pela vegetação, pela ausência de barreiras físicas, e a capacidade de infiltração dos solos, devido a compactação do solo (Richart *et al.*, 2005; Langhammer e Vilimek, 2008). Além de aumentar o volume e a velocidade do escoamento superficial, também ocorre a elevação da capacidade erosiva e assoreamento dos rios (Smith e Ward, 1998; Lencastre e Franco, 2006; Langhammer e Vilimek, 2008; Ramos, 2009; Hill *et al.*, 2010), reduzindo a capacidade de vazão do canal.

#### 4. Conclusão

A sub-bacia do Alto Rio Candeias tem forma alongada, relevo predominantemente plano a ondulado, padrão de drenagem dendrítico de 7ª ordem, densidade de drenagem mediana, canal principal divagante e tempo de concentração elevado, demonstrando baixa susceptibilidade a ocorrência de enchentes e boa capacidade de drenagem em condições normais de precipitação. As características morfométricas citadas no estudo podem auxiliar na

formação de políticas públicas, com intuito de gerenciamento dos recursos hídricos presentes na sub-bacia, sendo estes responsáveis pelo abastecimento dos setores agropecuários e florestais da região. Este gerenciamento, também convém ao controle e fiscalização no que se refere ao desflorestamento na região, visto que tem grande influência na capacidade de retenção e concentração dos recursos hídricos e sua garantia para gerações presentes e futuras.

#### 5. Referências citadas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. & G. SPAROVEK. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Gerbrüder Borntraeger*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M. P e P. T. A. CASTRO. 2003. "Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análises de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 3(2): 117-124.
- BARBOSA, M. E. F. e M. FURRIER. 2012. "Caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica do rio da Salsa, Paraíba – Brasil". *Mercator*, 11(26): 149-156.
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- BLUM, C. T.; RODERJAN, C. V. e F. GALVÃO. 2011. "O clima e sua influência na distribuição da Floresta Ombrófila Densa na serra da Prata, Morretes, Paraná". *Floresta*, 41(3): 589-598.
- BORGES, T. K. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; SANTOS, T. E. M.; SILVA, D. D. e V. P. SILVA JUNIOR. 2014. "Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays L.*) em semiárido nordestino". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(6): 1.862-1.873.
- BRASIL. 1997. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui 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. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. [Consulta: julho, 2017].
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B. e S. V. MARTINS. 2006. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ". *Revista Árvore*, 30(2): 241-248.
- CASTRO Jr. E. 2001. *O papel da fauna endopédonica na estruturação física dos solos e o seu significado para a hidrologia de superfície*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brasil. Dissertação de Mestrado.
- CASTRO, P. e J. D. S. LOPES. 2001. *Recuperação e conservação de nascentes*. Comissão Pastoral Terra. Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

- CHRISTOFOLETTI, A. 1969. "Análise morfométrica de bacias hidrográficas". *Notícia Geomorfológica*, 18(9): 35-64.
- DEMATTÊ, J. A. M. e DEMÉTRIO, V. A. 1998. "Caracterização de solos por padrões de drenagem e sua relação com índices de intemperismo". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33(1): 87-95.
- EDUARDO, E. N.; CARVALHO, D. F.; MACHADO, R. L.; SOARES, P. F. C. e W. S. ALMEIDA. 2013. "Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37(3): 796-803.
- FAIRFULL, S. & G. WITHERIDGE. 2003. *Why do Fish Need to Cross the Road? Fish Passage Requirements for Waterway Crossings*. NSW Fisheries, Cronulla. Sydney, Australien.
- FERREIRA, C. e A. FERREIRA. 2010. Cheias urbanas: factores de risco e caminhos a percorrer. *16º Congresso da APDR*. Universidade da Madeira. Funchal, Portugal.
- FIGUEIREDO, S. M. M.; VENTICINQUE, E. M.; FIGUEIREDO, E. O. e E. J. L. FERREIRA. 2015. "Predição da distribuição de espécies florestais usando variáveis topográficas e de índice de vegetação no leste do Acre, Brasil". *Acta Amazônica*, 45(2): 167-174.
- FRANÇA, L. C. J.; SILVA, J. B. L. e G. S. LISBOA. 2015. Aptidão à mecanização agrícola e florestal em uma sub-bacia do rio Uruçuí-Preto, Piauí. *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*. Fortaleza, Brasil.
- FRANCA, R. R. 2015. "Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011". *Revista Geografias*, 11(1): 44-58.
- GABLER, R. E.; PETERSEN, J. F.; TRAPASSO, L. M. & D. SACK. 2009. "Fluvial processes and landforms". In: R. E. GABLER; J. F. PETERSEN; L. M. TRAPASSO & D. SACK. *Physical Geographic*. 9: 461-490.
- HELBEL, A. F.; NUNES, M. L. A. e M. MARCHETTO. 2016. „Determinação de áreas sujeitas à inundação do Igarapé Pintado em Ji-Paraná–Rondônia utilizando geotecnologias e caracterização morfométrica". *Revista de Ciências Exatas e Engenharias*, 24(2): 111-126.
- HILL, C.; VERJEE, F. & C. BARRETT. 2010. *Flash flood early warning system reference guide*. University Corporation for Atmospheric Research. Boulder CO, USA.
- HÖFIG, P. e C. F. ARAUJO-JUNIOR. 2015. "Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do Paraná". *Coffee Science*, 10(2): 195 - 203.
- HORTON, R. E. 1945. "Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology". *Bulletin of the Geological Society of America*, 56(3), 275-370.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2012. *Manual Técnico da vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro, Brasil.
- INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). 2018. *Acervo fundiário*. Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>. [Consulta: maio, 2018].
- KENT, K. M.; WOODWARD, D. E.; HOEFT, C. C.; HUMPAL, A. & G. CERRELLI. 2010. "Time of Concentration". In: United States Department of Agriculture. PART 630 *Hydrology National Engineering Handbook*. p. 15.1-15.15. United States Department of Agriculture. Washington DC, United States of America.
- KIRPICH, Z. P. 1940. "Time of concentration in small agricultural watersheds." *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.

- LANGHAMMER, J. & V. VILÍMEK. 2008. "Landscape changes as a factor affecting the course and consequences of extreme floods in the Otava river basin, Czech Republic". *Environmental Monitoring and Assessment*, 144: 53-66.
- LENCASTRE, A. e F. M. FRANCO. 2006. *Lições de Hidrologia*. Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, Portugal.
- LIMA JÚNIOR, J. C.; VIEIRA, W. L.; MACÊDO, K. G.; SOUZA, S. A. e F. A. L. NASCIMENTO. 2012. Determinação das características morfométricas da sub-bacia do riacho Madeira Cortada, Quixelô, CE. *VII Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI). Anais...* 1-7. Tocantins, Brasil. (19-21 de outubro).
- LOBATO, F. A. O.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; SANTOS, J. C. N. e J. F. B. LOPES. 2009. "Perdas de solo e nutrientes em área de Caatinga decorrente de diferentes alturas pluviométricas". *Revista Agro@ambiente On-line*, 3(2): 65-71.
- MESQUITA, C. M.; MELO, E. M.; REZENDE, J. E.; CARVALHO, J. S.; FABRI JÚNIOR, M. A.; MORAES, N. C.; DIAS, P. T.; CARVALHO, R. M. e W. G. ARAÚJO. 2016. *Manual do café Implantação de cafezais*. EMATER. Belo Horizonte, Brasil.
- PAES JUNIOR, N. S. P. e G. P. BERNARDES. 2013. "Avaliação do processo de infiltração da água em um solo residual para superfícies com diferentes declividades utilizando lisímetros". *Águas Subterrâneas*, 27(2): 16-31.
- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. [Consulta: abril, 2017].
- RAMOS, C. 2009. *Dinâmica fluvial e ordenamento do território*. Centro de Estudos Geográficos. Universidade de Lisboa. Portugal.
- RIBEIRO, L.; PAULO KOPROSKI, L.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; SOARES, R. V. e A. C. BATISTA. 2008. "Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a fazenda experimental do Canguiri, Pinhais (PR)". *Floresta*, 38(3): 561-572.
- RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F. e R. FERREIRA. 2005. "Compactação do solo: causas e efeitos". *Semina*, 26(3): 321-344.
- ROCHA, V. N. L. e C. A. G. SANTOS, G. 2016. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Nazaré, Ji-Paraná, Rondônia. *IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade (CONGETAS)*. João Pessoa (PB), Brasil. (11 a 14 de dezembro).
- ROGÉRIO, V.; PIERANGELI, M. A.; SILVA, C. J.; PINTO, C. L. e C. A. SOUSA. 2014. "Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Pindaiatuba, afluente do rio Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso". *Revista Geonorte*, Edição Especial 4, 10(1): 240-245.
- ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M. e F. F. N. MARCUZZO. 2017. "Estudo hidromorfológico da bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO". *Ciência e Natura*, 39(2): 320-340.
- SANTIAGO, C. M. C.; GOMES, L. C. F.; SALES, M. C. L. e J. E. de ABREU PAULA. 2015. "Arranjo espacial da bacia hidrográfica do rio São Nicolau-Piauí a partir da análise morfométrica e dos aspectos ambientais". *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(2), 402-421.

- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. e S. H. SHINIZU. 2013. *Manual de descrição e coleta de solo no campo. Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- SCHUMM, S. A. 1956. "Evolution of drainage systems and slopes in bad lands at Perth, Amboi, New Jersey". *Geological society of America bulletin.*, 67(5): 597-646.
- SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2002. *Boletim Climatológico de Rondônia ano 2002*. Porto Velho. Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br/images/stories/metereologia/DLFE-4.pdf>>. [Consulta: março, 2017].
- SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2012. *Boletim Climático de Rondônia - 2010*. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/157135592/Boletim-Climatologico-2010-Cons-Marcelo-Final-1>>. [Consulta: abril, 2017].
- SILVA NETO, A. F.; GUIMARÃES, C. L.; ARAÚJO, J. S. e J. S. de ARAÚJO. 2015. "Aplicação de geotecnologias para caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Gramame – PB". *Revista Principia*, 1(20): 31-37.
- SILVA, Q. D. 2012. *Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão*. Departamento de Geografia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado em Geografia.
- SMITH, K. & R. C. WARD. 1998. *Floods: physical processes and human impacts*. Wiley. Chichester, UK.
- STRAHLER, A. N. 1952. "Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography". *Geological Society of America Bulletin*, 63(11): 1.117-1.142.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world, 2017*. Disponível em: <<http://www.earthexplorer.usgs.gov>>. [Consulta: novembro, 2017].
- VAREJÃO-SILVA, M. A. 2006. *Meteorologia e Climatologia*. Recife, Brasil. versão digital. Disponível em: <[http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA\\_E\\_CLIMATOLOGIA\\_VD2\\_Mar\\_2006.pdf](http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf)>. [Consulta: maio, 2018].
- VASCONCELOS, M. C.; MELO, A. S. & A. SCHWARZBOLD. 2013. "Comparing the performance of different stream classification systems using aquatic macroinvertebrates". *Acta Limnologica Brasiliensia*, 25(4): 406-417.
- VENDRUSCOLO, J. 2012. *Atributos físicos e químicos de diferentes tipos de solos sob quatro coberturas vegetais na área ciliar do Igarapé D'Alincourt - RO*. Universidade Federal da Paraíba. Areia, Brasil. Dissertação de Mestrado em Manejo de Solo e Água.
- VIEIRA, S. R.; CAMARGO, M. B. P. e G. M. SIQUEIRA. 2009. "Análise espacial da temperatura e da precipitação média anual no estado de São Paulo (Brasil)". *Bio Engenharia*, 3(2): 87-97.
- VILLELA, S. M. e MATTOS, A. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.
- XAVIER, R. A. e A. L. COELHO NETO. 2014. "Caracterização geomorfológica da bacia do rio Turvo-RJ: Médio vale do rio Paraíba do Sul (MVPRS)". *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 15(1): 35-45.