



## Definição das unidades de resposta hidrológica na sub-bacia do igarapé Vontade, em região de savana da bacia Amazônica

Larissa de Castro Ribeiro<sup>1</sup>  
Dandara Moreira de Albuquerque<sup>1</sup>  
Rebeca Martins dos Santos<sup>1</sup>  
Silvestre Lopes da Nóbrega<sup>1</sup>  
Maola Monique Faria<sup>1</sup>  
Wellington Farias Araújo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Roraima - UFRR  
Avenida Capitão Ene Garcez, 2413, Aeroporto - 69310-000 – Boa Vista - RR, Brasil  
{larissa.ribeirocr, dandaramoreirar, becamartins, danobregasl, maolageo}@gmail.com  
wellington.araujo@ufr.br

**Abstract.** The Amazon basin presents, due to the territorial greatness, geomorphological, relief and hydroclimate characteristics with high variability. These characteristics associated to the variation of the use and soil occupation, demonstrate several behavior in the dynamics and hydrological responses in its hydrographical basins. Vontade igarapé Sub-basin, 14.581,79 hectares, is located in the northeast portion of the state of Roraima in one of the largest savanna blocks in South America, in the Rio Branco Basin. The association of the land use map and soil cover, classified by the images captured from the Landsat8 satellite, with the soil class map, results in the mapping of the Hydrological Response Units, that are regions of homogeneous hydrological behavior. The definition of the HRUs is the aim of this work, understanding that is the basis for hydrological studies in the region. The land use and occupation units mapped were the: soil exposed, forest, tillage, path / Buriti, Water, agriculture, wetland, artificial lake and reforestation / afforestation, all in areas of Latosol and / or Plinthosol. Six Hydrological Response Units have been attributed as areas of the sub-basin with 54.49% of Campos, Cerrados and Steppe in deep soil, 22.75% of Wetlands and Floodplain, 15.17% of Forests In deep soils, 6.08% of Farms in Deep Soils, 0.63% Spaced or Non-Existent Vegetation in Soils and 0.88 Water. The HRUs of the Sub-basin under study confirm their characteristics of Savana, as well as the importance of the dynamics of the flooded areas and planted forests in the hydrological behavior.

**Palavras-chave:** remote sensing, hidrology, landsat8, roraima, sensoriamento remoto, hidrologia.

### 1. Introdução

Conhecida mundialmente pelas suas florestas e sua disponibilidade hídrica, a Amazônia é considerada como a maior floresta do planeta, abrangendo parte dos territórios de países como a Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela (Sant'Anna, 2009). No Brasil, a floresta Amazônica abrange os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e ainda uma pequena área do Maranhão, Tocantins e Mato Grosso (IBGE,2016).

A cobertura vegetal da densa floresta tropical amazônica é composta de formações florestais e campos. Destacam-se as matas de terra firme, florestas inundadas, várzeas igapós, campos abertos e cerrados. As áreas de cerrados, campinas e campinaranas se encontram de maneira esparsa. No contexto da região hidrográfica amazônica têm-se que pouco mais de 80% esta recoberta com vegetação de florestas, 10% de savanas e aproximadamente 8% são divididos entre as atividades agropastoris, água, vegetação secundária, áreas de refúgios montanos e reflorestamento, cerca de 2 % da área total é revestida por formações ou áreas pioneiras (Brasil, 2006)

Nas porções norte e nordeste do estado de Roraima, conforme Meneses et al. (2012), são encontrados os maiores blocos de savanas da América do Sul com cerca de 53.000 km<sup>2</sup>, sendo 41.000 km<sup>2</sup> somente em Roraima. Estende-se até os limites do rio Rupununi e, por isso, denominado de Complexo Rio Branco-Rupununi.

A paisagem da porção nordeste do estado de Roraima trata-se de um sistema hidrogeomorfológico, oriundas de processos agradacionais e denudacionais, formando extensas planícies regionais de aplainamento e sistemas recuantes erosivos (Morais e Carvalho, 2015), sendo formada por uma superfície aplanada, vegetada por savanas, onde se desenvolvem inúmeros lagos, brejos e veredas colonizadas por *Mauritia flexuosa* (Meneses et al., 2007).

Estes lagos possuem formas variadas, entretanto, predominam as goticulares, circulares, elipsoidais e geminadas, estando geralmente relacionados aos pequenos cursos d'água (igarapés) constituindo suas cabeceiras (Carvalho e Carvalho, 2012; Meneses et al., 2007; Moraes e Carvalho, 2015).

Como estas bacias lacustres são pequenas, rasas e de nível d'água sazonalmente controlado, no período de estiagem vários lagos, brejos e veredas secam. As feições lacustres externas e internas sugerem que a ocorrência destes lagos no ambiente plano das savanas relaciona-se ao afloramento do lençol freático, que dentro dessa sazonalidade intercepta as depressões do terreno, ou aflora nas áreas planas da superfície (Carvalho e Carvalho, 2012; Meneses et al., 2007).

Definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes a Bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal (Teodoro et al., 2007).

Ao longo do tempo, com o interesse do uso dos recursos hídricos e a inserção de técnicos na região amazônica, estudos cada vez mais frequentes são desenvolvidos objetivando entender a dinâmica de suas águas e a importância para seus ecossistemas, mesmo em bacias com baixa densidade de informações.

A natureza na sua estrutura topológica organiza-se geograficamente em termos de bacias hidrográficas. A estrutura dessa organização é altamente eficiente, pois não existem lacunas ou superposições; ao contrário, as unidades menores se combinam topologicamente, de uma forma aninhada, para originar bacias maiores, iniciando-se pelas bacias de cabeceira e caminhando em direção à foz do respectivo curso d'água (Ribeiro et al., 2008).

A perspectiva de realizar o estudo do comportamento hidrológico em regiões de savana é essencial para o desenvolvimento e conservação ambiental da região, tendo em vista a relevância do tema para os mais diversos setores da sociedade com atividades econômicas e ambientais.

Modelos hidrológicos são ferramentas importantes na avaliação e simulação de eventos, associando componentes de entrada e saída do ciclo hidrológico às características fisiográficas e de uso de bacias hidrográficas. Sua utilização proporciona analisar possíveis impactos das mudanças antrópicas no regime hídrico de bacias hidrográficas.

No contexto da combinação topológica, para melhor explicar o comportamento hidrológico das bacias, surgem as Unidades de Resposta Hidrológica, conforme Paiva (2009) são áreas de comportamento hidrológico similar, obtidas pela combinação dos mapas de tipos e uso e cobertura do solo de uma bacia hidrológica.

O objetivo neste trabalho foi a definição das Unidades de Resposta Hidrológica na Sub-Bacia do Igarapé Vontade, um curso d'água em região de savana da Bacia Amazônica, associada a classificação de uso e cobertura de solo em imagens captadas do satélite Landsat8 e processadas através de SIG.

## **2. Metodologia de Trabalho**

### **2.1 Área de Estudo**

A sub-bacia do igarapé Vontade (Figura 1), com área de 14.581,79 hectares, integra a sub-bacia do igarapé Sucuriju, afluente direto do Rio Branco, em região caracterizada como Sub-Região Hídrica Branco Norte, em terra localizadas no município de Bonfim-RR.

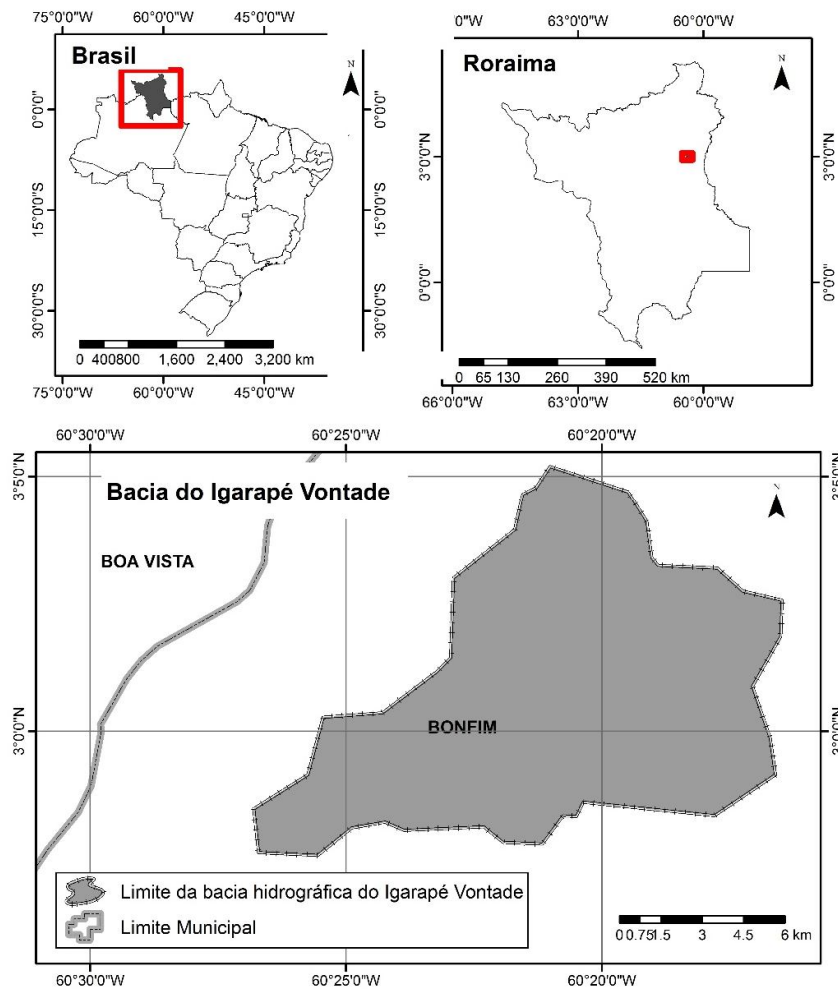


Figura 1. Mapa de localização bacia hidrográfica do igarapé Vontade.

## 2.2 Base de Dados

Para a obtenção do mapa de uso e cobertura do solo, empregou-se uma imagem do satélite Landsat 8, com correção atmosférica, de 07 de dezembro de 2015, disponibilizada no site Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

Posteriormente foi realizado processamento de classificação não-supervisionada para a obtenção do mapa de uso e cobertura do solo, utilizando a interface do Model Builder existente no software ArcGis 10.2, montou-se uma sequência de modelos para a classificação autônoma das cenas. Após a classificação, com o objetivo de eliminar possíveis erros e as áreas de nuvem e sombra de nuvem, o operador realizou revisão de todos os arquivos gerados. Quando estes eram detectados eram corrigidos com base na imagem original e a partir de imagens existentes na base de dados on-line do ArcGis 10.1 – Basemap, ao identificar erros em relação a limites e denominação das feições este os editava de forma a melhor representar o tipo de uso observado nas cenas. Foram mapeadas nove classes de uso de interesse no estudo: solo exposto, floresta, lavrado, vereda, água, área agrícola, área alagada, afloramento de rocha, barragem e reflorestamento.

Além do mapa de uso e cobertura do solo, empregou-se também o arquivo com as manchas solos do estado de Roraima, fornecido pelo IBGE (2006), publicado na escala 1:250.000. Com

base nesses, identificou-se a presença de duas classes de solos: Latossolos e Plintossolos, na bacia hidrográfica do igarapé Vontade.

Além deste, foi elaborado o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) com resolução espacial de 30 metros, este foi gerado considerando os seguintes dados de entrada Com base no: arquivo de pontos cotados obtidos a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM (Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) com resolução espacial de 30 m, disponibilizada no site Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), o limite aproximado da microbacia piloto e o arquivo de hidrografia orientada, ambos disponibilizados pela ANA (Agência Nacional de Águas). A interpolação dos dados supracitados foi realizada empregando-se o interpolador Topo to Raster.

### 2.3 Delimitação das Unidades de Resposta Hidrológica

As unidades de resposta hidrológica (URH) da bacia hidrográfica do igarapé Vontade foram geradas a partir do cruzamento dos arquivos de uso e cobertura do solo e de classes de solo.

Primeiramente, realizou-se a reclassificação do mapa de uso e cobertura do solo, segundo Fan et al., (2015), em 6 (seis) tipos de uso e cobertura: (Código: 1) Florestas; (Código: 10) Florestas Inundáveis; (Código: 100) Agriculturas; (Código: 10.00) Campos, Cerrados e Estepes; (Código: 10.000) Vegetação Espessa ou Inexistente (que é o caso de locais urbanizados ou desérticos); e (Código: 100.000) Água (geralmente lagos ou rios). Dessa forma, obteve-se o mapa de classes de uso e cobertura da bacia com enfoque nos critérios resposta hidrológica (Figura 2).

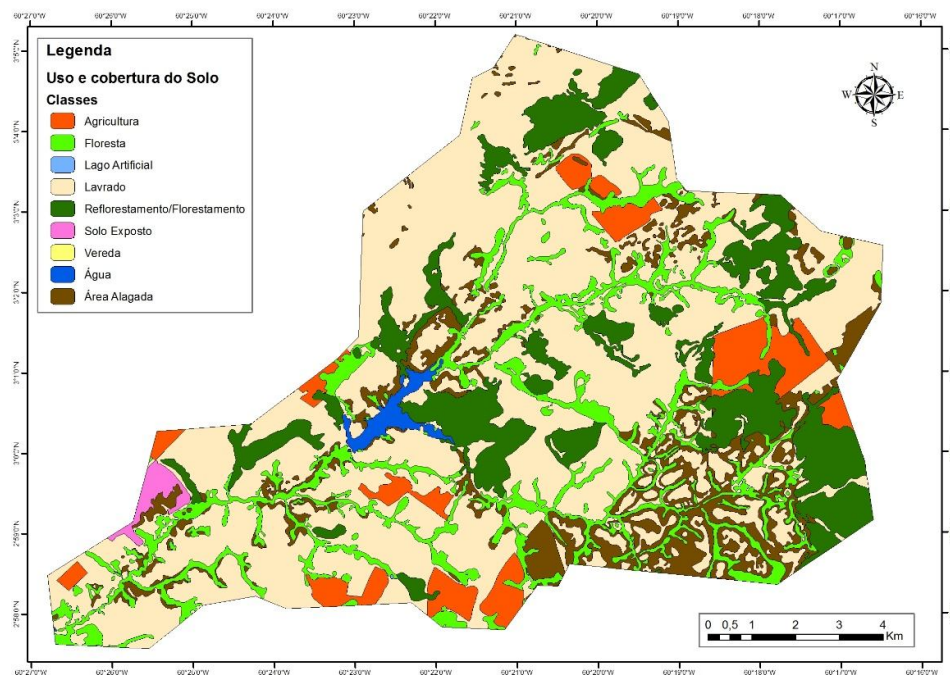


Figura 2. Mapa de Classes de Uso e Cobertura com enfoque nos critérios resposta hidrológica da bacia do Igarapé Vontade.

O mapa de solos também foi reclassificado conforme proposto por Fan et al. (2015), para tipologias de solos com maior o menor potencial de geração de escoamento: (Código: 1) Solos Profundo ou (Código: 2) Solos Rasos, para definição das Unidades de Resposta Hidrológica.

A primeira classe de solos com baixo e médio potencial de geração de escoamento e alto potencial de armazenamento de água, é composta das classes Latossolos, Nitossolos, Chernossolos, Plintossolos, Vertissolos, Organossolos e Argissolos. A segunda classe, de solos



com mais capacidade de geração de escoamentos e menos capacidade de armazenamento de água, agrupou as classes Neossolos, Luvisolos, Cambissolos, Gleissolo, Planossolo e Espodossolos. A classe de áreas semi-impermeáveis agrupa os afloramentos rochosos (Fan et al., 2015).

Dessa forma, a bacia hidrográfica do igarapé Vontade possui somente uma tipologia de solo, caracterizada por solos profundos apenas.

As URHs apresentam a caracterização dos locais considerando tipo de solos e uso e cobertura dos solos específicos que foram reclassificados em um código sequencial para facilitar na apresentação dos dados das oito codificações possíveis para as URH, sendo: Florestas em Solos Profundos (código 1); Florestas em Solos Rasos (código 2); Várzeas e Florestas Inundáveis (código 3); Agricultura em Solos Profundos (código 4); Agricultura em Solos Rasos (código 5); Campos, Cerrados e Estepes em Solos Profundos (código 6); Campos, Cerrados e Estepes em Solos Rasos (código 7); Vegetação Espaça ou Inexistente em Solos Profundos (código 8); Vegetação Espaça ou Inexistente em Solos Rasos (código 9) e Água (código 10).

### 3. Resultados e discussões

Na bacia hidrográfica do igarapé Vontade foram identificadas seis URHs descritas por Floresta em Solos Profundos; Várzeas e Florestas Inundáveis; Agricultura em Solos Profundos; Campos, Cerrados e Estepes em Solos Profundos; Vegetação Espaça ou Inexistente em Solos Profundos e Água (Figura 3).

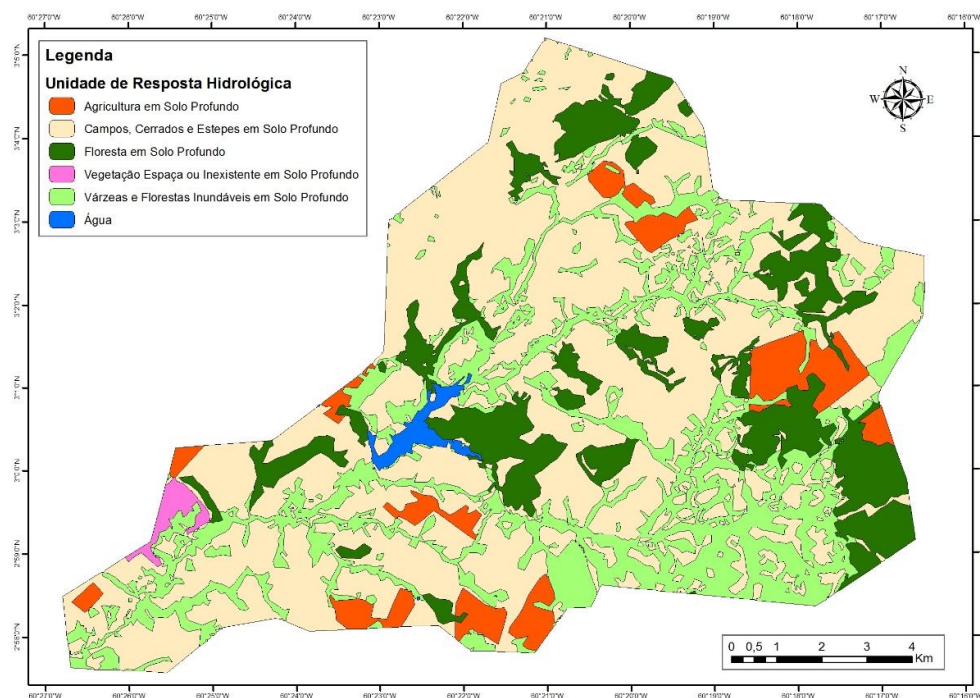


Figura 3. Unidades de Resposta Hidrológica (URHs) Sub-bacia do Igarapé Vontade

Na Tabela 1 apresenta-se os valores de áreas e percentuais de abrangência das URH na área em estudo, sendo observado que 54,49% da bacia é coberta pela URH formada por campos em solo profundo. A URH formada por várzeas e florestas inundáveis recobre 22,75% da área total da bacia, já a formada por florestas em solos profundo ocupa 15,17% da bacia, sendo que nessa dentre as florestas ocorrentes há áreas com plantio de acácia.

Tabela 1. Áreas das unidades de resposta hidrológica, sub-bacia do igarapé Vontade

Unidades de Resposta Hidrológica	Área (ha)	Percentual de Ocupação
Várzeas e Florestas Inundáveis	3.317,00	22,75
Floresta em Solo Profundo	2.212,00	15,17
Campos, Cerrados e Estepes em Solo Profundo	7.945,00	54,49
Agricultura em Solo Profundo	887,90	6,09
Água	127,70	0,88
Vegetação Espaça ou Inexistente em Solo Profundo	92,19	0,63

#### 4. Conclusões

Grande parte da bacia hidrográfica do igarapé Vontade é coberta por campos em solo profundo.

É importante uso de ferramentas e base de dados de SIG no desenvolvimento do conhecimento em regiões ainda pouco exploradas no meio científico, em especial quantos aos aspectos e comportamentos hidrológicos, sendo escassos os estudos publicados sobre o tema no estado de Roraima.

A dinâmica do uso e cobertura do solo apresentada é bem representativa na bacia, sendo confirmado a característica predominante de Savana, através do mapeamento do Campos, Cerrados e Estepes, seguido por áreas de várzeas, floresta inundáveis e florestas em terra firme com características de florestamento.

As Unidades de Resposta Hidrológica definidas para a sub-bacia do Igarapé Vontade, configuram um marco para aprofundamento no conhecimento da dinâmica dos recursos hídricos desta região, bem como no histórico de modificações destas feições.

#### Agradecimentos

Agradecemos primeiramente a Universidade Federal de Roraima (UFRR), pelo financiamento em bolsas de Iniciação Científica (IC), dentro do programa PIBIC/UFRR, e pela oportunidade de crescimento profissional e intelectual. A equipe do LABGEORR, especialmente aos professores orientadores, onde se obteve fundamental apoio.

#### Referências Bibliográficas

Ariza, A. **Descripción y Corrección de Productos Landsat8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission) Versión 1.0**. Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2013. Cap 1, p.7-10.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Síntese Executiva. Brasília: MMA, 2006. 134 p.

Carvalho, T. M.; Carvalho, C. M. Interrelation of geomorphology and fauna of Lavrado region in Roraima, Brazil—suggestions for future studies. *Quaternary Science Journal*, 61, 146-155. Interrelation of geomorphology and fauna of Lavrado region in Roraima, Brazil – suggestions for future studies. **E&G Quaternary Science Journal**. v.61, n.2, p.146–158, 2012.

Fan, F. M.; Buarque, D. C.; Pontes, P. R. M.; Collischonn, W. **Um Mapa de Unidades de Reposta Hidrológica para a America do Sul**. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília-DF, 2015.

Fitz, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 23 p.



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/bimas.html>>. Acesso em: 05 nov. 2016

Meneses, M.E.N.S.; da costa, M. L.; Costa, J. A.V. Os lagos do lavrado de Boa Vista - Roraima: fisiografia, físico-química das águas, mineralogia e química dos sedimentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 3, p.478-489, 2007.

Meneses, M.E.N.S.; Da costa, M. L. Caracterização mineralógica e química dos regolitos de uma área de transição savana-floresta em Roraima: uma análise da evolução da paisagem. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, n. 1, p.42-56, 2012.

Morais, R. P.; Carvalho, T. M. Aspectos dinâmicos da paisagem do lavrado, nordeste de Roraima. **Revista Geociências**, v. 34, n. 1, p. 55-68, 2015.

Paiva, R. C. D. de. **Modelagem hidrológica e hidrodinâmica de grandes bacias estudo de caso: bacia do rio Solimões**. Dissertação de mestrado, UFRGS, IPH. Porto Alegre-RS, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/18927>> . Acesso em: julho de 2015.

Ribeiro, C. A. A. S.; Soares, V. P.; Santos, R. M. D.; Soares, C. P. B. Estruturação topológica de grandes bases de dados de bacias hidrográficas. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 687-696, 2008.

Sant'anna, F. M.. **Cooperação internacional e gestão transfronteiriça da água na Amazônia**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2009. 60-62 p.

Teodoro, V. L. I; Teixeira, D; Costa, D. J. L; Fuller, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara: Revista do Centro Universitário de Araraquara**, n. 20, 137-155 p, 2007.