

Revista **GEOGRÁFICA VENEZOLANA**

ISSN p 1012-1617
ISSN e 2244-8853



Volumen Especial
2019



Bacias hidrográficas da Amazônia Ocidental, Rondônia, Brasil

INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MÉRIDA, VENEZUELA

AUTORIDADES

RECTOR

Mario Bonucci Rossini

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Manuel Aranguren

VICERRECTORA ACADÉMICA

Patricia Rosenzweig

SECRETARIO

José María Andérez

DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Darío Garay

DIRECTORA DEL INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Gloria Yulier Cadena Montero

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE GEOGRAFÍA

Julio Quintero

EDITORIA RESPONSABLE

Delfina Trinca Figuera (ULA-Ve)

EDITOR ASOCIADO

Enrique Gómez Acosta (ULA-Ve)

SECRETARIA EDITORIAL

Consuelo Vargas

CORRECTOR DE INGLÉS

Miguel Gutiérrez

CONCEPTO GRÁFICO Y DISEÑO EDITORIAL

Reinaldo Sánchez Guillén

vandrakor@gmail.com

COMITÉ EDITORIAL

Rogelio Altez (UCV-Ve)

Mónica Colombara (UNLZ-Ar)

Pedro Cunill (UCV-Ve)

María Adélia De Souza (USP-Br)

Raúl Estévez (ULA-Ve)

Nubis Pulido (ULA-Ve)

Ángel Massiris (UPTC-Co)

Blanca Ramírez Velázquez (UAM-Mx)

Carmen Rivero (UCV-Ve)

José Rojas López (ULA-Ve)

María Laura Silveira (USP-Br)

André-Louis Sanguin (Sorbona-Fr)

MIEMBROS HONORARIOS

Luis Aguilar (ULA-Ve)

Ceres Boada Jiménez (ULA-Ve)

María Teresa Delgado de Bravo (ULA-Ve)

Rosa Estaba (UCV-Ve)

Irma Guillén (ULA-Ve)

Orlando Gutiérrez (ULA-Ve)

Elías Méndez (ULA-Ve)

Luisa Molina (ULA-Ve)

Carlos Muñoz (ULA-Ve)

Rosa Ramírez (ULA-Ve)

Andrés Rojas Salazar (ULA-Ve)

Jóvito Valbuena (ULA-Ve)

Todos los derechos reservados. El contenido de esta revista está protegido por la Ley. No puede ser reproducida, ni registrada en cualquier medio sin el permiso previo, por escrito, de los editores.

© 2019. Universidad de Los Andes. ISSNp 1012-1617. Depósito legal [p] pp 195902ME658. ISSNe 2244-8853. Depósito legal [e] ppi 2012ME4104. Este número ha sido publicado gracias al apoyo de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela y del Grupo de Pesquisa em Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA) y del Laboratório de Geotecnologias (LabGeotec) de la Universidad Federal de Rondônia (UNIR), Brasil

Descripción. La *Revista Geográfica Venezolana* es el órgano divulgativo del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Publica investigaciones en todos los campos de la Geografía y ciencias afines, bajo la modalidad de artículos. En la sección de Notas y Documentos se presentan resultados parciales de investigaciones, informes técnicos, reflexiones y propuestas teóricas y metodológicas de interés científico. Igualmente, en la sección Bibliografía Crítica, se ofrecen reseñas de obras consideradas de interés para los lectores. Todos los artículos y los documentos que lo requieran son sometidos a arbitraje bajo el sistema doble ciego. Las opiniones son responsabilidad de los autores. Esta revista está dirigida a profesionales (investigadores y docentes) del campo de la geografía y ciencias relacionadas.

Ventas. Venta directa de cada número: desde el volumen VIII hasta el Vol. 55(1), 2014: 10.000,00 Bs.; desde el volumen 55(2) versión digital (CD Rom): 25.000,00 Bs.

Envío de trabajos. Información acerca de cómo elaborar artículos se ofrece en las páginas finales de cada número en el punto 'Instrucciones a los Autores'. También en: www.saber.ula.ve/regeoven. Los trabajos deberán ser enviados por correo electrónico a: regeoven@gmail.com y de ser necesario el envío por correo postal, a la siguiente dirección: Revista Geográfica Venezolana, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, vía Los Chorros de Milla. Mérida 5101-Venezuela. Contacto con Secretaría: E-mail: regeoven@ula.ve Teléfono: 58-0274-2401612, Fax: 58-0274-2401603.

Indización. La *Revista Geográfica Venezolana* está indizada en: Geobase, Geodate Base, Periódica (UNAM, México), Revencyt (bajo el código de identificación RVR 005), Abstracts Journal (Referativnyi Zhurnal-Rusia), FONACIT (reg2005000002), Latindex-Catálogo, Geographical Abstracts (Human Geography and Physical Geography), International Development Abstracts, Public Affairs Information Service Bulletin (PAIS), Bibliography and Index of Geology, Informe Académico y Academic OneFile, Gale Cengage Learning, Dialnet, Redalyc, Scopus, SCImago Journal Rank y Emerging Source Citation Index (ESCI). También "Esta revista está incluida en la colección SciELO Venezuela (www.scielo.org.ve)".

**2019. VOLUMEN ESPECIAL.
2019. VOLUME SPECIAL.
www.saber.ula.ve/regeoven**

Scope. The *Revista Geográfica Venezolana* is the official journal of the Institute of Geography and Natural Resources Conservation. The journal publishes high quality original research on all aspects of the geographical science and related fields. The topics covered include papers, notes or short communications and books review. All contributions are sent to at least two referees (peer review). The opinions are responsibility of the authors. Intended readership: Researchers and scientist in geography and related fields.

Prices. Local prices: until volume 55(1), 2014: 10.000,00 Bs; until volume 55(2) CD Rom: 25.000,00 Bs.

Written submission. Information about written submission is available at each issue of the journal in Instructions to the Authors. All papers must be sent by email to: regeoven@gmail.com, and if necessary by mail, to the following address: Revista Geográfica Venezolana, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, vía Los Chorros de Milla. Mérida 5101-Venezuela. Secretariat's contacts: E-mail: regeoven@ula.ve Phone: 58-0274-2401612, Fax: 58-0274-2401603.

Indexation. The journal is abstracted and indexed in: Geobase, Geodata Base, Periódica (UNAM, México), Revencyt (Identification Code: RVR 005), Abstracts Journal (Referativnyi Zhurnal-Rusia), Fonacit (reg2005000002), Latindex, Geographical Abstract (Human Geography and Physical Geography), International Development Abstract, Public Affairs Information Service Bulletin (PAIS), Bibliography and Index of Geology and Informe Académico, Gale Cengage Learning, Dialnet, Redalyc, Scopus, SCImago Journal Rank, Emerging Source Citation Index (ESCI) and SciELO Venezuela.

COLABORADORES

Aline da Silva Siqueira

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 3442-1128, alinedasilvasiqueira@hotmail.com

Anderson Roberto Bento

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 9995 - 1616, andersoneng.florestal@gmail.com

André Felipe Silva

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 8444 - 4892, andrefelipeflorestal@gmail.com

Ariane Cristine Rebelo Lima

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (96) 9 9110 - 1686, ariane.crlima94@hotmail.com

Camila Simões

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 8406 - 3077, kamylla_simoes@hotmail.com

Cleci Fatima Vendruscolo

Coordenadoria Regional de Educação,
Alta Floresta D'Oeste, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 9244 - 3757, cleven15@hotmail.com

Diogo Martins Rosa

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal,
Laboratório de Geoprocessamento e Meio Ambiente -
GEOMA, Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 8469 - 5788, mrosa.diogo@gmail.com

Eduardo Candido Franco Rosell

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal,
Líder do grupo de pesquisa de Geoprocessamento e Meio
Ambiente - GEOMA, Campus Rolim de Moura, Rondônia,
Brasil, +55 (69) 3449 - 3800, edyrosell@unir.br

Flaviane Aparecida Santana

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 3442 - 1128, flavianny_santana@hotmail.com

Gilderlon dos Santos Soares

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (96) 9 9113 - 5616, gil_mtd@hotmail.com

Giliard Rodrigues Bonifácio

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal, Laboratório
de Geoprocessamento e Meio Ambiente - GEOMA,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 9303 - 5173, giliardbonifacio@gmail.com

Gustavo Neco da Silva

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal, Laboratório
de Geoprocessamento e Meio Ambiente - GEOMA,
+55 (69) 9 8497 - 1398, Campus Rolim de Moura,
Rondônia, Brasil, gustavoneco1@gmail.com

Izaías Médice Fernandes

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Educação do Campo, Programa
de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - PPGCA,
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da
Natureza - PGEEN, Campus Rolim de Moura, Rondônia,
Brasil, +55 (69) 3449 - 3824, izaia.fernandes@unir.br

Jhony Vendruscolo

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal, Laboratório
de Geoprocessamento e Meio Ambiente - GEOMA,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 9217 - 3335, jhonyvendruscolo@gmail.com

João Fideles de Brito Júnior

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal, Programa
de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - PPGCA,
Laboratório de Geoprocessamento e Meio Ambiente -
GEOMA, Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 8435 - 6707, britojf.ro@gmail.com

José Neuton de Oliveira

Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental,
Engenheiro Florestal, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 8407 - 8304, zeneuton@yahoo.com.br

José Paulo de Farias Neto

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal, Laboratório
de Geoprocessamento e Meio Ambiente - GEOMA,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 9955 - 8684, josepaulofariasneto@gmail.com

Karoline Ruiz Ferreira

Universidade Federal de Santa Catarina,
Departamento de Engenharia Rural,
Florianópolis, Santa Catarina, Brasil,
+55 (69) 9 9302 - 9780, karolineruiz@gmail.com

Kenia Michele de Quadros Tronco

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal, Laboratório
de Geoprocessamento e Meio Ambiente - GEOMA,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 3442 - 1128, kenia.tronco@unir.br

Larissa Pires dos Santos

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 8431 - 6845, pds.lari@gmail.com

Lindomar Alves de Souza

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal, Laboratório
de Geoprocessamento e Meio Ambiente - GEOMA,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 8457 - 5269, lindomar-20@hotmail.com

Matheus Vinicius Scherrer Cardos de Souza

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 8471 - 7926, matheusvini_@hotmail.com

Micheli Leite Zanchetta

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 8477 - 8666, micheli_leite@hotmail.com

Nilson Reinaldo Fernandes dos Santos Júnior

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (16) 9 9404 - 6268, nilsonrfs.junior@gmail.com

Renan Fernandes Moreto

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 8471 - 1581, renanf_moreto@hotmail.com

Rodrigo Vendruscolo

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Agronomia,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 3449 - 3800, rodrigo.vendruscolo@hotmail.com

Rosalvo Stachiw

Universidade Federal de Rondônia,
Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA,
Departamento de Engenharia Florestal,
Líder do grupo de pesquisa do laboratório de águas, Grupo
de Pesquisa de Geoprocessamento e Meio Ambiente -
GEOMA, Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 9999 - 8890, rosalvo_stachiw@unir.br

Silvânia Fernandes de Mira

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal, Laboratório
de Geoprocessamento e Meio Ambiente - GEOMA,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 9965 - 8214, sivaniafernndesmira@hotmail.com

Thiago Henrique da Silva José

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal, Laboratório
de Geoprocessamento e Meio Ambiente - GEOMA,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 8459 - 6457, thiagojsilva@gmail.com

Thiago Luiz Mauro

Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal, Laboratório
de Geoprocessamento e Meio Ambiente - GEOMA,
Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 8165 - 9620, thiago_luism@hotmail.com

Trent Biggs

San Diego State University,
Department of Geography, San Diego, USA, CA,
92182 - 4493, (619) 594 - 0902, tbiggs@mail.sdsu.edu

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Universidade Federal de Rondônia,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais -
PPGCA, Laboratório de Geoprocessamento e Meio Ambiente -
GEOMA, Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil,
+55 (69) 9 8442 - 6336, engflo.ro@gmail.com

ARTIGOS ARTÍCULOS / PAPERS

- 16-27** Nilson Reinaldo Fernandes dos Santos Júnior, Jhony Vendruscolo, Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, Gilderlon dos Santos Soares, Anderson Roberto Bento e Diogo Martins Rosa
Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Mutum-Paraná, Amazônia Ocidental, Brasil
Caracterización morfométrica de la subcuenca del río Mutum-Paraná, Amazonía Occidental, Brasil
Morphometric characterization of the Mutum-Paraná River hydrographic sub-basin, Western Amazon, Brazil
-
- 28-39** Gilderlon dos Santos Soares, Nilson Reinaldo Fernandes dos Santos Junior, Ariane Cristine Rebelo Lima, Anderson Roberto Bento, Jhony Vendruscolo e Eduardo Candido Franco Rosell
Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Capitão Cardoso Tenente Marques, Rondônia, Brasil
Caracterización morfométrica de la subcuenca del río Capitão Cardoso Tenente Marques, Rondônia, Brasil
Morphometric characterization of the Capitão Cardoso Tenente Marques River sub-basin, Rondônia, Brazil
-
- 40-56** Larissa Pires dos Santos, Diogo Martins Rosa, Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, Jhony Vendruscolo, Eduardo Candido Franco Rosell, Trent Biggs e Rosalvo Stachiw
Hidrogeomorfometria e índice de desmatamento da microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil
Hidrogeomorfometría e índice de deforestación de la microcuenca del río Tinguí, Amazonia Occidental, Brasil
Hydrogeomorphometry and rate of deforestation of the Tinguí River microbasin, Western Amazon, Brazil
-
- 58-66** Thiago Henrique da Silva José, Giliard Rodrigues Bonifácio, Gustavo Neco da Silva, Diogo Martins Rosa, José Paulo De Farias Neto, Jhony Vendruscolo e Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro
Caracterização morfométrica da microbacia do rio Xabutaí, Amazônia Ocidental, Brasil
Caracterización morfométrica de la microcuenca del río Xabutaí, Amazonia Occidental, Brasil
Morphometric characterization of the Xabutaí River microbasin, Western Amazon, Brazil
-
- 68-82** Camila Simões, Jhony Vendruscolo, Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, Diogo Martins Rosa, Rosalvo Stachiw e Flaviane Aparecida Santana
Caracterização morfométrica da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Amazônia Ocidental, Brasil
Caracterización morfométrica de la subcuenca del Alto Río Pimenta Bueno, Amazonia Occidental, Brasil
Morphometric characterization of the Alto Pimenta Bueno River sub-basin, Western Amazon, Brazil
-
- 84-95** Gilderlon dos Santos Soares, Nilson Reinaldo Fernandes dos Santos Júnior, Silvânia Fernandes de Mira, Renan Fernandes Moreto, Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, Jhony Vendruscolo e Diogo Martins Rosa
Uso de plataforma SIG na caracterização morfométrica da microbacia do rio Santa Teresinha, Amazônia Ocidental, Brasil
Uso de la plataforma SIG en la caracterización morfométrica de la microcuenca del río Santa Teresinha, Amazonia Occidental, Brasil
Use of GIS platform in the morphometric characterization of the Santa Teresinha River microbasin, Western Amazon, Brazil
-
- 96-108** Micheli Leite Zanchetta, Jhony Vendruscolo, Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, Diogo Martins Rosa, Eduardo Candido Franco Rosell e Rosalvo Stachiw
Caracterização morfométrica da sub-bacia do Baixo Rio Jaci Paraná, Amazônia Ocidental, Brasil
Caracterización morfométrica de la subcuenca del Baixo Río Jaci Paraná, Amazonia Occidental, Brasil
Morphometric characterization of the Baixo Jaci Paraná River sub-basin, Western Amazon, Brazil
-
- 110-124** Renan Fernandes Moreto, Silvânia Fernandes de Mira, Gilderlon dos Santos Soares, Nilson Reinaldo Fernandes dos Santos Júnior, Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, Jhony Vendruscolo e Diogo Martins Rosa
Características geométricas, topográficas e hidrográficas da microbacia do rio Enganado, região sul da Amazônia Ocidental
Características geométricas, topográficas e hidrográficas de la microcuenca del río Enganado, región sur de la Amazonia Occidental
Geometric, topographic and hydrographic features of the Enganado River microbasin, southern region of Western Amazon
-
- 126-138** Jhony Vendruscolo, Rosalvo Stachiw, Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, Eduardo Candido Franco Rosell, Matheus Vinicius Scherrer Cardos de Souza e Diogo Martins Rosa
Geomorfometria da sub-bacia do Alto Rio Jamari, Amazônia Ocidental, Brasil
Geomorfometria de la subcuenca del Alto Río Jamari, Amazonia Occidental, Brasil
Geomorphometry of the Alto Jamari River sub-basin, Western Amazon, Brazil
-
- 140-150** Diogo Martins Rosa, Jhony Vendruscolo, João Fideles de Brito Júnior, Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, Gustavo Neco da Silva e Giliard Rodrigues Bonifácio
Caracterização morfométrica da microbacia do Igarapé Novo Mundo, Amazônia Ocidental, Brasil
Caracterización morfométrica de la microcuenca del Igarapé Nuevo Mundo, Amazonia Occidental, Brasil
Morphometric characterization in the microbasin of Igarapé Novo Mundo, Western Amazon, Brazil

8-11 **Editorial** por Eduardo Cândido Franco Rosell
Grupo de estudos sobre o meio ambiente Amazônico, uma necessidade para atingir o desenvolvimento sustentável
Grupo de investigación sobre el medio ambiente Amazónico, una necesidad para alcanzar el desarrollo sostenible
Group of studies on the Amazonian environment, a need to achieve sustainable development

12-13 **Carta de la editora** por Delfina Trinca Figuera

-
- 152-166** Silvânia Fernandes de Mira, Diogo Martins Rosa, Thiago Henrique da Silva José, Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, Rosalvo Stachiw e Jhony Vendruscolo
Caracterização geomorfológica da sub-bacia do rio Comemoração, Amazônia Ocidental, Brasil
[Caracterización geomorfológica de la subcuenca del río Comemoração, Amazonia Occidental, Brasil](#)
Geomorphologic characterization of the Comemoração River sub-basin, Western Amazon, Brazil
-
- 168-181** Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, Giliard Rodrigues Bonifácio, Matheus Vinicius Scherrer Cardos de Souza, Rosalvo Stachiw, Jhony Vendruscolo, Lindomar Alves de Souza e Diogo Martins Rosa
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
-
- 182-197** Thiago Luiz Mauro, Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, Rosalvo Stachiw, Jhony Vendruscolo, Diogo Martins Rosa, Lindomar Alves de Souza e Izaías Médice Fernandes
Uso do geoprocessamento para caracterização morfométrica e desmatamento da sub-bacia do rio Rolim de Moura, Amazônia, Brasil
[Uso del geoprosesamiento para caracterización morfométrica y deforestación de la subcuenca del río Rolim de Moura, Amazonia, Brasil](#)
Use of geoprocessing for morphometric characterization and deforestation of the Rolim de Moura River sub-basin, Amazon, Brazil
-
- 198-208** Jhony Vendruscolo, Karoline Ruiz Ferreira, Cleci Fatima Vendruscolo, Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro e Rosalvo Stachiw
Viabilidade do pagamento por serviços ambientais na microbacia do rio D'Alincourt, Amazônia Ocidental, Brasil
[Viabilidad de pago por servicios ambientales en la microcuenca del río D'Alincourt, Amazonia Occidental, Brasil](#)
Viability of payment for environmental services in the D'Alincourt River microbasin, Western Amazon, Brazil
-
- 210-225** André Felipe Silva, Kenia Michele de Quadros Tronco, Jhony Vendruscolo, José Neuton de Oliveira, Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, Diogo Martins Rosa e Rosalvo Stachiw
Geoprocessamento aplicado a hidrogeomorfometria e índice de desflorestamento na microbacia do rio D'Alincourt, Amazônia Ocidental, Brasil
[Geoprosesamiento aplicado a hidrogeomorfometria e índice de deforestación en la microcuenca del río D'Alincourt, Amazonia Occidental, Brasil](#)
Geoprocessing applied to hydrogeomorphometry and deforestation index of the watershed of the D'Alincourt River, Western Amazon, Brazil
-
- 226-241** Jhony Vendruscolo, Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, Diogo Martins Rosa, Rosalvo Stachiw, Rodrigo Vendruscolo, Aline da Silva Siqueira e Trent Biggs
Hidrogeomorfometria e desmatamento na microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil
[Hidrogeomorfometria y deforestación en la microcuenca del río Manicoré, Amazonia Occidental, Brasil](#)
Hydrogeomorphometry and deforestation in the Manicoré River microbasin, Western Amazon, Brazil
-

NOTAS E DOCUMENTOS NOTAS Y DOCUMENTOS / NOTES AND DOCUMENTS

-
- 244-255** Jhony Vendruscolo e Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro
Seleção de limiares da ferramenta TauDEM para caracterização de drenagens em microbacias, Rondônia, Brasil
[Selección de umbrales de la herramienta TauDEM para caracterización de drenajes en microcuencas, Rondônia, Brasil](#)
Selection of TauDEM thresholds for characterization of drainage in microbasins, Rondônia, Brazil
-
- 256-264** Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro e Jhony Vendruscolo
Importância de estudos em bacias hidrográficas para o manejo sustentável dos recursos hídricos em Rondônia
[Importancia de los estudios en cuencas hidrográficas para el manejo sustentable de los recursos hídricos en Rondônia](#)
Importance of studies in hydrographic basins for the sustainable management of water resources in Rondônia
-

RESENHA BIBLIOGRÁFICA BIBLIOGRAFÍA CRÍTICA / BOOKS REVIEW

-
- 268-272** José das Dores de Sá Rocha e José de Arimatéa Silva
A lei de proteção da vegetação nativa e a efetividade para a recomposição das áreas de preservação permanente e reserva legal
[La ley de protección de la vegetación natural y su efectividad para reestructurar las áreas de preservación permanente y reserva legal](#)
The law for the protection of native vegetation and the effectiveness for the restoration of the areas of permanent preservation and legal reserve
-

EDITORIAL

Grupo de pesquisa para estudos no ambiente Amazônico, uma necessidade para alcançar o desenvolvimento sustentável

**Grupo de investigación para el estudio
del ambiente Amazónico,
una necesidad para alcanzar
el desarrollo sostenible**

**Research group for studies on the Amazonian
environment, a need to achieve sustainable
development**

Eduardo Candido Franco Rosell

A colonização em Rondônia iniciou-se no século XVII com o chamado ‘ciclo das drogas do Sertão’, passando pelos ciclos da borracha na Amazônia, o primeiro no final do século XIX e o segundo no início do século XX. O ciclo da borracha teve o seu apogeu entre 1879 e 1912, após o surgimento do automóvel, quando a indústria automobilística potencializou o uso da borracha obtida a partir do látex da seringueira, árvore originária da Amazônia. Neste período, a região recebeu uma grande leva de nordestinos, que foram trabalhar na extração do látex. Contudo, o grande fluxo migratório ocorreu somente a partir do ano de 1970, após grandes incentivos governamentais.

O rápido crescimento populacional após o ano de 1970, ocasionou elevados níveis de desmatamentos de florestas nativas, inserindo Rondônia no chamado Arco do Desmatamento da Amazônia Legal. Atualmente, estudos indicam uma intensa fragmentação da floresta em mosaicos que variam de região em região, vida selvagem estigmada e ameaçadas de extinção. Em frente a esta situação, surge a necessidade de pesquisas para avaliar o impacto da colonização nos recursos naturais, e fornecer subsídios para uma gestão ambiental voltada ao desenvolvimento sustentável.

Neste ano de 2019, completam-se quatro anos da criação do Grupo de Pesquisa em Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA) e seis do Laboratório de Geotecnologias (LabGeotec), como suporte tecnológico para o tratamento de dados de sensoriamento remoto para análise de diferentes questões relacionadas com a conservação ambiental no Bioma Amazônico. Durante este período, foram realizadas várias pesquisas no âmbito do sensoriamento remoto aplicado à agricultura, silvicultura e manejo florestal, geomorfologia, recursos hídricos, ecossistemas terrestres, planejamento ambiental, comportamento espectral de alvos e Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Os resultados das pesquisas foram importantes para o desenvolvimento dos discentes e docentes, voltados para a ciência nos cursos de graduação em Engenharia Florestal e Agronomia, e para o Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus de Rolim de Moura, Rondônia.

Dentre as áreas pesquisadas pelo GEOMA, destacam-se os estudos dos recursos hídricos. Estes estudos visam disponibilizar informações para

formação de políticas públicas e o gerenciamento de projetos voltados para conservação de mananciais e bacias hidrográficas no estado de Rondônia.

Nas datas de 21 a 23 de setembro de 2017, no município de Rolim de Moura - Rondônia, foi realizado o I Encontro Regional de Geotecnologias na Amazônia, produto do esforço conjunto do GEOMA, Lab-Geotec, Floresta Jr., docentes e discentes dos cursos supracitados. Este encontro teve o objetivo de disponibilizar conhecimento sobre a área de geotecnologias e geoprocessamento aplicados aos recursos naturais, e contou com a participação de um público de mais de 100 estudantes, professores, técnicos e comunidade externa convidada. No mesmo, foram ministradas sete (7) palestras, cinco (5) exposições orais, doze (12) exposições de pôster, assim como minicursos sobre fotogrametria aérea com VANT e Agricultura de Precisão.

O encontro proporcionou grande repercussão no meio acadêmico, despertando o interesse de novos pesquisadores em contribuir com estudos relacionados ao meio ambiente. Diante disto, fica uma forte expectativa para realização do próximo encontro, e dos resultados das pesquisas futuras, que possam vir a mudar o cenário atual.

La colonización en Rondônia se inició en el siglo XVII con el llamado 'ciclo de las drogas del Sertão', pasando por los ciclos del caucho en la Amazonia, el primero a finales del siglo XIX y, el segundo, a principios del siglo XX. El ciclo del caucho tuvo su apogeo entre 1879 y 1912, después del surgimiento del automóvil, cuando la industria automovilística potenció su uso, obtenido a partir del látex del caucho, árbol originario de la Amazonia. En este período, la región recibió una gran afluencia de nordestinos, que fueron a trabajar en la extracción del látex. Sin embargo, el gran flujo migratorio ocurrió realmente a partir del año 1970, después de grandes incentivos gubernamentales. El crecimiento acelerado de la población después de esa década, causó una importante y significativa deforestación de los bosques nativos, incorporando a Rondônia en el llamado 'Arco de Deforestación de la Amazonia Legal'. Actualmente, los estudios indican una intensa fragmentación de la vegetación que varía de región a región, vida silvestre estigmatada y especies en peligro de extinción. Ante esta situación, surgió la necesidad de investigaciones para evaluar el impacto de la colonización sobre los recursos naturales, con miras a buscar subvenciones para la gestión ambiental para el desarrollo sostenible.

En 2019 se completan cuatro años de la creación del Grupo de Investigación en Geo procesamiento y Medio Ambiente (GEOMA) y seis del Laboratorio de Geo tecnologías (LabGeotec), como soporte técnico para el tratamiento de datos de teledetección para el análisis de diversas cuestiones relacionadas con la conservación del medio ambiente en el bioma amazónico. Durante este periodo, se llevaron a cabo varias investigaciones con el uso de la teledetección aplicada a la agricultura, la silvicultura y el manejo forestal, geomorfología, recursos hídricos, ecosistemas terrestres, planificación ambiental, comportamiento espectral de las principales coberturas terrestres y sistemas de información geográfica (SIG).

Los resultados de la investigación fueron importantes para la formación de los estudiantes y profesores dedicados a la ciencia en los cursos de graduación de Ingeniería Forestal y Agronomía y para el posgrado a nivel de maestría en Ciencias Ambientales, de la Universidad Federal de Rondônia (UNIR), campo de Rolim de Moura.

Una de las áreas priorizadas por el GEOMA es la de recursos hídricos. Estos estudios tienen por objetivo ofrecer informaciones para la formulación de políticas públicas en la gestión de proyectos para la conservación y gestión de cuencas hidrográficas y manantiales en el estado de Rondônia.

Entre el 21 y el 23 de septiembre de 2017, en el municipio de Rolim de Moura-Rondonia, se celebró el 'I Encuentro Regional de Geotecnologías en la Amazonia', producto del esfuerzo conjunto del GEOMA, LabGeotec y la Empresa Forestal Jr., con la participación de profesores y estudiantes de los cursos ya citados. Este evento tuvo como objetivo principal proporcionar conocimientos sobre el área de geotecnologías aplicada a los recursos naturales y contó con una audiencia de más de 100 personas entre estudiantes, profesores, profesionales invitados y comunidad en general. En el mismo se dictaron siete conferencias, cinco exposiciones orales, doce exposiciones de carteles, así como cursos cortos en Fotogrametría Aérea con aviones no tripulados VANT y Agricultura de Precisión.

El encuentro tuvo una gran repercusión en el medio académico, al despertar el interés de otros investigadores para contribuir con estudios vinculados con el medio ambiente. Ante esto existe mucha expectativa para la próxima reunión, así como por los resultados de las futuras investigaciones, que podrían coadyuvar en la modificación del escenario actual.

Carta de la editora

La Revista Geográfica Venezolana es el órgano divulgativo del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, adscrito a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. En más de una ocasión, la Revista ha editado, además de los dos números que se publican cada año calendario, números especiales. De estos números especiales, hay que resaltar los dedicados a las *Jornadas de Sismicidad Histórica en Venezuela* (1998, 2003 y 2005; este último número también recogió, amén de las *IV Jornadas de Sismicidad Histórica en Venezuela*, las ponencias aceptadas para publicación del *V Simposio Venezolano de Historia de las Geociencias*, evento que se celebró de manera simultánea con las *IV jornadas*).

A fines del primer trimestre del año 2018, iniciamos un fructífero diálogo con profesores del Departamento de Ingeniería Forestal, Campo de Rolim de Moura, de la Universidad Federal de Rondônia, Brasil, en particular con el profesor Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, con quien iniciamos un intercambio de ideas con miras a la publicación en nuestra Revista, de varios de los resultados de investigación del Grupo de Investigación en Geoprosesamiento y Medio Ambiente (GEOMA). Este grupo de investigación acaba de cumplir 4 años de haberse constituido y su centro de atención ha sido y es la conservación ambiental del Bioma Amazónico. En estos cuatro años ha adelantado numerosas investigaciones, entre las que resaltan las del campo de la teledetección aplicada a la agricultura, silvicultura, geomorfología, recursos hídricos, etc.

De este intercambio entre la editora de la Revista Geográfica Venezolana y el precitado grupo de investigación, se concreta la posibilidad de que nuestra Revista publique un número especial dedicado a las cuencas hidrográficas de la Amazonía Occidental, en particular las del estado de Rondônia. Este proyecto se materializa a mediados del 2018, comenzando entonces todo el proceso editorial que significa la empresa de montar un número especial, además de los dos que la Revista publica en un año.

Es con mucho placer que presentamos a nuestros lectores el resultado de este trabajo llevado a cabo entre los colegas del GEOMA, en particular con el profesor Cavalheiro y el equipo editorial de la Revista Geográfica Venezolana, y que se plasma en este número especial 2019, dedicado como ya se señaló a las cuencas hidrográficas de la Amazonia Occidental de Brasil. No queremos dejar de mencionar el gran apoyo que siempre hemos tenido de nuestro diseñador gráfico Reinaldo Sánchez Guillén, para que este número especial viese la luz, a pesar de todas las vicisitudes que hemos confrontado para cumplir con el compromiso adquirido con nuestros colegas de la Universidad Federal de Rondônia. Esperamos que este sea el inicio de un fructífero intercambio entre quienes investigan en áreas de la ciencia geográfica o afines, fuera de nuestras fronteras y la Revista Geográfica Venezolana.

Carta da editora

A Revista Geográfica Venezolana é o órgão informativo do Instituto de Geografía e Conservación de Recursos Naturais, da Faculdade de Ciências Florestais e Ambientais, Universidade de Los Andes, Mérida, Venezuela. Em várias ocasiões, a Revista publicou, além dos números que todos os anos edita, edições especiais. Destas, é necessário destacar aquelas dedicadas as *Jornadas de Sismicidad Histórica en Venezuela* (1998, 2003 y 2005; este último número também incluiu, além das *IV Jornadas de Sismicidad Histórica en Venezuela*, os trabalhos aceitos para publicação do *V Simpósio Venezolano de Historia de las Geociencias*, evento realizado de maneira simultânea com as *IV jornadas*).

No final do primeiro trimestre de 2018, iniciou-se um diálogo com os professores do Departamento de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Rondônia, campus de Rolim de Moura, em particular com o professor Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro, com quem começamos uma troca de ideias com vista a publicação de resultados de investigação do Grupo de Pesquisa em Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA). O GEOMA acaba de completar 4 anos e seu foco tem sido e é a conservação ambiental do Bioma Amazônico. Nestes quatro anos, avançou inú-

meras pesquisas, dentre as quais se destacam as do campo de sensoriamento remoto aplicadas á agricultura, silvicultura, geomorfologia, recursos hídricos etc.

Dessa troca entre a editora da Revista Geográfica Venezolana e o GEOMA, especifica-se a possibilidade de publicar um número especial da Revista dedicado as bacias hidrográficas da Amazônia Ocidental (Rondônia). Esse projeto materializou-se em meados de 2018, iniciando toda a gestão editorial para uma tarefa de essa magnitude.

É com grande satisfação que apresentamos aos nossos leitores o resultado desde trabalho realizado em conjunto com os colegas do GEOMA, em particular com o professor Cavalheiro e a equipe editorial da Revista. Não desejamos deixar de mencionar o grande apoio que sempre tivemos de Reinaldo Sánchez Guillén, nosso designer gráfico, para que esta edição especial visse a luz, apesar de todas as vicissitudes que enfrentamos para cumprir o nosso compromisso com os colegas da Universidade Federal de Rondônia. Esperamos que este seja o começo de um intercâmbio frutífero entre aqueles que pesquisam em áreas da ciência geográfica ou afins, fora de nossas fronteiras, e a Revista Geográfica Venezolana.



Foto: Bacia do rio Guaporé
Autor: Jhony Vendruscolo



ARTIGOS

ARTÍCULOS

PAPERS

Caracterização morfométrica

da sub-bacia hidrográfica
do rio Mutum-Paraná,
Amazônia Ocidental, Brasil

Caracterización morfométrica de la subcuenca
del río Mutum-Paraná, Amazonía Occidental, Brasil

Morphometric characterization of the Mutum-Paraná River
sub-basin, Western Amazon, Brazil

Nilson Reinaldo Fernandes dos Santos Júnior

Jhony Vendruscolo

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Gilderlon dos Santos Soares

Anderson Roberto Bento

Diogo Martins Rosa

Resumo

Objetivou-se com o trabalho a caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Mutum-Paraná, Amazônia Ocidental. Foram realizadas análises geométricas (área, perímetro, índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator forma), relevo (declividade, altitude mínima, média e máxima, e amplitude altimétrica) e drenagem (classificação, densidade de drenagem e índice de sinuosidade). Para o processamento de dados SRTM, software QGIS 2.10.0 (versão Pisa) e complemento TauDEM. A sub-bacia apresenta área de 3.510,0284 km², perímetro de 315,5719 km, índice de circularidade de 0,4430, coeficiente de compacidade de 1,4914, fator de forma de 0,3020, relevo plano a suave ondulado em 82,65 % da área, altitude mínima de 78 e máxima de 297 m, drenagem dendrítica, com densidade de 2,23 km km⁻² e índice de sinuosidade de 1,1989. A sub-bacia do rio Mutum-Paraná possui baixa susceptibilidade a ocorrência de enchentes, tendência de baixa velocidade de escoamento superficial e boa capacidade de drenagem.

Palavras chave: recursos hídricos; geomorfologia; modelo digital de elevação; geoprocessamento; planejamento ambiental.

Resumen

Con este trabajo se caracterizó la morfometría de la subcuenca del río Mutum-Paraná, Amazonía Occidental. Se realizaron análisis geométricos (área, perímetro, índice de circularidad; coeficiente de compacidad y factor forma); relieve (pendiente, altitud mínima, media y máxima; densidad de drenaje e índice de sinuosidad). Para el procesamiento de los datos se utilizó SRTM, software QGIS 2.10.0 (versión Pisa) y el complemento TauDEM. La subcuenca tiene un área de 3.510,0284 km², perímetro de 315,5719 km, índice de circularidad de 0,4430, coeficiente de compacidad de 1,4914, factor forma de 0,3020, relieve plano a suave ondulado 82,65 % del área, altitud mínima de 78 e máxima de 297 m, drenaje dendrítico, con una densidad de 2,23 km km⁻² e índice de sinuosidad de 1,1989.

Palabras clave: recursos hídricos; geomorfología; modelo digital de elevación; geoprocessamiento; planificación ambiental.

Abstract

The objective of this work was the morphometric characterization of the sub-basin of the Mutum-Paraná River, Western Amazon. The geometric analyzes (area, perimeter, circularity index, compactness coefficient and shape factor), relief (slope, minimum altitude, average and maximum, and altimetric range) and drainage (classification, drainage density and sinuosity index). For SRTM data processing, QGIS 2.10.0 software (Pisa version) and TauDEM add-in. The sub-basin has an area of 3,510,0284 km², a perimeter of 315.5719 km, a circularity index of 0.4430, a compactness coefficient of 1.4914, a shape factor of 0.3020, a flat relief to a smooth corrugation in 82,65 % of the area, minimum altitude of 78 and maximum of 297 m, dendritic drainage, with density of 2.23 km km⁻² and sinuosity index of 1.1989. The sub-basin of the Mutum-Paraná River has low susceptibility to flood occurrence, tendency of low runoff velocity and good drainage capacity.

Key words: water resources; geomorphology; digital elevation model; geoprocessing; environmental planning.

1. Introdução

A pressão antrópica nos recursos naturais (solo e água), devido ao aumento populacional, elevou a necessidade de um planejamento ambiental. No passado, a maior preocupação governamental sobre o gerenciamento no uso da água era em como satisfazer as crescentes demandas, assim como enfrentar o problema de secas ou enchentes (Marengo, 2008).

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação, formada por um conjunto de nascentes e rede de drenagem, que direciona o escoamento para um único ponto de saída, conhecido como exutório (Tucci, 1997). Em função dessas características, a bacia hidrográfica tem grande influência na qualidade no ambiente, sendo considerada uma unidade territorial adequada para o planejamento ambiental, como observado no Plano Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

O estado de Rondônia é formado por 42 sub-bacias hidrográficas, dentre as quais, destaca-se a sub-bacia do rio Mutum-Paraná, localizada a noroeste do estado (Amazônia Sul-Occidental). Esta região apresenta como um dos principais problemas a intensificação do processo de erosão dos solos, devido à retirada da floresta, seguido da implantação de atividades agropecuárias (Watanabe *et al.*, 2016). Em função das pressões antrópicas, passou a ser alvo de vários estudos, principalmente, devido a construção da hidrelétrica de Jirau, que faz parte dos empreendimentos hidrelétricos do alto rio Madeira (Cruz, 2014).

Para o manejo adequado dos recursos hídricos é necessário a obtenção de informações das características morfométricas da bacia, por influenciar o sistema hidrológico e, conseqüentemente, a dinâmica do ecossistema (Teodoro *et al.*, 2007). Essas informações podem ser obtidas por meio de sistemas de

informações geográficas (SIG) e técnicas de geoprocessamento (Brubacher *et al.*, 2011), com baixo custo financeiro e tempo hábil.

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Mutum-Paraná, com o uso do geoprocessamento como ferramenta de obtenção dos dados.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada na sub-bacia hidrográfica do rio Mutum-Paraná (onde deságua no rio Madeira, o qual está inserido na bacia Amazônica); localiza-se a noroeste do estado de Rondônia, compreendendo parte dos municípios de Porto Velho e Nova Mamoré (Figura 1). A região apresenta clima Am (monção), com precipitação média anual de 2.100 mm e temperatura média de 26°C (Alvares *et al.*, 2014).

2.2 Caracterização morfométrica

Foram analisadas as características geométricas (área, perímetro, índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma), de relevo (altitude e declividade) e drenagem (padrão, densidade e índice de sinuosidade).

A área e o perímetro da sub-bacia hidrográfica foram obtidos do Atlas Geoambiental de Rondônia (SEDAM, 2002). A extração da rede de drenagem e os levantamentos hipsométrico e da declividade, foram realizados com base em imagens do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução de 30 m (USGS, 2017). Para o processamento dos dados utilizou-se o software QGIS 2.10.0 (versão Pisa), (QGIS Development Team, 2015), e o complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM).

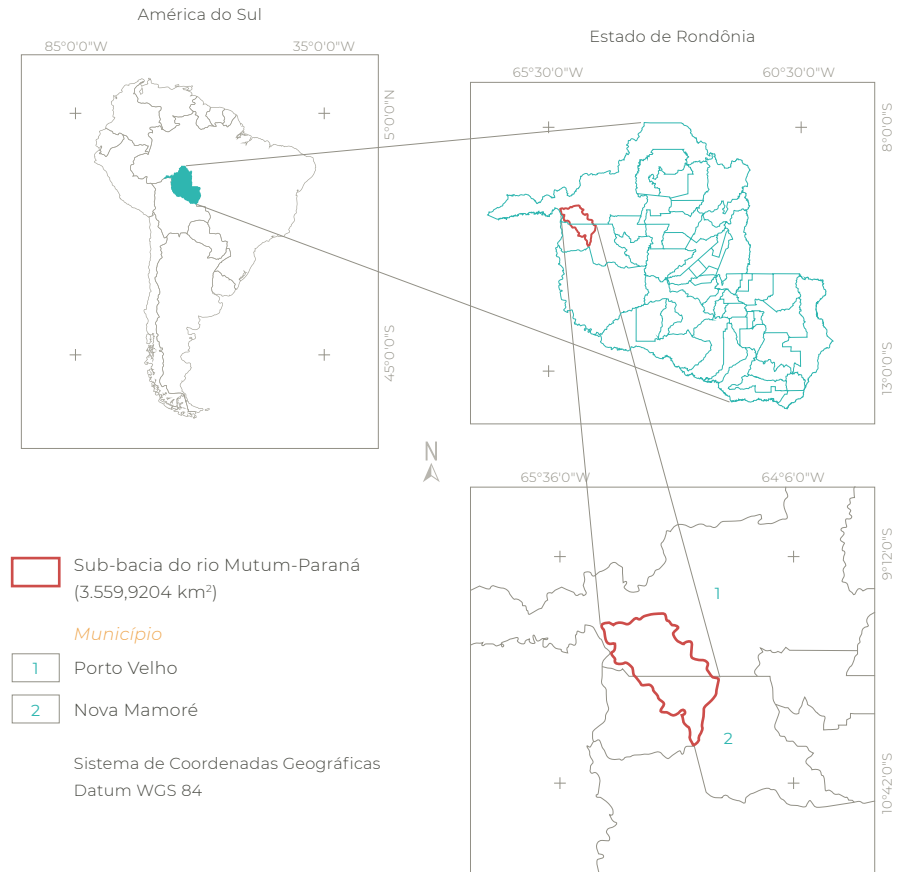


Figura 1 Localização e abrangência da sub-bacia hidrográfica do rio Mutum-Paraná no estado de Rondônia, Amazônia Ocidental, Brasil

O índice de circularidade relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro equivalente (Cardoso *et al.*, 2006), (Equação 1).

$$IC = (12,57 \times A) / p^2 \quad (1)$$

Onde: p = perímetro da bacia hidrográfica em km; A = área da bacia hidrográfica em km².

O coeficiente de compacidade define a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia (Cardoso *et al.*, 2006), (Equação 2). O Kc sempre será um valor > 1 , quanto menor o Kc , mais

circular será a bacia e maior a tendência a enchentes.

$$Kc = 0,28 \times P / \sqrt{A} \quad (2)$$

Onde: P = perímetro da bacia hidrográfica (km); A = área da bacia hidrográfica (km²).

O fator de forma é definido pela relação entre a largura média e o comprimento do eixo axial da bacia (Cardoso *et al.*, 2006), (Equação 3).

$$F = A / L^2 \quad (3)$$

Onde: A = área da bacia em km²; L = comprimento do eixo principal em km.

As altitudes mínima e máxima foram obtidos com base na imagem altimétrica SRTM, com resolução de 30 m, utilizando o software QGIS 2.10.0. A amplitude altimétrica foi obtida pela diferença entre altitude máxima e mínima.

O relevo foi classificado de acordo com a declividade, sendo adotadas as seguintes classes: plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%) e montanhoso (45-75%), (Santos *et al.*, 2013).

O padrão de drenagem foi obtido comparando a forma da distribuição dos cursos d'água (Parvis, 1950), (Figura 2).

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos cursos d'água com a área da bacia hidrográfica (Christofoletti, 1980), (Equação 4).

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

Onde: L = comprimento total dos cursos d'água (km); A = área de bacia (km²).

O índice de sinuosidade é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Alves e Castro, 2016), (Equação 5).

$$Is = L/Dv \quad (5)$$

Onde: L = comprimento do canal principal (km); Dv = distância vetorial do canal principal (km).

3. Resultados

A sub-bacia hidrográfica do rio Mutum-Paraná apresenta uma área de 3.559,92204 km², perímetro de 318,22 km, índice de circularidade de 0,4419, coeficiente de compacidade de



Figura 2 Classificação dos padrões de drenagem. Fonte: Adaptada do Google Earth®.

1,4934 e fator de forma de 0,3063. Com relação à altitude, verificou-se valor mínimo de 78 m, médio de 148,5 m, máximo de 297 m e amplitude de 219 m (Figura 3).

A região apresenta declividade variando de 0 a 80,0 %, enquadrando-se em quatro clas-

ses de relevo. As classes de predominância foram suave ondulado (48,75 %), plano (33,60 %) e ondulado (16,68 %), que correspondem a 99,03 % da área total da sub-bacia, os outros 0,94 % são classificados como Forte Ondulado (Figura 4).

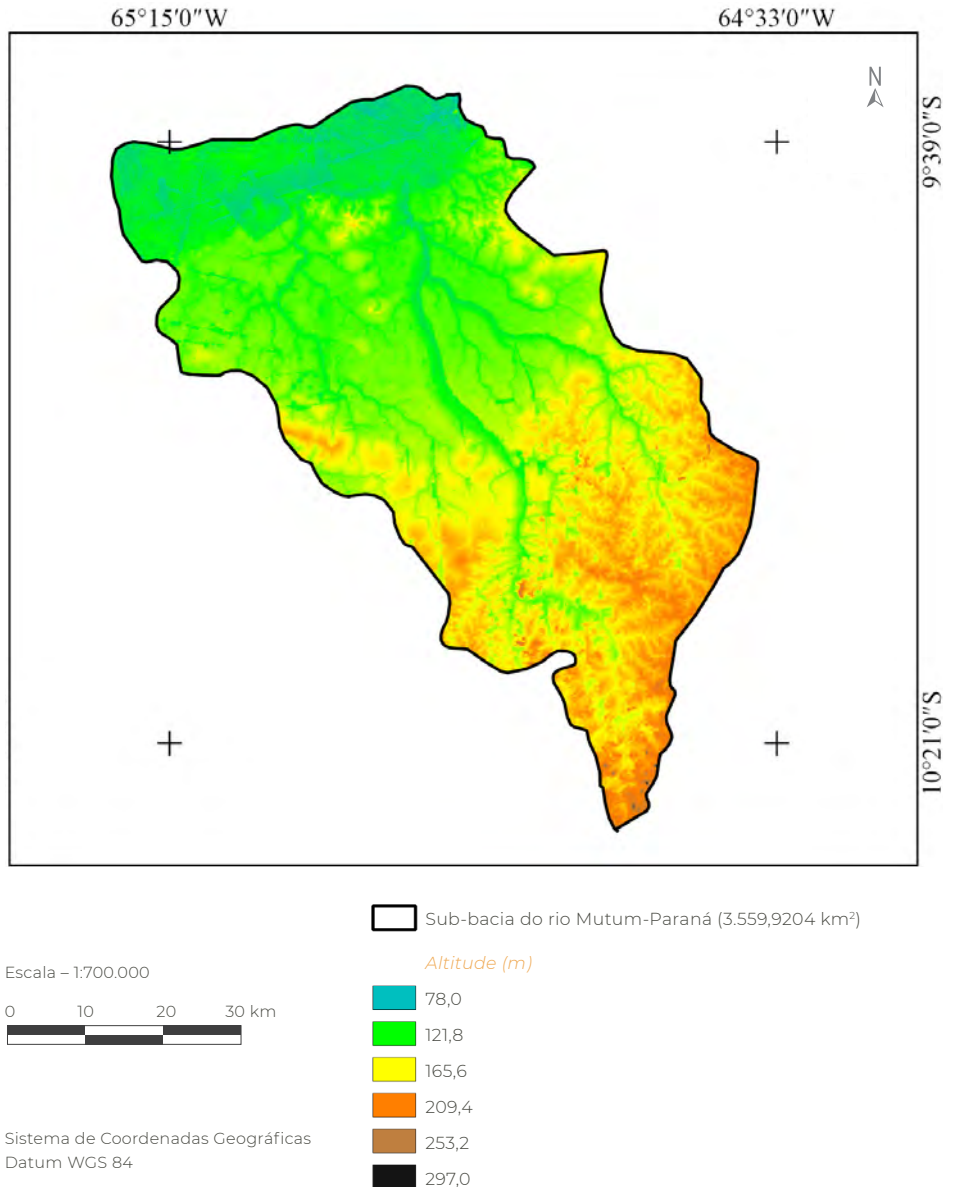


Figura 3 Mapa hipsométrico da sub-bacia do rio Mutum-Paraná, Amazônia Ocidental

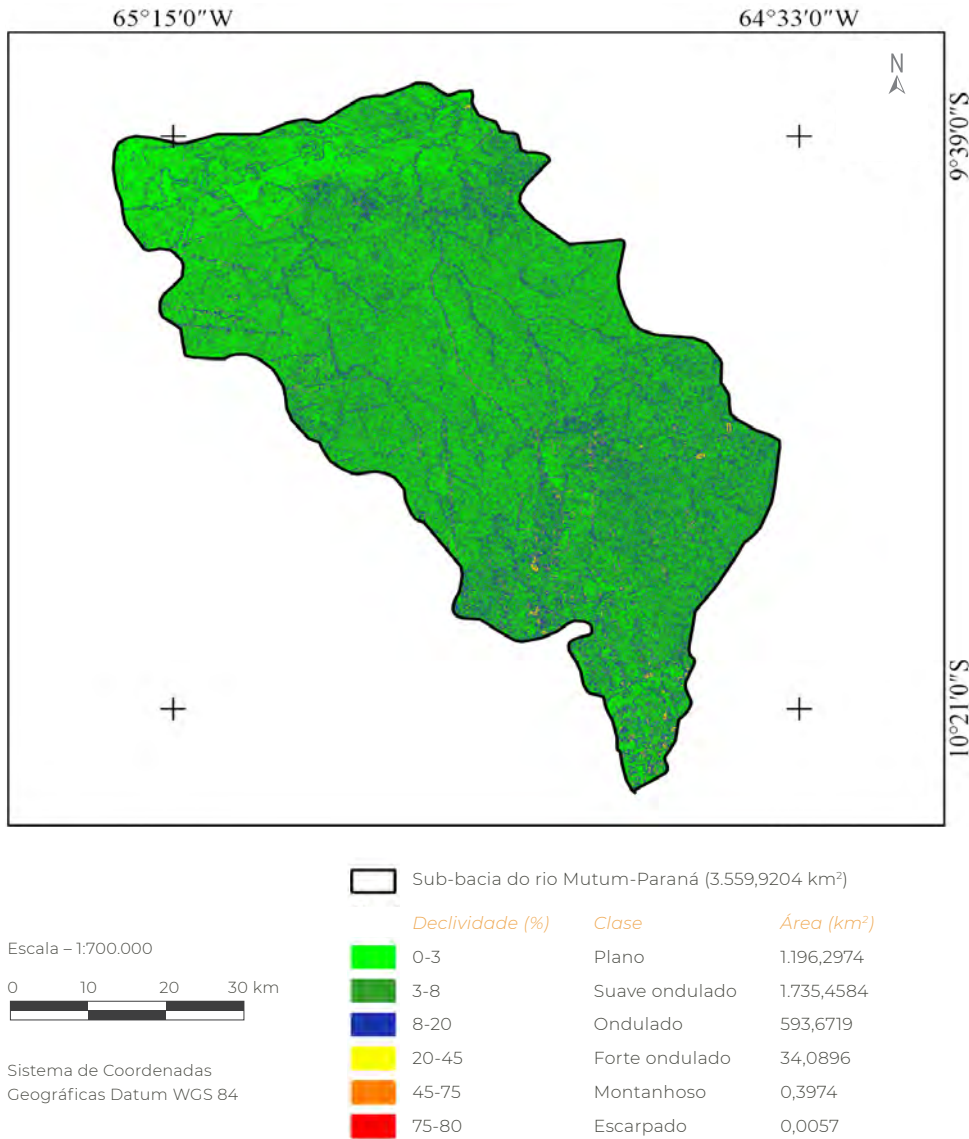


Figura 4 Classificação em relação à declividade da sub-bacia do rio Mutum-Paraná, Amazônia Ocidental

Na análise de drenagem constatou-se que a região apresenta o padrão do tipo dendrítico, com canal principal de 109,675 km, rede de drenagem total de 11.349,9649 km (Figura 5), densidade de drenagem de 3,19 km km⁻² e índice de sinuosidade de 1,1989.

4. Discussão dos resultados

Os valores de índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma, demonstram que a sub-bacia apresenta forma alongada, com baixo a médio nível de suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação.

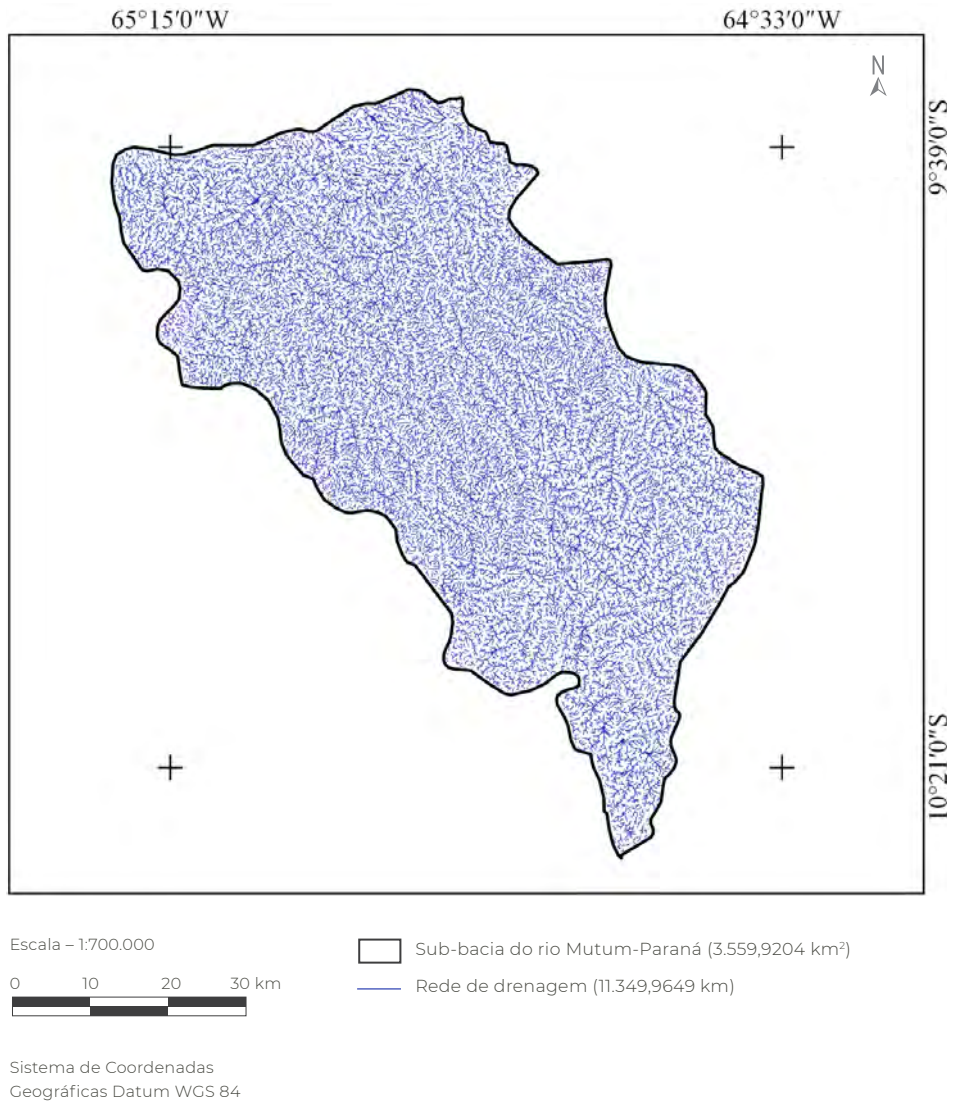


Figura 5 Rede hidrográfica da sub-bacia do rio Mutum-Paraná, Amazônia Ocidental

Em trabalho realizado por Cardoso *et al.* (2006), onde caracterizam a bacia do Debossan, RJ, localizada na região sudeste do país, se observa valores parecidos, onde a mesma é definida como de forma alongada, pois apresenta um coeficiente de compacidade (Kc) igual a 1,5842, além de um fator de forma

considerado baixo (0,3985). Em outro estudo, realizado por Andrade *et al.* (2008), na bacia do rio Manso, MT, constatou-se resultados semelhantes, com valores de índice de circularidade de 0,48, coeficiente de compacidade de 1,43 e fator de forma de 0,21, indicando que a bacia possui forma alongada, demonstrando pouca suscetibilidade a inundações.

O formato da bacia apresenta relação direta com o comportamento dos cursos d'água, fato este relatado por Spanghero *et al.* (2015); esses autores descrevem que o formato da bacia influencia o tempo que as águas precipitadas levam para alcançar o exutório.

A geomorfologia apresentada nos resultados preliminares em análise integrada da sub-bacia do rio Mutum-Paraná, realizada por Watanabe (2011), confirma a boa capacidade de descarga, pois se observa fraturas no raio central da sub-bacia, o que caracteriza um afunilamento da área de drenagem, acarretando em aumento da velocidade e volume de água escoado, ou seja, aumenta a possibilidade de uma alta capacidade de deságua. Além disso, estudos realizados por Umetsu *et al.* (2012), analisando a bacia de Carlinda, MT, observou-se um comportamento de escoamento lento, sendo as principais causas a forma oval e sua amplitude altimétrica de 56 m, indicando que outras bacias no país que se apresentam de forma oposta, tende a ser susceptível a inundações.

Na caracterização hipsométrica, observa-se uma amplitude altimétrica de 219 m, considerada baixa, o que explica o motivo da sub-bacia apresentar apenas quatro classes de relevo, e encontrar-se predominantemente entre as classes de plano a ondulado (99,03% da área total). Esses resultados demonstram, que a sub-bacia apresenta um relevo pouco declivoso, o que indica menores taxas de escoamento superficial, portanto, apresenta uma menor susceptibilidade aos processos erosivos.

As características do relevo de bacias hidrográficas, de acordo com Pissarra *et al.* (2004), descrevem a topografia do terreno de forma a indicar as proporções na qual os processos erosivos sucedem, ou seja, bacias mais

declivosas tendem a apresentar maiores quantidades de material removido do solo devido a maior velocidade de escoamento superficial.

De acordo com Villela e Mattos (1975), a densidade de drenagem pode variar de 0,5 km km⁻² em bacias com drenagem pobre, a 3,5 km km⁻², ou mais, em bacias bem drenadas. No entanto, não existe um consenso nas classificações da densidade de drenagem, pois segundo Christofolletti (1970), a densidade de drenagem é considerada baixa quando há menos do que 7,5 km km⁻², média quando os valores estão entre 7,5 e 10,0 km km⁻² e alta quando há mais do que 10,0 km km⁻². Sendo assim, a sub-bacia do rio Mutum-Paraná apresenta drenagem pobre de acordo com Christofolletti (1970), porém, para Villela e Mattos (1975) possui boa capacidade de drenagem.

Em estudos realizados por Spanghero *et al.* (2015), com bacias hidrográficas localizadas no litoral sul do estado da Bahia (rios Tijuípe e Tijuipinho), apresentam resultados de densidade de drenagem semelhantes, apresentando em média 3,20 km km⁻², sendo a bacia do Tijuipinho que demonstra os valores mais aproximados (2,67 km km⁻²) indicando que bacias de diferentes regiões do país possuem capacidade de drenagem parecidas. Contudo os resultados observados em outros estudos na Amazônia Ocidental, apresentados por Abud *et al.* (2015) no município de Xapuri, AC, demonstram-se de forma oposta, sendo a densidade de drenagem das sub-bacias estudadas, em média, de 0,90 km km⁻² caracterizadas como de baixa eficiência na drenagem.

O índice de sinuosidade encontrado foi de 1,1989, indicando que os rios principais que compõem a sub-bacia possuem a tendência de serem retilíneos, apresentando formas irregulares ou transicionais. De acordo com Schumm (1963) e Feitosa *et al.* (2012), valores

próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo, valores superiores a 2,0, indicam que os canais tendem a ser tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares.

Em trabalho realizado por Coutinho *et al.* (2011), na bacia hidrográfica do rio da Prata no Espírito Santo, observaram que o canal da bacia apresenta transição entre formas regulares e irregulares, podendo ser retilíneos ou tortuosos, pois demonstram valor do índice de sinuosidade intermediário (1,69).

5. Conclusão

A sub-bacia do rio Mutum-Paraná possui formato alongado, sendo comprovado pelo índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma, indicando baixa susceptibilidade a ocorrência de enchentes.

O relevo expressa um terreno pouco declivoso e, conseqüentemente, apresenta tendência de menor velocidade de escoamen-

to superficial e potencial para o uso no setor agropecuário e florestal.

A densidade de drenagem de 2,23 km km⁻², confirma que a sub-bacia apresenta boa capacidade de drenagem e necessidade de manejo mais rigorosos para a manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

O uso de técnicas de geoprocessamento, associado a sistemas de informações geográficas e dados de sensoriamento remoto (SRTM), foi eficiente para obtenção de informações a respeito das características morfométricas da sub-bacia do rio Mutum-Paraná, em tempo hábil com baixo custo financeiro.

6. Agradecimentos

Ao laboratório de Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA) da Universidade Federal de Rondônia, Campus Rolim de Moura, pelo apoio estrutural na obtenção dos dados, assim como os recursos que proporcionaram a condução da pesquisa.

7. Referências citadas

- ABUD, E. A.; LANI, J. L.; ARAÚJO, E. A. de; AMARAL, E. F. do; BARDALES, N. G. e E. I. FERNANDES FILHO. 2015. "Caracterização morfométrica das sub-bacias no município de Xapuri: subsídios à gestão territorial na Amazônia Ocidental". *Revista Ambiente & Água*, 10(2): 432-441.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M. e G. SPAROVEK. 2014. "Köppen's climate classification map for Brazil". *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M. D. P. e P. T. A. CASTRO. 2016. "Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 117-124.
- ANDRADE, N. L. R. de; XAVIER, F. V.; ALVES, E. C. R. de F.; SILVEIRA, A. e C. U. R. OLIVEIRA. 2008. "Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do rio Manso-MT". *Revista Brasileira de Geociências*, 27(2): 237-248.
- 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: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. [Consulta: junho, 2017].
- BRUBACHER, J. P.; OLIVEIRA, G. D. e L. A. GUASSELLI. 2011. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS. *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*. 1.279-1.286. Curitiba, Brasil. (30 de abril - 05 de maio).
- 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.
- CRISTOFOLETTI, A. 1970. *Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas*. Departamento de Geociências. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- CRISTOFOLETTI, A. 1980. *Geomorfologia*. Editora Edgard Blucher. São Paulo, Brasil.
- COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S. e G. de O. GARCIA. 2011. “Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio da Prata, Castelo, ES”. *Irriga*, 16(4): 369-381.
- CRUZ, M. L. 2014. *Estimativa do processo de precipitação efetiva da sub-bacia do rio Cotia/Rondônia através do modelo Curver Number*. Departamento de Geografia. Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- FEITOSA, A.; SANTOS, B. dos e M. do S. B. de ARAÚJO. 2012. “Caracterização morfométrica e identificação de áreas susceptíveis a erosão na bacia do rio Pajeú, PE: o estudo de caso da bacia do rio Pajeú/PE”. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 4(4): 820-836.
- MARENGO, J. A. 2008. “Água e mudanças climáticas”. *Estudos Avançados*, 22(63): 83-96.
- PARVIS, M. 1950. “Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks”. *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W. e A. S. FERRAUDO. 2004. “Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP)”. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(2): 297-305.
- QGIS development team. 2015. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.
- 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*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- SCHUMM, S. A. 1963. “Sinuosity of alluvial rivers on the Great Plains”. *Geological Society of America Bulletin*, 74(9): 1.089-1.100.
- SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2002. *Atlas Geoambiental de Rondônia*. Porto Velho, Brasil.
- SPANGHERO, P. E. S. F.; MELIANI, P. F. e J. S. MENDES. 2015. “Mapeamento hidrográfico de detalhe e análise morfométrica comparativa das bacias dos rios Tijuípe e Tijuipinho, Litoral sul da Bahia”. *Caminhos de Geografia*, 16(53): 101-117.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L. e B. B. FULLER. 2007. “O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local”. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, 11(1): 137-156.

- TUCCI, C. E. M. 1997. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. (2 ed). Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH, v. 4) / Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.
- UMETSU, R. K.; PEREIRA, N.; CAMPOS, É. M. F. de P. de; UMETSU, C. A.; MENDONÇA, R. A. M. de; BERNASCONI, P. e M. F. CAMARGO. 2012. “Análise morfométrica e socioambiental de uma bacia hidrográfica amazônica, Carlinda, MT”. *Revista Árvore*, 36(1): 83-92.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*. Disponível em: www.earthexplorer.usgs.gov. [Consulta: Janeiro, 2017].
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.
- WATANABE, M. 2011. *Análise integrada da paisagem da bacia do rio Mutum-Paraná*. Departamento de Geografia. Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- WATANABE, M.; OLIVEIRA, F. A. D.; NUNES, D. D. e T. E. CHECCHIA. 2016. “Análise geossistêmica e quantificação de perda de solo da bacia do rio Mutum-Paraná (RO)”. *Revista Franco-Brasileira de Geografia*, 29: 1-22.

Caracterização morfométrica

da sub-bacia hidrográfica do rio Capitão Cardoso Tenente Marques, Rondônia, Brasil

Caracterización morfométrica de la subcuenca del río Capitão
Cardoso Tenente Marques, Rondônia, Brasil

Morphometric characterization of the Capitão Cardoso Tenente
Marques River sub-basin, Rondônia, Brazil

Gilderlon dos Santos Soares

Nilson Reinaldo Fernandes dos Santos Junior

Ariane Cristine Rebelo Lima

Anderson Roberto Bento

Jhony Vendruscolo

Eduardo Candido Franco Rosell

Resumo

O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Capitão Cardoso Tenente Marques. Foram realizadas análises geométricas, de relevo e drenagem, com o uso integrado de sistemas de informações geográficas, sensoriamento remoto e geoprocessamento, utilizando o software Qgis e dados altimétricos. A sub-bacia apresenta área de 3.815,6272 km², perímetro de 566,5587 km, fator de forma de 0,1068, coeficiente de compacidade de 8,0783, índice de circularidade de 0,1494, altitude mínima de 172 m, média de 406,1 m, máxima de 636 m, amplitude altimétrica de 464 m, predomínio de relevo plano a ondulado (91,96%), padrão de drenagem dendrítico com densidade de 0,0705 km km⁻², rede de drenagem de 7.889,3168 km, índice de sinuosidade de 1,6205 e tempo de concentração de 61,7 h. As técnicas integradas disponibilizaram informações em tempo hábil e com baixo custo financeiro, fornecendo dados essenciais para a gestão da sub-bacia do rio Capitão Tenente Cardoso.

Palavras chave: recursos naturais; sistema de informação; Amazônia; drenagem.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue realizar la caracterización morfométrica de la subcuenca del río Capitão Cardoso Tenente Marques. Se realizaron análisis geométricos, de relieve y drenaje, con el uso integrado de sistemas de informaciones geográficas, sensores remotos y geoprociamiento, utilizando el software Qgis y datos altimétricos. La subcuenca presenta un área de 3.815,6272 km², perímetro de 566,5587 km, factor de forma de 0,1068, coeficiente de compacidad de 8,0783, índice de circularidad de 0,1494, altitud mínima de 172 m, media de 406,1 m, máxima de 636 m, amplitud altimétrica de 464 m, predominio de relieve plano a ondulado (91,96%), patrón de drenaje dendrítico con densidad de 0,0705 km km⁻², red de drenaje de 7.889,3168 km, índice de sinuosidad de 1,6205 y tiempo de concentración de 61,7 h. Las técnicas integradas proporcionaron información a tiempo y a bajo costo, proporcionando datos esenciales para la gestión de la subcuenca del río Capitán Teniente Cardoso.

Palabras clave: recursos hídricos; geomorfología; modelo digital de elevación; geoprociamiento; planificación ambiental.

Abstract

The objective of this work was to perform the morphometric characterization of the Capitão Cardoso Tenente Marques River sub-basin. Geometric, relief and drainage analyzes were performed with the integrated use of geographic information systems, remote sensing and geoprocessing, using Qgis software and altimetric data. The sub-basin has an area of 3,815,6272 km², a perimeter of 566,5587 km, a shape factor of 0.1068, a compactness coefficient of 8.0783, a circularity index of 0.1444, a minimum altitude of 172 m, average of 406.1 m, maximum of 636 m, altimetric range of 464 m, predominance of flat relief to Ripple (91.96%), dendritic drainage pattern with a density of 0.0705 km km⁻², drainage network of 7.889.3168 km, sinuosity index of 1.6205 and concentration time of 61.7 h. The integrated techniques provided information in a timely manner and with a low financial cost, providing essential data for the management of the Captain Tenente Cardoso River sub-basin.

Key words: natural resources; information system; Amazon; drainage.

1. Introdução

Os recursos hídricos são essenciais para o desenvolvimento sustentável da sociedade, contudo, ações antrópicas como o uso inadequado do solo têm ocasionado a degradação ambiental e a perda de quantidade e qualidade deste recurso natural, comprometendo as gerações atuais e futuras. Em função da importância dos recursos hídricos e da necessidade de planejamento ambiental, surgiu a Lei nº 9.433/97, que considera a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

Ao considerar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, permite-se que seja realizado o monitoramento da qualidade da água, sendo possível identificar as regiões mais vulneráveis em função das atividades humanas, para elaboração de estratégias visando o gerenciamento, uso e conservação dos recursos hídricos (Marconati Santi *et al.*, 2012). E por ser uma unidade de interação dos setores sociais e naturais, pode ser administrada para minimizar os impactos ambientais (Garbeline, 2015).

O estado de Rondônia é formado por 8 bacias hidrográficas, dentre as quais tem-se a bacia do rio Roosevelt, formado por 3 sub-bacias (SEDAM, 2002). A sub-bacia do rio Capitão Cardoso Tenente Marques, apresenta suas nascentes de cabeceira localizadas na Chapada dos Parecis, no município de Vilhena-RO, e encontra-se inserida dentro do Parque Indígena do Aripuanã, sendo responsável pela manutenção da biodiversidade dessa região. Apesar da importância desta sub-bacia, verifica-se na literatura que há baixa disponibilidade de informações que auxiliem no seu planejamento ambiental.

Os sistemas de informações geográficas (SIG), associados às técnicas de geoprocessamento, permitem a obtenção de informações em tempo hábil e com baixo custo, que são úteis para o planejamento ambiental. Dentre as informações necessárias ao planejamento de bacias hidrográficas, destaca-se as características morfométricas, que permitem avaliar seu comportamento hidrológico (Villela e Mattos, 1975) e entender as diversas questões relacionadas à dinâmica ambiental local (Christofletti, 1970).

O presente trabalho teve como objetivo realisar a caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Capitão Cardoso Tenente Marques, visando à obtenção de dados para subsidiar o planejamento do manejo dos recursos hídricos.

2. Material e métodos

A pesquisa foi realizada na sub-bacia do rio Capitão Cardoso Tenente Marques, localizada no município de Vilhena (Figura 1). O município tem clima do tipo Am (Monção), média pluviométrica anual de 2.000 mm e temperatura média de 25 °C (Alvares *et al.*, 2014).

Foram realizadas análises de relevo (altitude mínima, máxima e média, amplitude altimétrica e declividade), geométricas (área, perímetro, fator de forma, coeficiente de compactidade e índice de circularidade), e análise da drenagem (padrão de drenagem, densidade de drenagem, índice de sinuosidade e tempo de concentração), com auxílio dos softwares QGIS 2.10 (versão Pisa) e dados altimétricos do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução de 30 m (USGS, 2017).

Inicialmente realizou-se a delimitação e o perímetro da sub-bacia, com base no mapa de bacias e sub-bacias hidrográficas do estado de Rondônia (SEDAM, 2002), obteve-se os valores

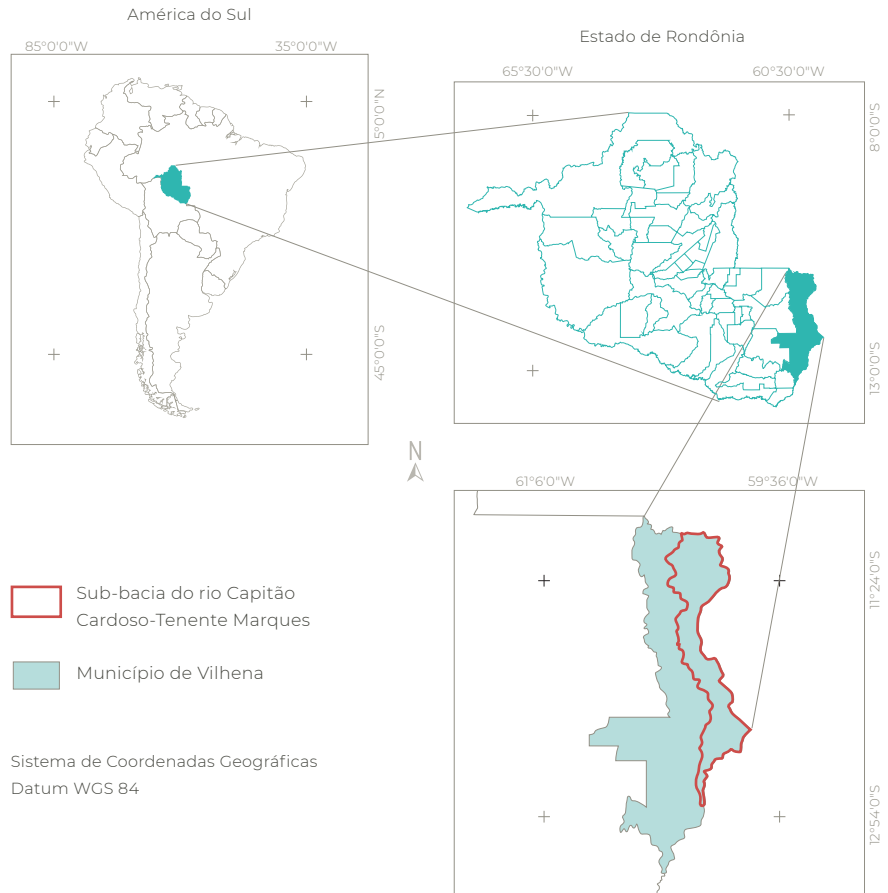


Figura 1 Localização e abrangência da sub-bacia do rio Capitão Cardoso-Tenente Marques, Amazônia Ocidental, Brasil

de altitude (mínimo, máximo, médio e amplitude), calculou-se a declividade, classificada de acordo com Santos *et al.* (2013), em relevo plano (0-3 %), suave ondulado (3-8 %), ondulado (8-20 %), forte ondulado (20-45 %), montanhoso (45-75 %) e escarpado (> 75 %), e extraiu-se a rede de drenagem, com a ferramenta *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM). Posteriormente calculou-se demais parâmetros.

O fator de forma corresponde à razão entre a largura média e o comprimento axial

da bacia, e foi determinado pela equação 1 (Rodrigues e Adami, 2005):

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

Sendo: F = fator de forma; A = área da bacia e L = comprimento do eixo da bacia.

O coeficiente de compacidade, constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (Cardoso *et al.*, 2006), foi obtido pela equação 2 (Rodrigues e Adami, 2005):

$$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Sendo: Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro da bacia e A = área da bacia.

O índice de circularidade tende para unidade 1 à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada, e foi calculada utilizando a equação 3 (Cardoso *et al.*, 2006):

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (3)$$

Sendo: IC = índice de circularidade; A = área da bacia e P = perímetro da bacia.

O padrão de drenagem foi obtido comparando a forma de distribuição da drenagem (Parvis, 1950).

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica (Christofoletti, 1980), e foi calculada com a equação 4:

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (4)$$

Sendo: Dd = densidade de drenagem; L = comprimento total dos rios ou canais e A = área da bacia.

O índice de sinuosidade é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Alves e Castro, 2016), e foi calculada com a equação 5:

$$Is = \frac{L}{Dv} \quad (5)$$

Sendo: Is = índice de sinuosidade; L = comprimento do canal principal; Dv = distância vetorial do canal principal.



Figura 2 Padrões de drenagem. Adaptado de imagens do Google Earth

O tempo de concentração define o tempo necessário para que toda a bacia contribua no exutório, incluindo o ponto mais distante do mesmo, e foi calculada com a equação 6.

$$T_c = (0,87 \times \frac{L^3}{H})^{0,385} \quad (6)$$

Sendo: T_c = tempo de concentração, em h;
 L = comprimento do rio principal, em km;
e H = diferença de nível entre o início e o final do rio principal, em m.

3. Resultados

A sub-bacia hidrográfica do rio Capitão Cardoso Tenente Marques apresenta uma área de drenagem total de 3.815,6272 km², perímetro de 566,5587 km, fator de forma de 0,1068, coeficiente de compacidade de 8,0783 e índice de circularidade de 0,1494, respectivamente. Com relação à altitude, verificou-se valor mínimo de 172 m, médio de 406,1 m, máximo de 636 m e amplitude de 464 m (Figura 3).

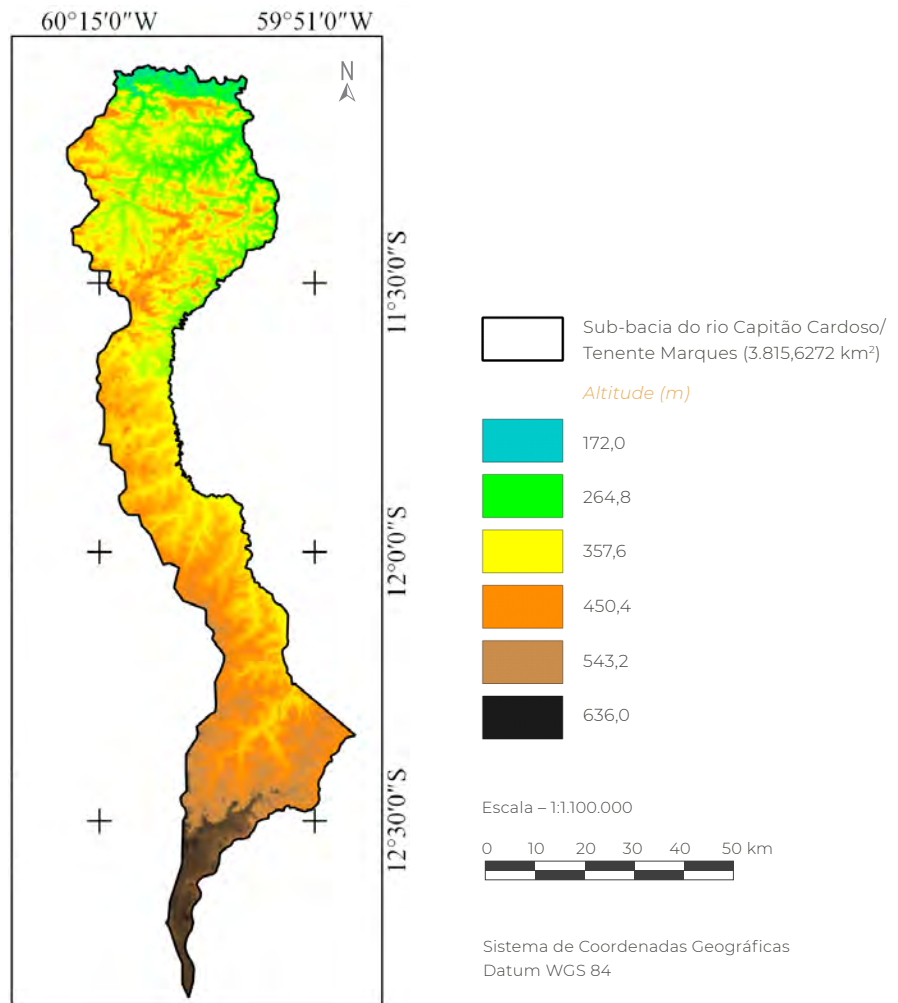


Figura 3 Mapa hipsométrico da sub-bacia do rio Capitão Cardoso Tenente Marques

A região apresenta relevo variando de plano a escarpado, com predominância de suave ondulado (39,78%), ondulado (29,31%) e plano (22,87%) (Figura 4), que correspondem á 91,96% da área total da sub-bacia.

Em relação à análise de drenagem constatou-se que a região apresenta o padrão do tipo dendrítico, com canal principal de 269 km, rede de drenagem total de 7.889,3168 km (Figura 5), densidade de drenagem de 0,0705 km km⁻², índice de sinuosidade de 1,6205 e tempo de concentração de 61,7 h.

4. Discussão dos resultados

O fator de forma indica que a sub-bacia apresenta valor alongado e não está sujeita a inundações, de acordo com a classificação de Tucci (2007). Este formato reduz o risco de enchente por elevar o tempo de concentração, em relação a uma bacia com a mesma área e com formato arredondado. O coeficiente de compacidade foi superior a 1,50, de modo que, a sub-bacia foi classificada como não sujeita a enchente (Tucci, 2007). Com relação ao índice de circularidade, o mesmo sugere baixa

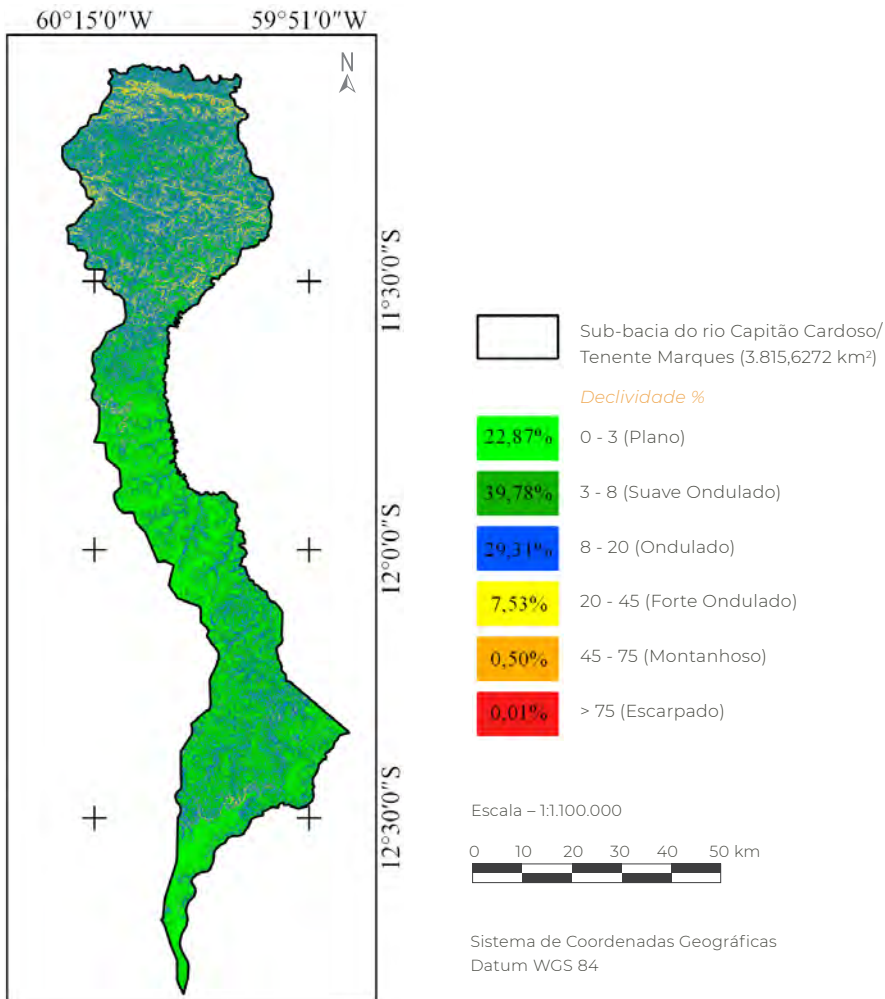


Figura 4 Características do relevo na sub-bacia do rio Capitão Cardoso Tenente Marques

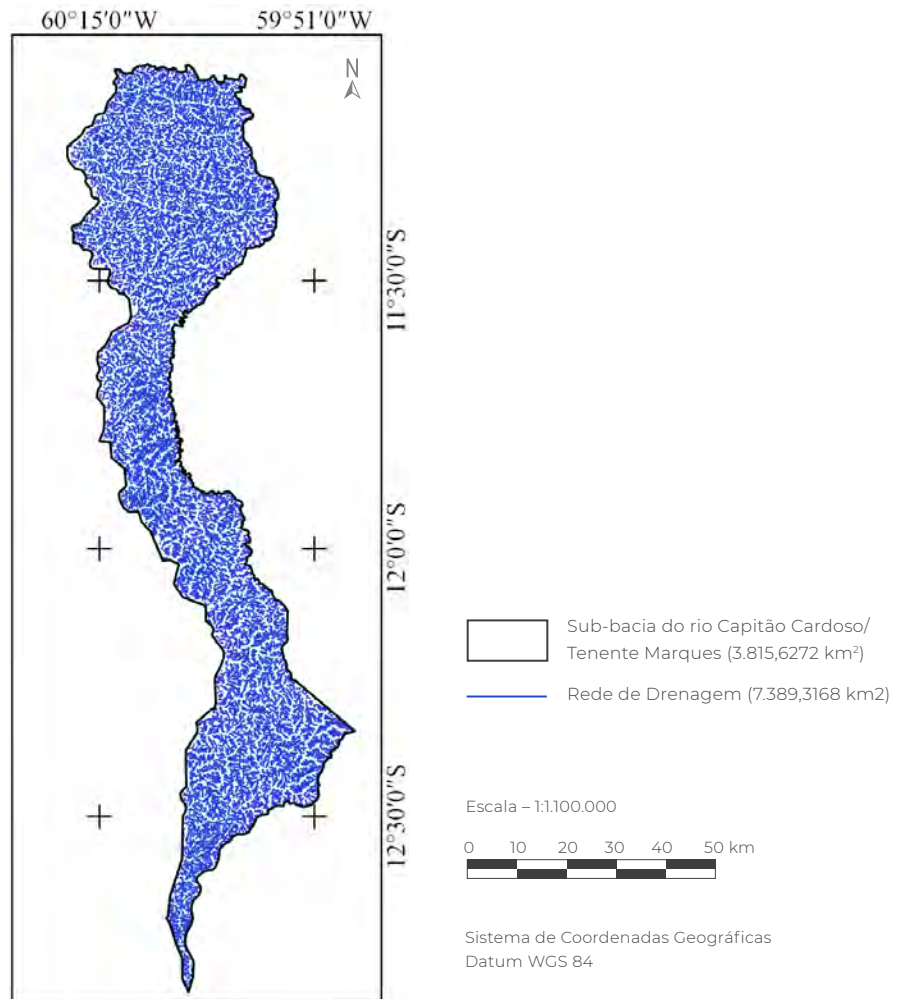


Figura 5 Rede hidrográfica da sub-bacia do rio Capitão Cardoso Tenente Marques

suscetibilidade a inundações ($IC < 0,51$), de acordo com a classificação de Schumm (1956), comprovando o resultado do fator de forma. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Oliveira *et al.* (2010), Cardoso *et al.* (2006) e Tonello *et al.* (2006), em bacias localizadas nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, demonstrando que essas características também ocorrem em outros estados brasileiros.

Os resultados dos valores de altitude (**Figura 3**), principalmente de amplitude altimétrica (464 m) considerado baixa, em função da grande extensão da área, explicam porque o relevo da sub-bacia predominante encontra-se entre as classes de plano a ondulado (91,96% da área total). A altitude influencia a distribuição geográfica de espécies florestais, destacando-se aquelas que estão relacionadas com atividade madeireira, sendo útil, portanto para estudos de biodiversidade, conservação e gestão florestal (Figueiredo *et al.*, 2015).

De acordo com Tonello *et al.* (2006), a declividade de uma bacia hidrográfica é relevante no seu planejamento, tanto para com o comprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções antrópicas no meio, possui ainda importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos.

Geralmente, quando se eleva a declividade do terreno, aumenta-se o volume de escoamento superficial (Garotti e Barbassa, 2010), tendo em vista que o tempo necessário para que ocorra a infiltração torna-se reduzido, em relação à área planas. Esse problema é acentuado quando o solo apresenta barreiras físicas, provenientes de condições naturais (ex.: camada rochosa) ou de ações antrópicas (ex.: compactação em sistemas agropecuários), e tendem a elevar o potencial do processo erosivo (Galindo *et al.*, 2008).

Em virtude dos problemas que a declividade pode ocasionar na sub-bacia, recomenda-se o uso de práticas de manejo conservacionista, principalmente na região sul da área, onde concentram-se os sistemas agropecuários. Dentre as práticas tem-se a manutenção da cobertura do solo (plantio direto), adoção de curvas de nível e plantio em contorno. A cobertura do solo reduz o impacto direto das gotas de chuva e serve como barreira física para o escoamento superficial (Coelho Netto, 2005), reduzindo assim o comprimento de rampa e elevando a infiltração de água no sistema. E o plantio em contorno atua como barreira física, reduzindo o escoamento superficial e elevando a infiltração, além de diminuir a amplitude térmica e conservar melhor a umidade no solo (Volk *et al.*, 2004). Todas essas práticas, além de reduzir o efeito do processo erosivo, elevam a recarga do lençol freático e, conseqüentemente, a disponibilidade de água ao longo do ano.

A sub-bacia apresenta drenagem dendrítica, com comprimento total dos cursos d'água de 7.389,3168 km (Figura 5) e densidade de 1,94 km km⁻². De acordo com Villela e Mattos (1975), a densidade de drenagem pode variar de 0,5 km km⁻² a 3,5 km km⁻² (ou mais), representando bacias com drenagem pobre e bem drenadas, respectivamente, indicando que a bacia do rio Tenente Capitão Cardoso possui média capacidade de drenagem, valor similar aos encontrados por Cardoso *et al.* (2006). É importante ressaltar que esses valores ajudam o profissional a entender o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem e planejar de forma eficaz manejos para conservação dos recursos hídricos.

Em relação ao índice de sinuosidade obteve-se o valor de 1,6205 indicando que a sub-bacia pode ser classificada como regular. Para Schumm (1963), valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo, os valores superiores a 2,0 tendem a ser tortuosos e os valores intermediários tendem a ser formas transicionais, regulares e irregulares. A sinuosidade dos canais é influenciada pelas características geológicas e geomorfológicas (Maia e Bezerra, 2014).

O comportamento hidrológico das rochas, em um mesmo ambiente, vai repercutir a densidade de drenagem, onde a infiltração é mais dificultada ocasionando maior escoamento superficial, gerando possibilidades maiores para esculturação de canais permanentes e conseqüentemente densidade de drenagem mais elevada (Teodoro *et al.*, 2007).

5. Considerações finais

A sub-bacia tem baixa suscetibilidade de enchente, contudo recomenda-se a adoção de práticas de manejo conservacionista que favo-

reçam a infiltração de água no solo, devido ao elevado índice pluviométrico da região.

A densidade de drenagem da sub-bacia hidrográfica do rio Capitão Cardoso Tenente Marques é de 1,94 km km⁻², podendo-se afirmar que a bacia em estudo apresenta uma profunda dissecação fluvial, que permite a manutenção da perenidade dos cursos de água em função da pluviosidade elevada, desde que seja adotada técnicas de manejo do solo adequadas.

A integração dos sistemas de informação geográficas, sensoriamento remoto e geoprocessamento possibilitou a obtenção de informações em tempo hábil e com baixo custo financeiro, ao mesmo tempo que forneceu dados essenciais para a gestão da sub-bacia do rio Capitão Tenente Cardoso, inclusive com correlação ao componente florestal.

6. Agradecimentos

Ao laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal de Rondônia, Campus Rolim de Moura, pelo apoio estrutural para obtenção dos dados assim como os recursos que proporcionaram a condução de nossa pesquisa. E ao professor Jhony Vendruscolo pela revisão de texto e sugestões na elaboração do artigo e por compartilhar seus conhecimentos nesta obra.

7. Referências citadas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M. e G. SPAROVEK. 2014. "Köppen's climate classification map for Brazil". *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M. D. P. e P. T. A. CASTRO. 2016. "Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 117-124.
- 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: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. [Consulta: junho, 2017].
- CARDOSO, C. A. C.; 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.
- COELHO NETTO, A. L. 2005. "A interface florestal-urbana e os desastres naturais relacionados à água no maciço da Tijuca: desafios ao planejamento urbano numa perspectiva sócio-ambiental". *Revista do Departamento de Geografia*, 16: 46-60.

- CHRISTOFOLETTI, A. 1970. *Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas*. Departamento de Geociências. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. *Geomorfologia*. Editora Edgard Blucher. São Paulo, Brasil.
- FIGUEIREDO, S. M. de 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 Amazonica*, 45(2): 167-174.
- GAROTTI, L. M. e BARBASSA, A. P. 2010. "Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial." *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 15(1): 19-28.
- GARBELINE, C. B. 2015. "Análise sócio temporal do município de Brasilândia, Mato Grosso do Sul". *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 11(5): 1-10.
- GALINDO, I. C. de L.; RIBEIRO, M. R., SANTOS, M. de F. de A. V. S.; LIMA, J. F. W. F e R. F. de A. L. FERREIRA. 2008. "Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(3): 1.283-1.296.
- MAIA, R. P. e F. H. R. BEZERRA. 2014. "Condicionamento estrutural do relevo no nordeste setentrional brasileiro". *Mercator*, 13(1): 127-141.
- MARCONATI S., G.; FURTADO, C. de M.; MENEZES, R. S. de e E. C. KEPPELER. 2012. "Variabilidade espacial de parâmetros e indicadores de qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil". *Ecologia Aplicada*, 11(1): 23-31.
- OLIVEIRA, P. T. S. D.; ALVES SOBRINHO, T.; STEFFEN, J. L. e D. B. B. RODRIGUES. 2010. "Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(8): 819-825.
- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in air photo identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- RODRIGUES, C. e S. ADAMI. 2005. "Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas". In: VENTURI, L.A.B (Org.). *Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental*. p. 147-166. Editora Oficina de Textos. São Paulo, Brasil.
- 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*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- SCHUMM, S. A. 1956. "Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey". *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646.
- SCHUMM, S. A. 1963. "Sinuosity of alluvial rivers on the Great Plains". *Geological Society of America Bulletin*, 74(9): 1.089-1.100.
- SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2002. *Atlas Geoambiental de Rondônia*. SEDAM. Porto Velho, Brasil.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L. e B. B. FULLER. 2007. "O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local". *Revista Brasileira Multidisciplinar*, 11(1): 137-156.

- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. D.; RIBEIRO, C. A. A. S. e F. P. LEITE. 2006. “Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG”. *Revista Árvore*, 30(5): 849-857.
- TUCCI, C. E. M. 2007. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. Editora da Universidade do Rio Grande do Sul/ABRH. Porto Alegre, Brasil.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*. Disponível em: www.earthexplorer.usgs.gov. [Consulta: janeiro, 2017].
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.
- VOLK, L. B. D. S.; COGO, N. P. e E. V. STRECK. 2004. “Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal”. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(4): 763-774.

Hidrogeomorfometria e índice

de desmatamento da microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil

Hidrogeomorfometría e índice de deforestación
de la microcuenca del río Tinguí, Amazonia Occidental, Brasil

Hydrogeomorphometry and rate of deforestation
of the Tinguí River microbasin, Western Amazon, Brazil

Larissa Pires dos Santos

Diogo Martins Rosa

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Jhony Vendruscolo

Eduardo Candido Franco Rosell

Trent Biggs

Rosalvo Stachiw

Resumo

Características morfométricas e cobertura da terra influenciam na dinâmica de uma bacia hidrográfica e a quantificação das mesmas é necessária para um planejamento ambiental adequado. Objetivou-se caracterizar a morfometria e as taxas de desflorestamento da microbacia do rio Tinguí, onde ocorreram inundações em áreas urbanas, danificando propriedades. Analisou-se as características geométricas, relevo, rede de drenagem e cobertura vegetal para os anos de 1985, 1995, 2005 e 2015. A microbacia tem uma forma alongada, tendência de baixa a média suscetibilidade a inundações, padrão de drenagem dendrítica de 5ª ordem com um tempo de concentração de 8 horas e relevo suavemente ondulado. A área desmatada aumentou de 1985 (58,41 km², 52,5% da área da bacia) para 2005 (98,70 km²), com pequeno aumento na área de cobertura florestal de 2005 a 2015, predominantemente em áreas ripárias (4,37 km²). As informações sobre características morfométricas e cobertura do solo podem ser utilizadas para orientar a formação de políticas públicas, auxiliando o desenvolvimento sustentável. Pesquisas futuras devem investigar o impacto do desmatamento e reflorestamento na magnitude das inundações e tentar vincular a eficácia do Código Florestal Brasileiro.

Palavras chave: impacto da colonização; cobertura do solo; recursos hídricos; risco de inundação; planejamento ambiental.

Resumen

Las características morfométricas y la cobertura de la tierra influyen en la dinámica de las cuencas hidrográficas y su cuantificación es necesaria para una planificación ambiental adecuada. Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar la morfometría y las tasas de deforestación de la microcuenca del río Tinguí, en la que han ocurrido inundaciones que han afectado áreas urbanas, dañando propiedades. Se analizaron características geométricas, de relieve, red de drenaje y cobertura vegetal para los años 1985, 1995, 2005 y 2015. La microcuenca tiene una forma alargada, tendencia de baja a media susceptibilidad a inundaciones, patrón de drenaje dendrítico de 5º orden con un tiempo de concentración de 8 horas y relieve suavemente ondulado. El área deforestada aumentó de 1985 (58,41 km², 52,5% del área de la cuenca) para 2005 (98,70 km²), con un pequeño aumento en el área de cobertura forestal de 2005 a 2015, predominantemente en áreas ribereñas (4,37 km²). Las informaciones sobre características morfométricas y cobertura del suelo pueden ser utilizadas para orientar la formación de políticas públicas, auxiliando el desarrollo sostenible. Las investigaciones futuras deben investigar el impacto de la deforestación y reforestación en la magnitud de las inundaciones e intentar vincular la eficacia del Código Forestal Brasileño.

Palabras clave: impacto de la colonización; cobertura del suelo; recursos hídricos; riesgo de inundación; planificación ambiental.

Abstract

Morphometric characteristics and land cover influence the dynamics of a river basin and their quantification is necessary for adequate environmental planning. The objective was to characterize the morphometry and the deforestation rates of the Tinguí River microbasin, where flooding occurred in urban areas, damaging properties. It was analyzed the geometric characteristics, relief, drainage network and vegetation cover for the years 1985, 1995, 2005 and 2015. The microbasin has an elongated shape, tendency of low to medium susceptibility to floods, 5th order dendritic drainage pattern with a concentration time of 8 hours and gently undulating relief. The deforested area increased from 1985 (58.41 km², 52.5% of the basin area) to 2005 (98.70 km²), with a small increase in forest coverage area from 2005 to 2015, predominantly in riparian areas (4.37 km²). The information on morphometric characteristics and soil cover can be used to guide the formation of public policies, aiding sustainable development. Future research should investigate the impact of deforestation and reforestation on the magnitude of floods and try to link the effectiveness of the Brazilian Forest Code.

Key words: impact of colonization; soil cover; water resources; flood risk; environmental planning.

1. Introdução

A bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um corpo d'água e seus afluentes, que irão retratar as consequências do uso e ocupação do solo (Pires *et al.*, 2002). Em função destas características, a bacia é considerada como uma unidade territorial de planejamento e gestão ambiental (Brasil, 1997), adequada principalmente para o manejo correto dos recursos hídricos. A água é um recurso natural vital para a existência de vida no planeta, e possui indiscutível importância na formação hídrica atmosférica, influenciando o clima das regiões (Donadio *et al.*, 2005; Linhares *et al.*, 2005).

Existem vários fatores que interferem na dinâmica da bacia e, conseqüentemente, no planejamento ambiental, dentre os quais inclui-se a cobertura do solo e as características morfométricas. A supressão da vegetação nativa para a formação de sistemas agropecuários é considerada como um dos principais processos modificadores da paisagem na região da Zona de Mata Rondoniense, como pode ser visto no trabalho de Cavalheiro *et al.* (2015). Esse processo estimula alterações no comportamento hidrológico da bacia (Santos, 2010), afetando as reservas superficiais e subterrâneas de água, e podem ocasionar desastres como enchentes em áreas urbanas (Schutz e Jacques, 2016). A caracterização morfométrica é um dos principais mecanismos utilizados em análises hidrológicas e ambientais, por permitir a obtenção de informações sobre os parâmetros morfológicos da bacia e alterações causadas pela interferência antrópica (Pissarra *et al.*, 2010).

Os sistemas de informações geográficas (SIG) associados a técnicas de geoprocessamento são frequentemente utilizados para avaliação da cobertura florestal e caracterização morfométricas da bacia, como pode

ser observado na literatura (Calil *et al.*, 2012; Ferrari *et al.*, 2013; Piontekowski *et al.*, 2014; Cavalheiro *et al.*, 2015). Essas ferramentas permitem o monitoramento e a obtenção de informações de grandes áreas, que fornecem subsídios para o planejamento adequado da bacia hidrográfica, e tem como principais vantagens o rápido tempo de aquisição de dados e o baixo custo financeiro.

O presente trabalho teve como objetivo elaborar o índice de desmatamento e realizar a caracterização morfométricas da microbacia do rio Tinguí.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde à microbacia do rio Tinguí, inserida nos municípios de Alta Floresta D'Oeste (98,04 %), Santa Luzia D'Oeste (0,41 %) e Rolim de Moura (1,55 %), no estado de Rondônia (Figura 1). A região tem clima do tipo Am (Monção), (Alvares *et al.*, 2014), com precipitação anual de 1.730,5 mm, concentrada principalmente nos meses de janeiro a março, temperatura média anual 25,3 °C (SEDAM, 2012), e vegetação nativa classificada como floresta ombrófila aberta submontana com cipós associada com floresta ombrófila aberta submontana com palmeiras (IBGE, 2012).

2.2 Caracterização morfométrica

Foram analisados os parâmetros de área, perímetro, altitude, relevo, fator de forma (F), coeficiente de compacidade (Kc), índice de circularidade (Ic), padrão de drenagem (Pd), ordem dos cursos d'água, densidade de drenagem (Dd), densidade de nascentes (Dn), número de nascentes (Nn), índice de sinuosidade (Is) e tempo de concentração (Tc), (Tabela 1).

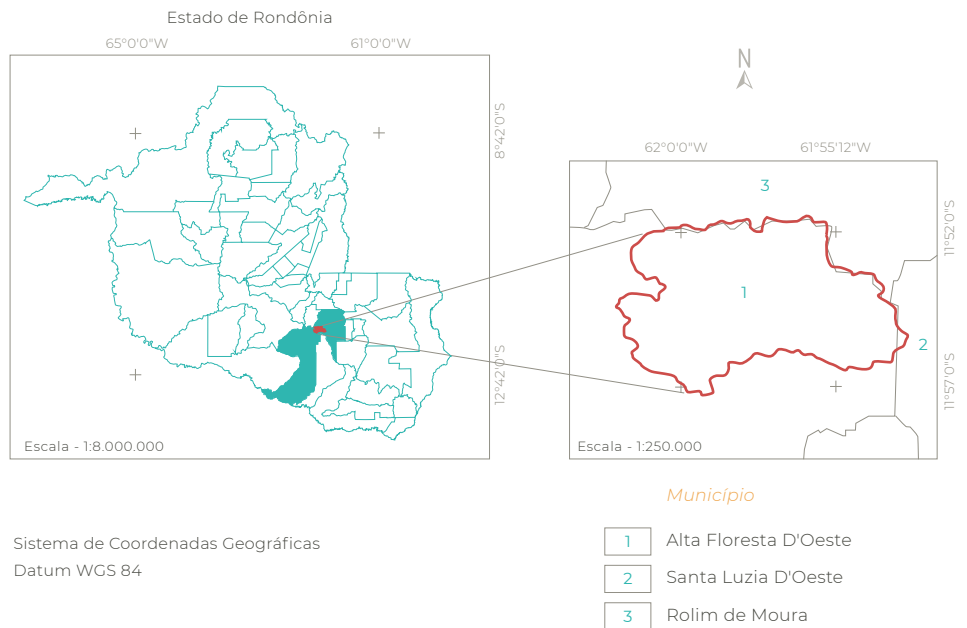


Figura 1 Localização da microbacia do rio Tinguí no estado de Rondônia, Amazônia Ocidental, Brasil

A microbacia foi delimitada utilizando software QGIS 2.10.1 (versão Pisa), (QGIS Development Team, 2015) e o complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM), tendo como base imagem altimétrica do satélite Alos (Sensor Palsar - *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*), com resolução espacial de 12,5 m e comprimentos de onda na banda L (ASF, 2017). Posteriormente, o limite da microbacia foi ajustado com base nas imagens do *Google Earth Pro*[®], considerando a rede de drenagem e os sulcos naturais do terreno. A área e o perímetro foram calculados utilizando a ferramenta 'Calculadora de campo'.

A rede de drenagem foi delimitada manualmente no *Google Earth Pro*[®], e salva no formato kml (*Keyhole Markup Language*), posteriormente realizou-se a classificação da ordem dos cursos d'água manualmente no software *GPS Track Maker free* (versão 13.9.596), (Ferreira Junior, 1998).

Os valores dos parâmetros F, Kc, Ic, Dd e Is, foram classificados com base na literatura (Tabela 2).

Os valores de altitude mínimo, médio e máximo, e o relevo, foram mensurados utilizando imagem Alos e o software QGIS, porém, com procedimentos diferentes. As altitudes mínima e máxima, foram obtidas diretamente da imagem, a altitude média foi obtida com a ferramenta 'Estatística por zona', e o relevo com a ferramenta 'Modelo Digital de Elevação'. Posteriormente, o relevo foi classificado de acordo com a declividade: plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%) e montanhoso (45-75%), (Santos *et al.*, 2013).

2.3 Índice de desmatamento

O índice de desmatamento foi realizado na microbacia e nas áreas de preservação permanente dos cursos d'água e nascentes, levan-

Tabela 1 Descrição dos parâmetros morfométricos determinados para microbacia do rio Manicoré

Características geométricas e de relevo			
Parâmetro	Equação	Descrição	Autor
Área (km ²)	*	Área em projeção horizontal delimitada por seus divisores topográficos.	-
Perímetro (km)	*	Comprimento da linha divisora de águas que limita a bacia hidrográfica.	-
Altitude (m)	*	É a distância vertical medida entre um determinado ponto, e o nível médio do mar.	1
Relevo	*	É uma feição contínua e tridimensional da paisagem, representado por pontos cotados.	1
Fator de forma (F)	$F = \frac{A}{L^2}$	A: área de drenagem (km ²); e L: comprimento do eixo da bacia (km).	2
Coefficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$	P: perímetro (km); e A: área de drenagem (km ²).	2
Índice de circularidade (Ic)	$Ic = \frac{12,57 \times A}{P^2}$	A: área de drenagem (km ²); e P: perímetro (km).	3
Características da rede de drenagem			
Padrão de drenagem	*	Aspecto do traçado do conjunto dos talwegues da bacia hidrográfica.	4
Ordem dos cursos d'água	*	É a ordenação dos cursos d'água: 1 ^o ordem são canais sem tributários; 2 ^a ordem é formado pela junção de dois canais de 1 ^a ordem; 3 ^a ordem é formado pela junção de dois canais de 2 ^a ordem; e assim sucessivamente.	5
Densidade de drenagem (Dd) (km km ⁻²)	$Dd = \frac{L}{A}$	L: comprimento total dos canais (km); e A: área de drenagem total (km ²).	5
Densidade de nascentes (Dn)	$Dn = \frac{Nn}{A}$	Nn: número de nascentes; e A: área de drenagem total (km ²).	6
Índice de sinuosidade (Is) (%)	$Is = 100 \frac{(L - Ev)}{L}$	L: comprimento do rio principal (km); e Ev: distância vetorial entre os pontos extremos do talvegue (km).	2
Tempo de concentração (Tc) (h)	$Tc = \left[0,87 \times \left(\frac{L^3}{H} \right) \right]^{0,385}$	L: comprimento do talvegue principal (km); e H: desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (km).	7

1) Veiga et al. (2012); 2) Villela e Mattos (1975); 3) Schumm (1956); 4) Parvis (1950); 5) Horton (1945); 6) Machado e Souza (2005); 7) Kirpich (1940); * Dados obtidos por geoprocessamento

do-se em consideração os anos de 1985, 1995 e 2005, com imagens do satélite Landsat 5 (resolução espacial de 30 m, resolução radiométrica de 8 bits e bandas 3 e 4), e o ano de 2015, com imagens do satélite Landsat 8 (resolução espacial de 30 m, resolução radiométrica de

16 bits e bandas 4 e 5). As imagens, localizadas na órbita 231 e ponto 68 (USGS, 2017), correspondem aos meses de agosto a setembro, por terem a menor incidência de nuvens.

Para cada ano foi calculado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI),

Tabela 2 Valores de referência para classificação de parâmetros geométricos e de drenagem

Parâmetro	Limite	Classe	Autor
Fator de forma (F)	< 0,50	Não sujeito a enchentes	1
	0,50 – 0,75	Tendência mediana a enchentes	
	0,76 – 1,00	Sujeito a enchentes	
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,00 – 1,25	Alta propensão a enchentes	1
	1,26 – 1,50	Tendência mediana a enchentes	
	> 1,50	Não sujeito a enchentes	
Índice de circularidade (Ic)	0,36 – 0,50	Forma alongada	2
	0,51 – 0,75	Forma intermediária	
	0,76 – 1,00	Forma circular	
Densidade de drenagem (Dd)	< 0,50	Baixa	3
	0,50 – 2,00	Média	
	2,01 – 3,50	Alta	
	> 3,50	Muito alta	
Índice de sinuosidade (Is)	< 20	Muito reto	4
	20 – 29	Reto	
	30 – 39,9	Divagante	
	40 – 49,95	Sinuoso	
	> 50	Muito sinuoso	

1) Lima Júnior et al. (2012); 2) Silva (2012); 3) Beltrame (1994); 4) Romero et al. (2017)

(Equação 1), (Rouse, 1973), que leva em consideração a densidade de cobertura vegetal. Para esta mensuração utilizou-se o software QGIS.

$$NDVI = \frac{IP - V}{IP + V} \quad (1)$$

Onde: *IP*: Infravermelho Próximo (B4 = Landsat 5; B5 = Landsat 8); *V*: vermelho (B3 = Landsat 5; B4 = Landsat 8).

Para auxiliar na classificação, realizou-se uma correlação dos pixels com as classes de cobertura (Floresta, Área antropizada e Água) utilizando observações de campo, com pontos de controle (N = 20) georreferenciados com GPS 60CSx. Para a delimitação das áreas ciliares considerou-se a faixa de 50 m em raio

na nascente e 30 m em cada lado dos cursos de água, visto que não ultrapassam 10 m de largura (Brasil, 2012).

3. Resultados e discussão

Os resultados das características geométricas denotam que a microbacia do rio Tinguí tem área de 111,26 km², perímetro de 54,05 km, fator de forma de 0,45, coeficiente de compacidade de 1,43 e índice de circularidade de 0,48.

Estas características sugerem que a microbacia tem uma forma mais alongada, contribuindo para o processo de escoamento (Schumm, 1956), com tendências medianas a enchentes, segundo o coeficiente de compaci-

dade, e baixa suscetibilidade a enchentes, segundo o fator de forma (Tucci, 1997). Contudo, recomenda-se estudos mais detalhados para melhor compreensão da dinâmica hidrológica da microbacia, principalmente com relação a capacidade de infiltração de água no solo, distribuição (temporal e espacial) e intensidade pluviométrica.

Ao analisar os parâmetros de relevo, constatou-se que a microbacia tem altitude

mínima de 288 m, média de 362 m e máxima de 491 m (Figura 2). As informações de altitude são necessárias para entender a dinâmica da microbacia, visto que a altitude influencia diretamente na incidência de radiação, evapotranspiração, precipitação e clima (Silva Neto *et al.*, 2013). Estes autores observaram a importância da altitude no auxílio referente a agricultura, uma vez que a resposta das culturas é dependente da disponibilidade de água.

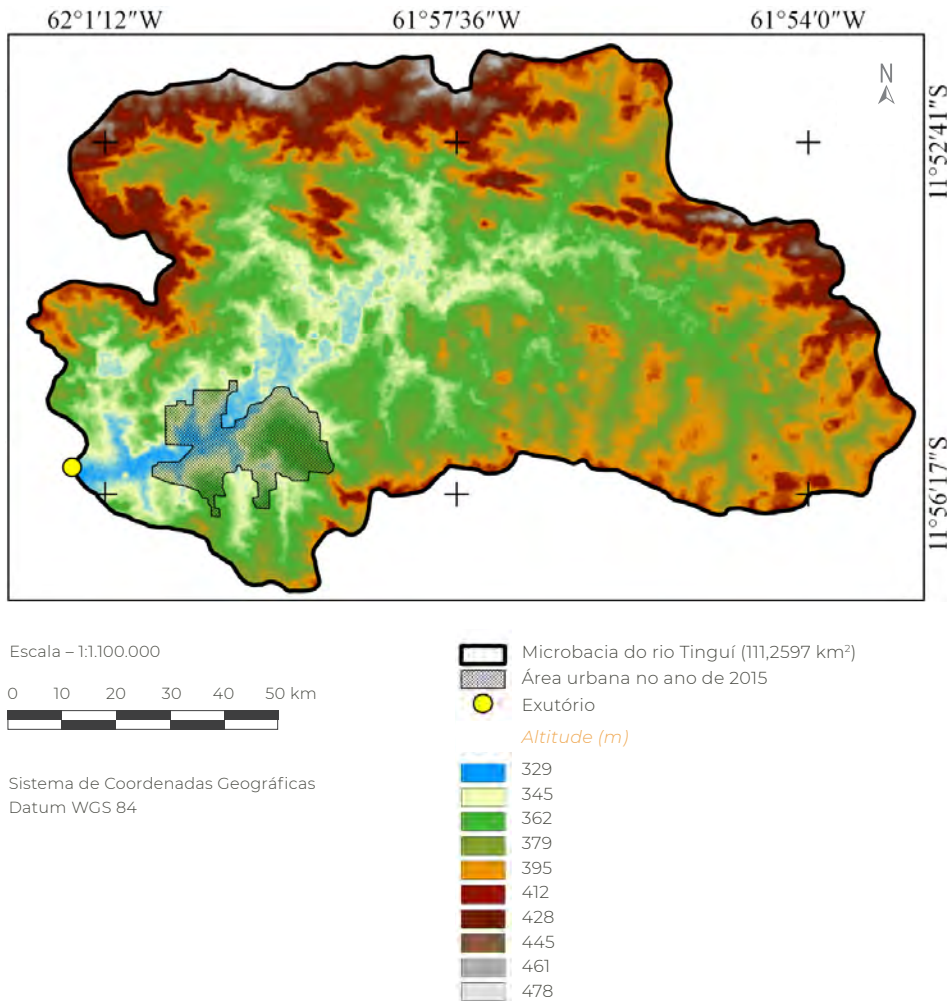


Figura 2 Hipsometria da microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil

A declividade variou de 0 a 56 %, havendo, portanto, relevos planos a montanhosos, com predominância dos relevos suave ondulado (41,5 %) e ondulado (40,1 %), (Figura 3).

Resultados de declividade similares foram encontrados por Silva *et al.* (2014), na bacia hidrográfica do rio Cacau - MA. Estes autores descrevem que relevos mais planos são responsáveis por reduzir o tempo do escoamento superficial, amenizando a magnitude das

enchentes. Essas informações, ao serem relacionadas com dados de uso e ocupação do solo, precipitação e características do solo, possibilitam avaliar o nível de suscetibilidade da área a erosão hídrica (Paes e Manzione, 2011).

Levando-se em consideração que o relevo predominante na microbacia varia de plano a ondulado (94,07 %), (Figura 3), constata-se que o relevo não é um fator limitante para infiltração de água no solo, tendendo a reduções do poten-

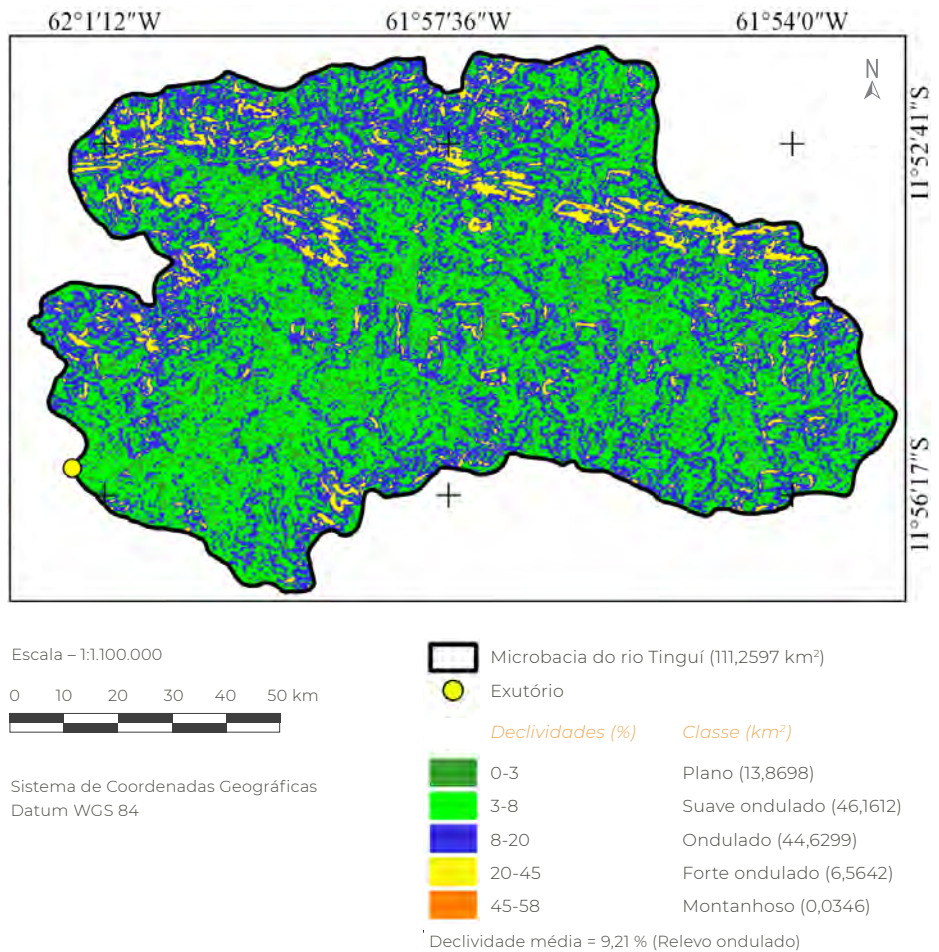


Figura 3 Declividade da microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil

cial de escoamento superficial. Nessas condições, podem ser observados a redução dos processos erosivos e assoreamento dos cursos d'água, como observado por Pinto (2015), na bacia hidrográfica do rio Sararé (MT). Contudo, é importante ressaltar que podem ocorrer reduções com a taxa de infiltração e o aumento do escoamento superficial, devido a problemas com compactação do solo (Hamza e Anderson, 2005; Klein e Klein, 2014).

Estudos em Rondônia demonstra que o escoamento superficial ocorre nas pastagens, mesmo nas áreas planas, devido ao solo muito compactado, e trilhas de bovinos que direcionam a água diretamente para os igarapés (Biggs *et al*, 2006). Bacias com relevo plano

a ondulado tem mais escoamento produzido através do '*saturation overland flow*', onde a água subterrânea intercepta o curso de água e as áreas ciliares (Dunne e Leopold, 1978). Investigações nos processos hidrológicos devem ter foco em escoamento superficial nas pastagens, e em nas áreas de mata e nas pastagens.

Com relação as características de drenagem, verifica-se que a microbacia tem 327 nascentes (Figura 4), que abastecem os cursos de água, formando uma drenagem de padrão dendrítico de 5ª ordem (Figura 5), com densidade de drenagem de 2,15 km km⁻², índice de sinuosidade de 1,76 (76%) e tempo de concentração de 8 horas e 5 minutos. É interessante ressaltar que as 327 nascentes se encontram

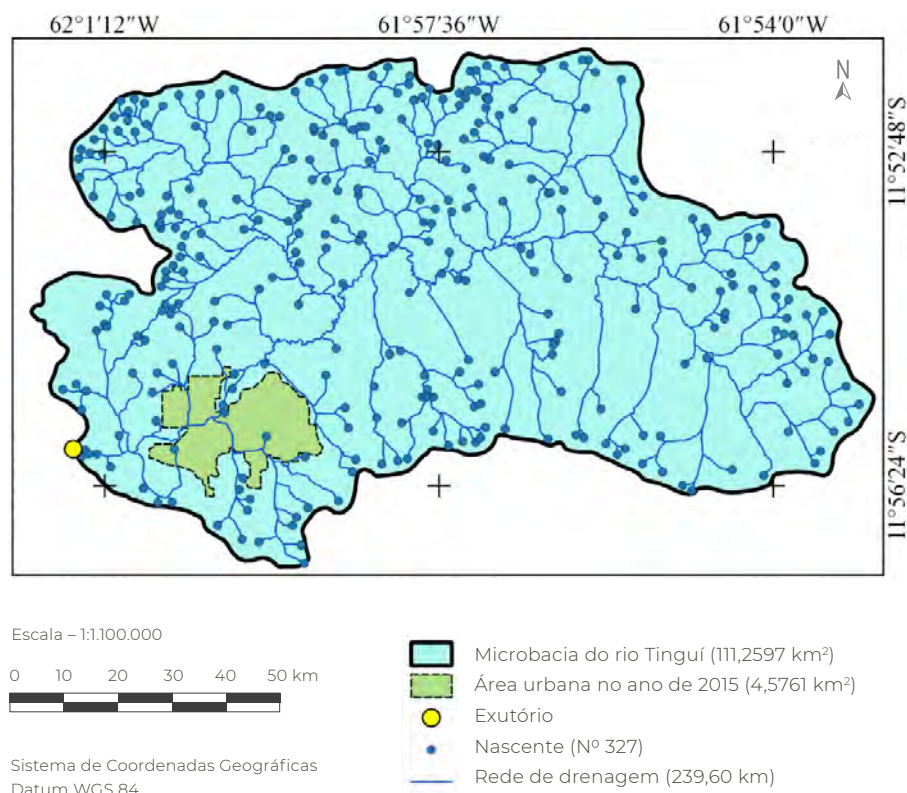


Figura 4 Distribuição espacial das nascentes na microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil

bem distribuídas em toda microbacia, resultando em uma densidade de 2,94 nascentes km^{-2} (Figura 4).

O padrão de drenagem encontrado na microbacia assemelha-se ao constatado por Silva Neto *et al.* (2013) na bacia do rio Gramame, indicando um sistema de drenagem bem ramificado. Essas características geralmente ocorrem em regiões que tem rochas de baixa permeabilidade, alto índice pluviométrico e chuvas de alta intensidade (Pinheiro *et al.*, 2011).

O número de ordens desta microbacia (Figura 5) está diretamente relacionada com as características do relevo, que tem 53,96% da área nas classes plano a suave ondulado. Nes-

as condições a água proveniente da precipitação tende a não ter caminhos definidos para escoamento, tendendo a criar vários canais de escoamento.

A microbacia tem alta capacidade de escoamento da água proveniente das precipitações, devido ao grande número de ordens e alta densidade de drenagem. A elevada densidade de drenagem, associada ao número de nascentes (327), demonstra que a região tem boa distribuição dos recursos hídricos, denotando potencial para implantação de sistemas de irrigação na agropecuária. Contudo, recomendando-se análises de vazões ao longo do ano, para provar a hipótese e avaliar a quantidade de água que será disponível para uso.

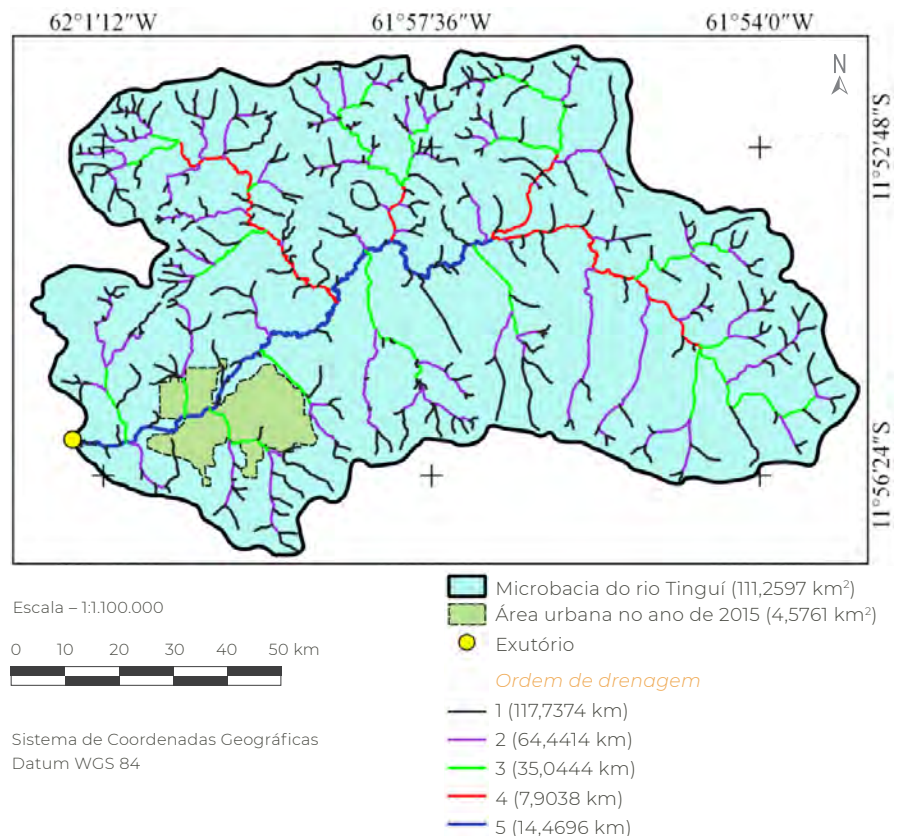


Figura 5 Rede de drenagem e ordem dos cursos d'água da microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil

O índice de sinuosidade da microbacia é considerado muito sinuoso. Esse dado sugere que a bacia tem drenagem lenta, e explica porque o tempo de concentração é de 8 horas e 5 minutos para percorrer 26,2 km, ou seja, teoricamente é necessário esse tempo para que a água precipitada no ponto mais distante da microbacia (fz) leva para chegar ao exutório, alcançando o potencial máximo da enchente, considerado condições normais de intensidades pluviométricas.

Essas informações são relevantes em função da localização da área urbana do município de Alta Floresta D'Oeste, que se encontra próximo ao ponto mais baixo da microbacia, estando propensa a enchentes, como ocorrido no ano de 2009 (Figura 6).

Para a redução dos prejuízos ocasionados pela enchente na área urbana do município, é necessário a realocação dos moradores que estão localizados em áreas de risco. E para redução do risco de enchentes na área urbana recomenda-se a adoção de práticas integradas, destacando-se a recuperação de áreas de matas ciliares e manejos conservacionistas,

que possibilitem a redução do escoamento superficial e o aumento da infiltração de água no solo, como curvas de nível, plantio em contorno, recuperação e manejo de pastagens degradadas (Wadt *et al.*, 2003).

A microbacia do rio Tinguí teve uma redução da área de floresta nativa de 1985 a 2005, porém, a partir deste ano ocorreu um incremento de florestas até o ano de 2015. Resultados inversos foram observados com relação as áreas antropizadas, como esperado, tendo em vista que estas classes estão diretamente relacionadas, como uma balança, quando uma aumenta a outra tende a diminuir, e vice-versa. Ao analisar a dinâmica temporal das áreas de espelho de água, constatou-se que nos anos de 1985 e 1995 não era possível identificar esta classe nas imagens do satélite, devido a densidade de vegetação que as protegiam, contudo, nos anos de 2005 e 2015 observou áreas de 0,2 e 0,6 km² de espelho d'água, respectivamente (Figura 7).

Os resultados obtidos da análise do índice de desmatamento, mostram uma coerência com o processo de supressão das florestas



Figura 6 Enchente no município de Alta Floresta D'Oeste no ano de 2009, após precipitação com período acima de 8 horas. Fonte: Guizolfe, 2017

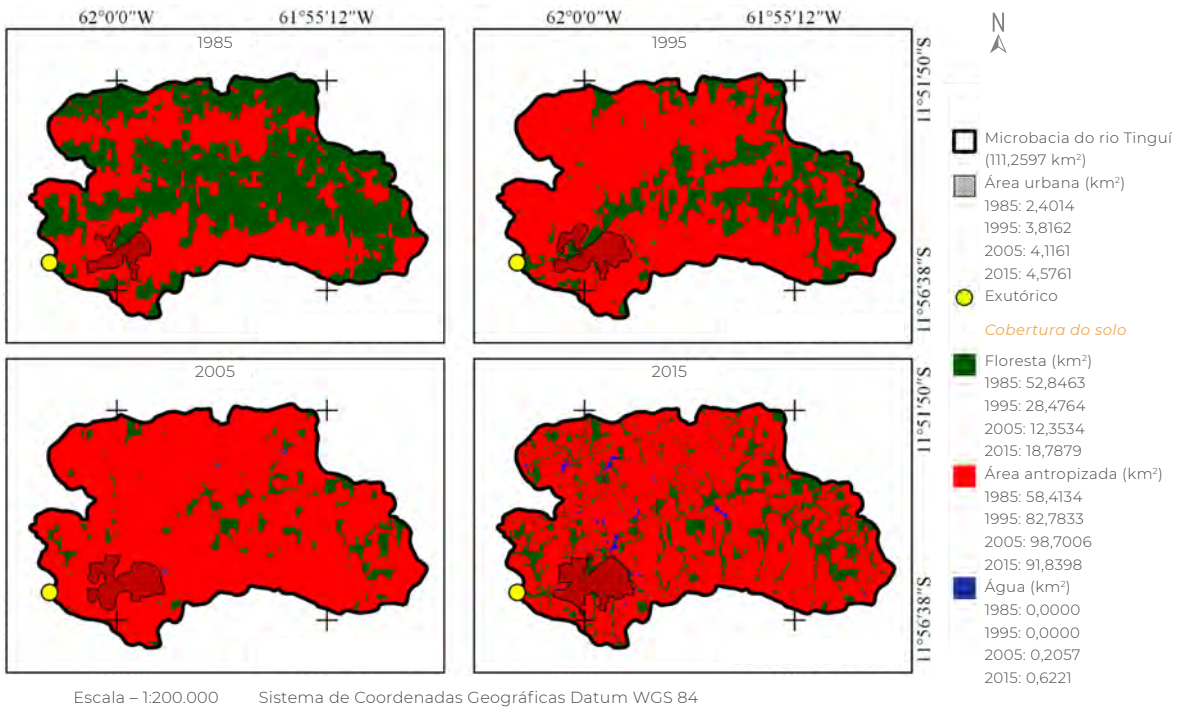


Figura 7 Índice de desmatamento nas áreas de matas ciliares na microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil

nativas ocorrido nas últimas décadas na região, como demonstrado por Cavalheiro *et al.* (2015), na região da Zona da Mata Rondoniense, caracterizando um desflorestamento e antropização da microbacia crescentes até o ano de 2005.

Na década de 1980s, o desmatamento já era uma realidade no estado de Rondônia, devido as políticas de expansão das fronteiras agrícolas, fomentada pelo governo para a ocupação territorial rondoniense (Otoni, 2015). Essas políticas que não visavam um desenvolvimento sustentável, explicam o desmatamento crescente na microbacia do rio Tinguí, onde em intervalos de 10 anos a vegetação foi reduzida à metade, com área de vegetação nativa de 28,5 km² no ano de 1995 e 12,4 km² em 2005, consequentemente aumentando a área antropizada e a expansão da área urbana do município de Alta Floresta D'Oeste.

Com base na crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável, Becker (2005) observou que a principal maneira de solucionar os efeitos negativos causados pelas políticas tradicionais de ocupação territorial, é dar foco a legislação ambiental para recuperação e proteção dos ecossistemas amazônicos.

A floresta tem papel fundamental no controle da erosão e na quantidade e qualidade da água, ocorre devido as atividades realizadas pelas raízes, favorecendo as atividades microbiológicas, proporcionando maiores concentrações de matéria orgânica, que favorece a formação de micro e macroporosidade, melhorando a infiltração da água no solo, enquanto que o desmatamento causa um efeito contrário, devido à compactação do solo (Bacellar, 2005).

Ao avaliar a dinâmica temporal de desmatamento nas áreas de matas ciliares, verificou-se o comportamento semelhante ao ocorrido em toda a área da microbacia, com acréscimo de 4,37 km² de floresta de 2005 a 2015 (Figura 8). O incremento de áreas florestais as margens dos cursos d'água e nascentes, indicam melhoria na qualidade e quantidade de água disponível para as populações, visto que, as matas ciliares atuam como filtro de partículas sólidas contendo impurezas e contaminantes, oriundos principalmente das atividades agropecuárias (Martins e Dias, 2001). A mata ciliar também permite o ancoramento das partículas de solo nas margens dos cursos de água, através de uma rede formada pelos sistemas radiculares, estabilizando o solo (Couto *et al.*, 2010).

A maior capacidade de infiltração e retenção de água no solo está relacionada com a menor densidade do solo e maior teor de matéria orgânica nas áreas de florestas da região, como observado por Vendruscolo (2012) na microbacia do rio D'Alincourt. Áreas florestais, quando comparadas com áreas de agropecuária, tendem a apresentar maior capacidade de infiltração e armazenamento de água (Bacellar, 2005), reduzindo os riscos de enchentes ao mesmo tempo que reduz os riscos de escassez hídrica, por possibilitar o abastecimento do lençol freático ao longo do ano.

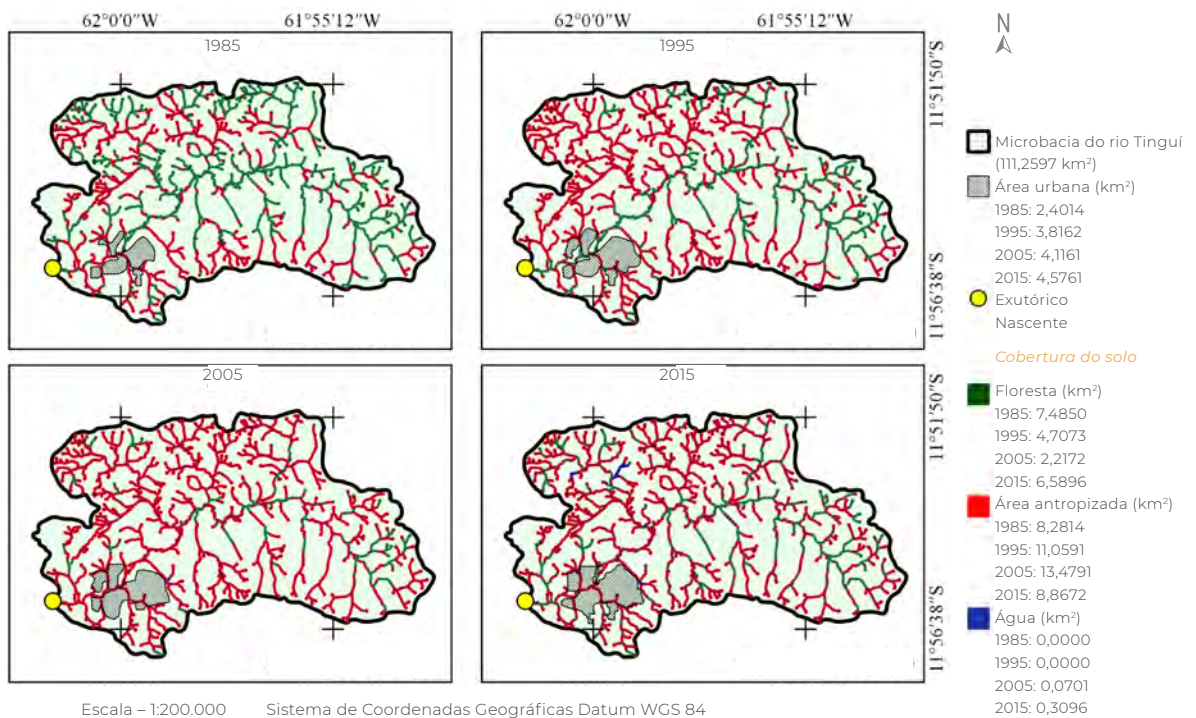


Figura 8 Índice de desmatamento na microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil

4. Conclusão

A microbacia tem características morfométricas que denotam de baixa à média suscetibilidade a enchente, contudo, também tem alto índice pluviométrico, sendo recomendado a adoção de práticas vegetativas, edáficas e mecânicas para reduzir os riscos.

O desmatamento na microbacia do rio Tinguí tem valores crescentes de 1985 a 2005,

abrangendo 88,71 % da área total. Para o ano de 2015 houve um acréscimo na área de floresta nativa de 6,43 km² em relação ao ano de 2005, principalmente nas áreas de matas ciliares (4,37 km²). Investigações no futuro devem analisar o efeito do desmatamento e reflorestamento na magnitude e frequência de enchentes, para quantificar o valor de serviços ecossistêmicos da floresta amazônica.

5. Agradecimentos

Ao Laboratório de Geotecnologia (LabGeotec) e ao grupo de pesquisa em Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA), Universidade Federal de Rondônia, *campus* de Rolim de Moura por disponibilizar o espaço e equipamentos para o processamento e análise dos dados.

6. 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.
- ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF). 2017. Disponível em: <<https://www.asf.alaska.edu/>>. [Consulta: setembro, 2017].
- BACELLAR, L. A. P. 2005. "O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas". *Geo. br*, 1(1) 1-39.
- BECKER, B. K. 2005. "Geopolítica da Amazônia". *Estudos avançados*, 19(53): 71-86.
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.
- BIGGS, T. W.; DUNNE, T. & T. MURAOKA. 2006. "Transport of water, solutes, and nutrients from a pasture hillslope, southwestern Brazilian Amazon". *Hydrological Processes*, 20: 2.527-2.547, 10.1002/hyp.6214.
- BRASIL. 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.
- 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.

- CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J. e V. A. OLIVEIRA. 2012. "Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(4): 433-442.
- CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; SANTOS, L. M. H. e A. M. SANTOS. 2015. "Impacto da colonização na Zona da Mata Rondoniense, Amazônia Ocidental-Brasil". *Revista Geográfica Venezolana*, 56(1): 41-57.
- COUTO, L.; GONÇALVES, W.; COELHO, A. T.; PAULA, C. C.; GARCIA, R.; AZEVEDO, R. F.; LOCATELLI, M. V.; ADVÍNCULA, T. G. L.; BRUNETTA, J. M. F. C.; COSTA, C. A. B.; GOMIDE, L. C. e P. H. MOTTA. 2010. "Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil". In: *Boletim Técnico CBCN*, n. 001. Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A. e R. C. PAULA. 2005. "Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo". *Brasil. Eng. Agríc.*, 25(1): 115-125.
- DUNNE, T. & L. B. LEOPOLD. 1978. *Water in Environmental Planning*. W. H. Freeman and Company. New York, USA.
- FERRARI, J.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R. e R. F. GARCIA. 2013. "Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES". *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8(2): 181-188.
- FERREIRA JUNIOR, O. 1998. *Geo Studio Tecnologia Ltda. Belo Horizonte, MG – Brasil*. Registro INPI nº 28.820. Disponível em: <<http://www.trackmaker.com/main/pt/>>. [Consulta: outubro, 2017].
- GUIZOLFE, A. 2017. Emergência: Após mais de oito horas de chuva Alta Floresta enfrenta nova enchente. Disponível em: <http://rondoniaovivo.com/interior/alta-floresta-doeste/noticia/emergencia-apos-mais-de-oito-horas-de-chuva-alta-floresta-enfrenta-nova-enchente-confira-fotos/59071>.
- HAMZA, M. A. & W. K. ANDERSON. 2005. "Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions". *Soil and tillage research*, 82: 121-145.
- 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*. 2º ed. Rio de Janeiro, Brasil.
- KIRPICH, Z. P. 1940. "Time of concentration in small agricultural watersheds". *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.
- KLEIN, C. e V. A. KLEIN. 2014. "Influência do manejo do solo na infiltração de água". *Revista Monografias Ambientais*, 13(5), 3.915-3.925.
- 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)*. 1-7. Tocantins, Brasil. (19-21 de outubro).
- LINHARES, C. A.; SOARES, J. V. e G. T. BATISTA. 2005. Influência do desmatamento na dinâmica da resposta hidrológica na bacia do Ji-Paraná. *XII Simpósio de Sensoriamento Remoto (SBSR)*. 3.097-3.105. Goiânia, Goiás, Brasil.
- MACHADO, G. e J. SOUZA. 2005. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Chôco-Ibaiti-PR. *Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina*. 8.366-8.382.

- MARTINS, S. V. e H. C. T. DIAS. 2001. “Importância das florestas para a qualidade e quantidade da água”. *Revista Ação Ambiental*, 4(20): 14-16.
- OTONI, K. B. 2015. *Desmatamento em áreas protegidas no Estado de Rondônia*. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestais. Brasília, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação.
- PAES, R. e L. MANZIONE, L. 2011. Geração de mapas de declive e análise dos padrões geomorfológicos na bacia do Ribeirão da Onça, Brotas/SP a partir de dados topográficos em diferentes escalas. *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*. pp. 5.148. Curitiba, Brasil.
- PARVIS, M. 1950. “Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks”. *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- PINHEIRO, R. C.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. O. A.; MINGOTI, R. e I. P. SANTOS. 2011. “Ocupação e caracterização hidrológica da microbacia do córrego Ipaneminha, Sorocaba - SP”. *Irriga*, 16(3): 234-245.
- PINTO, V. R. 2015. *Caracterização morfométrica e capacidade de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Sararé, sudoeste do Estado do Mato Grosso*. Universidade do Estado do Mato Grosso. Cáceres, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- PIONTEKOWSKI, V. J.; MATRICARDI, E. A. T.; PEDLOWSKI, M. A. e L. C. FERNANDES. 2014. “Avaliação do desmatamento no Estado de Rondônia entre 2001 e 2011”. *Floresta e Ambiente*, 21(3): 297-306.
- PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. e M. E. DEL PRETTE. 2002. “A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais”. In: A. SCHIAVETTI e A. F. M. CAMARGO (Eds). *Conceito de bacias hidrográficas: Teorias e aplicações*. pp. 17-35. Editus. Ilhéus, Brasil.
- PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; POLITANO, W. e J. A. GALBIATTI. 2010. “Morfometria de microbacias do córrego Rico, afluente do rio Mogi- Ghaçu, Estado de São Paulo, Brasil”. *Revista Árvore*, 34(4): 669-676.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.
- ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M. e F. F. N. MARCUZZO. 2017. “Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO”. *Ciência e Natura*, 39(2): 320-340.
- ROUSE, J. 1973. Monitoring vegetation system in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of the Third ERTS Symposium, Goddard Space Flight Center*. pp. 309-317. NASA.
- SANTOS, E. A. 2010. *Influência do uso do solo no regime hidrológico da bacia do rio Lontra*. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- 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*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- SCHUMM, S. A. 1956. “Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy, New Jersey”. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646.
- SCHUTZ, F. C. A. e L. U. JACQUES. 2016. “Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do Rio Alegria/PR”. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, 2(14): 47-59.
- SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2012. *Atlas Geoambiental de Rondônia*. SEDAM, Porto Velho. 2: 151 p. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/110424383/Atlas-Geoambiental-de-Rondonia>. [Consulta: janeiro, 2017].

- SILVA NETO, A. F.; GUIMARÃES, C. L.; ARAÚJO, J. S. e J. S. ARAÚJO. 2013. Geotecnologias para a caracterização morfométrica de bacia hidrográfica. *XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*. 5.483-5.490. Foz do Iguaçu, Brasil.
- SILVA, A. R.; SILVA, M. F. e L. C. A. SANTOS. 2014. "Caracterização morfométrica do rio Cacaú - MA". *Revista Percurso*, 6(2): 141- 153.
- SILVA, Q. D. 2012. *Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão*. Departamento de Geografia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, São Paulo. Tese de Doutorado em Geografia.
- TUCCI, C. E. M. 1997. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. (2 ed). Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH, v. 4) / Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*. Disponível em: earthexplorer.usgs.gov
- VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z. e P. L. FAGGION. 2012. *Fundamentos de topografia*. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil.
- 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. Areias, Paraíba, Brasil. Dissertação de Mestrado em Manejo de Solo e Água.
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.
- WADT, P. G. S.; PEREIRA, J. E. S.; GONÇALVES, R. C.; SOUZA, C. B. C. e L. S. ALVES. 2003. *Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas*. Rio Branco, AC. Embrapa, Acre. Documentos, 90.

Caracterização morfométrica

da microbacia do rio Xabutaí, Amazônia Ocidental, Brasil

Caracterización morfolométrica de la microcuenca
del río Xabutaí, Amazonia Occidental, Brasil

Morphometric characterization of the Xabutaí River
microbasin, Western Amazon, Brazil

Thiago Henrique da Silva José

Giliard Rodrigues Bonifácio

Gustavo Neco da Silva

Diogo Martins Rosa

José Paulo de Farias Neto

Jhony Vendruscolo

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Resumo

A caracterização morfométrica da bacia hidrográfica fornece informações essenciais para o planejamento e gestão de seus recursos hídricos. O objetivo foi a caracterização morfométrica da microbacia do rio Xabutaí, localizada no município de São Miguel do Guaporé, Rondônia. Foram realizadas análises geométricas, de relevo e drenagem. A microbacia apresenta área de 43.569 km², perímetro de 54.278 km, altitudes mínima, média e máxima de 184, 215 e 256 m, respectivamente, predominância de relevo plano a ondulado (96,67 %), coeficiente de compacidade de 2,30, fator de forma de 0,43, índice de circularidade de 0,19, padrão de drenagem dendrítico, 6^a ordem de drenagem, densidade de drenagem de 5,92 km km⁻², índice de sinuosidade 22,77 % e tempo de concentração de 3,7 horas. As características propiciam a infiltração de água no solo, reduzindo riscos de erosão e baixa suscetibilidade a enchentes. Portanto, recomenda-se adoção de práticas de manejo conservacionista e recomposição das matas ciliares.

Palavras chave: geoprocessamento; recursos hídricos; Vale do Guaporé.

Resumen

La caracterización morfométrica de la cuenca hidrográfica proporciona información esencial para la planificación y gestión de sus recursos hídricos. El objetivo fue la caracterización morfométrica de la microcuenca del río Xabutaí, ubicada en el municipio de São Miguel do Guaporé, Rondônia. Se analizaron las características geométricas, relieve y red de drenaje. La microcuenca presenta un área de 43.569 km², perímetro de 54.278 km, altitudes mínima, media y máxima de 184, 215 y 256 m, respectivamente, predomina el relieve plano a ondulado (96,67 %), coeficiente de compacidad de 2,30, el factor de forma de 0,43, índice de circularidad de 0,19, patrón de drenaje dendrítico, 6^o orden de drenaje, densidad de drenaje de 5,92 km km⁻², índice de sinuosidad 22,77 % y tiempo de concentración 3,7 horas. Las características propician la infiltración de agua en el suelo, reduciendo riesgos de erosión y baja susceptibilidad a las inundaciones. Por lo tanto, se recomienda la adopción de prácticas de manejo conservacionista y recomposición de los bosques ciliares.

Palabras clave: geoprociamiento; recursos hídricos; Valle del Guaporé.

Abstract

The morphometric characterization of the river basin provides essential information for the planning and management of its water resources. The objective was the morphometric characterization of a Xabutaí River microbasin, located in the municipality of São Miguel do Guaporé, Rondônia. The geometric characteristics, relief and drainage network were analyzed. The microbasin has an area of 43,569 km², with a perimeter of 54,278 km, minimum, average and maximum altitudes of 184, 215 and 256 m, respectively, predominance of flat relief to corrugated (96.67 %), compactness coefficient of 2.30, 0.47, circularity index of 0.19, dendritic drainage pattern, 6th order of drainage, drainage density of 5.92 km km⁻², sinuosity index 22.77 % and time of concentration of 3.7 hours. The characteristics favor the infiltration of water into the soil, reducing erosion risks, and low susceptibility to flooding. Therefore, it is recommended the adoption of conservation management practices and restoration of riparian forests.

Key words: *geoprocessing; water resources; Valley of the Guaporé.*

1. Introdução

A água doce é um elemento fundamental para manutenção da vida e pode ser utilizada para diversas finalidades, como consumo humano, dessedentação de animais, geração de energia e irrigação (Moraes e Jordão, 2002). Apesar da grande importância deste recurso natural para sustentabilidade das atividades humanas no planeta, constata-se que apenas 2,7 % da água é classificada como doce (Vargas, 1999).

Em função da baixa disponibilidade de água doce no planeta, associada a problemas com contaminação da mesma (perda de qualidade), constata-se o aumento de interesse governamental para melhorar a gestão hídrica, principalmente nas últimas duas décadas. Neste contexto, verifica-se a importância das bacias hidrográficas para a preservação e conservação dos recursos hídricos, garantindo o desenvolvimento sustentável (Brasil, 1997).

O planejamento da gestão de bacias hidrográficas leva em consideração as informações morfométricas (geométrica, relevo e drenagem), (Santos *et al.*, 2012), que permitem a identificação das vazões hidrológicas, disponibilidade hídrica e suscetibilidade às inundações (Coutinho *et al.*, 2011). Esses dados podem ser obtidos em tempo hábil e com baixo custo, utilizando técnicas associadas ao sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica e geoprocessamento (Mapa e Lima, 2012).

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização morfométrica da microbacia do rio Xabutaí.

2. Material e métodos

2.1 Localização e características da área de estudo

O trabalho foi realizado na microbacia hidrográfica do rio Xabutaí, responsável pelo abastecimento do Frigorífico Guaporé Carnes 3, no município de São Miguel do Guaporé. A região apresenta clima do tipo Monção (Am), com uma precipitação média anual de 2.100 mm e temperatura média de 24 a 26 °C (Alvares *et al.*, 2014).

2.2 Caracterização morfométrica

A microbacia hidrográfica foi delimitada utilizando software QGIS 2.10.0 (versão Pisa), (QGIS Development Team, 2015) e o complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM), tendo como base o Modelo Digital de Elevação (MDE) do satélite Alos (sensor Palsar), com resolução espacial de 12,5 m (ASF, 2017). Após a delimitação da microbacia foram obtidas a área e o perímetro pela calculadora de campo disponível no QGIS 2.10.0, e as seguintes características físicas:

2.2.1 Altitude

As altitudes mínima e máxima foram obtidas com base na imagem altimétrica SRTM, com resolução de 30 m, utilizando o software QGIS 2.10.0 (versão Pisa). A amplitude altimétrica foi obtida pela diferença entre altitude máxima e mínima.

2.2.2 Relevo

Classificado de acordo com a declividade, sendo adotadas as seguintes classes: plano (0-3 %), suave ondulado (3-8 %), ondulado (8-20 %), forte ondulado (20-45 %) e montanhoso (45-75 %), de acordo com Santos *et al.* (2013).

2.2.3 Coeficiente de compacidade (Kc)

Define a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia (Cardoso *et al.*, 2006). O Kc sempre será um valor < 1, quanto menor o Kc, mais circular será a bacia e maior a tendência a enchentes. Determinado pela equação 1, e classificado de acordo com Lima Júnior *et al.* (2012) em alta propensão a grandes enchentes (1,00-1,25), tendências medianas a enchentes (1,25-1,50) ou não sujeito a enchentes (> 1,50), (Equação 1).

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

Onde: P = perímetro da bacia hidrográfica (km); A = área da bacia hidrográfica (km²).

2.2.4 Fator de forma (F)

Definido pela relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia (Cardoso *et al.*, 2006). Determinado pela equação 2, e classificado de acordo com Lima Júnior *et al.* (2012) em bacia sujeita a enchentes (1,00-1,75), tendência mediana a enchentes (0,75-0,50) ou não sujeito a enchentes (< 0,50), (Equação 2).

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

Onde: A = área da bacia (km²); L = comprimento do eixo principal (km).

2.2.5 Índice de circularidade (IC)

Relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro igual ao da área da bacia (Cardoso *et al.*, 2006), (Equação 3).

$$IC = (12,57 \times A)/p^2 \quad (3)$$

Onde: p = perímetro da bacia hidrográfica (km); A = área da bacia hidrográfica (km²).

2.2.6 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). Determinado pela equação 4, e classificado de

acordo com Marcuzzo *et al.* (2012) em muito reto (< 20 %), reto (20-29 %), divagante (30,0-39,9 %), sinuoso (40-49,95 %) ou muito sinuoso (> 50 %).

$$Is = [100 \times (L-DV)]/L \quad (4)$$

Onde: L = comprimento do canal principal (km); Dv = distância vetorial do canal principal (km).

2.2.7 Padrão de drenagem

Representa a forma de distribuição da drenagem, e foi classificada de acordo com Parvis (1950) em dendrítico, treliça, retangular, radial, anular ou paralelo.

2.2.8 Densidade de drenagem (Dd)

Representa a quantidade de drenagem por área. Determinada pela equação 5, e classificado de acordo com Beltrame (1994) em baixa densidade (< 0,50), media densidade (0,50-2,00), alta densidade (2,01-3,50) ou muito alta densidade (> 3,50).

$$Dd = L/A \quad (5)$$

Onde: CRD = comprimento da rede de drenagem (em km); A = área da bacia (km²).

2.2.9 Ordem dos cursos d'água

A drenagem foi obtida com o TauDEM com base no MDE do Palsar-Alos. Após a obtenção da drenagem realizou-se a classificação da ordem dos cursos d'água, de acordo com Strahler (1957), onde o encontro de 2 rios de 1ª ordem forma um rio de 2ª ordem, o encontro de 2 rios de 2ª ordem forma um rio de 3ª ordem, e assim por diante.

2.2.10 Tempo de concentração (Tc)

É o tempo de percurso da água precipitada desde o ponto cinematicamente mais afastado da bacia hidrográfica até a secção de referência (Kirpich, 1940), (Equação 6).

$$T_c = (0,87 \times L^3/H)^{0,385} \quad (6)$$

Onde: L = comprimento do talvegue principal (km); H = desnível entre a parte mais elevada e a a secção de controle (m).

3. Resultados e discussão

A microbacia do rio Xabutaí apresenta altitudes mínimas, médias e máximas de 184, 215 e 256 m, respectivamente (Figura 1). Em áreas com maior altitude ocorrem elevações das taxas de evapotranspiração e do índice de precipitação, aumentando o suprimento de água ao longo do ano (Cardoso *et al.*, 2006), que tendem a se acumular nas áreas mais baixas do terreno (184 a 198,4 m).

Com base na Figura 2, verifica-se predominância de relevo plano a ondulado, totali-

zando 96,67% da área da microbacia. Esses resultados indicam alto potencial para práticas florestais e agrícolas, principalmente nas áreas de relevo plano e suave ondulado, por permitir o uso de mecanização.

Os processos de escoamento e infiltração de água são regulados pela declividade da área (Silva *et al.*, 2014) e a predominância de relevos planos a suave ondulado demonstra que a microbacia tende a apresentar redução do escoamento superficial, elevação da infiltração e um bom nível de abastecimento do lençol freático (Pinto *et al.*, 2015).

Outro fator que influencia no escoamento superficial e na infiltração de água é a cobertura do solo, como observado por Lobato *et al.* (2009), que se constataram que a densidade e o tipo de vegetação exercem influência no

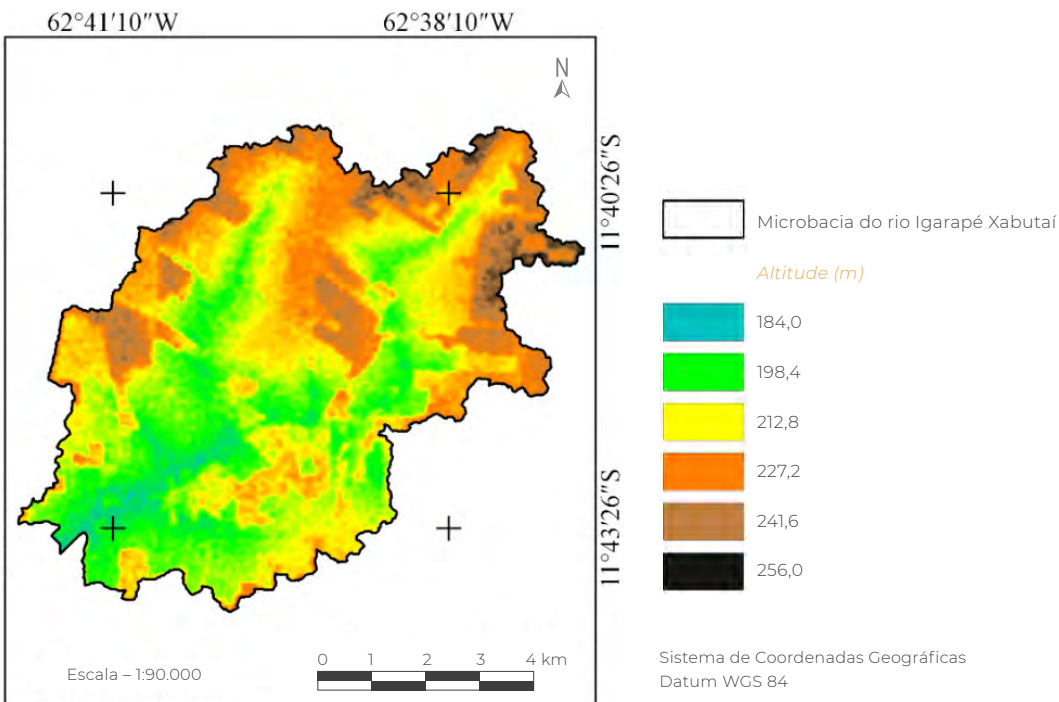


Figura 1 Altitude da microbacia do rio Xabutaí, Amazônia Ocidental, Brasil

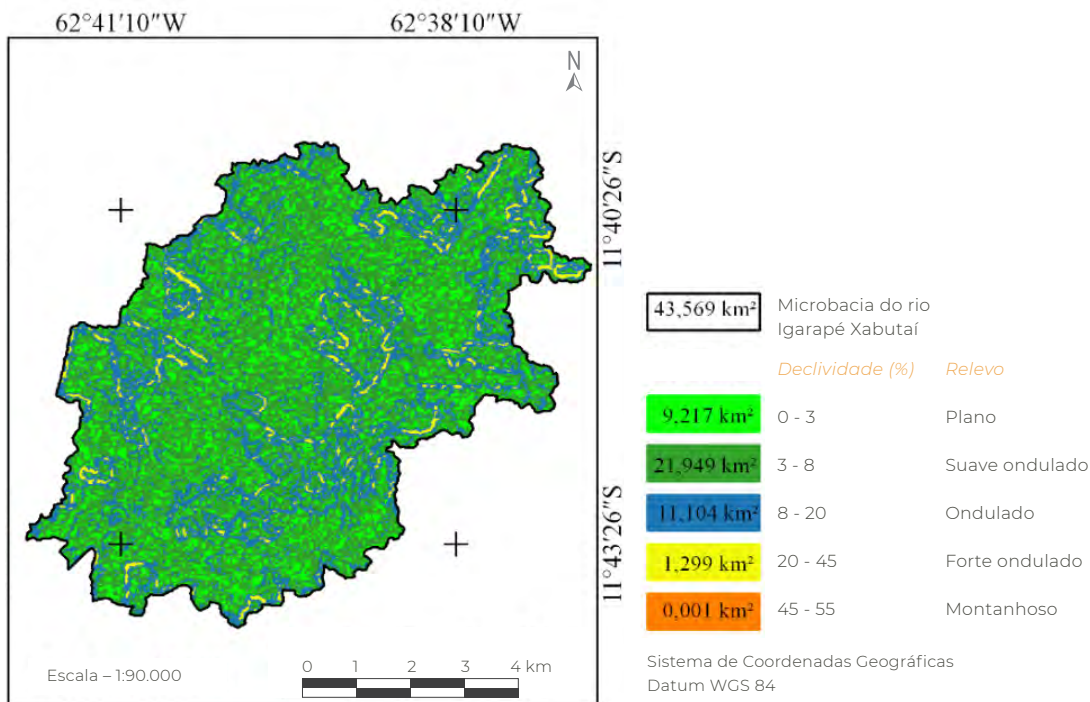


Figura 2 Declividade do rio Xabutaí, Amazônia Ocidental, Brasil

escoamento superficial, onde vegetações ralas associadas com elevados níveis de precipitação tendem a apresentar maiores perdas de matéria orgânica e solo, contendo nutrientes como P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺. Neste contexto, verifica-se a necessidade de manejar adequadamente o solo na microbacia do rio Xabutaí, mesmo em relevos planos a suave ondulados, principalmente devido ao alto índice pluviométrico (2.100 mm ano⁻¹).

A microbacia apresentou coeficiente de compacidade de 2,30, fator forma de 0,4339, índice de circularidade de 0,19 e índice de sinuosidade de 22,7%. Esses resultados indicam que a microbacia apresenta baixa suscetibilidade a enchentes, mesmo apresentando baixa sinuosidade, classificada como reta. Apesar da baixa suscetibilidade a enchente da microbacia, recomenda-se a adoção de práticas de

manejo conservacionistas, como curvas de nível e manutenção da cobertura do solo, que favorecem a infiltração de água no sistema.

O padrão de drenagem encontrada na microbacia é do tipo dendrítico, sendo classificado até a 6^o ordem, demonstrando uma rede de drenagem ramificada (Figura 3). Esse sistema de drenagem é influenciado principalmente pelo relevo suave ondulado, desta forma a água não apresenta um caminho bem definido, proporcionando a criação de vários canais.

A densidade de drenagem observada na microbacia é de 5,9240 km km⁻², significando um nível muito alto de drenagem. Observa-se que essa condição pode ser considerada adequada para inserção de atividades agropecuárias envolvendo sistema de irrigação, contudo, recomendam-se estudos mais detalhados para confirmar essa hipótese.

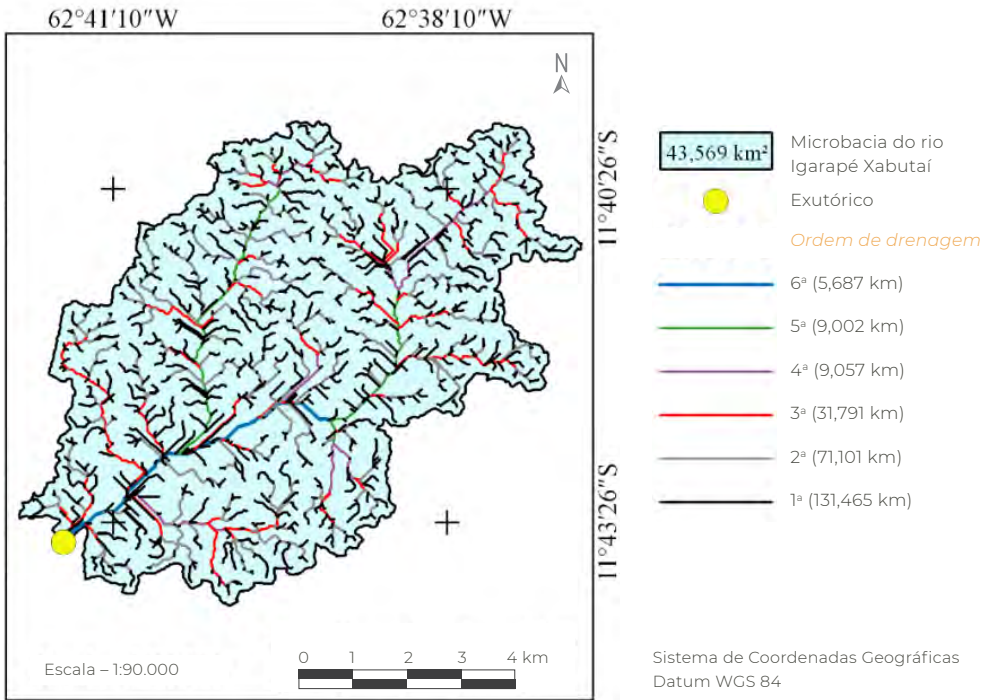


Figura 3 Ordem dos cursos d'água na microbacia do rio Xabutaí, Amazônia Ocidental, Brasil

A área de estudo apresenta tempo de concentração de 3,7 horas. Este parâmetro representa o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a sua saída após uma precipitação (Villela e Mattos, 1975). Apesar do tempo de concentração ser considerado baixo, ou seja, tempo considerado curto para enchente máxima, não se verifica problemas para o Frigorífico Guaporé Carnes 3, que se encontra em um nível elevado em relação ao curso principal.

4. Conclusão

A microbacia do rio Xabutaí apresenta área de 43,569 km², perímetro de 54,278 km, altitudes mínimas, médias e máximas de 184, 215 e 256 m, respectivamente, predominância de relevo plano a ondulado (96,67%), coeficiente de compacidade de 2,30, fator de forma de 0,43, índice de circularidade de 0,19, padrão de drenagem dendrítico, 6ª ordem de drenagem, densidade de drenagem de 5,92 km km⁻², índice de sinuosidade 22,77% e tempo de concentração de 3,7 h. Recomenda-se adoção de práticas de manejo conservacionista e recomposição das matas ciliares.

5. Referências citadas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. & SPAROVEK, G. 2014. "Köppen's climate classification map for Brazil". *Gerbrüder Borntraeger*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M. D. P. e P. T. A. CASTRO. 2003. "Influência de feições geológicas na morfometria da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análises de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 117-124.
- ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF). 2017. Disponível em: <<https://www.asf.alaska.edu/>>. [Consulta: setembro, 2017].
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- BRASIL. 1997. Lei nº 9.833, 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>. [Consulta: setembro, 2017].
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B. e S. M. MARTINS. 2006. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Debossan, Nova Friburgo- RJ". *Revista Árvore*, 30(2): 241-248.
- COUTINHO, L. M; CECÍLIO, R. A; XAVIER, A. C; ZANETTI, S. S. e G. G. OLIVEIRA. 2011. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio da Prata, Castelo, ES". *Irriga*, 16(4): 369-381.
- KIRPICH, K. P. 1940. "Time of concentration in small agricultural watersheds". *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.
- LIMA JÚNIOR, J. C.; VIEIRA, W. L.; MACÊDO, K. G.; SOUZA, S. A. e F. A. L. NASCIMENTO. 2012. Determinação das características morfométrica 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@mbiente On-line*, 3(2): 65-71.
- MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA, N. D. L.; CARDOSO, M. R. D. e A. D. F. TSCHIEDEL. 2012. Detalhamento hidromorfológico da bacia do rio Parnaíba. *XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, João Pessoa. Anais... ABRH*, 1: 1-20. Porto Alegre, Brasil.
- MAPA, S. M. S e R. S. LIMA. 2012. "Uso combinado de sistemas de informações geográficas para transportes e programação linear inteira mista em problemas de localização de instalações". *Gestão & Produção*, 19(1): 119-136.
- MORAES, D. S. de L. e B. Q. JORDÃO. 2002. "Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana". *Revista Saúde Pública*, 36(3): 370-374.
- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in air photo identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.

- PINTO, V. R. 2015. *Caracterização morfométrica e capacidade de uso da terra da bacia hidrográfica do rio Sararé, sudoeste do Estado de Mato Grosso*. Universidade do Estado de Mato Grosso. Cáceres, Mato Grosso, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em <<http://qgisosgeo.org>>. [Consulta: junho 2015].
- SANTOS, D. B.; VIDOTTO, M. L.; BERTINATTO, R.; SOUZA M. G. R e E. P. FRIGO. 2012. “Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio São José”. *Applied Research & Agrotechnology*, 5(2): 7-18.
- 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*. Sociedade Brasileira Ciências do Solo (SBCS), 92. Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- SILVA, A. R.; SILVA, M. F. e L. C. A. SANTOS. 2014. “Caracterização morfométrica do rio Cacao - MA”. *Revista Percurso*, 6(2): 141-153.
- STRAHLER, A. N. 1957. “Quantitative analysis of watershed geomorphology”. *Transactions of American Geophysical Union*, 38(6): 913-920.
- VARGAS, M. M. C. 1999. “O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental”. *Ambiente & sociedade*, 5: 109-134.
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.

Caracterização morfométrica

da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Amazônia Ocidental, Brasil

Caracterización morfométrica de la subcuenca del Alto Río
Pimenta Bueno, Amazonia Occidental, Brasil

Morphometric characterization of the
Alto Pimenta Bueno River sub-basin, Western Amazon, Brazil

Camila Simões

Jhony Vendruscolo

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Diogo Martins Rosa

Rosalvo Stachiw

Flaviane Aparecida Santana

Resumo

O crescimento populacional está desencadeando um aumento da pressão antrópica sobre os recursos naturais, havendo a necessidade de informações para gestão desses recursos. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a morfometria da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno. As características morfométricas analisadas foram geometria, relevo e rede de drenagem, obtidas por meio de imagem altimétrica (SRTM), software QGIS 2.10.1, complemento TauDEM e equações. A sub-bacia tem forma alongada e baixa suscetibilidade a enchentes, relevo predominante plano a suave ondulado, padrão de drenagem dendrítico de 6ª ordem, densidade hidrográfica baixa, densidade de drenagem média, densidade de nascentes de 0,84 nascentes km⁻², canal principal sinuoso e tempo de concentração de 32 horas. Recomenda-se a implementação de técnicas conservacionistas e preservação das áreas de matas ciliares, principalmente nas áreas mais declivosas, para atenuar perdas de solo e manter as estruturas dos canais de drenagem.

Palavras chave: recursos hídricos; sensoriamento remoto; geoprocessamento, planejamento ambiental.

Resumen

El crecimiento poblacional está desencadenando un aumento de la presión antrópica sobre los recursos naturales, habiendo la necesidad de informaciones para la gestión de esos recursos. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la morfometría de la subcuenca del Alto Río Pimenta Bueno. Las características morfométricas analizadas fueron geometría, relieve y red de drenaje, obtenidas por medio de imagen altimétrica (SRTM), software QGIS 2.10.1, complemento TauDEM y ecuaciones. La sub-cuenca tiene forma alargada y baja susceptibilidad a inundaciones, relieve predominante plano a suave ondulado, patrón de drenaje dendrítico de 6º orden, densidad de drenaje media, densidad de drenaje medio, densidad de manantiales de 0,84 nacientes km⁻², canal principal sinuoso y tiempo de concentración de 32 horas. Se recomienda la implementación de técnicas conservacionistas y preservación de las áreas de bosques ciliares, principalmente en las áreas más declives, para atenuar pérdidas de suelo y mantener las estructuras de los canales de drenaje.

Palabras clave: recursos hídricos; teledetección; geoprocésamiento; planificación ambiental.

Abstract

Population growth is triggering an increase in anthropic pressure on natural resources, and there is a need for information to manage these resources. The objective of this work was to characterize the morphometry of the Alto Rio Pimenta Bueno sub-basin. The morphometric characteristics analyzed were geometry, relief and drainage network, obtained by means of altimetric image (SRTM), QGIS software 2.10.1, TauDEM complement and equations. The sub-basin has an elongated shape and low susceptibility to flooding, predominantly flat to soft corrugated relief, 6th order dendritic drainage pattern, low hydrographic density, medium drainage density, water source density of 0.84 water source km⁻², channel main winding and concentration time of 32 hours. It is recommended the implementation of conservation techniques and preservation of riparian forest areas, mainly in the more sloping areas, to mitigate soil losses and to maintain the structures of the drainage channels.

Key words: water resources; remote sensing; geoprocessing; environmental planning.

1. Introdução

A água é um recurso natural valioso e necessário para a manutenção da vida no Planeta, contudo, apenas 0,0075 % é classificada como água doce disponível em rios e lagos (Rebouças *et al.*, 1999), ou seja, de fácil acesso a população. A água doce é utilizada em várias atividades humanas: cerca de 10 % da água é destinado ao abastecimento público, 23 % para a indústria e 67 % para a agricultura (Faustino *et al.*, 2013). Portanto, a preservação e conservação dos recursos hídricos são essenciais para disponibilizar água em quantidade e qualidade adequadas para a atual e futuras gerações.

As áreas de captação natural da água precipitada, formadas por um conjunto de nascentes e uma hidrografia que direciona a água para o exutório, são denominadas de bacias hidrográficas (Tucci, 2004). Estas áreas são consideradas unidades de trabalho ideal para um planejamento e gestão de recursos hídricos, visando a integração dos recursos naturais com os aspectos socioeconômicos, contribuindo simultaneamente para a renda do agricultor e a preservação ambiental (Santana, 2003).

A caracterização morfométrica da bacia é um dos primeiros procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, por facilitar a compreensão da dinâmica ambiental local e regional (Teodoro *et al.*, 2007). Os dados necessários para a caracterização podem ser obtidos ao analisar o relevo com sistemas de informações geográficas (SIG), (Oliveira *et al.*, 2010). Associado ao SIG têm-se o sensoriamento remoto e as técnicas de geoprocessamento, que possibilitam o monitoramento dos recursos naturais e a detecção de alterações ambientais em grandes áreas, com baixo custo financeiro e em tempo hábil (Kabite e Gessesse, 2018).

O estado de Rondônia é formado por 7 bacias hidrográficas (Abunã, Guaporé, Jamarí, Machado, Madeira, Mamoré e Roosevelt), subdivididas em 42 sub-bacias com áreas de 2.005,00 a 11.037,10 km² (SEDAM, 2002), que tem a agropecuária como principal atividade econômica de uso da Terra (Ferreira *et al.*, 2018). Essas áreas são consideradas extensas para o levantamento das características morfométricas em campo, assim, verifica-se o potencial do uso integrado de SIG, SR e técnicas de geoprocessamento para obtenção de informações das bacias e sub-bacias do estado.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo realizar a caracterização morfométrica da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, no estado de Rondônia.

2. Material e métodos

2.1 Localização e características da área de estudo

O presente trabalho foi realizado na sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno (Figura 1). A região tem clima do tipo Monção (Am), (Alvares *et al.*, 2014), com precipitação anual entre 1.564,5 a 1.843,7 mm, concentrada principalmente nos meses novembro a março (Franca, 2015), e temperatura anual média de 23 a 24 °C (SEDAM, 2002).

2.2 Características morfométricas

Foram obtidos e mensurados os parâmetros área, perímetro, fator de forma, índice de circularidade, coeficiente de compacidade, altitude mínima, média e máxima, relevo, padrão de drenagem, ordem dos cursos de água, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, densidade de nascente, índice de sinuosidade e tempo de concentração. Para a

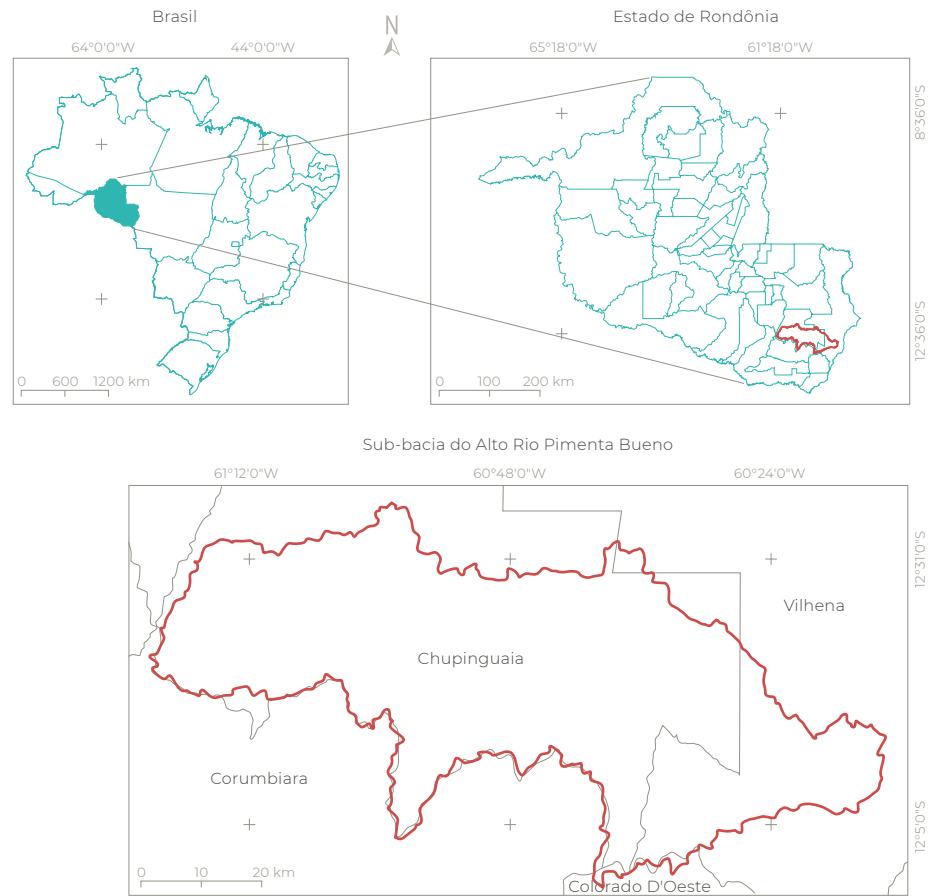


Figura 1 Localização da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Amazônia Ocidental, Brasil

realização do geoprocessamento utilizou-se principalmente o software QGIS 2.10.1 (versão Pisa), (QGIS Development Team, 2015).

Área e perímetro: parâmetros obtidos com a ferramenta *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM) e imagens altimétricas da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 m (USGS, 2017). Foram utilizadas as seguintes etapas: 1ª) *Pit Remove*; 2ª) *D8 Flow Directions*; 3ª) *D8 Contributing Area* (1ª versão); 4ª) *Stream Definition by Threshold*; 5ª) Criação do ponto *Shapefile* (exutório); e 6ª) *D8 Contributing*

Area (2ª versão). Posteriormente, realizou-se a suavização do perímetro com a ferramenta ‘Simplificar geometria’ utilizando a ‘tolerância de simplificação’ igual a 30.

Fator de forma: é a relação entre a largura média e o comprimento axial da sub-bacia, calculado com a equação 1 (Villela e Mattos, 1975) e classificado com a **Tabela 1**.

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

Em que: F = fator de forma; A = área da sub-bacia (km²); 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)

Índice de circularidade: calculado com a equação 2 (Schumm, 1956) e classificado com a Tabela 2. A sub-bacia tenderá a forma circular a medida que o valor se aproxima da unidade 1, ou a forma alongada a medida que se afasta desta unidade (Cardoso et al., 2006).

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

Em que: IC = índice de circularidade; P = perímetro da sub-bacia (km); A = área da sub-bacia (km²).

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)

Coefficiente de compacidade: constitui a relação entre o perímetro da sub-bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da sub-bacia, e foi calculado com a equação 3 (Villela e Mattos, 1975). O coeficiente de compacidade foi classificado com a Tabela 3.

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

Em que: Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro da sub-bacia (km); A = área da sub-bacia (km²).

Tabela 3 Valores de referência para classificação do coeficiente de compacidade

Coefficiente 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)

Altitudes mínima, média e máxima: os valores mínimo e máximo foram obtidos diretamente da imagem SRTM. O valor médio foi mensurado com a ferramenta ‘Estatística por zona’.

Relevo: classificado de acordo com a declividade em plano (0-3 %), suave ondulado (3-8 %), ondulado (8-20 %), forte ondulado (20-45 %), montanhoso (45-75 %) e escarpado (> 75 %), (Santos et al., 2013). As classes foram obtidas com dados SRTM, utilizando a ferramenta ‘Modelo Digital de Elevação’ (MDE).

Padrão de drenagem: inicialmente extraiu-se a rede de drenagem utilizando dados SRTM e a ferramenta TauDEM, nas seguintes etapas: 1^a) Pit Remove; 2^a) D8 Flow Directions; 3^a) D8 Contributing Area (1^a versão); 4^a) Stream Definition by Threshold; 5^a) Criação do ponto Shapefile (exutório); e 6^a) D8 Contributing Area (2^a versão); 7^a) Stream Definition by Threshold (2^a versão); e 8^a) Stream Reach and Watershed. Na 7^a etapa utilizou-se um limiar de 350. Posteriormente, comparou-se a forma da distribuição da drenagem com dados de Parvis (1950).

Ordem dos cursos de água: obtido na etapa 8 (Stream Reach and Watershed) com a ferramenta TauDEM, e classificado automaticamente de acordo com a metodologia de Strahler (1957).

Densidade hidrográfica: é a relação entre o número de cursos d'água e a área da sub-bacia, calculada com a equação 4 (Christofolletti, 1969) e classificada com a **Tabela 4**.

$$Dh = N/A \quad (4)$$

Em que: Dh = densidade hidrográfica (rios km²); N = número de cursos d'água da sub-bacia (unidades); e A = área da sub-bacia (km²).

Tabela 4 Valores de referência para classificação da densidade hidrográfica

Densidade hidrográfica (rios km ²)	Classe
< 3	Baixa
3 - 7	Média
7 - 15	Alta
>15	Muito alta

Fonte: Lollo (1995)

Densidade de drenagem: correlaciona o comprimento dos canais ou rios com a área da sub-bacia (Christofolletti, 1969), levando-se em consideração rios perenes e temporários (Horton, 1945). Esse parâmetro foi calculado com a equação 5 (Villela e Mattos, 1975) e classificado com a **Tabela 5**.

$$Dd = L/A \quad (5)$$

Em que: Dd = densidade de drenagem; L = comprimento total da rede de drenagem da sub-bacia (km); A = área de drenagem da sub-bacia (km²).

Tabela 5 Valores de referência para classificação da densidade de drenagem

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

Fonte: Beltrame (1994)

Densidade de nascentes: o número de nascentes foi mensurado utilizando-se o software *GPS Track Maker Free*, adicionando pontos nas extremidades dos cursos de primeira ordem em toda a rede de drenagem. Em seguida calculou-se a densidade de nascentes com a equação 6.

$$Dn = Qn/A \quad (6)$$

Em que: Dd: densidade de nascentes (nascentes km²); Qn = quantidade de nascentes da sub-bacia (unidades); e A = área da sub-bacia (km²).

Índice de sinuosidade: é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Alves e Castro, 2016). O parâmetro foi calculado com a equação 7 (Villela e Mattos, 1975) e classificado com a **Tabela 6**.

$$IS = \left[\frac{L - Ev}{L} \right] \times 100 \quad (7)$$

Em que: IS = Índice de sinuosidade (%); L = comprimento do canal principal da sub-bacia (km); Ev = distância vetorial do canal principal da sub-bacia (km).

Tabela 6 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)

Tempo de concentração: expressa o tempo necessário para o escoamento da água 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 8 (Kirpich, 1940).

$$T_c = [0,87 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)]^{0,385} \quad (8)$$

Em que: T_c = tempo de concentração (h);
 H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle da sub-bacia (m); L = comprimento do rio principal da sub-bacia (km).

3. Resultados e discussão

A sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno tem área de 3.593,71 km², perímetro de 481,62 km, fator de forma de 0,29, índice de circularidade de 0,19 e coeficiente de compacidade de 2,25. Portanto, a sub-bacia tem forma alongada e não está sujeita a enchentes. Foram encontrados resultados semelhantes nas microbacias

dos rios D'Alincourt (Silva, 2017), Bananeiras (Johem *et al.*, 2018) e Conceição (Siqueira *et al.*, 2018), demonstrando que essa é uma característica da região Noroeste da Amazônia Ocidental, influenciada pelo tipo de relevo, solo e clima (edafoclimático).

Com relação a altitude, constatou-se valores de 218 (mínima), 374 (média) e 631 (máxima) (Figura 2). Os resultados de altitude do Alto Rio Pimenta Bueno estão próximos aos encontrados por Mauro (2017) na sub-bacia do rio Rolim de Moura, em Rondônia (158 a 454 m), ambas pertencentes a bacia do rio Machado, encontrando-se pouco mais elevada por estar localizada mais próxima à cabeceira da referida bacia.

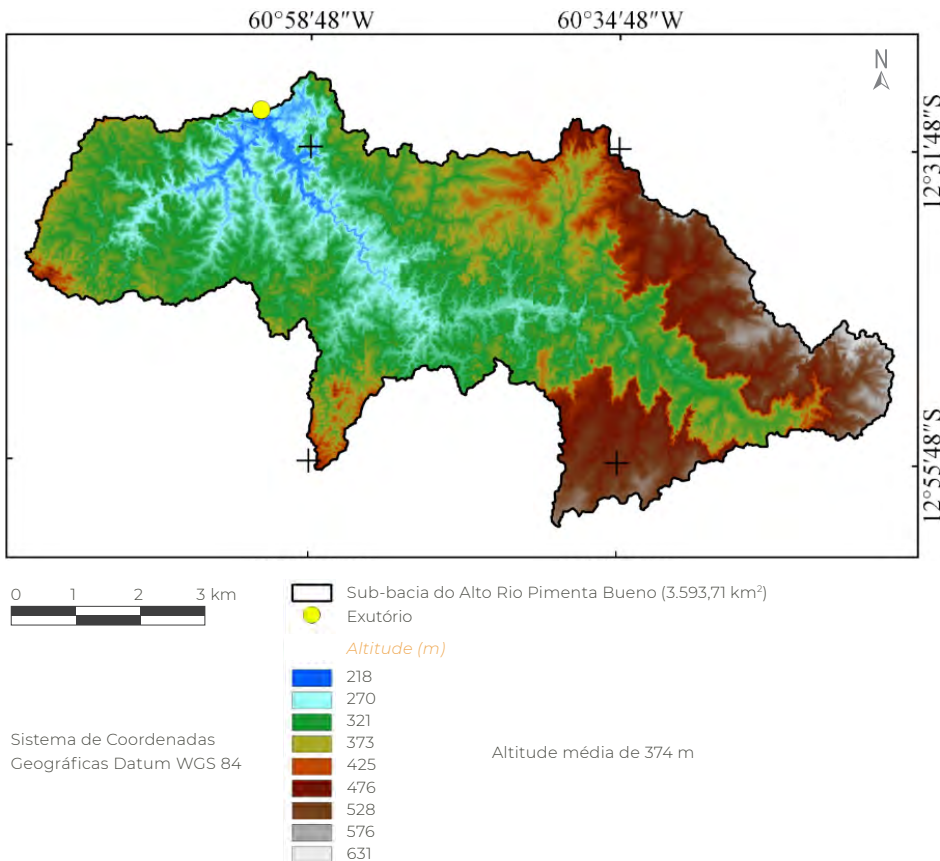


Figura 2 Altitude da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Amazônia Ocidental, Brasil

A amplitude altimétrica da sub-bacia de 413 m pode ocasionar variações de até 3,28 °C na temperatura, visto que, segundo Fritzsons *et al.* (2008), há uma diminuição média de 1 °C a cada 126 metros de ascensão vertical. A redução de temperatura, associada ao efeito orográfico, eleva os níveis de precipitação pluviométrica (Vieira *et al.*, 2009), indicando que a sub-bacia têm microclimas diferenciados que podem ser utilizados para zoneamentos agropecuários e florestais. Deste modo, nas áreas dos vales ocorrem maiores temperaturas e menores precipitações que áreas localizadas na cabeceira da sub-bacia, contudo, são necessários estudos específicos para comprovar essa hipótese, delimitar as zonas, e selecionar as espécies mais adequadas para o cultivo em cada região.

Em trabalho realizado por Figueiredo *et al.* (2015), por exemplo, observou-se que a altitude pode ser utilizada para localização de habitats preferenciais por determinados grupos de espécies madeireiras. Esses autores constataram que as espécies *Aspidosperma macrocarpon* Mart. e *Amburana acreana* (Ducke) A. C. Sm. tem maior densidade populacional nas áreas de várzea não inundável com altitudes entre 108 a 255 m, indicando a preferência por este habitat. É interessante frisar que os efeitos da altitude na diversidade de espécies variam em função do bioma, sendo observado que na floresta Atlântica tem-se um pequeno aumento na proporção de espécies com a altitude, enquanto que na floresta Amazônica, pode haver uma diminuição na proporção de espécies (Méio *et al.*, 2003), demonstrando a importância de estudos regionais.

Os relevos predominantes na sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno são classificados como suave ondulado (45,79%), plano (28,31%) e ondulado (22,52%), (Figura 3). Resultados

semelhantes, destacando a predominância de relevo plano a ondulado, foram encontrados nas microbacias dos rios Tinguí (Santos, 2017), D'Alincourt (Silva, 2017), Bananeiras (Johem *et al.*, 2018) e Conceição (Siqueira *et al.*, 2018), demonstrando que essa é uma característica comum na região.

A predominância dos relevos plano e suave ondulados sugerem um elevado potencial de mecanização (Höfig e Araújo-Junior, 2015), e reduzido problema de perdas de solo (Stathopoulos *et al.*, 2017), quando realizados juntamente com boas práticas de manejo e conservação do solo. As perdas de solos tendem a ser maiores em relevos mais declivosos (Farinasso *et al.*, 2006), proporcionando perdas conjuntas de nutrientes como P, K, Ca e Mg, e matéria orgânica (Lobato *et al.*, 2009). As declividades observadas na sub-bacia também indicam que a mesma tem 99,84% da área com valores abaixo de 45%, ou seja, de 24,23°, sendo considerada como uso irrestrito para sistemas agropecuários, silvícolas, agroflorestais e silvipastoris (<25°), segundo a Lei Nº 12.651 (Brasil, 2012).

A drenagem da sub-bacia tem rede de 4.340,99 km, padrão do tipo dendrítico de 6ª ordem (Figura 4), densidade hidrográfica de 0,84 rios km⁻², densidade de drenagem de 1,21 km km⁻², densidade de nascentes 0,84 nascentes km⁻², índice de sinuosidade de 40,82% e tempo de concentração de 32 horas. O padrão dendrítico, considerado altamente eficiente, demonstra que a área é formada por rochas com resistências semelhantes ao intemperismo e de baixa permeabilidade, e solos cuja topografia de superfície tende a ter baixa declividade, resultando em baixa influência na posição dos canais, como descrito por Gabler *et al.* (2009).

A elevada eficiência do padrão dendrítico pode ser observada no grande número de

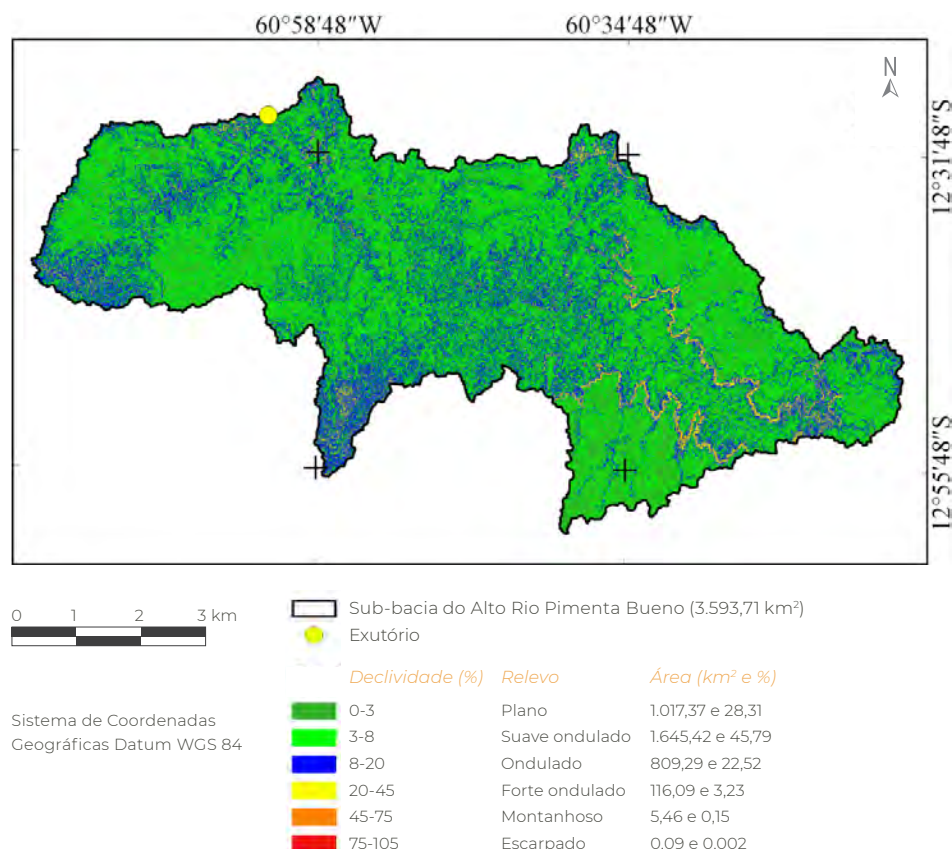


Figura 3 Classificação do relevo da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Rondônia, Amazônia Ocidental, Brasil

ordens da sub-bacia, e indica elevada complexidade ecológica do ecossistema aquático. Quando o número de ordens se eleva, ocorre maior possibilidade de formação de habitats para ictiofauna, com notável observação em canais \geq a 3^a ordem (Fairfull e Witheridge, 2003).

A sub-bacia tem baixa densidade hidrográfica e média densidade de drenagem, explicadas pela predominância de relevos com baixa declividade. Estes parâmetros também estão associados com a elevada precipitação (Gabler *et al.*, 2009), sugerindo que a sub-bacia tem média a alta vulnerabilidade a erosão do solo, de acordo com a classificação de Stathopoulos

et al. (2017). Portanto, constata-se que a região é naturalmente propícia a formação de novos canais de fluxo hídrico, principalmente em ambientes com superfícies expostas ou baixa densidade de cobertura vegetal.

A densidade de nascentes é considerada baixa, o que significa que a sub-bacia tem menos de 1 nascente km⁻² (Figura 5), sugerindo uma baixa disponibilidade hídrica ao longo do ano. As nascentes são as principais fontes de água para a manutenção dos igarapés e rios, com destaque para o período de estiagem. Esses resultados também demonstram que existe a necessidade evidente para o planejamento mais rigoroso e eficiente na manu-

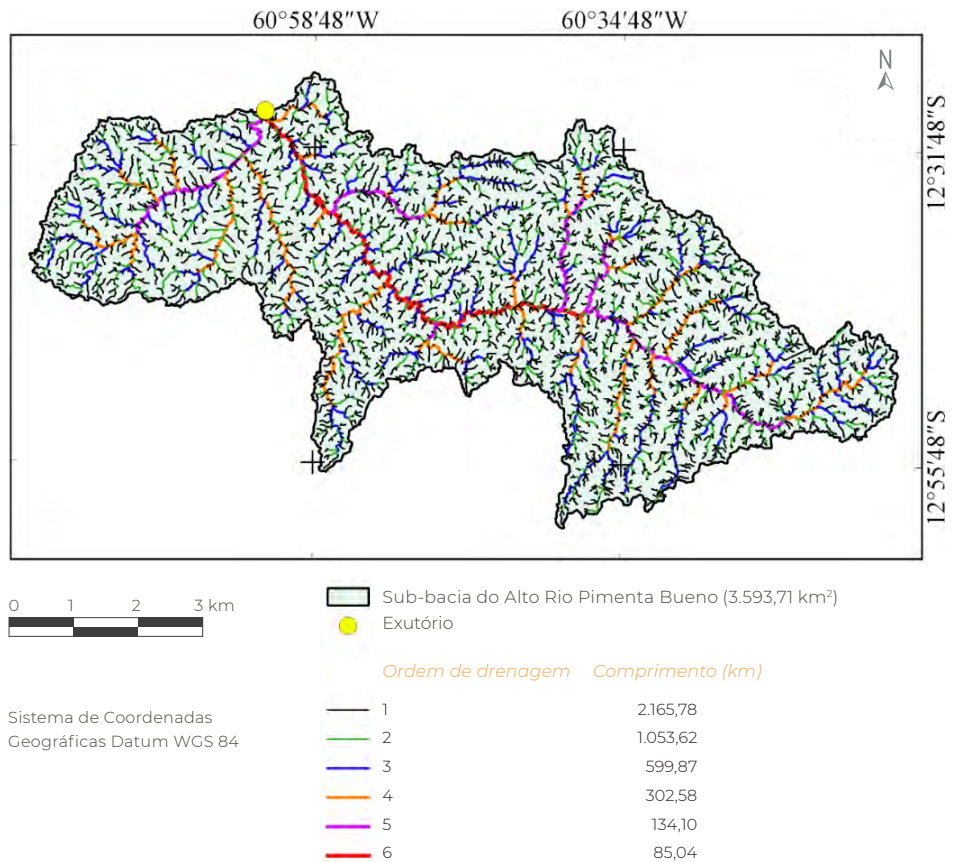


Figura 4 Drenagem da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Rondônia, Amazônia Ocidental, Brasil

tenção da qualidade e disponibilidade de água e, nessas condições recomenda-se o isolamento das áreas de proteção permanentes (matas ciliares) e sua manutenção, trazendo a adoção de atividades de baixo emissão de carbono, consequente, baixo impacto no entorno dessas áreas.

A sub-bacia tem canal principal sinuoso, característica comum em regiões planas a suave onduladas e com padrão de drenagem dendrítica. Os canais sinuosos tendem a acumular sedimentos na parte interna dos meandros, além de reduzir a velocidade de fluxo hídrico, mantendo a água por mais tempo no ecossistema (Gabler *et al.*, 2009). Neste contexto, obser-

va-se que as praias de água doce formadas nos membros dos rios podem ser locais de reprodução de quelônios, comuns na região Amazônica (Terán *et al.*, 2005), e a baixa velocidade do fluxo hídrico tende a reduzir os riscos de enchentes, contudo, quando ocorre o extravasamento da calha principal é necessário mais tempo para que o rio volte ao leito.

O tempo de concentração de 32 h é considerado baixo quando comparado ao tempo de concentração da sub-bacia do rio Rolim de Moura (34,78 h), (Mauro, 2017), mesmo contendo em uma área de drenagem maior, diferença de aproximadamente 771,25 km² (27,3%). Estes resultados demonstram que a

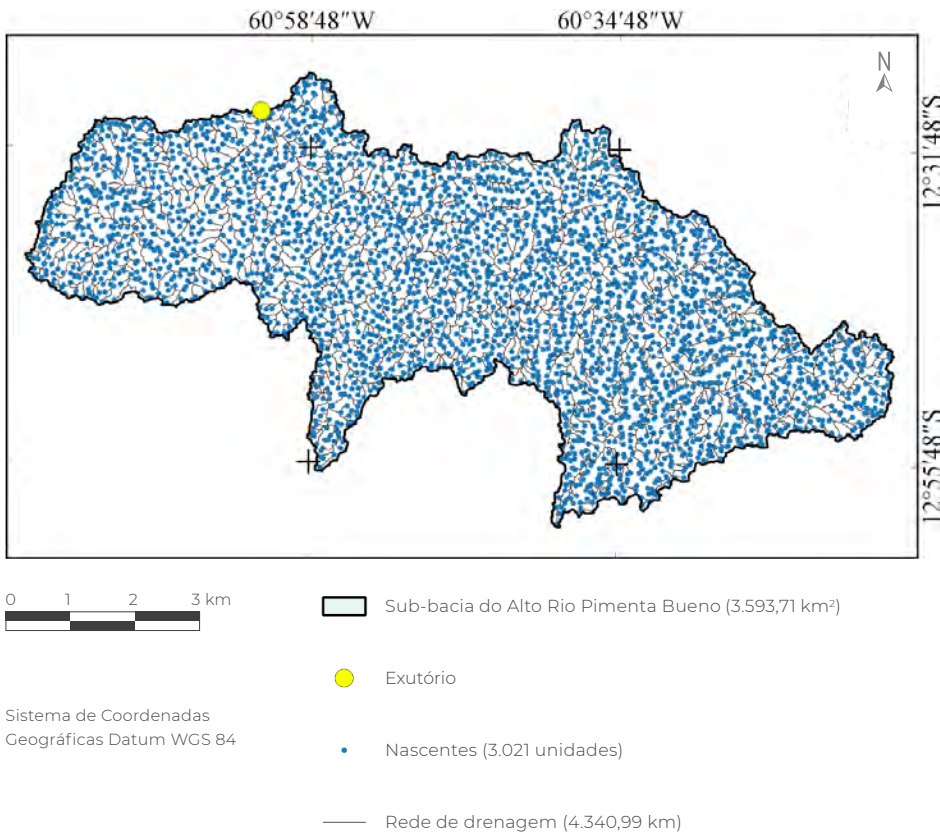


Figura 5 Distribuição espacial das nascentes na sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Amazônia Ocidental, Brasil

região da sub-bacia tem baixa velocidade de escoamento superficial, que ocorre em função da elevada sinuosidade do canal principal associado com a baixa amplitude altimétrica, aumentando o tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua no exutório. Contudo, o tempo de concentração tende a ser mais elevado em função do tempo de permanência da água no reservatório da Pequena Central Hidrelétrica Marcol, localizada na cabeceira da sub-bacia.

4. Conclusão

- As características morfométricas denotam que a sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno tem formato alongado, baixa suscetibilidade a enchentes, predomínio de relevo plano a suave ondulado, padrão de drenagem dendrítico de 6^a ordem, densidade hidrográfica baixa, densidade de drenagem média, densidade de nascentes baixa, canal principal sinuoso, com suscetibilidade ao acúmulo de sedimentos e tempo de concentração de 32 h.
- A sub-bacia tem potencial para o uso de mecanização, contudo, recomenda-se o zoneamento de aptidão na sub-bacia, considerando outros fatores, e a implementação

de técnicas conservacionista para reduzir perdas de solo por erosão em sistemas agropecuários. Para isso, recomenda-se a preservação das áreas de matas ciliares para manutenção da estrutura dos canais, principalmente na cabeceira, onde ocorrem maiores declividades.

- O uso integrado do sistema de informação geográfico (SIG), sensoriamento remoto e geoprocessamento, permitiu a obtenção de informações morfométricas da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, em tempo hábil e com baixo custo financeiro, possibilitando a compreensão do seu sistema de drenagem e relevo.

5. Agradecimentos

Ao laboratório de Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA) da Universidade Federal de Rondônia, Campus Rolim de Moura, pelo apoio estrutural na obtenção dos dados, assim como os recursos que proporcionaram a condução da pesquisa.

6. Referências citadas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. & G. SPAROVEK. 2014. "Koppen's climate classification map for Brazil". *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M. D. P. e P. T. A. CASTRO. 2016. "Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 117-124.
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- BRASIL. 2012. Lei N° 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. [Consulta: fevereiro 2019].
- 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.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1969. "Análise morfométrica de bacias hidrográficas". *Notícia Geomorfológica*, 18(9): 35-64.
- FAIRFULL, S. & G. WITHERIDGE. 2003. *Why do Fish Need to Cross the Road? Fish Passage Requirements for Waterway Crossings*. NSW Fisheries, Cronulla. Sydney, Australien.
- FARINASSO, M.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. e V. M. RAMOS. 2006. "Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS - equação universal da perda de solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba - PI MA". *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2: 73-85.

- FAUSTINO, E.; VANZELLA, M.; JESUS, M. A.; MENEGUETTI, D. U. O. e R. A. ZAN. 2013. "Avaliação da qualidade de águas de poços rasos ou comuns da cidade de Ariquemes, Rondônia, Brasil". *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente*, 4(2): 65-78.
- FERREIRA, K. R.; VENDRUSCOLO, J. e J. D. SÁ ROCHA. 2018. "Caracterização socioambiental e econômica do estado de Rondônia". In: J. D. SÁ ROCHA; A. C. V. ARANTES e R. MEZACASA (Eds.), *Residência Agroflorestal: uma experiência na Amazônia Brasileira*. pp. 18-46. Oikos. São Leopoldo, Brasil.
- 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.
- FRANCA, R. R. 2015. "Climatologia das chuvas em Rondônia - período 1981-2011". *Revista Geografias*, 11(1): 44-58.
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E. e A. V. AGUIAR. 2008. "Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná". *Revista de estudos ambientais*, 10(1): 49-64.
- 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 (Eds), *Physical Geographic*. pp. 461-490. Brooks Cole. Belmonte – CA. USA.
- HÖFIG, P. e C. F. ARAÚJO-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 basins; Hydrophysical approach to quantitative morphology". *Bulletin of the Geological Society of America*, 56(3): 275-370.
- JOHEM, J.; BOONE, N. R. V.; SILVA, R. F. A.; LIMA, A. C. R.; VENDRUSCOLO, J. e D. M. ROSA. 2018. "Caracterização morfométrica da microbacia do rio Bananeira. Amazônia Ocidental". *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, 7(1): 42-50.
- KABITE, G. & B. GESSESSE. 2018. "Hydro-geomorphological characterization of Dhidhessa River Basin, Ethiopia". *International Soil and Water Conservation Research*, 6: 175-183.
- KENT, K. M.; WOODWARD, D. E.; HOEFT, C. C.; HUMPAL, A. & G. CERRELLI. 2010. "Time of Concentration". In: PART 630 *Hydrology National Engineering Handbook*. p. 15.1-15.15. United States Department of Agriculture. Washington D. C. United States of America.
- KIRPICH, K. P. 1940. "Time of concentration in small agricultural watersheds". *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.
- 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. 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.
- LOLLO, J. A. 1995. *O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadricula de Campinas*. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil. Tese Doutorado em Geotecnia.

- MAURO, T. L. 2017. *Características morfométricas e cobertura do solo na sub-bacia do rio Rolim de Moura, Amazônia ocidental*. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- MÉIO, B. B.; FREITAS, C. V.; JATOBÁ, L.; SILVA, M. E. F.; RIBEIRO, J. F. e R. P. B. HENRIQUES. 2003. "Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado *sensu stricto*". *Revista Brasileira de Botânica*, 26(4): 437-444.
- OLIVEIRA, P. T. S.; SOBRINHO, T. A.; STEFFEN, J. L. e D. B. B. RODRIGUES. 2010. "Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(8): 819-82.
- 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: outubro de 2017].
- REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. e J. G. TUNDISI. 1999. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Escrituras. São Paulo, Brasil.
- 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.
- SANTANA, D. P. 2003. *Manejo integrado de bacias hidrográficas*. EMBRAPA. Sete Lagoas, Brasil.
- SANTOS, L. P. 2017. *Índice de desmatamento e características morfométricas da microbacia do rio Tinguí, Amazônia, Brasil*. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- 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*. 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 ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2002. *Atlas Geoambiental de Rondônia*. SEDAM, Porto Velho. 2: 151 p. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/110424383/Atlas-Geoambiental-de-Rondonia>>. [Consulta: janeiro de 2016].
- SILVA, A. F. 2017. *Caracterização morfométrica e índice de desmatamento na microbacia hidrográfica do igarapé D'Alincourt*. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- 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.
- SIQUEIRA, A. da S.; LA TORRE, J. J.; PARREIRA, C. F.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M. e W. C. S. CAVALHEIRO. 2018. "Caracterização morfométrica na microbacia do rio Conceição, Rondônia". *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, 7(1): 59-67.
- STATHOPOULOS, N.; LYKOU, E.; VASILEIOU, E.; ROZOS, D. & DIMITRAKOPOULOS, D. 2017. "Erosion vulnerability assessment of sperchios river basin, in East Central Greece—A GIS based analysis". *Open Journal of Geology*, 7(05): 621-646.

- STRAHLER, A. N. 1957. "Quantitative analysis of watershed geomorphology". *Transactions of American Geophysical Union*, 38(6): 913-920.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L. e B. B. FULLER. 2007. "O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local". *Revista Uniara*, 20: 137-157.
- TERÁN, A. F. 2005. "Participação comunitária na preservação de praias para reprodução de quelônios na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazonas, Brasil". *Scientific Magazine UAKARI*, 1(1): 19-30.
- TUCCI, C. E. M. 2004. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. Editora da Universidade do Rio Grande do Sul/ABRH. Porto Alegre, Brasil.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*. Disponível em: < <https://earthexplorer.usgs.gov/>>. [Consulta: julho de 2017].
- 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)". *Bi Engenharia*, 3(2): 87-97.
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.

Uso de plataforma SIG na caracterização

morfométrica da microbacia do rio Santa Teresinha, Amazônia Ocidental, Brasil

Uso de la plataforma SIG en la caracterización morfométrica de la
microcuenca del río Santa Teresinha, Amazonia Occidental, Brasil

Use of GIS platform in the morphometric characterization
of the Santa Teresinha River microbasin, Western Amazon, Brazil

Gilderlon dos Santos Soares

Nilson Reinaldo Fernandes dos Santos Júnior

Silvânia Fernandes de Mira

Renan Fernandes Moreto

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Jhony Vendruscolo

Diogo Martins Rosa

Resumo

A bacia hidrográfica é a unidade básica para gestão dos recursos hídricos, que disponibiliza subsídios para o planejamento ambiental. O trabalho teve como objetivo caracterizar a morfometria da microbacia do rio Santa Teresinha. Foram analisadas as características geométricas, de relevo e drenagem, utilizando imagem Alos (Sensor Palsar) e software QGIS. A microbacia tem área de 179,64 km², perímetro de 78,31 km, forma alongada, altitudes entre 190 e 241 m, predominância de relevo suave ondulado, rede de drenagem retilínea com padrão dendrítico de 3ª ordem, baixas densidades de drenagem, hidrográfica e de nascentes, tempo de concentração de 18 horas e 51 minutos, baixa suscetibilidade a erosões hídricas e propensões a encharcamento do solo. Assim, a utilização de ferramentas computacionais possibilita a geração de informações geomorfológicas, em tempo hábil e baixo custo financeiro, para auxiliar no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, fornecendo subsídios para formação de políticas públicas.

Palavras chave: gestão ambiental; recursos hídricos; geotecnologias; sensoriamento remoto.

Resumen

La cuenca hidrográfica es la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, que ofrece subsidios para la planificación ambiental. El trabajo tuvo como objetivo caracterizar la morfometría de la microcuenca del río Santa Teresinha. Se analizaron las características geométricas, de relieve y drenaje, utilizando imagen Alos (Sensor Palsar) y software QGIS. La microcuenca tiene un área de 179,64 km², perímetro de 78,31 km, forma alargada, altitudes entre 190 y 241 m, predominio de relieve suave ondulado, red de drenaje rectilínea con patrón dendrítico de 3º orden, bajas densidades de drenaje, hidrográfica y de manantiales, tiempo de concentración de 18 horas y 51 minutos, baja susceptibilidad a erosiones hídricas y propensas a encharcamiento del suelo. Así, la utilización de herramientas computacionales posibilita la generación de informaciones geomorfológicas, en tiempo hábil y bajo costo financiero, contribuyendo así con la planificación y gestión de los recursos hídricos, proporcionando subsidios para la formación de políticas públicas.

Palabras clave: gestión ambiental; recursos hídricos; geotecnologías; detección remota.

Abstract

The hydrographic basin is the basic unit for the management of water resources, which provides subsidies for environmental planning. The objective of this work was to characterize the morphometry of the Santa Teresinha River microbasin. The geometric characteristics, relief and drainage were analyzed using Alos image (Palsar sensor) and QGIS software. The microbasin has an area of 179.64 km², a perimeter of 78.31 km, an elongated form, low susceptibility to floods, altitudes between 190 and 241 m, predominance of relief features wavy corrugated smooth, rectilinear drainage network with 3rd order dendritic pattern, low drainage densities, hydrographic and of springs, concentration time of 18 hours and 51 minutes, low susceptibility to water erosions and propensities to soil flooding. Thus, the use of computational tools allows the generation of geomorphological information, in a timely manner and low financial cost, to assist in the planning and management of water resources, providing subsidies for the formation of public policies.

Key words: environmental management; water resources; geotechnology; remote sensing.

1. Introdução

Ao considerar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, permite-se a compreensão da dinâmica hídrica no ecossistema (Brasil, 1997), e posteriormente, o monitoramento da disponibilidade e qualidade da água. A compreensão da dinâmica hídrica é essencial para o desenvolvimento sustentável da região, e pode ser obtida com o direcionamento de análises da paisagem que compõem a bacia (Araújo *et al.*, 2017).

As bacias hidrográficas são compostas por sub-bacias, que por sua vez são constituídas por microbacias (Faustino, 1996). Dentre os três tipos de unidades, destaca-se a preferência por microbacias para gestão dos recursos hídricos, por possibilitar a obtenção de informações mais precisas da rede de drenagem, assim como estudos ambientais de naturezas geológicas, limnológicas e ecológicas (Lemos *et al.*, 2017).

A caracterização morfométrica é a primeira etapa para se obter as informações da paisagem. Essas informações inferem os níveis de suscetibilidade a enchentes e a erosão hídrica, e podem ser utilizadas para nortear práticas de manejo mais sustentáveis do ponto de vista ambiental (Calil *et al.*, 2012; Umetsu *et al.*, 2012).

Existem muitas formas de aquisição das características morfométricas, destacando-se as técnicas de sensoriamento remoto, por permitirem a obtenção de informações da paisagem por meio da interpretação de imagens de satélites e modelos digitais de elevação. Estas técnicas têm grande potencial para auxiliar no monitoramento e caracterizações fisiográficas das áreas naturais, bem como no planejamento do uso do solo (Polidoro *et al.*, 2010; Brubacher *et al.*, 2011).

Em face ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar e avaliar os aspectos morfométricos da microbacia do rio Santa Teresinha, Amazônia Ocidental.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado na microbacia do rio Santa Teresinha (Figura 1). Esta região tem clima Monção (Am), (Alvares *et al.*, 2014), com precipitação média anual de 1.750 mm e temperatura média de 24 °C (SEDAM, 2002).

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 rede drenagem (padrão, ordem, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, densidade de nascentes, índice de sinuosidade e tempo de concentração).

Área e perímetro: Estes parâmetros foram delimitados e mensurados com o software *Google Earth Pro*, levando-se em consideração o relevo e a rede de drenagem da região.

Fator de forma: É definido pela relação entre a largura média e o comprimento do eixo axial da 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: F = fator de forma; A = área da bacia (km²); e L = comprimento do eixo da bacia (km).

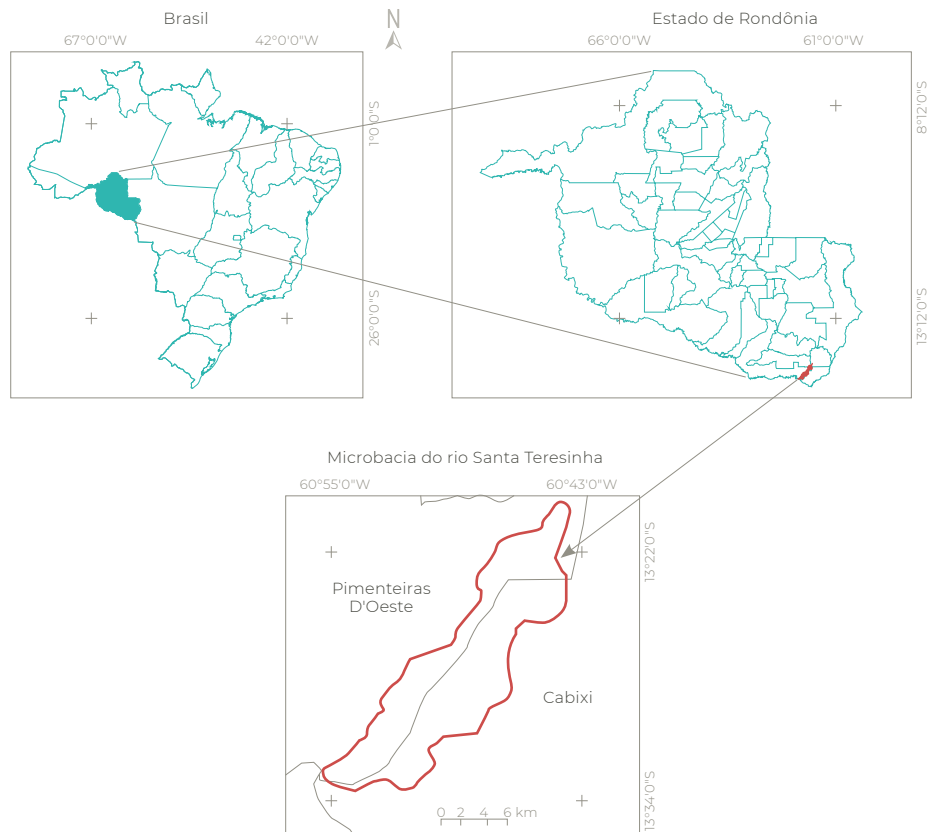


Figura 1 Localização da microbacia do rio Santa Teresinha, Amazônia Ocidental, Brasil

Índice de circularidade (IC): O índice de circularidade (IC) relaciona a área da 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: IC = índice de circularidade; p = perímetro da bacia hidrográfica (km); e A = área da bacia hidrográfica em (km²).

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)

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)

Coefficiente de compacidade (Kc): O coeficiente de compacidade (Kc) define a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a 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: Kc = coeficiente de compacidade;
P = perímetro da bacia hidrográfica (km);
e A = área da bacia hidrográfica (km²).

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).

Altitudes mínima, média e máxima: As altitudes mínima e máxima foram obtidas tendo como base o modelo digital de elevação (MDE) do produto RTC, com resolução espacial de 12,5 m e comprimentos de onda na banda L (ASF, 2017), utilizando o software QGIS 2.18.7. (QGIS *Development Team*, 2015). A altitude média foi mensurada com o complemento ‘Estatística por zona’.

Declividade: Inicialmente extraiu-se o relevo utilizando o software QGIS, tendo como base o modelo digital de elevação (MDE) do produto RTC, 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).

Padrão de drenagem: Inicialmente foi extraído a rede de drenagem utilizando o *Google Earth Pro*. Posteriormente, comparou-se a forma da distribuição da drenagem da sub-bacia com a classificação de Parvis (1950) (**Figura 2**).

Ordem dos cursos de água: A ordem dos cursos de água realizou-se a classificação da ordem dos cursos d’água manualmente no software *GPS Track Maker free* (versão 13.9.596), (Ferreira Junior, 1998). Os cursos de água foram classificados de acordo com Strahler (1957).

Densidade hidrográfica: A densidade hidrográfica é a relação entre o número de cursos d’água e a área da bacia, e foi calculada conforme a equação 4 (Christofoletti, 1980). A densidade hidrográfica foi classificada de acordo com a **Tabela 4**.

$$Dh = N/A \quad (4)$$

Onde: Dh = densidade hidrográfica (rios km⁻²);
N = número de cursos d’água (unidades);
e A = área da bacia (km²).

Tabela 4 Valores de referência para classificação da densidade hidrográfica

Densidade hidrográfica (rios km ⁻²)	Classe
< 3	Baixa
3 – 7	Média
7 – 15	Alta
>15	Muito alta

Fonte: Lollo (1995)



Figura 2 A disposição espacial dos principais tipos de padrões de drenagem. Fonte: Siqueira et al. (2018)

Densidade de drenagem (Dd): A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica (Christofoletti, 1969), levando-se em consideração rios perenes e temporários, e foi calculado com a equação 5 (Horton, 1945). O valor da Dd foi classificado conforme a Tabela 5.

$$Dd = L/A \quad (5)$$

Onde: Dd = densidade de drenagem (km km^{-2}); L = comprimento total da rede de drenagem (km); e A = área da bacia (km^2).

Densidade de nascentes (Dn): O número de nascentes foi mensurado utilizando-se o software GPS *Track Maker Free*, adicionando pontos nas extremidades dos cursos de primeira ordem em toda a rede de drenagem. Em

Tabela 5 Valores de referência para classificação da densidade de drenagem

Densidade de drenagem (km km^{-2})	Classe
< 0,50	Baixa
0,50 - 2,00	Média
2,01 - 3,50	Alta
> 3,50	Muito alta

Fonte: Beltrame (1994)

seguida calculou-se a densidade de nascentes com a equação 6.

$$Dn = Qn/A \quad (6)$$

Onde: Dd: densidade de nascentes (nascentes km^{-2}); Qn = quantidade de nascentes (unidades); e A = área da bacia (km^2).

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 7 (Villela e Mattos, 1975). O valor do Is foi classificado com base na **Tabela 6**.

$$Is = 100(L-Ev)/L \quad (7)$$

Onde: Is = índice de sinuosidade (%);
L = comprimento do canal principal (km);
e Ev = distância vetorial do canal principal (km).

Tabela 6 Valores de referência para classificação do índice de sinuosidade

Classe	Descrição	Limite (%)
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

Fonte: Romero *et al.* (2017)

Tempo de concentração (Tc): O tempo de concentração expressa o tempo necessário para o escoamento deslocar-se do ponto hidráulicamente mais distante da bacia para a saída, conhecida como exutório (USDA, 2010). Este parâmetro foi calculado com a equação 8 (Kirpich, 1940).

$$Tc = [0,87 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)]^{0,385} \quad (8)$$

Onde: Tc = tempo de concentração (h);
H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (m); L = comprimento do rio principal (km).

3. Resultados e discussão

A microbacia do rio Santa Teresinha tem área de 179,64 km², perímetro de 78,31 km, fator de forma de 0,17, coeficiente de compacidade de 1,64 e índice de circularidade de 0,37. Esses resultados caracterizam uma microbacia pequena para a região, de forma alongada não sujeita a inundações. É interessante frisar que o formato da microbacia tem notória relação com o tempo de drenagem, por influenciar o comportamento dos cursos de água, sendo constatado que formatos alongados o escoamento ocorre de forma rápida (Spanghero *et al.*, 2015).

Com relação à altitude, verificou-se valor mínimo de 190 m, médio de 121 m, máximo de 241 m e amplitude de 51 m (**Figura 3**). A baixa amplitude altimétrica denota que, apesar da microbacia ter formato alongado, o escoamento deve ocorrer lentamente, propiciando inundações quando ocorrem precipitações prolongadas e com boa intensidade. Neste contexto, verifica-se que a amplitude altimétrica pode exercer maior influência na suscetibilidade a inundações do que o formato da microbacia.

A região tem declividade variando de 0 a 58,0 %, enquadrando-se em cinco classes de relevo (**Figura 4**), com predominâncias dos relevos suave ondulado (88,68 %), ondulado (5,16 %) e plano (4,61 %), que correspondem a 98,46% da área total. Os outros 1,53 % são classificados em forte ondulado (1,10 km²) e montanhoso (0,0016 km²). A predominância de relevos com baixa declividade está associada com a baixa amplitude altimétrica da região, e indica pouca suscetibilidade a erosão, visto que, de acordo com Pissarra *et al.* (2004), o grau de declividade é um dos principais fatores que influenciam os processos erosivos.

Na análise de drenagem constatou-se que a região tem o padrão do tipo dendrítico de terceira ordem, com canal principal

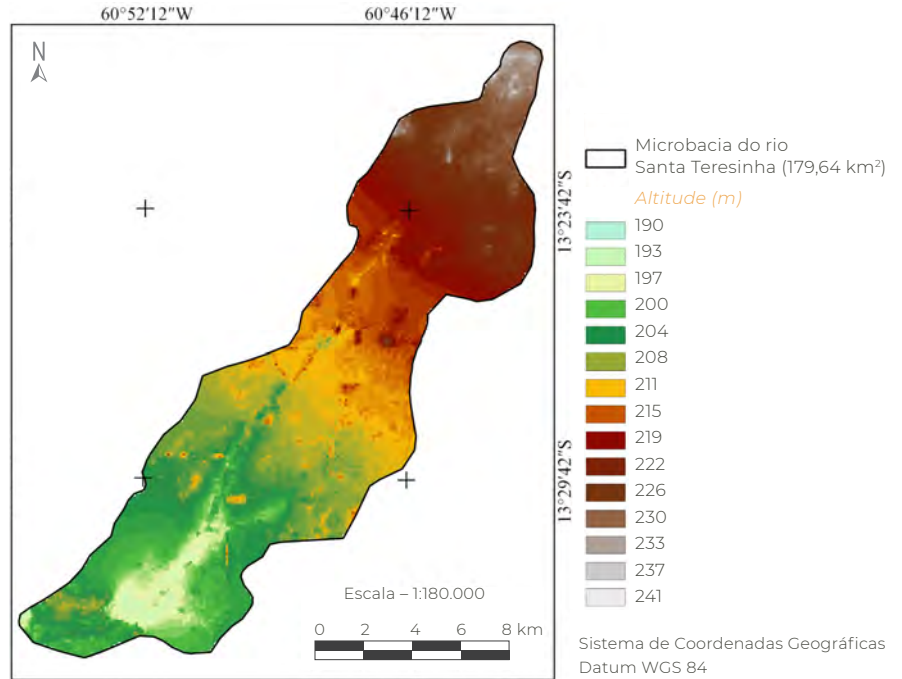


Figura 3 Hipsometria da microbacia do rio Santa Teresinha, Amazônia Ocidental

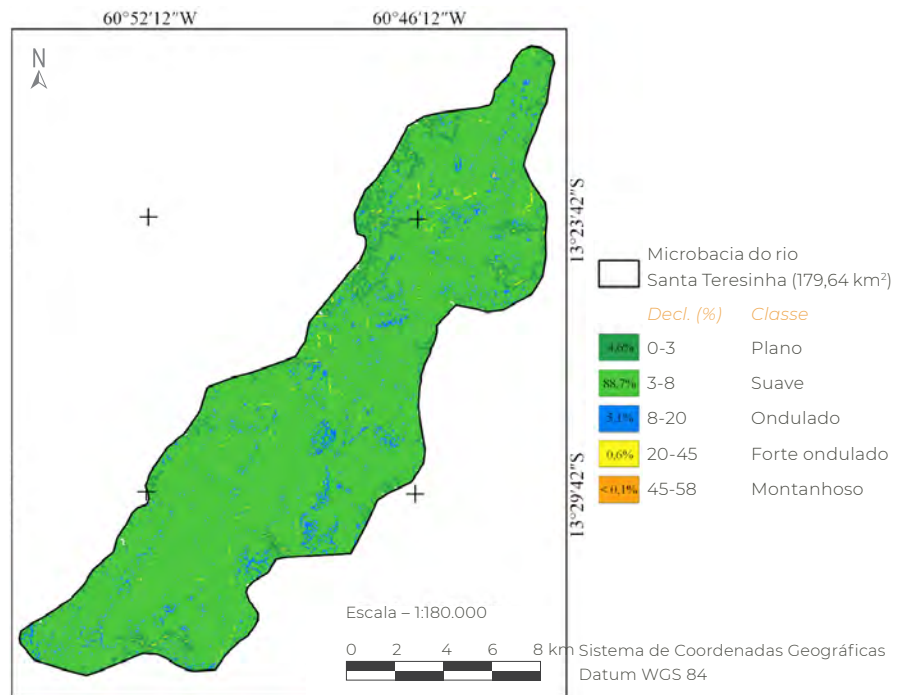


Figura 4 Relevo da microbacia do rio Santa Teresinha, Amazônia Ocidental

de 38,17 km, rede de drenagem de 73,58 km, densidade hidrográfica de 0,11 rios km⁻², densidade de nascentes de 0,08 nascentes km⁻², densidade de drenagem de 0,41 km km⁻² (Figura 5), índice de sinuosidade de 21,75 % e tempo de concentração de 18 horas e 51 minutos.

O padrão de drenagem dendrítico assemelha-se a uma árvore, onde o curso de água principal é o tronco e os afluentes são os ramos (Smith, 1943). Este tipo de padrão sugere que a estrutura da rocha não interfere com o desenvolvimento dos córregos (James, 1935), ou seja, não influencia a distribuição dos canais.

Com relação às ordens, verificam-se valores de 37,20 km, 12,59 km e 23,80 km, para primeira, segunda e terceira ordem, respectivamente. O baixo número de ordens desta microbacia está diretamente relacionado com

a predominância de relevos com baixa declividade.

Os valores das densidades hidrográfica, drenagem e de nascentes são classificados como baixos. O relevo pouco acidentado da microbacia justifica as baixas densidades na área estudada. Todavia, não significa que a região possui baixo potencial hídrico para o abastecimento local, visto que a microbacia está localizada no vale do Guaporé, onde o lençol freático é considerado raso, tendendo a manter o solo encharcado, principalmente durante o período chuvoso do ano (novembro a abril).

O índice de sinuosidade demonstra que a drenagem é retilínea. Este resultado sugere baixo tempo de concentração, contudo, constatou-se o contrário, tempo de concentração de 18 h e 51 minutos, considerado elevado,

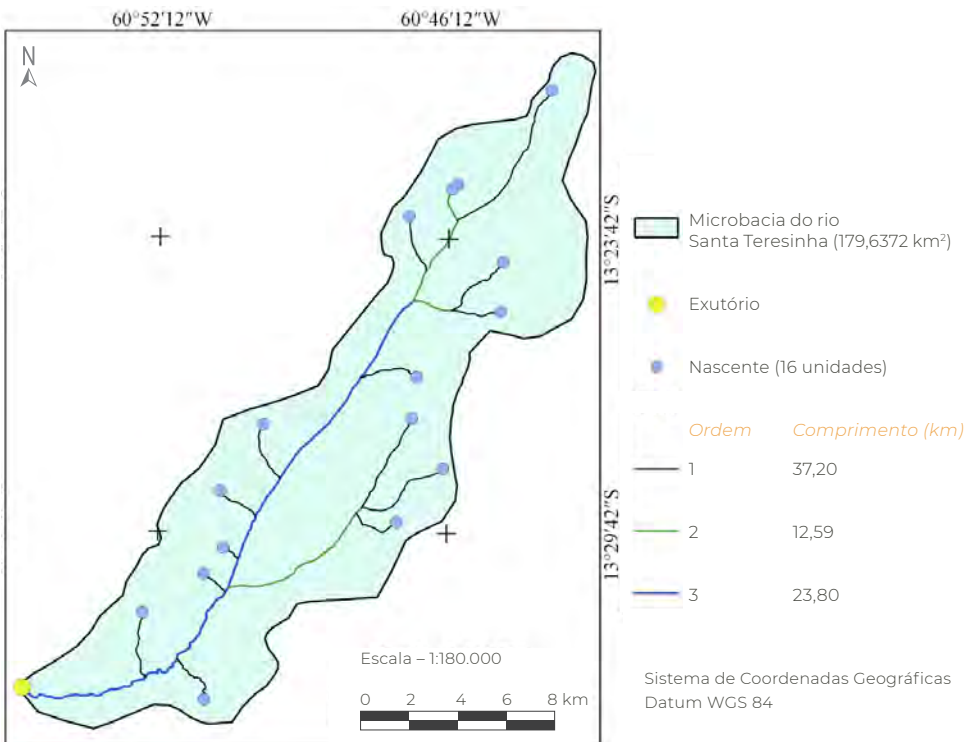


Figura 5 Rede hidrográfica da microbacia do rio Santa Teresinha, Amazônia Ocidental

visto que o comprimento do rio principal tem apenas 38,17 km. O elevado tempo de concentração pode ser explicado diante da amplitude altimétrica do talvegue, considerada baixa (51 m), e das feições do terreno (predominantemente suave ondulado).

É importante ressaltar que a microbacia do rio Santa Teresinha deságua na margem direita do rio Guaporé (200 m de largura), de modo que a dinâmica hídrica da microbacia é influenciada pelos ciclos de cheia e seca do referido rio. Neste contexto, constata-se que é importante considerar a dinâmica hídrica do rio Guaporé para o planejamento e gestão ambiental da microbacia do rio Santa Teresinha.

4. Conclusão

A microbacia do rio Santa Teresinha tem forma alongada, predominância de relevo suave ondulado, rede de drenagem retilínea com padrão dendrítico de terceira ordem, baixas densidades de drenagem, hidrográfica e de nascentes, baixa suscetibilidade a erosões e propensões a encharcamento do solo.

A utilização de ferramentas computacionais para geração de informações geomorfológicas, possibilita sua obtenção em tempo hábil e com baixo custo financeiro. Disponibilizando uma base de dados para auxiliar no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, além de fornecer subsídios para formação de políticas públicas.

5. Referências citadas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. & SPAROVEK, G. 2014. "Köppen's climate classification map for Brazil". *Gerbrüder Borntraeger*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M. D. P. e P. T. A. CASTRO. 2003. "Influência de feições geológicas na morfometria da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análises de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 117-124.
- ARAÚJO, A. N.; PINHO, D. M.; LOBATO, A. A. C. e L. SILVA TRZECIACK. 2017. "Análise morfométrica de quatro sub-bacias hidrográficas do rio Gurupi na Amazônia Oriental". *Ciência e Sustentabilidade*, 3(2): 83-99.
- ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF). 2017. Disponível em: <<https://www.asf.alaska.edu/>>. [Consulta: setembro, 2017].
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- 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>.
- BRUBACHER, J. P.; OLIVEIRA, G. D. e L.A. GUASSELLI. 2011. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS. *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*. 1.279-1.286. Curitiba, Brasil. (30 de abril - 5 de maio).

- CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F.; KLIEMANN, H. J. e V. A. DE OLIVEIRA. 2012. "Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 16(4): 433-442.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B. e S. M. MARTINS. 2006. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo – RJ". *Revista Árvore*, 30(2): 241-248.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1969. "Análise morfométrica de bacias hidrográficas". *Notícias Geomorfológicas*, 18(9): 35-64.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. *Geomorfologia*. Edgard Blücher. São Paulo, Brasil.
- FAUSTINO, J. 1996. *Planificación y gestión de manejo de cuencas*. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- FERREIRA JUNIOR, O. 1998. *Geo Studio Tecnologia Ltda. Belo Horizonte, MG - Brasil*. Registro INPI nº 28.820. Disponível em: <<http://www.trackmaker.com/main/pt/>>. [Consulta: outubro de 2017].
- 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.
- JAMES, P. E. 1935. *An Outline of Geography*. Ginn and Company. Chicago, USA.
- KIRPICH, Z. P. 1940. "Time of concentration in small agricultural watersheds". *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.
- LEMONS, C. E. F.; DE SOUZA VIEIRA, M. I. e R. R. FERRAZ. 2017. "Compartimentação hidrográfica da bacia de drenagem do rio branco, estado de Roraima, Brasil por meio da base hidrográfica ortocodificada". *Acta Geográfica*, 11(26): 35-53.
- 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).
- LOLLO, J. A. 1995. *O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadricula de Campinas*. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil. Tese Doutorado em Geotecnia.
- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in air photo identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W. e A. S. FERRAUDO. 2004. "Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP)". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(2): 297-305.
- POLIDORO, M.; BARROS, M. V. F.; LOLLO, J. A. D. e M. C. MARCHETTI. 2010. "Análise multitemporal da evolução da mancha urbana no entorno da BR-369 dos municípios paranaenses". *XVI Encontro Nacional dos Geógrafos*. Anais... 1-10. (25 a 31 de julho). Porto Alegre, Brasil.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geographi Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>.
- ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M. e F. F. N. MARCUZZO. 2017. "Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO". *Ciência e Natureza*, 39(2): 320-340.

- 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*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- SCHUMM, S. A. 1956. "Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy, New Jersey". *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646.
- SECRETARIA ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2002. *Atlas Geoambiental de Rondônia*. Porto Velho, Rondônia, Brasil.
- SILVA, Q. D. da. 2012. *Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão*. Departamento de Geografia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado em Geografia.
- SIQUEIRA, A. da S.; LA TORRE, J. J. S.; PARREIRA, C. F.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M. e W. C. S. CAVALHEIRO. 2018. "Caracterização morfométrica na microbacia do rio Conceição, Rondônia". *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, Edição Especial, 7(1): 59-67.
- SMITH, H. T. U. 1943. *Aerial Photographs and their Applications*. D. Appleton-Century Company. New York, USA.
- SPANGHERO, P. E. S. F.; MELIANI, P. F. e J. S. MENDES. 2015. "Mapeamento hidrográfico de detalhe e análise morfométrica comparativa das bacias dos rios Tijuípe e Tijuipinho, Litoral Sul da Bahia". *Caminhos de Geografia*, 16(53): 101-117.
- STRAHLER, A. N. 1957. "Quantitative analysis of watershed geomorphology". *Transactions of American Geophysical Union*, 38(6): 913-20.
- UMETSU, K. R.; PEREIRA, N.; FURLAN DE PEDRI DE CAMPOS, É. M.; AKEMI UMETSU, C.; MEIRELES DE MENDONÇA, R. A.; BERNASCONI, P. e M. F. CAMARGO. 2012. "Análise morfométrica e socioambiental de uma bacia hidrográfica amazônica, Carlinda, MT". *Revista Árvore*, 36(1): 83-93.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). 2010. *Time of Concentration*. Disponível em: <<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/national/water/manage/hydrology/?cid=stelprdb1043063>>. [Consulta: abril, 2018].
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill. São Paulo, Brasil.

Caracterização morfométrica

da sub-bacia do Baixo Rio Jaci Paraná,
Amazônia Ocidental, Brasil

Caracterización morfométrica de la subcuenca del Baixo
Rio Jaci Paraná, Amazonía Occidental, Brasil

Morphometric characterization of the
Baixo Jaci Paraná River sub-basin, Western Amazon, Brazil

Micheli Leite Zanchetta

Jhony Vendruscolo

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Diogo Martins Rosa

Eduardo Candido Franco Rosell

Rosalvo Stachiw

Resumo

A morfometria da bacia hidrográfica é o primeiro procedimento executado em análises hidrológicas. Objetivou-se a caracterização morfométrica da sub-bacia do Baixo Rio Jaci Paraná. As características morfométricas analisadas foram: área, perímetro, altitude, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, fator de forma, padrão de drenagem, ordem dos cursos d'água, densidade de drenagem, índice de sinuosidade, relevo e tempo de concentração. Foi utilizado a imagem altimétrica do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com processamento de dados no software QGIS e complemento TauDEM. A sub-bacia tem área de 6.850,31 km², perímetro de 549,41 km, coeficiente de compacidade de 1,86, índice de circularidade de 0,29, fator forma de 0,28, padrão de drenagem dendrítico, densidade de drenagem de 1,23 km km⁻², índice de sinuosidade de 38,23% e 42,19%, predominância de relevo suave ondulado e tempo de concentração de 68,4 h. Portanto, a sub-bacia tem uma boa capacidade de drenagem e elevado tempo de concentração.

Palavras chave: região amazônica; recursos hídricos; características fisiográficas.

Resumen

El estudio de las características morfométricas es uno de los procedimientos más importantes para los análisis hidrológicos. El objetivo de este trabajo fue realizar la caracterización morfométrica de la subcuenca del *Baixo Rio Jaci Paraná*. Dentro de los parámetros analizados estuvieron: área, perímetro, altitud, coeficiente de compactación, índice de circularidad, factor de forma, patrón de drenaje, orden de los tributarios o cursos de agua, densidad de drenaje, índice de sinuosidad, relieve y tiempo de concentración. Se utilizó una imagen altimétrica del proyecto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), procesada mediante el software QGIS completada con TauDEM. La subcuenca tiene un área de 6.850,31 km², perímetro de 549,41 km, coeficiente de compactación de 1,86, índice de circularidad de 0,29, factor de forma de 0,28, patrón de drenaje dendrítico, densidad de drenaje de 1,23 km km⁻², índice de sinuosidad de 38,23% y 42,19%, con relieve predominante de suave a ondulado y un tiempo de concentración de 68,4 h. Por lo tanto, la subcuenca tiene una buena capacidad de drenaje y un alto tiempo de concentración.

Palabras clave: región amazónica; recursos hídricos; características fisiográficas.

Abstract

The morphometry of a river basin is one of the first procedures in hydrological analysis. The objective of this work was to characterize the Baixo Rio Jaci Paraná sub-basin. The morphometric characteristics analyzed were area, perimeter, altitude, compactness coefficient, circularity index, shape factor, drainage pattern, order of watercourses, drainage density, sinuosity index, relief and concentration time. It was used the altimetric image of the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) project and processed in the software QGIS and TauDEM complement. The sub-basin has an area of 6,850.31 km², a perimeter of 549.41 km, a compactness coefficient of 1.86, a circularity index of 0.29, a shape factor of 0.28, a dendritic drainage pattern, a drainage density of 1.23 km km⁻², sinuosity index of 38,23% and 42,19%, predominance of smooth undulating relief and concentration time of 68,4 h. Therefore, the sub-basin has a good drainage capacity and high concentration time.

Key words: Amazon region; water resources; physiographic characteristics.

1. Introdução

A bacia hidrográfica é a área de captação natural da água precipitada, formada por uma rede de drenagem que conduz a água para um único ponto, conhecido como exutório (Tucci, 1997). Essa área é considerada como unidade básica para o planejamento e gestão dos recursos hídricos (Brasil, 1997), por refletir os efeitos de uso e ocupação do solo.

Para a gestão adequada da bacia hidrográfica é necessário adquirir informações sobre suas características geométricas, rede de drenagem e relevo. Essas informações podem ser obtidas para grandes áreas em tempo hábil e com baixo custo financeiro através de métodos integrados, que envolvem sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica e geoprocessamento.

Com base nos dados morfométricos é possível identificar áreas susceptíveis ao manejo dos recursos naturais (Teodoro *et al.*, 2007). Nesse contexto, verifica-se o potencial das geotecnologias para obtenção de dados das bacias hidrográficas do estado de Rondônia, que apresentam áreas de 1.717,46 a 11.037,10 km² (SEDAM, 2002), e conseqüentemente, para o planejamento ambiental da região.

O objetivo do presente trabalho foi a caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do Baixo Rio Jaci Paraná, Rondônia, em função da importância desta área, por conter 1 Terra Indígena (Karipunas), 2 Unidades de Conservação (Resex Rio Jaci Paraná e Flona Bom Futuro) e 2.205 lotes de propriedades rurais.

2. Material e métodos

O trabalho foi realizado na sub-bacia hidrográfica do Baixo Rio Jaci Paraná. A região está inserida na bacia do rio Madeira (SEDAM, 2002), (Figura 1), tem clima do tipo Monção

(Am), temperatura média anual de 25,9 °C (Alvares *et al.*, 2014), precipitação média anual (1981 a 2011) entre 1.728,9 e 2.243,8 mm (Franca, 2015), e vegetação nativa classificada como floresta ombrófila aberta (IBGE, 2012).

2.1 Caracterização morfométrica

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

Os parâmetros área, perímetro e rede de drenagem 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* (exutório) < *D8 Contributing Area* (2ª versão) < *Stream Definition by Threshold* (2ª versão) < *Stream Reach and Watershed*. Para extração da drenagem utilizou-se o limiar de 350.

O índice de circularidade (IC) relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro equivalente ao da bacia (Cardoso *et al.*, 2006), e foi obtido com a equação 1 (Schumm, 1956). O índice de circularidade foi classificado de acordo com a Tabela 1.

$$IC = (12,57 \times A)/p^2 \quad (1)$$

Onde: p = perímetro da bacia hidrográfica em km; A = área da bacia hidrográfica em km².

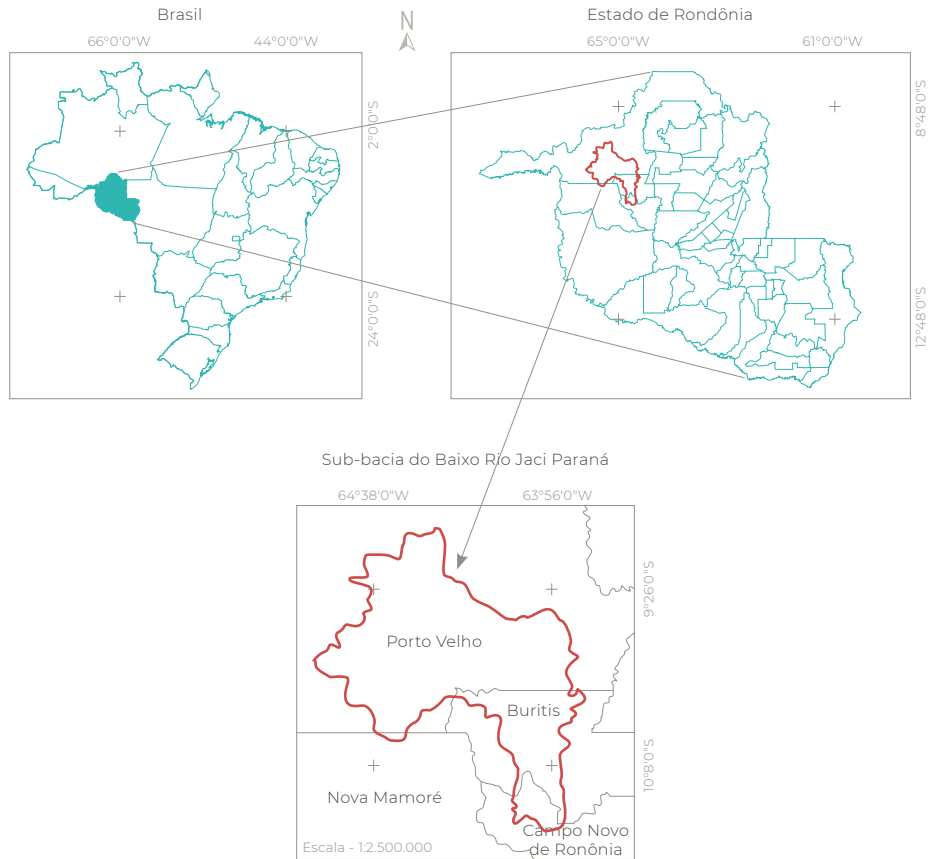


Figura 1 Localização da sub-bacia do Baixo Rio Jaci Paraná, Amazônia Ocidental, Brasil

Tabela 1 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)

O **coeficiente de compacidade (Kc)** define a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia (Cardoso *et al.*, 2006). O Kc foi calculado com a equação 2 (Villela e Mattos, 1975) e sempre tem valor > 1, onde quanto menor o Kc, mais

circular será a bacia e maior a tendência a enchentes. O coeficiente de compacidade foi classificado de acordo com a **Tabela 2**.

$$Kc = 0,28 \times P/\sqrt{A} \quad (2)$$

Onde: P = perímetro da bacia hidrográfica (km); A = área da bacia hidrográfica (km²).

O **fator de forma** é definido pela relação entre a largura média e o comprimento do eixo axial da bacia (Cardoso *et al.*, 2006), e foi calculado com a equação 3 (Villela e Mattos, 1975). O fator de forma foi classificado de acordo com a **Tabela 3**.

$$F = A/L^2 \quad (3)$$

Onde: A = área da bacia em km²; L = comprimento do eixo principal da bacia em km.

Tabela 2 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)

Tabela 3 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)

As **altitudes mínima e máxima** foram obtidas diretamente com a imagem SRTM, enquanto que altitude média foi mensurada com a ferramenta ‘Estatística por zona’. A declividade foi calculada com base na imagem SRTM, utilizando o procedimento ‘Análise: Modelo Digital de Elevação (MDE)’. Posteriormente, classificou-se os resultados da declividade de acordo com Santos *et al.* (2013): plano (0-3 %), suave ondulado (3-8 %), ondulado (8-20 %), forte ondulado (20-45 %), montanhoso (45-75 %) e escarpado (> 75 %).

O **padrão de drenagem** foi obtido comparando a forma da distribuição dos cursos d’água com Parvis (1950) (Figura 2).

A **ordem da rede** de drenagem foi obtida com a ferramenta TauDEM, tendo como base a imagem SRTM. A classificação foi de acordo com Strahler (1957).

A **densidade de drenagem** correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica (Crhistofoletti, 1969). Esse parâmetro considera os rios perenes e temporários, e foi mensurado com a equação 4 (Horton, 1945). A densidade de drenagem foi classificada de acordo com a Tabela 4.

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

Onde: Dd = Densidade de drenagem; L = comprimento total da rede de drenagem; A = área de drenagem.

Tabela 4 Valores de referência para classificação da densidade de drenagem

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

Fonte: Beltrame (1994)

O **índice de sinuosidade** é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Alves e Castro, 2016). Este parâmetro foi mensurado com a equação 5 (Vilella e Mattos, 1975), para os principais rios que compõem a sub-bacia, o rio Jaci Paraná, incluindo a parte localizada na sub-bacia do Alto Rio Jaci Paraná, e o rio Branco, que se encontra totalmente inserido na área de estudo. O índice de sinuosidade foi classificado de acordo com a Tabela 5.

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

Onde: IS = índice de sinuosidade; L = comprimento do canal principal; Ev = distância vetorial do canal principal.

O **tempo de concentração (Tc)** é o tempo necessário para o escoamento da água deslocar-se do ponto hidráulicamente mais distante

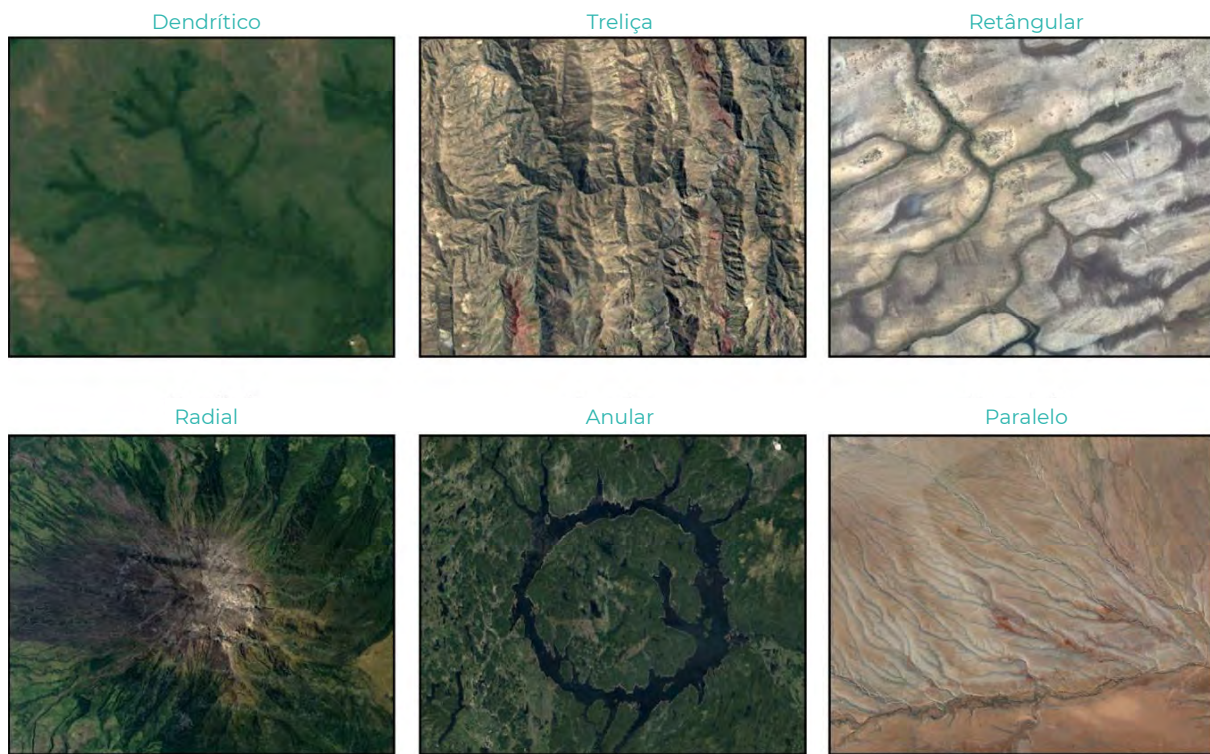


Figura 2 A disposição espacial dos principais padrões de drenagem. Fonte: Siqueira et al. (2018)

da bacia para a saída, conhecida como exutório (USDA, 2010). Este parâmetro foi calculado para os rios Jaci Paraná e Branco, com a equação 6 (Kirpich, 1940).

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

Onde: Tc = tempo de concentração (h);
H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (m); L = comprimento do talvegue principal (km).

Tabela 5 Valores de referência para classificação do índice de sinuosidade

Classe	Descrição	Limite (%)
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

Fonte: Romero et al. (2017).

3. Resultados e discussão

3.1 Características geométricas

A sub-bacia tem área de 6.850,31 km², ocupando 2,87% do estado de Rondônia, e perímetro de 549,41 km. Esta sub-bacia é considerada a 14ª maior em ambos parâmetros (SEDAM, 2002).

O índice de circularidade, o coeficiente de compacidade e o fator de forma da sub-bacia foram de 0,29, 1,86 e 0,28, respectivamente. Esses valores são observados em bacias com características mais alongadas e não sujeitas a enchentes (Lima Júnior *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2013). Estudos realizados nas microbacias do Igarapé Pintado e do rio Nazaré em Ji-Paraná/RO encontraram resultados semelhantes (Helbel *et al.*, 2016; Rocha e Santos, 2016), comprovando que essa é uma característica da região, devido à predominância de relevo suave ondulado.

É importante ressaltar que a área de estudo não contempla o curso principal em

sua totalidade, visto que o mesmo também abrange a sub-bacia do Alto Rio Jaci-Paraná. Portanto, recomenda-se estudos mais detalhados para confirmar a baixa suscetibilidade a enchentes, incluindo ambas sub-bacias.

3.2 Relevo

A sub-bacia do Baixo Rio Jaci Paraná tem altitude mínima de 51 m, média de 149 m e máxima de 330 m (Figura 3). A altitude influencia diretamente na quantidade de radiação, evapotranspiração, temperatura e precipitação na bacia hidrográfica (Tonello *et al.*, 2006), possibilitando a identificação de habitats preferenciais de espécies florestais.

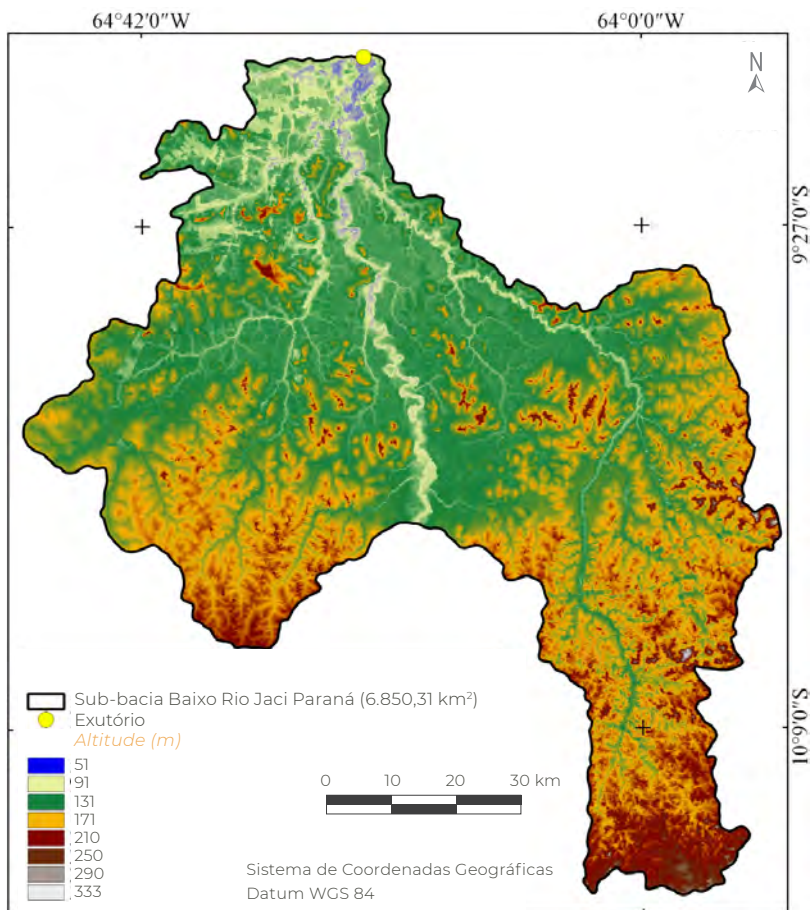


Figura 3 Hipsometria da sub-bacia do Baixo Rio Jaci Paraná, Amazônia Ocidental, Brasil

Figueiredo *et al.* (2015) verificaram que as espécies *Aspidosperma macrocarpon* (Peroba) e *Amburana acreana* (Cerejeira) tem uma maior adequabilidade ambiental em área de várzea não inundável, com altitude variando entre 108 a 255 m. Logo, observa-se que a sub-bacia deste estudo é de grande potencial para produção de madeira das espécies com estas características, por meio de sistemas de reflorestamento, enriquecimento florestal ou sistemas agroflorestais (SAFs).

As informações de altitudes também podem ser utilizadas para facilitar a seleção de espécies agrícolas. Por exemplo, a espécie *Coffea conephora* L. tem bom desempenho em

altitudes inferiores a 600 m, explicando porque esta espécie é a mais comum no estado de Rondônia, abrangendo 90 % dos cafezais desta região (Ramalho *et al.*, 2009).

O relevo da sub-bacia do Baixo Rio Jaci Paraná oscila de plano a escarpado, com predominância das classes suave ondulado (47,1 %), ondulado (25,2 %) e plano (24,4 %), que unidas abrangem 96,7 % da região (Figura 4). Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Simões (2017) na sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno e por Mauro (2017) na sub-bacia rio Rolim de Moura, ambos localizados no estado de Rondônia, demonstrando que esta característica é comum em outras regiões do estado.

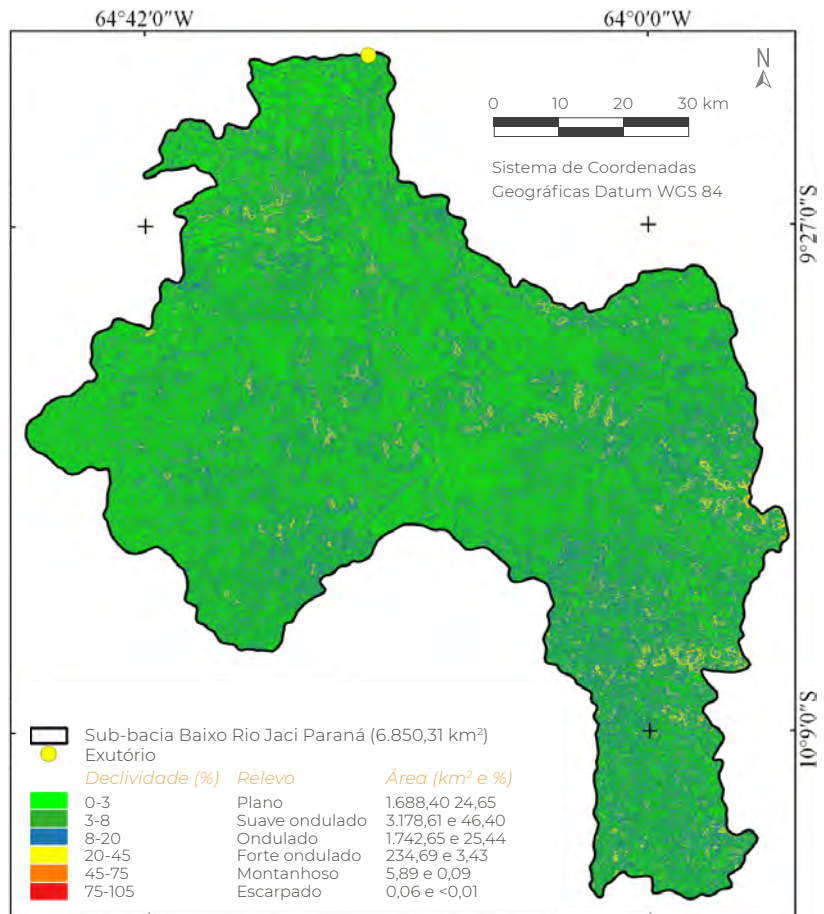


Figura 4 Classificação de declividade da sub-bacia do Baixo Rio Jaci Paraná, Amazônia Ocidental, Brasil

Em trabalho realizado por Höfig e Araújo-Junior (2015), verificou-se que a declividade do solo está relacionada com o potencial de mecanização, apresentando as seguintes classes: extremamente apta (0-5%), muito apta (5,1-10%), apta (10,1-15%), moderadamente apta (15,1-20%) e não recomendada (> 20%). Portanto, a maior parte da sub-bacia não tem limitações de relevo para utilização de mecanização na agropecuária.

A predominância de relevos com baixa declividade indica que a região tem baixa suscetibilidade a erosão hídrica e, consequentemente, a perda de solo, nutrientes e matéria orgânica. Apesar de haver baixa suscetibili-

dade a erosão, recomenda-se o uso de práticas de manejo conservacionista, visto que exercem influência na perda de solos, água, matéria orgânica e nutrientes. Como exemplo, tem-se o uso de *Crotalaria spp.* como uma técnica conservacionista que reduz em até 67,2% as perdas de água e até 85,0% as perdas de solo, quando comparado com o cultivo do milho morro abaixo (Carvalho *et al.*, 2009).

3.3 Atributos de drenagem

A região de estudo tem padrão do tipo dendrítico de 8ª ordem. O padrão dendrítico demonstra que a sub-bacia tende a ter acúmulos de sedimentos nos meandros e retardamento

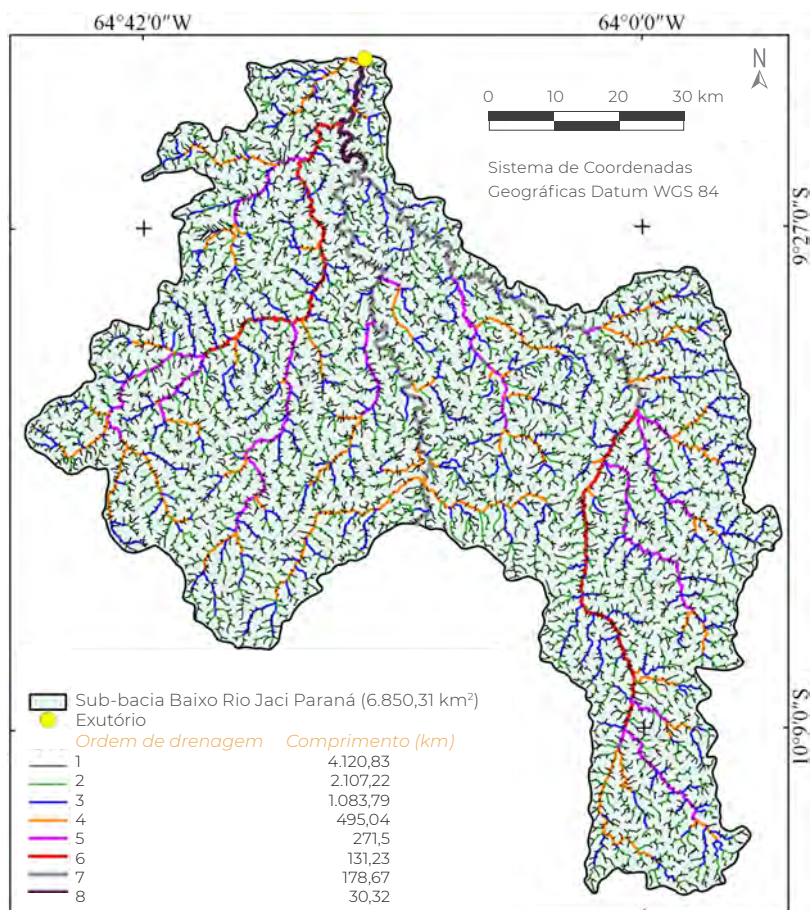


Figura 5 Rede hidrográfica da sub-bacia do Baixo Rio Jaci Paraná, Amazônia Ocidental, Brasil

do deflúvio, como também foi observado por Stipp *et al.* (2010) no rio Taquara, no estado do Paraná. O elevado número de ordens indica que a região tem um sistema de drenagem complexo (Horwitz, 1978; Hughes *et al.*, 2011).

A rede de drenagem tem um comprimento total de 8.418,6 km (Figura 5) e densidade de drenagem de 1,23 km km⁻², considerado de média densidade de drenagem. Os valores de drenagem fornecem o grau de desenvolvimento da sub-bacia, disponibilizando informações a respeito da eficiência de escoamento superficial para o planejamento de uso e ocupação do solo, bem como manejo dos recursos naturais (Cardoso *et al.*, 2006).

A água é o principal veículo de agentes causadores de doenças do trato gastrintestinal, como diarreias infantis e cólera-morbus (Berlinguer, 1999). De tal modo, a média densidade de drenagem denota a mediana suscetibilidade de contaminação biológica dos recursos hídricos, principalmente em propriedades de atividades pecuárias.

Os índices de sinuosidade são de 38,23 % para o rio Jaci Paraná e 42,19 % para o rio Branco, caracterizando-os como divagante e sinuoso, respectivamente. Essas características apontam para uma elevada capacidade de drenagem, que geralmente indica a diminuição do tempo de escoamento, porém

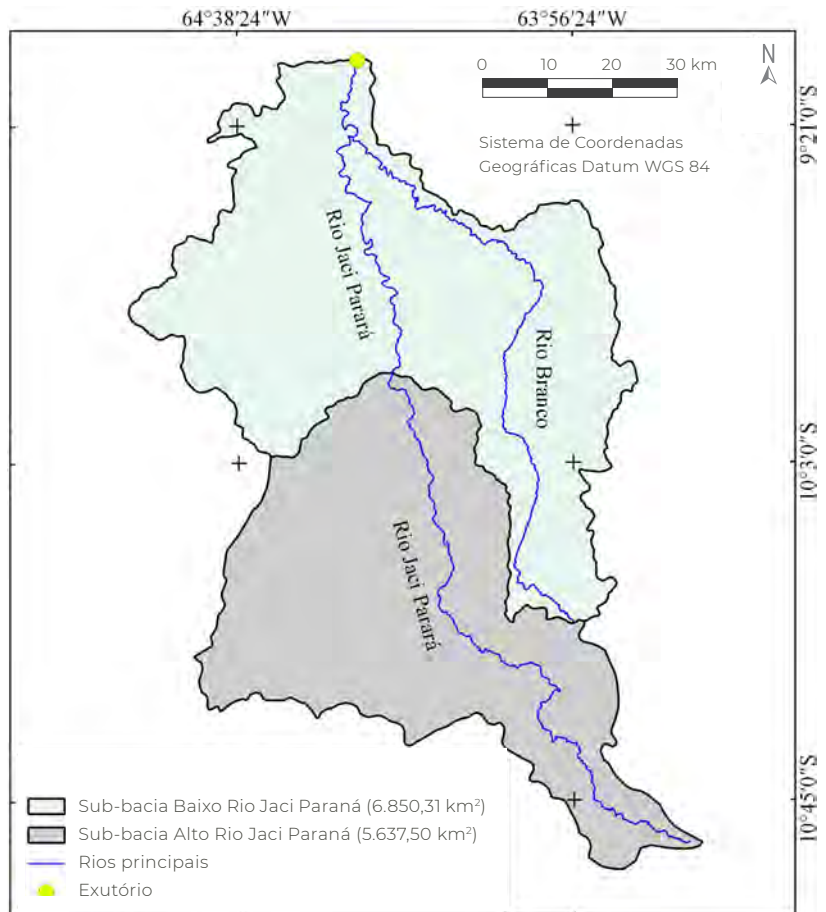


Figura 6 Curso principal do rio Jaci Paraná e rio Branco, Amazônia Ocidental, Brasil

esse processo pode não ocorrer na região de estudo, visto que a mesma apresenta relevo predominantemente plano a suave ondulado e meandros, que retardam o fluxo hídrico (Pruski, 2006; Elesbon *et al.*, 2011).

Com relação ao tempo de concentração, constatou-se que são necessários 61,1 h para que a água percorra 318,31 km, ou seja, do ponto mais distante até a foz do rio Jaci Paraná, e 68,4 h para percorrer 226,89 km do canal principal do rio Branco (Figura 6). O tempo de concentração mais elevado do rio Branco, mesmo com menor comprimento de canal, está relacionado com a menor declividade média (0,08 %) quando comparado com a declividade média do rio Jaci Paraná (0,20 %). Portanto, deve-se considerar que a enchente máxima poderá ocorrer após 68,4 h de precipitação contínua em ambas sub-bacias, baixo e alto rio Jaci Paraná.

4. Conclusão

A sub-bacia do Baixo Rio Jaci Paraná tem forma alongada, predominância de relevo plano a ondulado, padrão de drenagem dendrítico de 8ª ordem, com meandros considerados divagantes a sinuosos, densidade de drenagem média, e elevado tempo de concentração.

5. Agradecimentos

Ao laboratório de Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA) da Universidade Federal de Rondônia, Campus Rolim de Moura, pelo apoio estrutural na obtenção dos dados, assim como os recursos que proporcionaram a condução da pesquisa.

6. Referencias citadas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. & SPAROVEK, G. 2014. "Köppen's climate classification map for Brazil". *Gerbrüder Borntraeger*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M. D. P. e P. T. A. CASTRO. 2016. "Influência de feições geológicas na morfometria da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análises de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 117-124.
- BERLINGUER, G. 1999. "Globalização e saúde global". *Estudos Avançados*, 13(35): 21-38.
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- 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>.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B. e S. M. MARTINS. 2006. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo – RJ". *Revista Árvore*, 30(2): 241-248.
- CARVALHO, D. F. de; CRUZ, E. S.; PINTO, M. F.; SILVA, L. D. B. e J. G. M. GUERRA. 2009. "Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(1): 3-9.

- CHRISTOFOLETTI, A. 1969. "Análise morfométrica de bacias hidrográficas". *Notícia Geomorfológica*, 18(9): 35-64.
- ELESBON, A. A. A.; GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D. e I. C. OLIVEIRA. 2011. "Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do braço norte do rio São Mateus-Brasil". *Revista Escola de Minas*, 64(3), 281-288.
- 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.
- FRANCA, R. R. 2015. "Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011". *Revista Geografias*, 11(1): 44-58.
- 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.
- HÖFIG, P. e C. F. ARAÚJO-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.
- HORWITZ, R. J. 1978. "Temporal variability patterns and the distributional patterns of stream fishes". *Ecological Monographs*, 48(3): 307-321.
- HUGHES, R. M.; KAUFMANN, P. R. e WEBER, M. H. 2011. "National and regional comparisons between Strahler order and stream size". *Journal of the North American Benthological Society*, 30(1): 103-121.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2012. *Manual Técnico da vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro, Brasil.
- KIRPICH, K. P. 1940. "Time of concentration in small agricultural watersheds". *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.
- 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).
- MAURO, T. L. 2017. *A sub-bacia do rio Rolim de Moura: caracterização morfométrica e desmatamento*. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in air photo identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- PRUSKI, F. F. 2006. *Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica*. Universidade Federal de Viçosa (UFV). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geographi Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>.
- RAMALHO, A. R.; VENEZIANO, W.; ROCHA, R. B.; OLIVEIRA, C. L. L. G. de e J. D. CASSARO. 2009. *Cultivares de cafeeiros Conilon e Robusta indicadas para o Estado de Rondônia*. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER. Porto Velho, Brasil (Comunicado Técnico 348).
- ROCHA, V. N. L. e C. A. G. SANTOS. 2016. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Nazaré, Ji-Paraná, Rondônia. *Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade (Congesta)*. Anais... 1.092-1.101. João Pessoa, Brasil. (11-14 de dezembro).

- 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.
- 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*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- SCHUMM, S. A. 1956. “Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy, New Jersey”. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646.
- SECRETARIA ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2002. *Atlas Geoambiental de Rondônia*. Porto Velho, Rondônia, Brasil.
- SILVA, Q. D. da. 2012. *Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão*. Departamento de Geografia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado em Geografia.
- SIQUEIRA, A. da S.; LA TORRE, J. J. S.; PARREIRA, C. F.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M. e W. C. S. CAVALHEIRO. 2018. “Caracterização morfométrica na microbacia do rio Conceição, Rondônia”. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia* (Edição Especial), 7(1): 59-67.
- SIMÕES, C. 2017. *Caracterização morfométrica da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Rondônia, Brasil*. Universidade Federal de Rondônia. Rondônia, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- SOUZA, R. M.; FORMIGA, K. T. M. e A. M. VEIGA. 2013. Caracterização morfométrica e delimitação da bacia hidrográfica do Córrego Samambaia – GO a partir de dados do SRTM. XVI *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (SBSR). 5.880-5.887. INPE. Foz do Iguaçu, Brasil.
- STIPP, N. A. F.; CAMPOS, R. A. e J. H. CAVIGLIONE. 2010. “Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara - uma contribuição para o estudo das ciências ambientais”. *Portal da Cartografia*, 3(1): 105-124.
- STRAHLER, A. N. 1957. “Quantitative analysis of watershed geomorphology”. *Transactions of American Geophysical Union*, 38(6): 913-920.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L. e B. B. FULLER. 2007. “O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local”. *Revista Uniara*, 20: 137-157.
- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S. e F. P. LEITE. 2006. “Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG”. *Revista Árvore*, 30(5): 849-857.
- TUCCI, C. E. M. 1997. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. (2 ed). Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH, v. 4) / Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*. Disponível em: <earthexplorer.usgs.gov>.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). 2010. Time of Concentration. Disponível em:<<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/national/water/manage/hydrology/?cid=stelprdb1043063>>. [Consulta: abril, 2018].
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill. São Paulo, Brasil.

Características geométricas,

topográficas e hidrográficas da microbacia do rio Enganado, região sul da Amazônia Ocidental

Características geométricas, topográficas e hidrográficas
de la microcuenca del río Enganado,
región sur de la Amazonía Occidental

Geometric, topographic and hydrographic features
of the Enganado River microbasin,
southern region of Western Amazon

Renan Fernandes Moreto

Silvânia Fernandes de Mira

Gilderlon dos Santos Soares

Nilson Reinaldo Fernandes dos Santos Júnior

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Jhony Vendruscolo

Diogo Martins Rosa

Resumo

As bacias hidrográficas têm sido adotadas como unidades físicas de reconhecimento, caracterização e avaliação, a fim de facilitar a abordagem sobre os recursos hídricos. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo realizar a caracterização morfométrica da microbacia do rio Enganado, Rondônia. Foram analisadas as características geométricas, de relevo e de drenagem, realizados com base no produto RTC (*Radiometric Terrain Correction*) do satélite Alos, sensor Palsar, com resolução de 12,5 m e banda L. A microbacia tem área de 152,64 km², altitude mínima de 255 m e máxima de 582 m, relevo predominante suave ondulado (41,45%). A drenagem tem distribuição dendrítica de sexta ordem, alta densidade, curso principal considerado divagante e tempo de concentração de 6 h e 26 min. A microbacia é alongada, não está sujeita a inundações, pois seu relevo influencia na baixa velocidade de escoamento superficial.

Palavras chave: plataforma SIG; recursos hídricos; gestão ambiental.

Resumen

Las cuencas hidrográficas han sido adoptadas como unidades físicas de reconocimiento, caracterización y evaluación, con el objetivo de facilitar el estudio de los recursos hídricos. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo realizar la caracterización morfométrica de la microcuenca del río Enganado, Rondônia. Se analizaron las características geométricas, de relieve y de drenaje, realizadas con base en el producto RTC (*Radiometric Terrain Correction*) del satélite Alos, sensor Palsar, con resolución de 12,5 y banda L. La microcuenca tiene un área de 152,64 km², altitud mínima de 255 y máxima de 582 m, relieve predominante suave ondulado (41,45%). El drenaje tiene distribución dendrítica de sexto orden, con alta densidad y un curso principal considerado divagante, y tiempo de concentración de 6 h y 26 min. La microcuenca es alargada y no sujeta a inundaciones, ya que el relieve influye en la baja velocidad del flujo superficial.

Palabras clave: plataforma SIG; recursos hídricos; gestión ambiental.

Abstract

The hydrographic basins have been adopted as physical units of recognition, characterization and evaluation, in order to facilitate the approach on the water resources. In this context, the present study aims at perform the morphometric characterization of the Enganado River basin, Rondônia. The geometric, relief and drainage characteristics of the Alos satellite, Palsar sensor, with a resolution of 12.5 m and a L band were analyzed. The microbasin has an area of 152.64 km², minimum altitude of 255 m and maximum of 582 m, predominantly soft undulating relief (41.45%). The drainage has a sixth order dendritic distribution, with high density and main course considered rambling, and concentration time of 6 h and 26 min. The microbasin is elongated, not subject to flooding, as its relief influences the low runoff speed.

Key words: GIS platform; water resources; environmental management.

1. Introdução

A região amazônica tem a maior floresta tropical do mundo e concentra uma enorme biodiversidade em sua fauna e flora (Ferreira e Salati, 2005). A preservação desta região contribui para o equilíbrio ambiental, porém, nas últimas décadas observa-se que essa riqueza vem sendo ameaçada com a exploração sem controle dos seus recursos naturais (Marinelli *et al.*, 2008). Os recursos hídricos merecem destaque entre os recursos naturais por regular a dinâmica do ecossistema, e geralmente são degradados por falta de informações para subsídio de um planejamento adequado.

As informações necessárias ao planejamento e execução do manejo estão associadas principalmente com as características hidrológicas (Soares *et al.*, 2016), utilizando as bacias hidrográficas como unidades de gestão (Brasil, 1997). Estas unidades podem ser subdivididas em microbacias, possibilitando o estudo detalhado sobre a quantidade de água disponível e necessária para todas as atividades da região (Lima, 2006), e o aumento da eficácia das ações e eficiência na aplicação dos recursos financeiros para a preservação, conservação e recuperação dos recursos hídricos.

Existem várias formas de obter informações da paisagem, desde trabalhos de campo, que tendem a ser onerosos e demandar de muito tempo para serem realizados, a trabalhos com sistemas de informações geográficas (SIG), que são mais eficientes em ambos sentidos, e ainda possibilitam o prognóstico de cenários futuros com base em combinações de práticas de manejo (Aronoff, 1989). Em função das vantagens dos SIGs em relação aos trabalhos de campo, constata-se que é cada vez mais comum o uso deste sistema para a caracterização morfométrica de bacias a microbacias (Pollo *et al.*, 2012; Doriquel *et al.*, 2015; Nardini *et al.*, 2016).

A microbacia do rio Enganado abrange aproximadamente 218 propriedades rurais (INCRA, 2018), e 3 pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), denominadas de Castaman I, Castaman II e Castaman III (Silva e Maniesi, 2005), sendo considerada de suma importância para região sul do estado de Rondônia. Neste contexto, o trabalho teve como objetivo realizar a caracterização morfométrica desta microbacia.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

A microbacia do rio Engando abrange 3 municípios do estado de Rondônia, com predomínio em Colorado do Oeste (Figura 1). O clima da região é do tipo Monção (Am), (Alvares *et al.*, 2014), com precipitação média anual de 1.728,9 a 1.843,7 mm (Franca, 2015) e temperatura média de 24°C (SEDAM, 2012).

2.2 Caracterização morfométrica

Foram analisadas as características geométricas (área, perímetro, fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compactidade), de relevo (altitude e declividade) e drenagem (padrão, densidade de drenagem, ordem dos cursos de água, número de nascentes, densidade de nascentes, índice de sinuosidade e tempo de concentração). O geoprocessamento foi realizado principalmente com o software QGIS 2.18.7 (QGIS *Development Team*, 2015).

- 1) **Área e perímetro:** delimitadas manualmente com a ferramenta 'Adicionar polígono' do software *Google Earth* (2018), levando-se em consideração a hidrografia e o relevo da paisagem.
- 2) **Fator de forma:** é a relação entre a largura média e o comprimento do eixo axial da

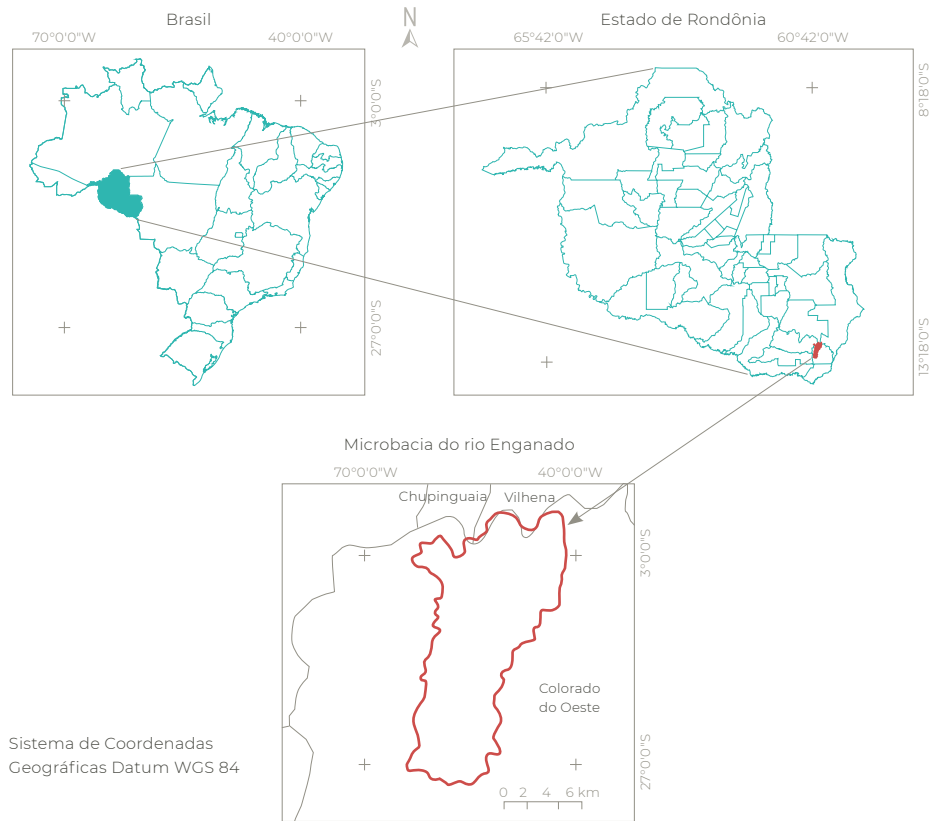


Figura 1 Localização da microbacia do rio Enganado

microbacia (Cardoso *et al.*, 2006), e foi calculado com a equação 1 (Villela e Mattos, 1975). Em seguida classificou-se o valor com a **Tabela 1**.

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

Em que: F = fator de forma, A = área da microbacia (km²) e L = comprimento do eixo da microbacia (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)

3) Índice de circularidade: relaciona a área da microbacia com a área de um círculo de perímetro equivalente (Cardoso *et al.*, 2006), e foi obtido com a equação 2 (Schumm, 1956). Posteriormente, este parâmetro foi classificado com a **Tabela 2**.

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

Em que: IC = índice de circularidade, p = perímetro da microbacia (km) e A = área da microbacia (km²).

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)

- 4) **Coefficiente de compacidade:** define a relação entre o perímetro da microbacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a microbacia (Cardoso *et al.*, 2006), e foi calculado com a equação 3 (Villega e Mattos, 1975). O valor do coeficiente de compacidade foi classificado com a **Tabela 3**.

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

Em que: Kc = coeficiente de compacidade, P = perímetro da microbacia (km) e A = área da microbacia (km²).

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)

- 5) **Altitudes mínima, média e máxima:** As altitudes mínima e máxima foram obtidas diretamente do modelo digital de elevação (MDE), produto RTC com resolução espacial de 12,5 m e comprimentos de onda na banda L (ASF, 2017). A altitude média foi mensurada com a ferramenta 'Estatística por zona'.
- 6) **Declividade:** inicialmente extraiu-se o relevo com base em imagens do MDE; posteriormente, classificou-se os resultados de acordo com a declividade: plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%), montanhoso (45-75%) e escarpado (> 75%), (Santos *et al.*, 2013).
- 7) **Padrão de drenagem:** a princípio foi extraído manualmente a rede de drenagem, utilizando a ferramenta 'Adicionar caminho' do software *Google Earth*. Em seguida,

comparou-se a forma da distribuição da drenagem da microbacia com a classificação de Parvis (1950).

- 8) **Densidade de drenagem:** correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da microbacia (Christofoletti, 1969), levando-se em consideração rios perenes e temporários, e foi calculado com a equação 4 (Horton, 1945). O valor da densidade de drenagem foi classificado com a **Tabela 4**.

Tabela 4

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

Em que: Dd = densidade de drenagem (km km⁻²), L = comprimento da rede de drenagem (km) e A = área da microbacia (km²).

Tabela 4 Valores de referência para classificação da densidade de drenagem

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

Fonte: Beltrame (1994)

- 9) **Ordem dos cursos de água:** realizou-se a classificação da ordem dos cursos d'água conforme Strahler (1957), no software *GPS Track Maker Free* (versão 13.9.596), (Freireira Junior, 1998).
- 10) **Número de nascentes:** este parâmetro foi mensurado utilizando-se o software *GPS Track Maker (Free)*, adicionando pontos nas extremidades dos cursos de primeira ordem em toda a rede de drenagem.
- 11) **Densidade de nascentes:** a densidade de nascentes relaciona o número de nascentes com a área da microbacia, e foi calculada com a equação 5.

$$Dn = Qn/A \quad (5)$$

Em que: D_n = densidade de nascentes (nascentes km^{-2}), Q_n = quantidade de nascentes (unidades) e A = área da microbacia (km^2).

12) Índice de sinuosidade: 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 6 (Villela e Mattos, 1975). O valor do índice de sinuosidade foi classificado com base na **Tabela 5**.

$$IS = \left[\frac{L - Ev}{L} \right] \times 100 \quad (6)$$

Em que: Is = índice de sinuosidade (%), L = comprimento do canal principal (km) e Ev = distância vetorial do canal principal (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)

13) Tempo de concentração (T_c): 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 7 (Kirpich, 1940).

$$T_c = \left[0,87 \times \left(\frac{L^3}{H} \right) \right]^{0,385} \quad (7)$$

Em que: T_c = tempo de concentração (h), H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (m) e L = comprimento do talvegue principal (km).

3. Resultados e discussão

A microbacia do rio Enganado tem área de 152,64 km^2 , perímetro de 71,39 km, fator de forma de 0,28, coeficiente de compacidade de 1,69 e índice de circularidade de 0,38, indicando formato alongado e baixa suscetibilidade a enchente. Resultados semelhantes foram encontrados por Tonello *et al.* (2006), na bacia da cachoeira das Pombas em Minas Gerais, deixando claro que estas características não ocorrem apenas no estado de Rondônia.

A altitude variou de 255 a 582 m, com média de 457 m (**Figura 2**).

A altitude é um dos fatores que regulam a evapotranspiração (Costa *et al.*, 2013), promovendo maiores precipitações nas regiões mais elevadas e, conseqüentemente, abastecimento regular dos aquíferos responsáveis pela manutenção de nascentes e rios (Cardoso *et al.*, 2006; Silva e Tonello, 2014). Portanto, a precipitação tende a ser maior na cabeceira, corroborando com os dados de Franca (2015), assim, manejos que permitam maiores taxas de infiltração de águas no solo nessa região são essenciais para a manutenção hídrica em toda microbacia.

Os relevos da microbacia variam de plano a montanhoso, contudo, há predominância das classes suave ondulado (41,45 %) e ondulado (40,16 %), (**Figura 3**). A declividade é uma característica topográfica que influencia a velocidade de escoamento de água, sendo observado velocidades mais elevadas em relevos mais íngremes (Helbel, 2014). Neste contexto, a microbacia tende a ter velocidade de escoamento lenta a média em grande parte de sua área, prolongando o tempo necessário para a água da chuva chegar nos leitos fluviais, como descrito por Villela e Mattos (1975).

O aumento de inclinação do relevo pode potencializar os efeitos da erosão hídrica

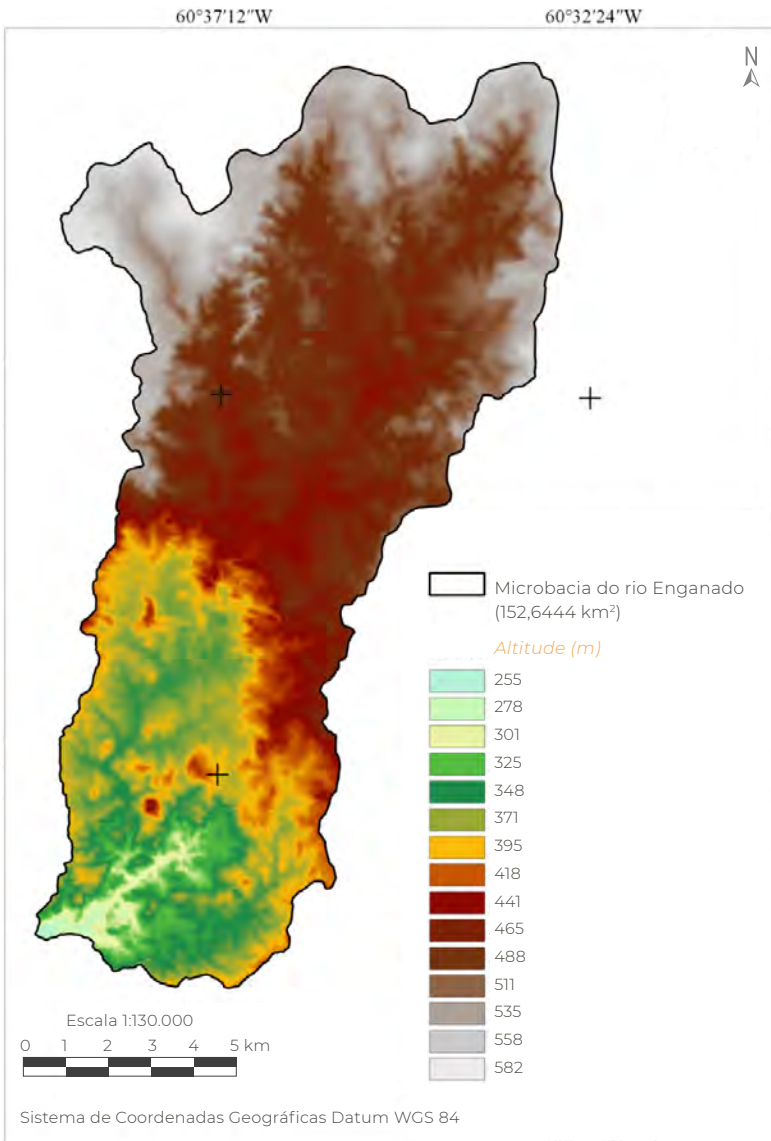


Figura 2. Hipsometria da microbacia do rio Enganado, Rondônia, Brasil

(Amorim *et al.*, 2001), ocasionando a formação de ravinas a voçorocas, comuns na cabeceira da microbacia do rio Enganado (Figura 4). Esta parte da microbacia também tem Neossolos Quartzarênicos (Silva e Maniesi, 2005), cuja característica principal é a textura arenosa ou areia franca até a profundidade de 150 cm, a partir da superfície do solo, composta de 95% ou mais de quartzo (EMBRAPA, 2013), que dificulta a formação de agregados e aumenta a suscetibilidade a erosão.

Ao relacionar a declividade com as limitações impostas pelo Código Florestal Brasileiro, verificou-se que a microbacia tem apenas 2,75% da área total considerada como de uso restrito (Figura 5). Na região de uso restrito “serão permitidos o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris, bem como a manutenção da infraestrutura física associada ao desenvolvimento das atividades, observadas boas práticas agronômicas” (Brasil, 2012).

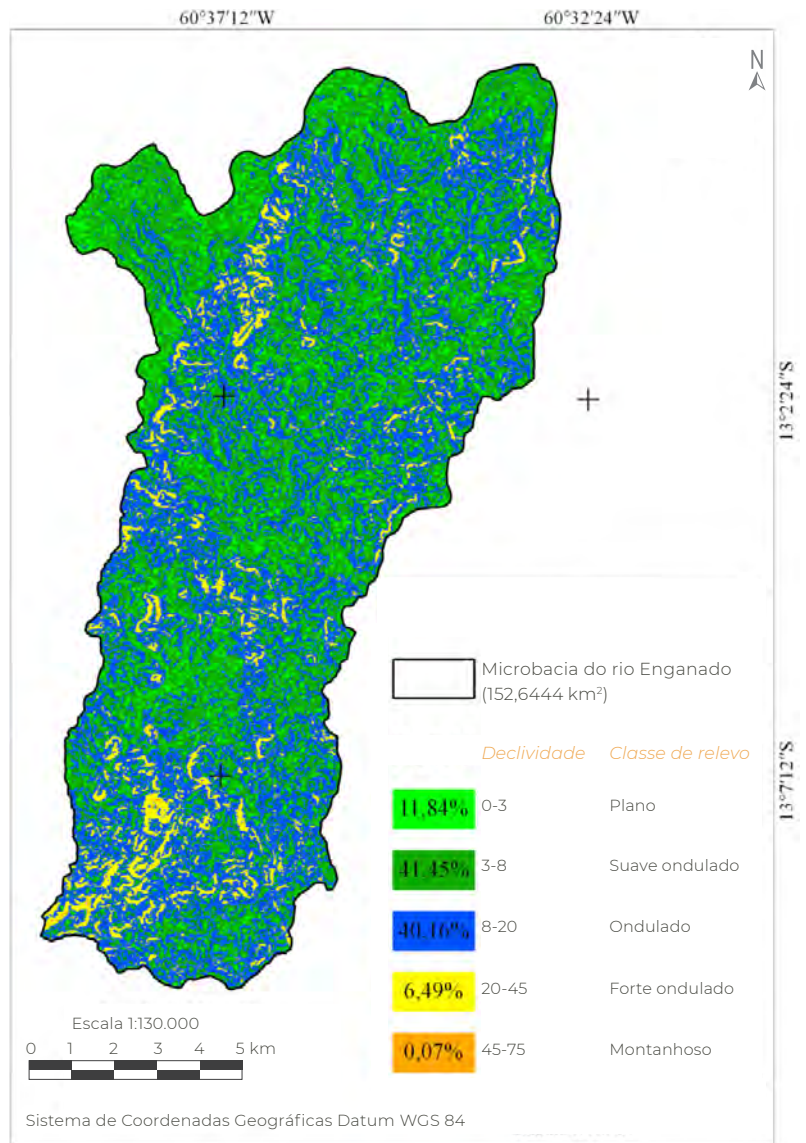


Figura 3 Relevo da microbacia do rio Enganado, Rondônia, Brasil



Figura 4 Voçorocas na cabeceira da microbacia do rio Enganado, Rondônia, Brasil. Fonte: Google Earth (2018)

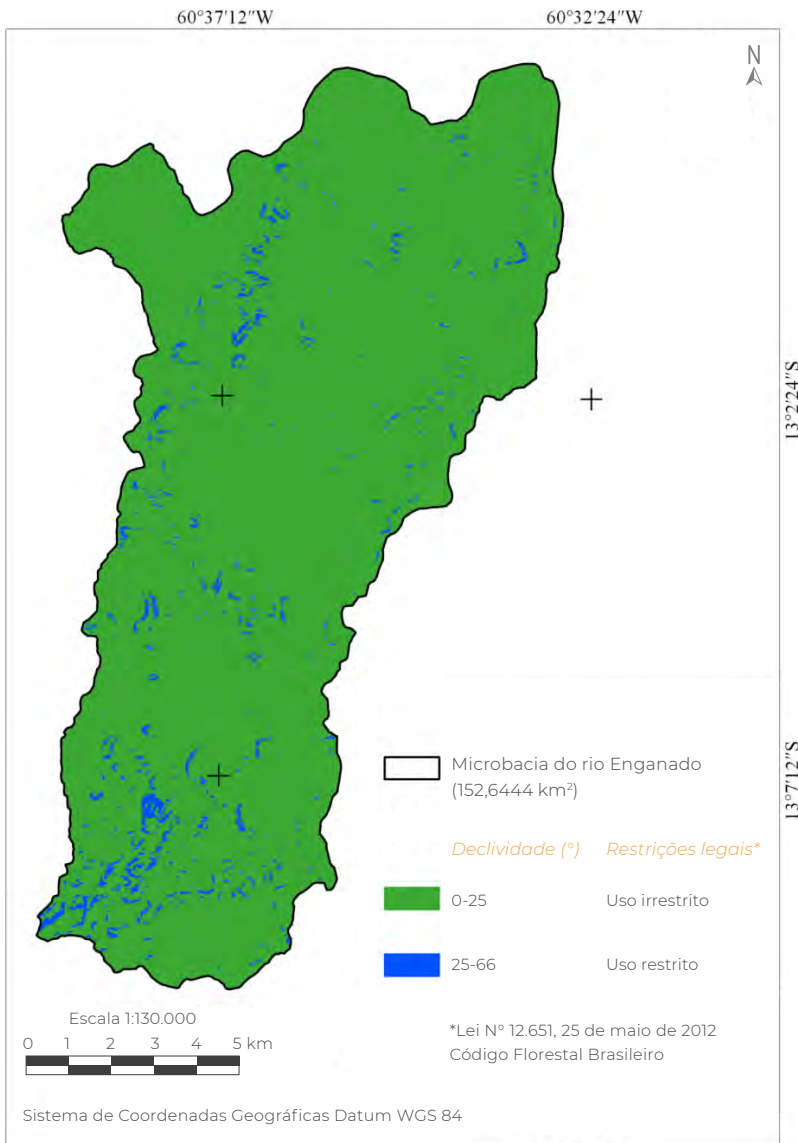


Figura 5 Delimitação de uso legal da microbacia do rio Enganado, Rondônia, Brasil

A microbacia tem hidrografia dendrítica de 6^a ordem (Figura 6), com densidade de drenagem de 2,88 km km⁻², densidade de nascentes de 5,75 nascentes km⁻² (Figura 7), índice de sinuosidade de 34,48% e tempo de concentração de 6 horas e 26 minutos.

O padrão de drenagem demonstra que a região de estudo tem baixa capacidade de infiltração de água no solo, favorecendo o aumento do escoamento superficial e a formação de uma drenagem densa, como verificado por Pissarra

et al. (2004) na bacia do córrego Rico. O elevado número de ordens da microbacia também se relaciona com a baixa capacidade de infiltração de água no solo, e denota a elevada complexidade ecológica do ecossistema aquático. Conforme se eleva o número de ordens, ocorre maior possibilidade de formação de habitats para peixes, facilmente observado em canais \geq a 3^a ordem (Fairfull e Witheridge, 2003).

A rede de drenagem tem alta densidade sugerindo que a região tem elevado índice

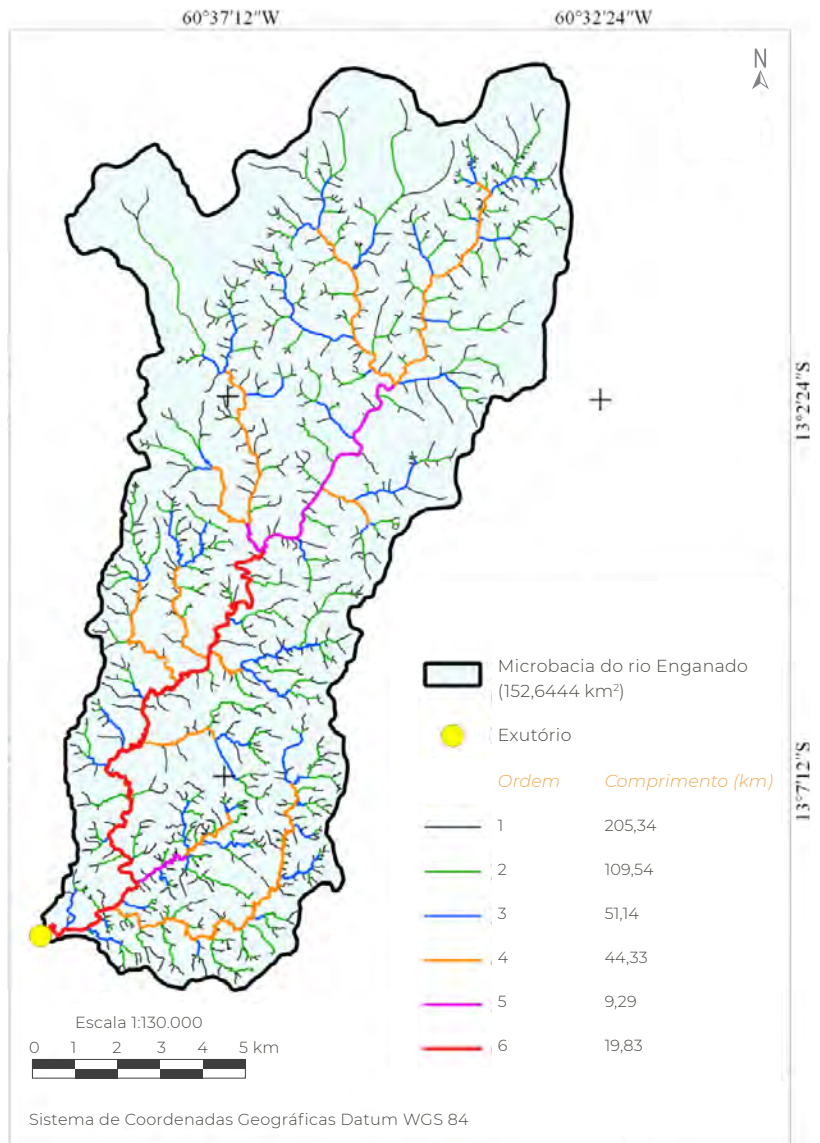


Figura 6 Rede hidrográfica e ordem dos cursos de água da microbacia do rio Enganado, Rondônia, Brasil

pluviométrico, tendo em vista que, segundo Moglen *et al.* (1998), este parâmetro representa a assinatura do clima na topografia. Também é interessante frisar que a densidade de drenagem está relacionada com a permeabilidade do material de origem (Gabler *et al.*, 2009), indicando a presença de rochas que dificultam a infiltração da água, levando saturação do solo e escoamentos superficiais em períodos de precipitações constantes na microbacia.

A densidade de nascentes é considerada elevada, sugerindo que a microbacia tende a ter boa disponibilidade hídrica ao longo do ano, visto que as nascentes são responsáveis por fornecer água para manutenção dos igarapés e rios. O elevado número de nascentes na região também demonstra a necessidade de um planejamento mais rigoroso para manutenção da qualidade e disponibilidade de água, sendo recomendado o isolamento da área, a manutenção das matas ciliares e,

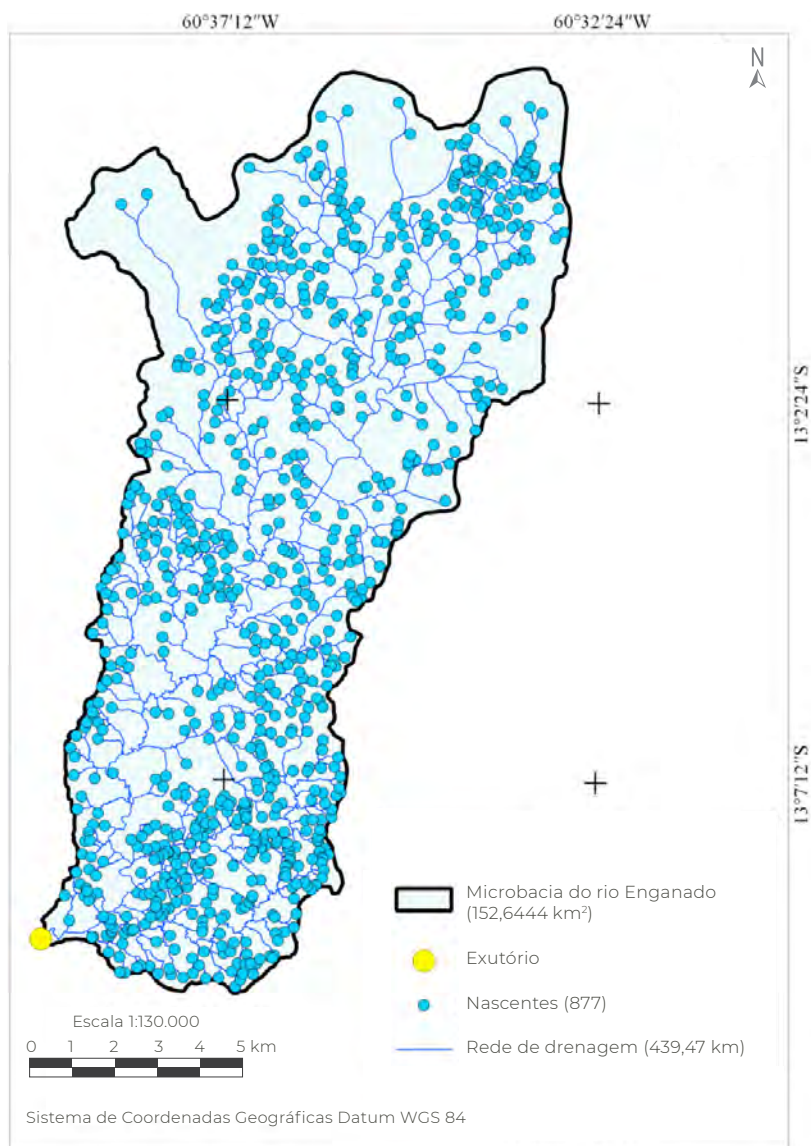


Figura 7 Distribuição das nascentes na microbacia do rio Enganado, Rondônia, Brasil

se possível, a adoção de atividades de baixo impacto no entorno das matas ciliares.

O índice de sinuosidade demonstra que o canal principal é divagante (34,48%). Esta característica é comum em regiões de relevos planos a ondulados (Santos, 2017; Silva, 2017; Simões, 2017), e ocasiona acúmulo de sedimentos na parte interna dos meandros (Gabler *et al.*, 2009) e velocidade mediana de escoamento.

O tempo de concentração é considerado moderado, e está associado com a predominância de relevo plano a ondulado. Em regiões de declividade amenas tem-se baixa velocidade de escoamento superficial, aumentando o tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua no exutório (Targa *et al.*, 2012).

O uso integrado do SIG, sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento possibilitaram a obtenção de muitas informações

para o planejamento de práticas de manejo, visando a conservação dos recursos hídricos da região. As informações foram obtidas em tempo hábil (aproximadamente 80 h) e armazenadas em meio digital, permitindo atualizações, quantificação dos dados e análise sistêmica da paisagem em qualquer momento. As técnicas digitais têm outras vantagens com relação as técnicas analógicas, tendo em vista que a segunda técnica disponibiliza os dados em mapas de papel (físicos), assim, qualquer alteração ou quantificação depende da realização de um longo e oneroso processo, dependendo da abrangência do mapeamento (Zacharias *et al.*, 2004).

4. Conclusão

A microbacia do rio Enganado tem forma alongada, baixa suscetibilidade a enchentes, predomínio de relevo suave ondulado, altitudes de 255 a 582 m, 2,75 % da área direcionada para uso restrito, hidrografia dendrítica de 6ª ordem, densidade de drenagem de 2,88 km

km⁻², 5,75 nascentes km⁻², índice de sinuosidade de 34,48 % e tempo de concentração de 6 horas e 26 minutos.

Para garantir a manutenção da qualidade da água e disponibilidade de recursos hídricos ao longo do ano nas propriedades rurais e hidrelétricas localizadas na microbacia do rio Enganado, recomenda-se a conservação das áreas de matas ciliares e adoção de práticas de manejo conservacionistas no entorno das áreas de preservação permanentes. Caso seja necessário a recuperação de áreas degradadas na microbacia, deve-se considerar a cabeceira como região prioritária, expandindo-se posteriormente no sentido do exutório.

5. Agradecimentos

Ao laboratório de Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA) da Universidade Federal de Rondônia, Campus Rolim de Moura, pelo apoio estrutural na obtenção dos dados, assim como os recursos que proporcionaram a condução da pesquisa.

6. Referência citada

- 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. D. P. e P. T. A. CASTRO. 2003. "Influência de feições geológicas na morfometria da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análises de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 117-124.
- AMORIM, R. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. e A. T. MATOS. 2001. "Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 5(1): 124-130.
- ARONOFF, S. 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications. Ottawa, Canada.
- ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF). 2017. Disponível em: <https://www.asf.alaska.edu/> [Consulta: setembro, 2017].

- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- 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>.
- BRASIL. 2012. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm
- CARDOSO, C. A.; TEIXEIRA DIAS, H. C.; BOECHAT SOARES, C. P. e S. V. MARTINS. 2006. “Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ”. *Revista Árvore*, 30(2): 241-248.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1969. “Análise morfométrica de bacias hidrográficas”. *Notícia Geomorfológica*, 18(9): 35-64.
- COSTA, E. B. S.; SILVA, C. L. e M. L. SILVA. 2013. “Caracterização física de bacias hidrográficas na região de Manaus-AM”. *Caminhos de Geografia*, 14(46): 93-100.
- DORIGUEL, F.; CAMPOS, S. e O. DELMANTO JUNIOR. 2015. “Caracterização morfométrica da microbacia do córrego Maria Pires, Santa Maria da Serra, estado de São Paulo, Brasil”. *Energia na Agricultura*, 30(4): 372-377.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). 2013. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, Brasil.
- 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, A. M. M. e E. SALATI. 2005. “Forças de transformação do ecossistema amazônico”. *Estudos Avançados*, 19(54): 25-44.
- FERREIRA JUNIOR, O. 1998. *Geo Studio Tecnologia Ltda. Belo Horizonte, MG - Brasil*. Registro INPI Nº 28.820. Disponível em: <http://www.trackmaker.com/main/pt/> [Consulta: outubro, 2017].
- 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 (Eds), *Physical Geographic*. pp. 461-490. Brooks Cole. Belmonte – CA. United States of America.
- GOOGLE EARTH. 2018. Colorado do Oeste, Brasil. 12°59’33,50”S, 60°36’12,69”W, altitude de 512 m. Colorado do Oeste, Brasil. 12°59’15,88”S, 60°33’53,65”W, altitude de 484 m. Colorado do Oeste, Brasil. 12°59’27,47”S, 60°33’46,42”W, altitude de 492 m. DigitalGlobe 2017. <http://www.earth.google.com> [Consulta: junho, 2018].
- HELBEL, A. F.; NUNES, M. L. A. e M. MARCHETTO. 2014. “Determinação de áreas sujeitas à inundação do Igarapé Pintado em Ji-Paraná–Rondônia utilizando geotecnologias e caracterização morfométrica”. *VETOR-Revista de Ciências Exatas e Engenharias*, 24(2): 111-126.
- 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 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.
- LIMA JÚNIOR, J. C.; VIEIRA, W. L.; MACÊDO, K. G.; SOUZA, S. A. e NASCIMENTO, F. A. L. 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).
- LIMA, W. P. 2006. *As florestas plantadas e a água: Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento*. RiMa. São Carlos, Brasil.
- MARINELLI, A. L.; MONTEIRO, M. R.; AMBRÓSIO, J. D.; BRANCIFORTI, M. C.; KOBAYASHI, M. e A. D. NOBRE. 2008. "Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras vegetais naturais da biodiversidade: uma contribuição para a sustentabilidade amazônica". *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 18(2): 92-99.
- MOGLEN, G. E.; ELTAHIR, E. A. & R. L. BRAS. 1998. "On the sensitivity of drainage density to climate change". *Water Resources Research*, 34(4): 855-862.
- NARDINI, R. C.; GOMES, L. N.; CAMPOS, S. e G. R. SILVEIRA. 2016. "Análise da caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão dos Patos, Bofete (SP)". *Geografia*, 24(2): 25-39.
- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W. e A. S. FERRAUDO. 2004. "Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP)". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(2): 297-305.
- POLLO, R. A.; BARROS, B. S. X.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G. e V. A. RODRIGUES. 2012. "Caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Água da Lucia, Botucatu-SP". *Applied Research & Agrotechnology*, 5(1): 163-174.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geography Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>
- ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M. e F. F. N. MARCUZZO. 2017. "Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO". *Ciência e Natura*, 39(2): 320-340.
- SANTOS, L. P. 2017. *Índice de desmatamento e características morfométricas da microbacia do rio Tinguí, Amazônia, Brasil*. Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Florestal.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. e S. H. SHIMIZU. 2013. *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 badlands of Perth Amboy, New Jersey". *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646.
- SECRETARIA ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2012. *Meteorologia: Boletins Climatológicos Anuais*. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental, Porto Velho, Brasil.

- SILVA, A. F. 2017. *Caracterização morfológica e índice de desmatamento na microbacia hidrográfica do Igarapé D'Alincourt*. Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Florestal.
- SILVA, J. L. e K. C. TONELLO. 2014. "Morfometria da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Pinheirinhos, Brotas-SP". *Irriga*, 19(1): 103-114.
- SILVA, L. P. e V. MANIESI. 2005. "Avaliação dos limites de uso e ocupação e as pequenas centrais hidrelétricas da sub-bacia do rio Enganado, Rondônia: uma proposta de uso sustentável". *Geociências*, 24(3): 267-276.
- 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.
- SIMÕES, C. 2017. *Caracterização morfológica da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Rondônia, Brasil*. Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Florestal.
- SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L. e G. M. C. ARAUJO. 2016. "Análise morfológica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado". *Revista do Departamento de Geografia*, 31: 82-100.
- STRAHLER, A. N. 1957. "Quantitative analysis of watershed geomorphology". *Transactions of American Geophysical Union*, 38(6): 913-20.
- TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. N.; DIAS, N. W. e F. C. MATOS. 2012. "Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil". *Ambiente & Água*, 7(2): 120-142.
- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S. e F. P. LEITE. 2006. "Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG". *Revista Árvore*, 30(5): 849-857.
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill, São Paulo, Brasil.
- ZACHARIAS, A. A.; FREITAS, M. I. C. e M. C. SANCHES. 2004. Cartas de dissecação horizontal e vertical do relevo – a Proposta de Spiridonov: Um estudo comparativo entre mapeamentos obtidos por meio de técnicas analógicas e técnicas digitais. *V Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO)*. pp. 1-15. Santa Maria, Brasil (02-07 de agosto).

Geomorfometria da sub-bacia

do Alto Rio Jamari,
Amazônia Ocidental, Brasil

Geomorfometría de la subcuenca del Alto Río Jamari,
Amazonia Occidental, Brasil

Geomorphometry of the Alto Jamari River sub-basin,
Western Amazon, Brazil

Jhony Vendruscolo

Rosalvo Stachiw

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Eduardo Candido Franco Rosell

Matheus Vinicius Scherrer Cardos de Souza

Diogo Martins Rosa

Resumo

A bacia hidrográfica é a unidade ideal para gestão dos recursos hídricos, que disponibiliza informações para o planejamento ambiental. O trabalho teve como objetivo caracterizar a morfometria da sub-bacia do Alto Rio Jamari. Foram analisadas as características geométricas, de relevo e drenagem, utilizando imagem SRTM, software QGIS e a ferramenta TauDEM. A sub-bacia Alto Rio Jamari tem área de 8.119,82 km², perímetro de 662,44 km, forma alongada, baixa a média suscetibilidade a enchentes, altitude mínima de 88 m, média de 378 m e máxima de 1.107 m, predominância de relevo plano a suave ondulado (75%), rede de drenagem sinuosa com padrão dendrítico de 8ª ordem, densidade de drenagem mediana e tempo de concentração de 43 horas e 24 minutos. Para reduzir futuros problemas de escassez hídrica é necessário a criação de diretrizes de uso e de comitês regionais para a sub-bacia.

Palavras chave: recursos hídricos; características fisiográficas, região amazônica.

Resumen

La cuenca hidrográfica es la unidad ideal para la gestión de los recursos hídricos al proporcionar información para la planificación ambiental. El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar la morfometría de la subcuenca del Alto Río Jamari. Se analizaron las características geométricas, de relieve y drenaje, utilizando una imagen SRTM, software QGIS y la herramienta TauDEM. La subcuenca del Alto Río Jamari tiene una superficie de 8.119,82 km², perímetro de 662,44 km, forma alargada, baja a media susceptibilidad a las inundaciones, altitud mínima de 88 m, media de 378 m y máxima de 1.107 m, predominio de relieve plano a suave ondulado (75%), red de drenaje sinuosa con patrón dendrítico de 8º orden, densidad de drenaje mediana y tiempo de concentración de 43 horas y 24 minutos. Para reducir futuros problemas de escasez hídrica es necesario la creación de directrices de uso y de comités regionales para la subcuenca.

Palabras clave: recursos hídricos; características fisiográficas, región amazónica.

Abstract

The hydrographic basin is the ideal unit for water resources management, which provides information for environmental planning. The objective of this work was to characterize the morphometry of the Alto Jamari River sub-basin. The geometric characteristics, relief and drainage were analyzed by using SRTM image, QGIS software and TauDEM tool. The Alto Jamari sub-basin has an area of 8,119.82 km², a perimeter of 662.44 km, elongated form, low to medium flood susceptibility, minimum altitude of 88 m, average of 378 m and maximum of 1,107 m, relief predominance (75%), sinuous drainage network with 8th order dendritic pattern, medium drainage density and concentration time of 43 hours and 24 minutes. To reduce future problems of water scarcity, it is necessary to create use guidelines and regional committees for the sub-basin.

Key words: water resources; physiographic characteristics, Amazon region.

1. Introdução

As bacias hidrográficas são consideradas unidades ideais para gestão dos recursos hídricos (Brasil, 1997), por serem ambientes da interação das águas com os meios físico, biótico, social, econômico e cultural (Yassuda, 1993). Elas influenciam os ecossistemas, e, conseqüentemente, possibilitando avaliação do nível de impacto das atividades antrópicas. A dinâmica hídrica é controlada pelas características morfométricas das bacias, que regulam as taxas de infiltrações, o escoamento superficial e o fluxo hídrico, fornecendo informações básicas para o planejamento e gestão ambiental (Cardoso *et al.*, 2006; Stipp *et al.*, 2010).

Existem muitos métodos para realizar a caracterização morfométrica, contudo, constata-se nos últimos anos o aumento de trabalhos com o uso integrado de sistemas de informações geográficas, sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento (Coutinho *et al.*, 2011; Sousa e Paula, 2016; Ataíde *et al.*, 2017). Este aumento de uso integrado está relacionado com a possibilidade de aquisição de grande quantidade de dados em tempo hábil e com baixo custo financeiro (Kabite e Gessesse, 2018), que permite o aumento da eficiência econômica e temporal. Neste contexto, verifica-se o potencial desta metodologia para obtenção de informações na vasta região amazônica.

O estado de Rondônia é formado por 42 sub-bacias (SEDAM, 2002), das quais destaca-se a sub-bacia do Alto Rio Jamari por estar localizada acima da Usina Hidrelétrica Samuel, responsável por produzir 216 MW (Eletronorte, 2018), e abranger diretamente as pequenas centrais hidrelétricas Jamari e Canaã, mais de 5.376 propriedades rurais e a reserva indígena URU-EU-WAU-WAU (INCRA, 2018).

Apesar da importância desta região, constata-se na literatura baixa disponibilidade de informações para subsidiar o planejamento, execução e monitoramento de projetos ambientais, visando a preservação, conservação e/ou recuperação dos recursos hídricos da região. Portanto, o objetivo do presente trabalho é a caracterização morfométrica da sub-bacia Alto Rio Jamari, Rondônia.

2. Material e métodos

2.1 Localização e características da área de estudo

O trabalho foi realizado na sub-bacia do Alto Rio Jamari, abrangendo os municípios de Ariquemes, Cacaulândia, Governador Jorge Teixeira, Jarú e Montenegro (Figura 1). Esta região tem clima do tipo Monção (Alvares *et al.*, 2014), e precipitação anual média entre 1.728,9 e 2.008,2 mm, concentradas principalmente entre outubro e abril (Franca, 2015).

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:

- 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

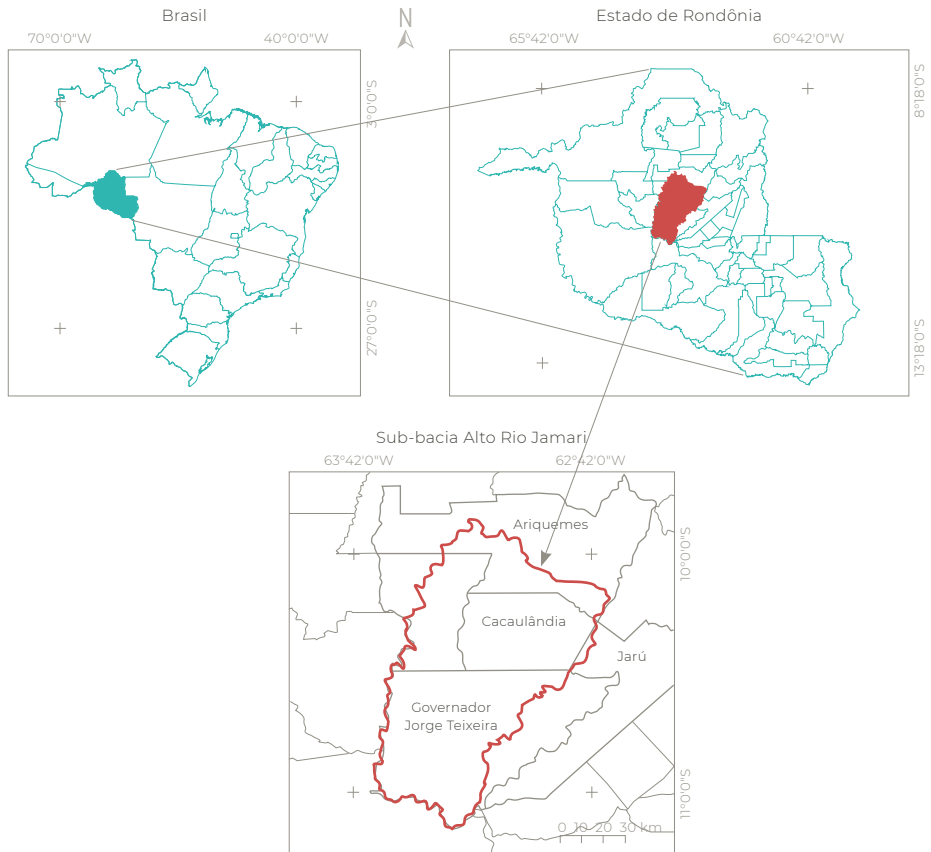


Figura 1 Localização geográfica e abrangência da sub-bacia Alto Rio Jamari, Amazônia Ocidental, Brasil

nos seguintes passos: *Pit Remove* < D8 *Flow Directions* < D8 *Contributing Area* (1ª versão) < *Stream Definition by Threshold* (1ª versão) < Criação do ponto *Shapefile* (exutório) < D8 *Contributing Area* (2ª versão) < *Stream Definition by Threshold* (2ª versão) < *Stream Reach and Watershed*.

- 2) **Fator de forma:** é definido pela relação entre a largura média e o comprimento do eixo axial da 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 bacia (km²); L = comprimento do eixo da 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)

- 3) **Índice de circularidade (IC):** relaciona a área da 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 bacia hidrográfica (km); A = área da bacia hidrográfica em (km²).

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)

4) **Coefficiente de compacidade (Kc):** define a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a 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 bacia hidrográfica (km); A = área da bacia hidrográfica (km²).

Tabela 3 Valores de referência para classificação do coeficiente de compacidade

Coefficiente 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)

- 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 ferramenta ‘Estatística por zona’.
- 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).

- 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 classificou-se a forma da distribuição dos cursos d’água (Parvis, 1950).
- 8) **Densidade de drenagem (Dd):** correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica (Christofletti, 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 (km); A = área de drenagem (km²)

Tabela 4 Valores de referência para classificação da densidade de drenagem

Dd (km km ⁻²)	Classe
< 0,50	Baixa
0,50 - 2,00	Média
2,01 - 3,50	Alta
> 3,50	Muito Alta

Fonte: Beltrame (1994)

- 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 (1957).

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 (Villela e Mattos, 1975).

O valor do Is foi classificado com base na

Tabela 5.

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

Onde: L = comprimento do canal principal (km);

Ev = distância vetorial do canal principal (km).

Tabela 5 Valores de referência para classificação do índice de sinuosidade

Classe	Descrição	Limite (%)
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

Fonte: Romero et al. (2017)

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: Tc = tempo de concentração (h); H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (m); L = comprimento do talvegue principal (km).

3. Resultados e discussão

A sub-bacia do Alto Rio Jamari tem área de 8.119,82 km², perímetro de 662,44 m, fator de forma de 0,55, índice de circularidade de 0,23 e coeficiente de compacidade de 2,06.

Os valores de área e perímetro foram superiores ao encontrado no Atlas Geoambiental de Rondônia (SEDAM, 2002), em 2,82 km² e 169,5 km, respectivamente, que provavelmente ocorreu em função da metodologia adotada, visto que no presente trabalho utilizou-se dados altimétricos SRTM, com resolução espacial de 30 m, disponibilizados somente a partir de 2014, ou seja, muito tempo após a elaboração do referido atlas.

Os valores de fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade, demonstram que a sub-bacia tem forma alongada, o que proporciona baixa a média 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, também constatados pelos referidos autores.

A altitude variou de 88 a 1.107 m, com valor médio de 378 m (Figura 2).

O incremento de 126 m na altitude pode resultar na queda de 1 °C da temperatura do ar, devido a redução da pressão atmosférica (Fritzsos et al., 2008), contribuindo para o zoneamento climático e seleção de culturas agrícolas. A espécie *Coffea conephora* L., por exemplo, tem melhor resposta de produtividade em altitudes inferiores a 600 m (Mesquita et al., 2016), e as espécies *Aspidosperma macrocarpon* (Peróba) e *Amburana acreana* (Cerejeira), tem uma maior adequabilidade ambiental em altitude variando entre 108 a 255 m (Figueiredo et al., 2015). Assim, observa-se que estas espécies, a princípio, podem ser cultivadas e manejadas na sub-bacia Alto Rio Jamari.

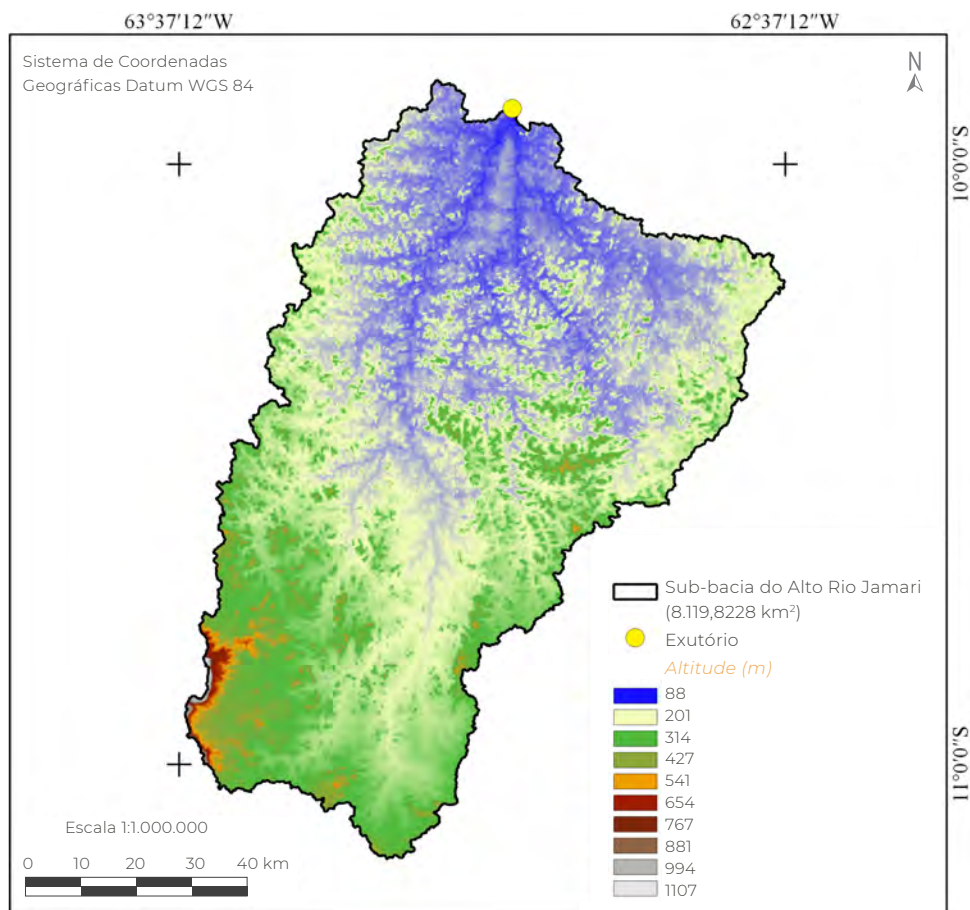


Figura 2 Hipsometria da sub-bacia do Alto Rio Jamari, Amazônia Ocidental, Brasil

Também é interessante salientar que a altitude é um dos principais fatores ambientais que influenciam o crescimento e o desenvolvimento da vegetação, e, conseqüentemente, a fisionomia da cobertura florestal (Blum *et al.*, 2011).

O relevo da região varia de plano a montanhoso, havendo predominância dos relevos plano (39,6%), suave ondulado (35,4%) e ondulado (21,1%), (Figura 3). Estes resultados demonstram que 75% da região não apresenta limitação a mecanização agrícola e florestal com relação a declividade, encontrando-se nas classes extremamente apta a muito apta, como observado por Höfig e Araujo-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).

Embora, a região geralmente tem baixas declividades, recomenda-se a adoção de práticas conservacionistas, visando o aumento da capacidade de retenção de água no solo, uma vez que está sub-bacia é responsável por disponibilizar água para a Usina Hidroelétrica Samuel, as PCHs Jamari e Canaã, e mais de 5.376 propriedades rurais. As práticas conservacionistas elevam a capacidade de armaze-

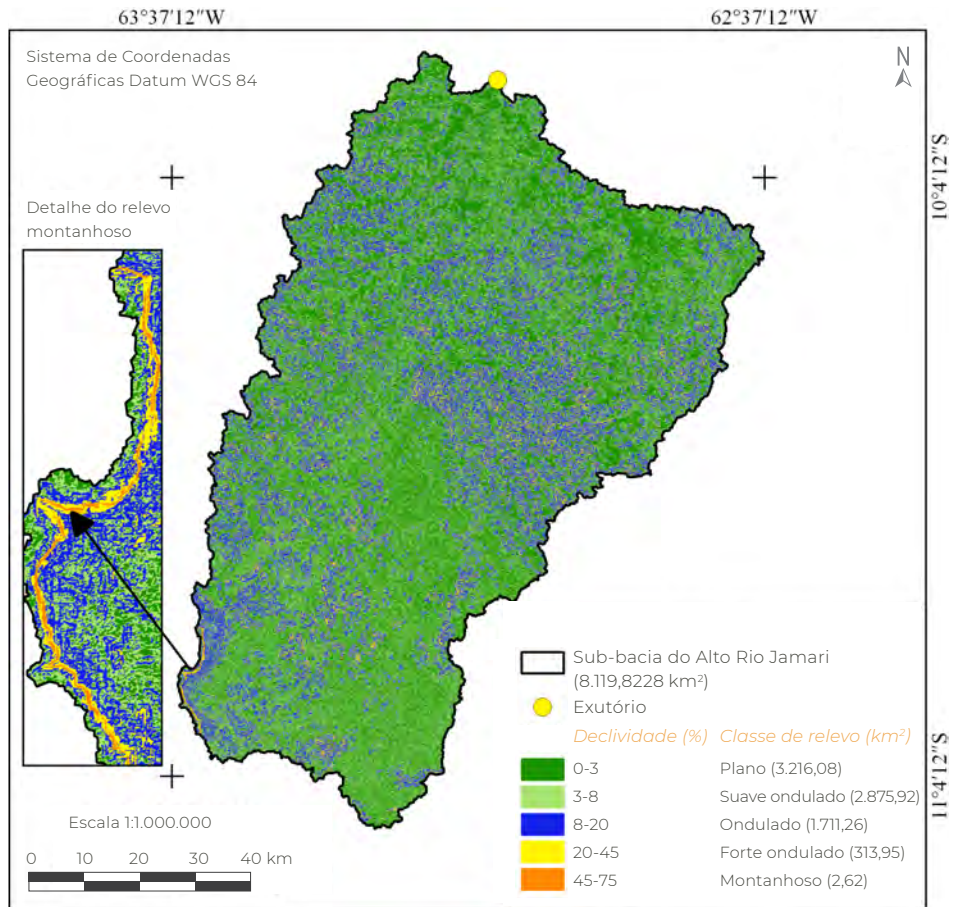


Figura 3 Relevo da sub-bacia do Alto Rio Jamari, com destaque para a crista com declividades entre 20 e 75%, Amazônia Ocidental, Brasil

namento de água no solo, promovendo maior umidade, principalmente nas camadas de 20 a 40 cm, potencializando a produtividade de grãos (Borges *et al.*, 2014).

As práticas conservacionistas também permitem a redução da perda de solo (Eduardo *et al.*, 2013), diminuindo a perda de nutrientes e matéria orgânica do sistema agrícola (Lobato *et al.*, 2009). Assim, constata-se que estas práticas contribuem para a manutenção da fertilidade do solo em sistemas agrícolas e para o aumento da vida útil da Usina Hidrelétrica de Samuel.

A sub-bacia do Alto Rio Jamari tem uma rede de drenagem de 7.227,69 km, classificada

como dendrítica de 8ª ordem (Figura 4), densidade de drenagem de 0,89 km km⁻², índice de sinuosidade de 40,21 e tempo de concentração de 43 horas e 24 minutos.

A característica dendrítica da região está relacionada com a predominância de relevos com baixa declividade, que tendem a não direcionar os drenos, como observado por Demattê e Demétrio (1998), em regiões com padrões de drenagem do tipo subdendríticos. A oitava ordem indica que o sistema de drenagem tem elevada complexidade com relação a presença de fauna aquática. A complexidade tende a aumentar conforme se eleva o número de ordens, ou seja, quando a ordem dos cursos

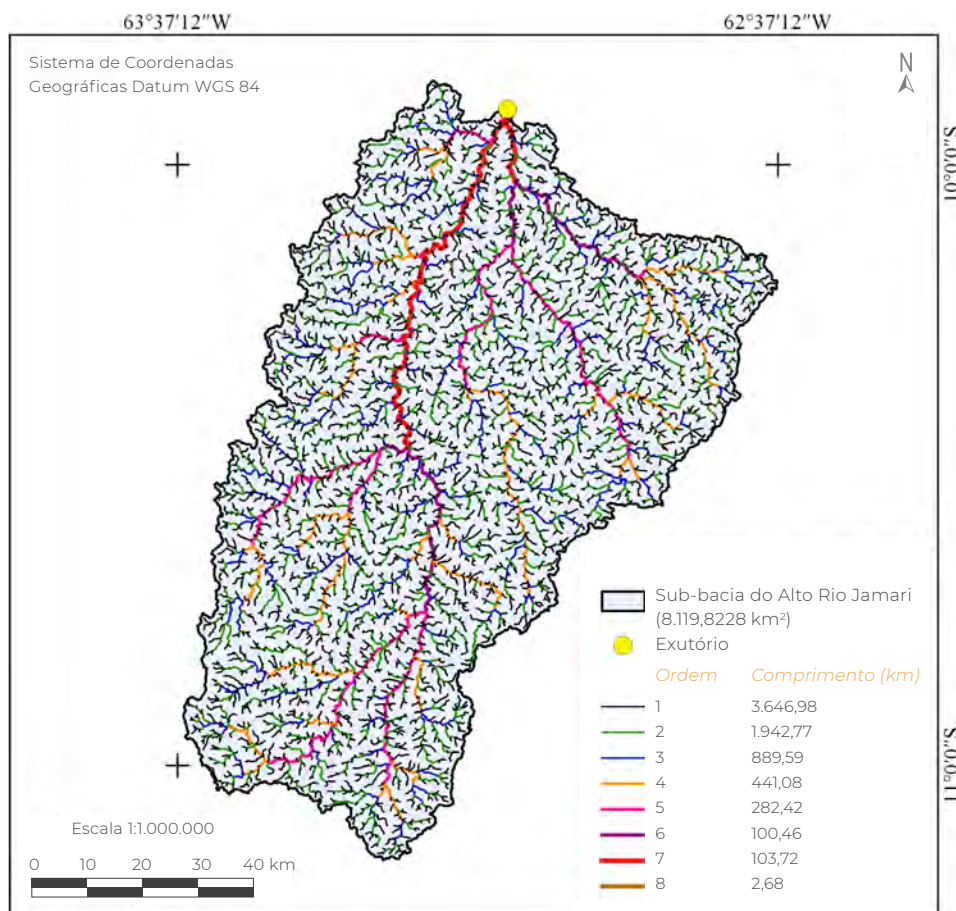


Figura 4 Características da rede de drenagem e ordenamento dos cursos de água, da sub-bacia do Alto Rio Jamari, Amazônia Ocidental, Brasil

dos rios de 1^a e 2^a ordem, e em alguns casos de 3^a ordem, tem-se canais de classe 4 (improvável habitat de peixes), em rios de 3^a ordem, tem-se canais de classe 3 (condições mínimas para habitação de peixes) e em rios acima de 3^a ordem tem canais das classes 1 e 2 (condições máximas e moderadas para habitação de peixes), (Fairfull e Witheridge, 2003).

A densidade de drenagem, considerada média na sub-bacia Alto Rio Jamari, demonstra que a região tem solos com uma relação infiltração/deflúvio mediana. Essa característica é resultante da combinação dos fatores de formação do solo, com destaque para as condições de elevada precipitação (Moglen *et*

al., 1998), que acelera o processo de intemperismo do material de origem (Brady e Weil, 2013), mesmo tratando-se de rochas ácidas (maior resistência ao intemperismo que rochas básicas), (Demattê e Demétrio, 1998). O valor da densidade de drenagem corrobora com os dados de relevo, declividade média de 6,46 % (suave ondulado), que indicam o desgaste do material de origem e o aplainamento da paisagem.

O valor do índice de sinuosidade classifica a rede de drenagem como sinuosa. Esta característica, comum em regiões planas e com padrão de drenagem dendrítica, retarda a velocidade do fluxo hídrico, amenizando os

picos de inundação, que geralmente ocorrem durante os meses de janeiro a março. Os canais sinuosos tendem a acumular sedimentos na parte interna dos meandros, e contribui para menor velocidade de fluxo, permitindo a manutenção da água por mais tempo no ecossistema (Gabler *et al.*, 2009). Esses acúmulos de sedimentos formam verdadeiras praias de água doce, que podem ser utilizadas como berçário para reprodução de quelônios (Ferreira Júnior, 2009).

O tempo de concentração de 43 horas e 24 minutos é considerado elevado, reduzindo a probabilidade de ocorrência de inundações máximas na área urbana do município de Ariquemes, localizado no exutório da sub-bacia. Esta característica está relacionada com a baixa sinuosidade da rede de drenagem.

4. Conclusão

A sub-bacia do Alto Rio Jamari tem forma alongada, relevo predominante de plano a suave ondulado, padrão de drenagem dendrítico, densidade de drenagem mediana e tempo de concentração elevado, demonstrando de baixa a média susceptibilidade a ocorrência de enchentes e boa capacidade de drenagem em condições normais de precipitação.

As informações disponibilizadas no artigo podem ser utilizadas como base para o planejamento de práticas de manejo conservacionista e gestão dos recursos hídricos na região, permitindo a conservação dos recursos naturais para a manutenção da qualidade de vida da geração atual e futuras gerações.

5. Referências citadas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. e G. SPAROVEK. 2014. "Köppen's climate classification map for Brazil". *Gerbrüder Borntraeger*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M. D. P. e P. T. A. CASTRO. 2003. "Influência de feições geológicas na morfometria da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análises de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 117-124.
- ATAIDE, L. C. P.; RODRIGUES, R. S. S. e F. C. L. PESSOA. 2017. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tauá, Nordeste Paraense". *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, 11(1): 130-138.
- 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): 589-58.
- 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): 1862-1873.
- 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.

- BRADY, N. C. e WEIL, R. R. 2013. *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. Bookman Editora. São Paulo, Brasil.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B. e S. M. MARTINS. 2006. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ". *Revista Árvore*, 30(2): 241-248.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1969. "Análise morfométrica de bacias hidrográficas". *Notícia Geomorfológica*, 18(9): 35-64.
- COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. e G. de O. GARCIA. 2011. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio da Prata, Castelo, ES". *Irriga*, 16(4), 369-381.
- DEMATTÊ, J. A. M. e V. A. DEMÉTRIO. 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.
- ELETRONORTE. 2018. *Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A - Eletrobras Eletronorte*. UHE Samuel. Disponível em: <http://www.eletronorte.gov.br/opencms/opencms/pilares/geracao/parqueGerador/UHE/samuel.html>. [Consulta: maio, 2018].
- 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 JÚNIOR, P. D. 2009. "Efeitos de fatores ambientais na reprodução de tartarugas". *Acta Amazônica*, 39(2): 319-334.
- 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 Amazonica*, 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 subbacia do rio Uruçuí-Preto, Piauí. *I Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC)*. 1-4. Fortaleza, Brasil. (15-18 de setembro).
- FRANCA, R. R. 2015. "Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011". *Revista Geografias*, 11(1): 44-58.
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E. E e A. V. AGUIAR. 2008. "Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná". *Revista de estudos ambientais*, 10(1): 49-64.
- 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 (Eds), *Physical Geographic*. pp. 461-490. Brooks Cole. Belmonte - CA. United States of America.

- HELBEL, A. F.; NUNES, M. L. A. e M. MARCHETTO. 2014. "Determinação de áreas sujeitas à inundação do Igarapé Pintado em Ji-Paraná-Rondônia utilizando geotecnologias e caracterização morfométrica". *VETOR-Revista de Ciências Exatas e Engenharias*, 24(2), 111-126.
- 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 NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). 2018. *Acervo fundiário*. Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>. [Consulta: maio, 2018].
- KABITE, G. & B. GESSESSE. 2018. "Hydro-geomorphological characterization of Dhidhessa River Basin, Ethiopia". *International Soil and Water Conservation Research*, 6:175-183.
- 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*. pp. 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.
- 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@mbiente 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.
- MOGLEN, G. E.; ELTAHIR, E. A. B. & R. L. BRAS. 1998. "On the sensitivity of drainage density to climate change". *Water Resources Research*, 34(4): 855-862.
- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geographi Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>
- ROCHA, V. N. L. e C. A. G. SANTOS. 2016. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Nazaré, Ji-Paraná, Rondônia. *IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade (CONGETAS)*. 1.092-1.101. João Pessoa, Brasil. (11-14 de dezembro).
- 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.
- 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*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

- SCHUMM, S. A. 1956. "Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy, New Jersey". *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646.
- SECRETARIA ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2002. *Atlas Geoambiental de Rondônia*. SEDAM, Porto Velho. 2: 151 p. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/110424383/Atlas-Geoambiental-de-Rondonia>. [Consulta: janeiro, 2016].
- 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.
- SOUSA, F. R. C. e D. P. PAULA. 2016. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará-Brasil)". *Revista de Geociências do Nordeste*, 2 (especial): 555-564.
- STIPP, N. A. F.; CAMPOS, R. A. e J. H. CAVIGLIONE. 2010. "Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara – uma contribuição para o estudo das ciências ambientais". *Portal da Cartografia*, 3(1): 105-124.
- STRAHLER, A. N. 1957. "Quantitative analysis of watershed geomorphology". *Transactions of American Geophysical Union*, 38(6): 913-920.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*. Disponível em: earthexplorer.usgs.gov
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill. São Paulo, Brasil.
- YASSUDA, E. R. 1993. "Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais". *Revista de Administração Pública*, 27(2): 5-18.

Caracterização morfométrica

da microbacia do Igarapé Novo Mundo,
Amazônia Ocidental, Brasil

Caracterización morfométrica de la microcuenca
del Igarapé Novo Mundo, Amazonia Occidental, Brasil

Morphometric characterization in the microbasin
of Igarapé Novo Mundo, Western Amazon, Brazil

Diogo Martins Rosa

Jhony Vendruscolo

João Fideles de Brito Júnior

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Gustavo Neco da Silva

Giliard Rodrigues Bonifácio

Resumo

A caracterização morfométrica da bacia hidrográfica fornece informações essenciais para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. O objetivo deste trabalho foi a caracterização morfométrica da microbacia do Igarapé Novo Mundo, município de Nova Brasilândia D'Oeste. Analisou-se as características morfométricas, altitude, relevo e rede de drenagem. A microbacia tem área de 28,15 km², perímetro de 39,84 km, altitudes mínima, média e máxima de 279, 342 e 459 m, respectivamente, predominância de relevo suave ondulado a forte ondulado (84,04%), coeficiente de compactidade de 2,10, fator de forma de 0,35, índice de circularidade de 0,22, padrão de drenagem dendrítico, 5ª ordem de drenagem, densidade de drenagem de 4,93 km km⁻², índice de sinuosidade 23,09% e tempo de concentração de 2,23 horas. Estas características proporcionam maior infiltração de água no solo, reduzindo os riscos de erosão e baixa suscetibilidade a enchentes. Portanto, recomenda-se adoção de práticas de manejo conservacionista para manter a microbacia com características adequadas.

Palavras chave: geoprocessamento; recursos hídricos; planejamento ambiental.

Resumen

La caracterización morfométrica de una cuenca hidrográfica proporciona información esencial para la planificación y gestión de los recursos hídricos. El objetivo del trabajo fue la caracterización morfométrica de la microcuenca del Igarapé Novo Mundo, municipio de Nova Brasilândia D'Oeste. Se analizaron las características morfométricas, altitud, relieve y red de drenaje. La microcuenca tiene un área de 28,15 km², perímetro de 39,84 km, altitudes mínima, media y máxima de 279, 342 y 459 m, respectivamente, predominancia de relieve suave ondulado a fuerte ondulado (84,04%), coeficiente de compactidad 2,10, factor de forma 0,35, índice de circularidad 0,22, patrón de drenaje dendrítico, 5ª orden de drenaje, densidad de drenaje de 4,93 km km⁻², índice de sinuosidad 23,09% y tiempo de concentración de 2,23 horas. Estas características facilitan una mayor infiltración de agua en el suelo, reduciendo los riesgos de erosión y baja susceptibilidad a las inundaciones. Por lo tanto, se recomienda la adopción de prácticas de manejo conservacionista para mantener la microcuenca con características adecuadas.

Palabras clave: geoprocetamiento; los recursos hídricos; planificación ambiental.

Abstract

The morphometric characterization of the river basin provides essential information for the planning and management of water resources. The objective was the morphometric characterization of the microbasin of the Igarapé Novo Mundo, Nova Brasilândia D'Oeste, Rondônia. The characteristics of altitude, relief and drainage network were analyzed. The microbasin has an area of 28.15 km², with a perimeter of 39.84 km, with a minimum, average and maximum elevation of 279, 342 and 459 m, respectively, predominance of smooth to undulating waves (84.04%), coefficient of compactness of 2.10, shape factor of 0.35, circularity index of 0.22, dendritic drainage pattern, 5th order of drainage, drainage density of 4.93 km km⁻², sinuosity index 23.09% and time of concentration of 2.23 hours. These characteristics provide greater infiltration of water in the soil, reducing the risks of erosion and low susceptibility to floods. Therefore, it is recommended to adopt conservation management practices to maintain the microbasin with adequate characteristics.

Key words: *geoprocessing; water resources; environmental planning.*

1. Introdução

A microbacia possui uma área de drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, ou seja, várias microbacias formam uma sub-bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km² (Faustino, 1996). Essas áreas são frágeis e frequentemente ameaçadas por perturbações, nas quais as escalas espacial, temporal e observacional são fundamentais (Teodoro *et al.*, 2007).

Diferentes definições referentes ao conceito de bacias hidrográficas foram discutidas e sistematizadas. Porém, a compreensão das características morfométricas de uma bacia hidrográfica é de fundamental importância, no que se diz respeito a preservação de seus recursos hídricos, pois torna-se apto para o entendimento do comportamento hidrológico que as mesmas apresentam e que podem vir a apresentar (Teodoro *et al.*, 2007).

Lima (1986) explica que a microbacia hidrográfica constitui a manifestação bem definida de um sistema natural aberto e pode ser vista como a unidade ecossistêmica da paisagem, em termos de integração dos ciclos naturais de energia, de nutrientes, e principalmente da água.

Alguns estudos sobre características morfométricas podem ser aplicadas na inferência de possíveis impactos da intervenção humana no sistema, nas estimativas das características de um rio da bacia numa área distante, essencial ao levantamento de recursos naturais, ou em partes não monitoradas de áreas com degradação já avançadas (Rafaeli Neto, 1994).

A crescente utilização de sistemas de informação geográfica (SIG), juntamente com outros métodos do geoprocessamento, tendo em consideração o estudo da caracterização morfométrica, tornam-se ferramentas cruciais para a compreensão e análise de todo o am-

biente a ser estudado, no qual dados georreferenciados são modificados em informações, com propósito de um melhor embasamento na tomada de decisão, como pode ser constatado na literatura (Christofoletti, 1999; Silva e Zaidan, 2004).

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a rede de drenagem, relevo, altitude e realizar a caracterização morfométrica da microbacia do Igarapé Novo Mundo, município de Nova Brasilândia do Oeste, Rondônia, Brasil.

2. Material e métodos

2.1 Localização e características da área de estudo

O trabalho foi realizado na microbacia do Igarapé Novo Mundo, município de Nova Brasilândia D'Oeste no estado de Rondônia, com extensão de 28,15 km² e perímetro de 39,94 km (Figura 1). A região apresenta clima do tipo Monção (Am), com uma precipitação média anual de 2.000 mm e temperatura média de 24 a 26°C (Alvares *et al.*, 2014), e vegetação nativa classificada como floresta ombrófila aberta submontana com presença de cipós associada com palmeiras (IBGE, 2012).

2.2 Caracterização morfométrica

2.2.1 Área e perímetro

A bacia hidrográfica foi delimitada utilizando software QGIS 2.10.0 (versão Pisa), (QGIS Development Team, 2015) e o complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM), tendo como base imagem altimétrica do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução de 30 m e banda X (USGS, 2017). Posteriormente, o limite da bacia foi ajustado com base nas imagens

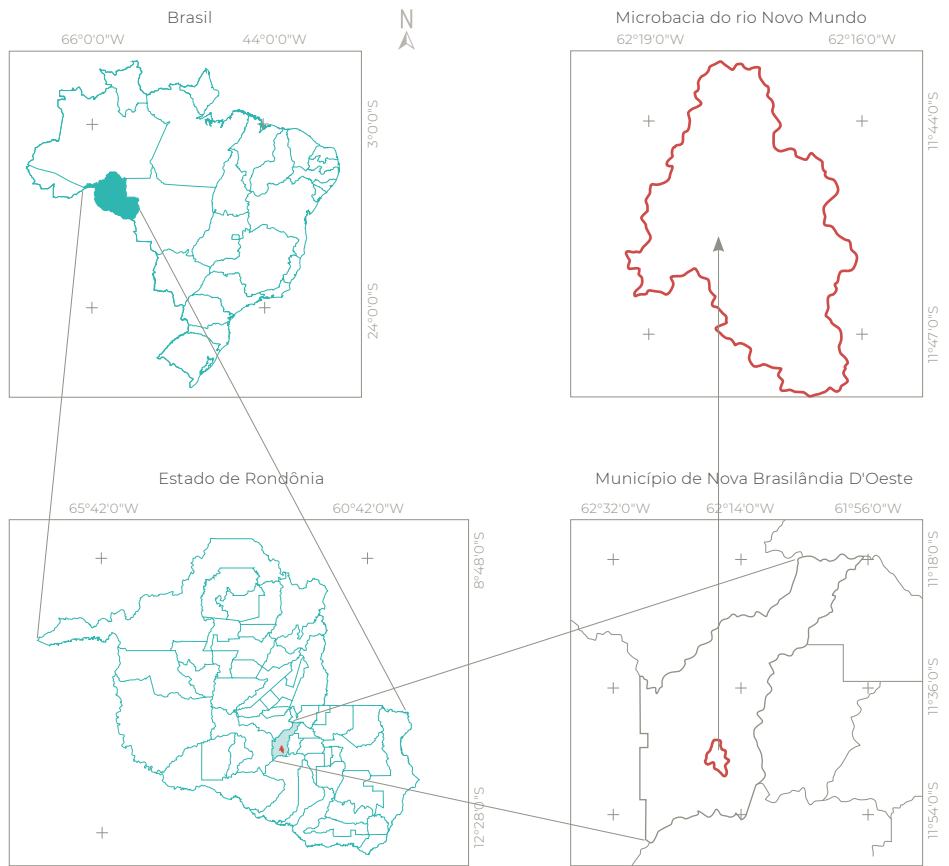


Figura 1 Localização geográfica da microbacia do Igarapé Novo Mundo no estado de Rondônia, Amazônia Ocidental, Brasil

do *Google Earth Pro*®, considerando a rede de drenagem e os sulcos naturais do terreno. A área e o perímetro da bacia foram calculados utilizando a ferramenta calculadora de campo, do software citado anteriormente.

2.2.2 Altitude

As altitudes mínima, média e máxima foram obtidas com base na imagem altimétrica SRTM, com resolução de 30 m, utilizando o software QGIS 2.10.0 (versão Pisa). A amplitude altimétrica foi obtida pela diferença entre altitude máxima e mínima.

2.2.3 Relevo

O relevo foi classificado de acordo com a declividade, sendo adotadas as seguintes classes: plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%) e montanhoso (45-75%), (Santos *et al.*, 2013).

2.2.4 Coeficiente de compacidade (Kc)

É um coeficiente que define a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia (Cardoso *et al.*, 2006), (Equação 1). O Kc sempre será um valor > 1, quanto menor o Kc, mais circular

será a bacia e maior a tendência a enchentes. O coeficiente de compacidade foi classificado de acordo com a **Tabela 1**.

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

Em que: P = perímetro da bacia hidrográfica (km); A = área da bacia hidrográfica (km²).

Tabela 1 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 Fator de forma (F)

Esse coeficiente é definido pela relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia (Cardoso *et al.*, 2006), (Equação 2). O fator de forma foi classificado de acordo com a **Tabela 2**.

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

Em que: A = área da bacia em km²; L = comprimento do eixo principal em km.

Tabela 2 Classificação do fator de forma

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

Fonte: Lima Júnior *et al.*, 2012

2.2.6 Índice de circularidade (IC)

Este índice relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro igual ao da área da bacia (Cardoso *et al.*, 2006), (Equação 3). O índice de circularidade foi classificado conforme a **Tabela 3** (Schumm, 1956).

$$IC = (12,52 \times A)/P^2 \quad (3)$$

Em que: P = perímetro da bacia hidrográfica em km; A = área da bacia hidrográfica em km².

Tabela 3 Classificação do índice de circularidade

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

Fonte: Silva (2012)

2.2.7 Padrão de drenagem (Pd)

O padrão de drenagem foi obtido comparando a forma da distribuição da drenagem. A classificação é feita com base na forma e textura do relevo, a partir da fotointerpretação das imagens, utilizando-se os critérios de Parvis (1950). Os seis principais padrões de drenagem, são: Dendrítico, Treliça, Retangular, Radial, Anular e Paralelo, formados por forças naturais que atuam sobre os materiais terrestres.

2.2.8 Ordem dos cursos d'água

A drenagem foi obtida com o TauDEM com base na imagem altimétrica do SRTM. Após a obtenção da drenagem realizou-se a classificação da ordem dos cursos d'água, de acordo com Strahler (1957), o encontro de 2 rios de 1ª ordem forma um rio de 2ª ordem, o encontro de 2 rios de 2ª ordem forma um rio de 3ª ordem, e assim por diante.

2.2.9 Densidade hidrográfica (Dh)

É a relação existente entre o número de cursos d'água e a área da bacia hidrográfica, e foi obtido pela equação 4 (Christofoletti, 1980).

$$Dh = N/A \quad (4)$$

Em que: N = número de cursos d'água; A = área da bacia em km².

2.2.10 Densidade de drenagem (Dd)

Correlaciona o comprimento total dos cursos d'água com a área da bacia hidrográfica (Christofoletti, 1980), (Equação 5). A densidade

de drenagem foi classificada de acordo com a

Tabela 4.

$$Dd = L/A \quad (5)$$

Em que: L = comprimento total dos cursos d'água (km); A = área de bacia (km²).

Tabela 4 Classificação da densidade de drenagem

Densidade de drenagem (km km ⁻²)	Classe
< 0,50	Baixa
0,50 – 2,00	Média
2,01 – 3,50	Alta
> 3,5	Muito Alta

Fonte: Beltrame (1994)

2.2.11 Índice de sinuosidade

É a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Alves e Castro, 2016; Alves *et al.*, 2014), (Equação 6). O índice de sinuosidade foi classificado conforme a **Tabela 5**.

$$Is = 100 \times (L - Ev) / L \quad (6)$$

Em que: L = comprimento do canal principal (km); Dv = distância vetorial do canal principal (km).

Tabela 5 Classificação do índice de sinuosidade

Classe	Limite (%)
Muito reto	< 20
Reto	20 – 29
Divagante	30 – 39
Sinuoso	40 – 49
Muito sinuoso	> 50

Fonte: Romero *et al.* (2017)

2.2.12 Tempo de concentração (Tc)

É o tempo de percurso da água precipitada desde o ponto cinematicamente mais afastado da bacia hidrográfica até a secção de referência (Kirpich, 1940), (Equação 7).

$$Tc = [(0,87 \times (L^3/H)]^{0,385} \quad (7)$$

Em que: L = comprimento do talvegue principal (km); H = desnível ente a parte mais elevada e a secção de controle (m).

3. Resultados e discussão

A microbacia do Igarapé Novo Mundo pertence à bacia do rio Machado, um dos principais rios do estado (**Figura 2**). A microbacia é extensa, pois tem 28,15 km² de área e 39,84 km de perímetro (Wisler e Brater, 1964). O curso principal possui 11,33 km de comprimento no sentido Sudeste/Noroeste.

Observa-se que na microbacia as altitudes mínimas, médias e máximas são de 279, 342 e 459 m, respectivamente (**Figura 2**). Em áreas com maior altitude ocorrem elevações das taxas de evapotranspiração e do índice de precipitação, aumentando o suprimento de água ao longo do ano (Cardoso *et al.*, 2006), que tendem a se acumular nas áreas mais baixas do terreno (279 a 315 m).

O relevo da microbacia do Igarapé Novo Mundo proporcionou seis classes diferentes (**Figura 3**), sendo plano (6,84%), suave ondulado (30,66%), ondulado (46,54%), forte ondulado (15,13%), montanhoso (0,80%) e escarpado (0,3%). As classes de relevo plano, suave ondulado e ondulado que as três classes juntas representam 84,04% da microbacia do Igarapé Novo Mundo. Almeida Filho (2000) esclarece que são características comuns em latossolos que contribuem diretamente para formação das ordens hidrográficas, principalmente rede do tipo dendrítico que predomina em regiões planas, que favorece ainda a distribuição e velocidade do escoamento superficial.

O relevo associado a altitude influencia diretamente no clima da região. A temperatu-

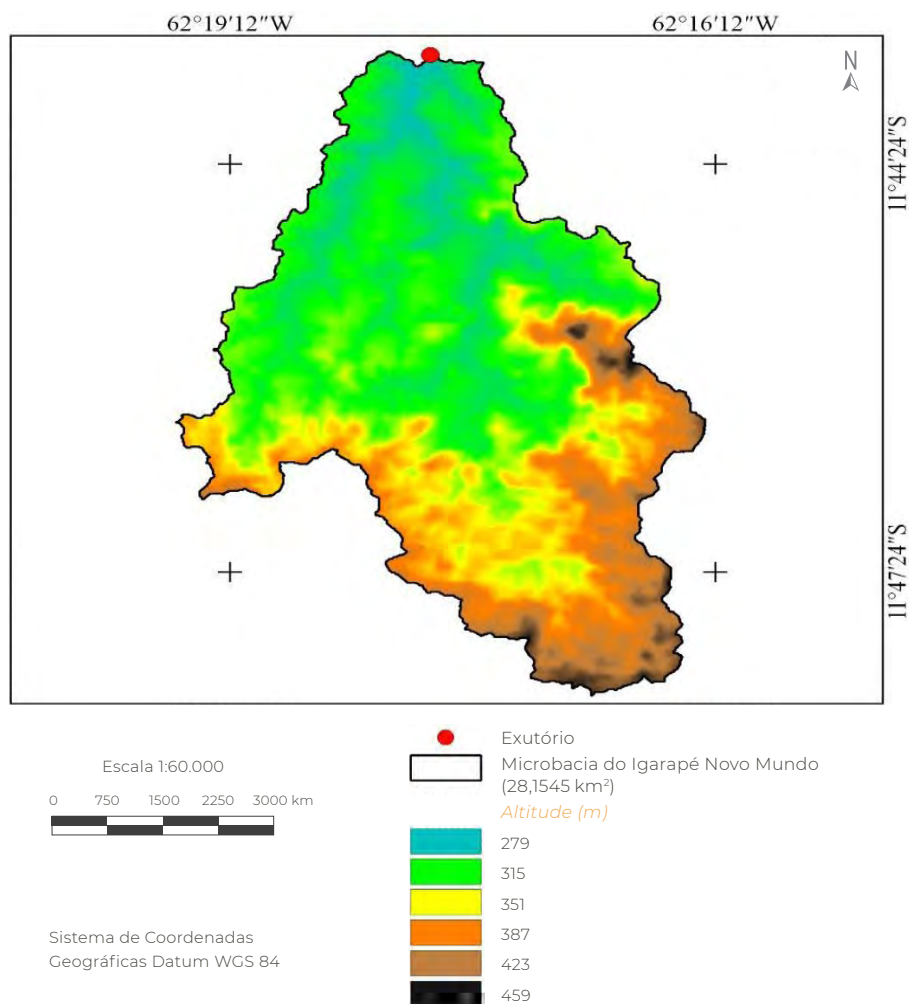


Figura 2 Classificação da altitude da microbacia do Igarapé Novo Mundo em Nova Brasilândia D'Oeste, Rondônia, Amazônia Ocidental, Brasil

ra sofre variação de acordo com o aumento da altitude, assim como, a velocidade do escoamento, neste caso, apresentando baixo risco de enchentes e inundações, pois a microbacia tem alta velocidade no escoamento da precipitação. Esses dados também corroboram com os encontrados por Silva (2017), em levantamento da microbacia do Igarapé D'Alincourt, no município de Santa Luzia do Oeste, Rondônia.

O coeficiente de compacidade foi de 2,10, indicando que a microbacia não está sujeita a enchentes, ou seja, bem acima do valor de $> 1,50$, descrito no estudo de Lima Júnior *et al.* (2012). O fator de forma é de 0,35 e o índice de circularidade de 0,22, indicando que o perímetro da microbacia aproxima-se de uma forma alongada, não favorecendo os processos de inundação, em condições normais de precipitação e provavelmente em condições excepcionais (Lima Júnior *et al.*, 2012; Cardoso *et al.*, 2006).

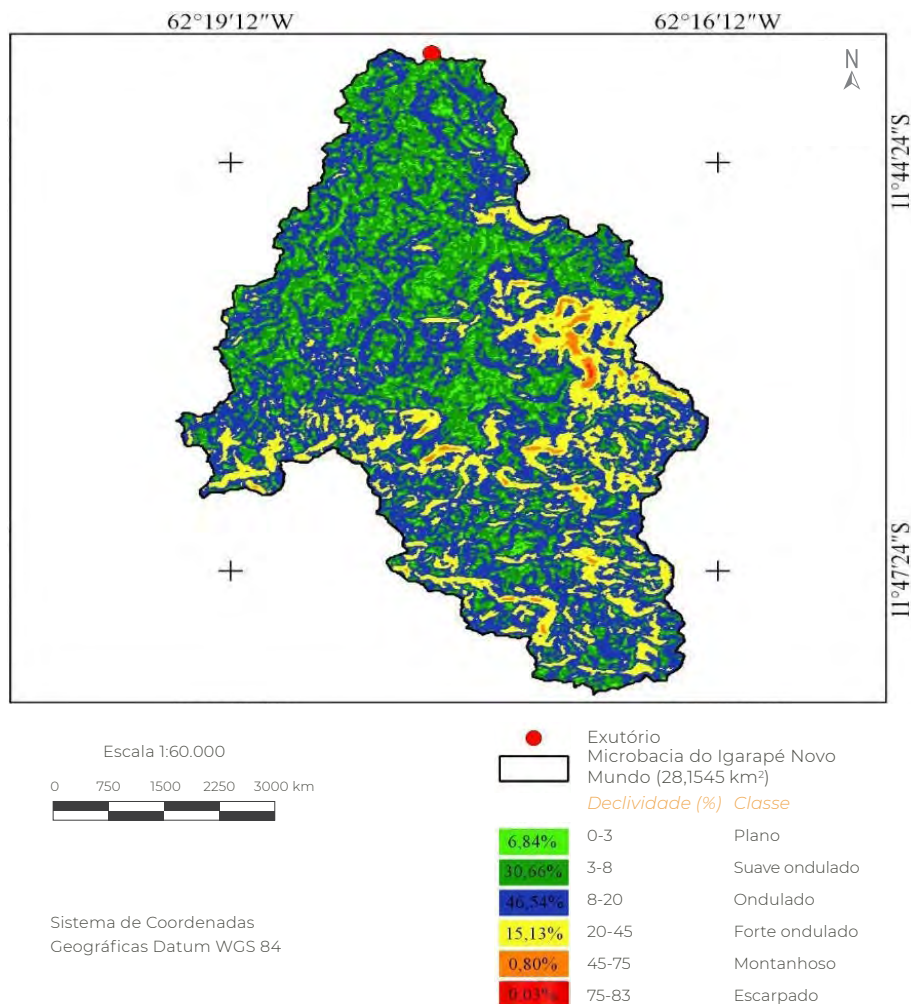


Figura 3 Classificação do relevo da microbacia do Igarapé Novo Mundo em Nova Brasilândia D'Oeste, Rondônia, Amazônia Ocidental, Brasil

O padrão de drenagem predominante na microbacia é do tipo dendrítico, demonstrando uma rede de drenagem ramificada. Esse sistema de drenagem é influenciado principalmente pelo relevo ondulado, desta forma a água não apresenta um caminho bem definido, proporcionando a criação de vários canais (Machado e Souza, 2005)

A microbacia do Igarapé Novo Mundo foi classificada como 5ª ordem, pelo método Strahler (1957), tendo em vista sua rede e padrão

de drenagem dendrítico, corroborando com resultados também encontrados por Silva (2017) na caracterização morfométrica da microbacia do Igarapé D'Alincourt. Observa-se que primeira ordem apresentou o maior comprimento e também maior número de canais, com 67,23 km de comprimento (Figura 4).

Estudos observaram que as microbacias podem chegar no máximo até 3ª ordem, utilizando o mesmo critério de classificação (Teodoro *et al.*, 2007). Observa-se neste estudo

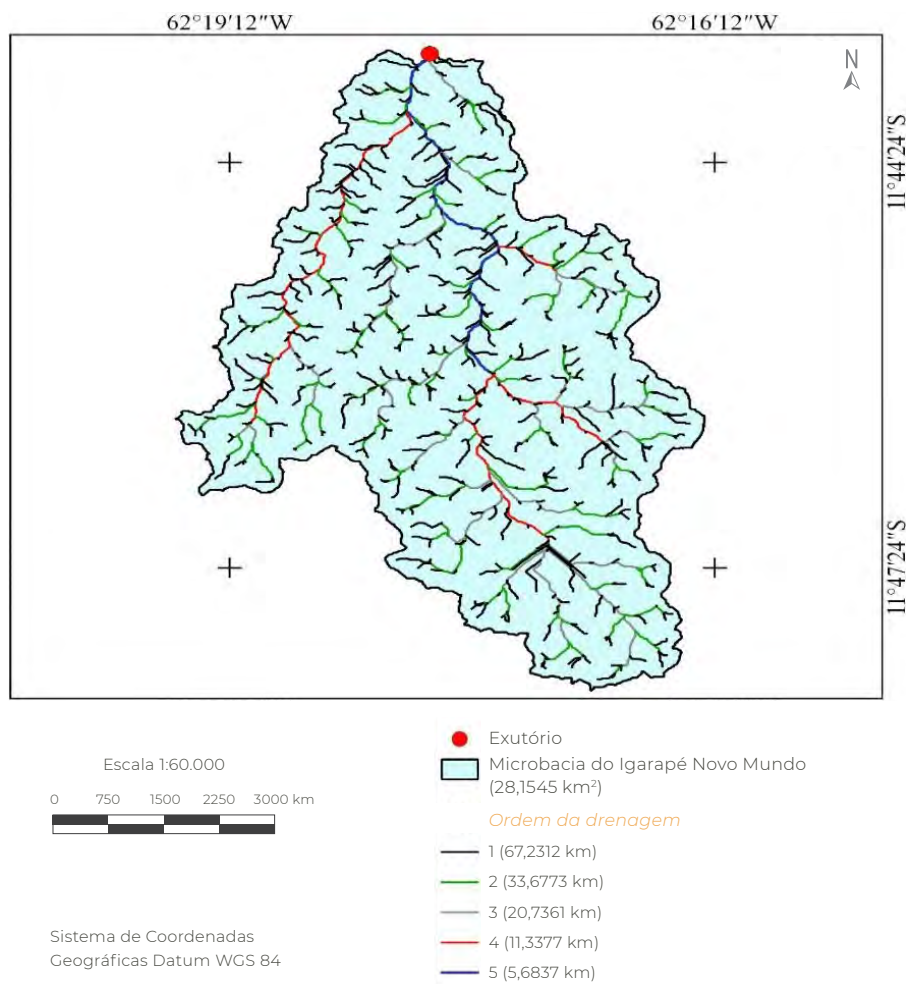


Figura 4 Classificação das ordens de drenagem da microbacia do Igarapé Novo Mundo em Nova Brasilândia D'Oeste, Rondônia, Amazônia Ocidental, Brasil

e em outras microbacias de regiões próximas, que as microbacias ultrapassam a 3ª ordem (Silva, 2017; Siqueira *et al.*, 2017). Portanto, este aumento no número de ordens pode ser devido à conjuntura encontrada na região amazônica, entretanto são necessários estudos mais específicos para comprovar esta relação e suas causas.

A densidade hidrográfica é baixa, 0,18 canais/km², ou seja, menos de 1 canal por km². A densidade de drenagem da microbacia é de 4,93 km km⁻² e tempo de concentração de 2,23

horas, indicando dessa forma que a microbacia possui 'muito alta' capacidade de drenagem. A densidade de drenagem é um fator essencial para indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica (Antoneli e Thomaz, 2007; Teodoro *et al.*, 2007).

O índice de sinuosidade da microbacia foi de 23,09%, sugerindo que os canais tendem a serem retos (retilíneos), e conforme Antoneli e Thomaz (2007), esse tipo de canal favorece maior condução de sedimentos.

4. Conclusão

A microbacia do Igarapé Novo Mundo tem uma área extensa, as altitudes são condicentes com a região, com predominância de relevo plano, suave ondulado e ondulado, conforme as características de latossolos. As características morfométricas indicam que a microbacia não está sujeita a enchentes e possui alta capacidade de drenagem. Portanto, recomenda-se adoção de práticas de manejo conservacionista e recomposição das matas ciliares para a manutenção das características morfométricas da microbacia.

5. Agradecimentos

Ao laboratório de Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA) da Universidade Federal de Rondônia, Câmpus Rolim de Moura, pelo apoio estrutural na obtenção dos dados, assim como os recursos que proporcionaram a condução da pesquisa.

6. Referências citadas

- ALMEIDA FILHO, G. S. 2000. *Diagnóstico de processos erosivos lineares associados a eventos pluviosos no município de Bauru, SP*. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. e G. SPAROVEK. 2014. "Köppen's climate classification map for Brazil". *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M. D. P. e P. T. A. CASTRO. 2016. "Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 117-124.
- ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. e M. T. SILVA. 2014. "Análise morfométrica da microbacia hidrográfica riacho Namorado, São João do Cariri-PB: Uma ferramenta ao diagnóstico físico". *Revista de Geografia*, 31(3): 130-148.
- ANTONELI, V. e E. L. THOMAZ. 2007. "Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR". *Revista Caminhos da Geografia*, 8(21): 46-58.
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B. e S. M. MARTINS. 2006. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ". *Revista Árvore*, 30(2): 241-248.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. *Geomorfologia* (2ª ed). Edgard Blücher. São Paulo, Brasil.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1999. *Modelagem de sistemas ambientais*. Edgard Blücher. São Paulo, Brasil.
- FAUSTINO, J. 1996. *Planificación y gestión de manejo de cuencas*. CATIE. 1: 90. Turrialba, Costa Rica.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2012. *Manual Técnico da vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro, Brasil.

- KIRPICH, Z. P. 1940. "Time of concentration of small agricultural watersheds". *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.
- LIMA, W. P. 1986. *Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas*. Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' (Esalq/USP). Piracicaba, Brasil.
- 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).
- MACHADO, G. e J. O. P. SOUZA. 2005. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Chôco - Ibaiti - PR. *X Encontro de Geógrafos da América Latina. Anais... Sao Paulo, Brasil. (20 a 26 de março)*.
- 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].
- RAFAELI NETO, S. L. 1994. *Análises morfométricas em bacias hidrográficas integradas a um sistema de informações geográficas*. Departamento de Geociências. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. e S. H. SHIMIZU. 2013. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), Viçosa, Brasil.
- SCHUMM, S. A. 1956. "Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy, New Jersey". *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646.
- SILVA, A. F. 2017. *Caracterização morfométrica e índice de desmatamento na microbacia hidrográfica do igarapé D'Alincourt*. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- SILVA, J. X. e R. T. ZAIDAN. 2004. *Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações*. Bertrand. Rio de Janeiro, Brasil.
- 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.
- SIQUEIRA, A. da S.; LA TORRE, J. J. S.; PARREIRA, C. F.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M. e W. C. S. CAVALHEIRO. 2017. Caracterização morfométrica na microbacia do rio Conceição, Rondônia. *I Encontro Regional de Geotecnologias no Ambiente Amazônico*. pp. 59-67. Rolim de Moura, Brasil. (20-22 de setembro).
- STRAHLER, A. N. 1957. "Quantitative analysis of watershed geomorphology". *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6): 913-920.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L. e B. B. FULLER. 2007. "O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local". *Revista Brasileira Multidisciplinar*, 11(1): 137-156.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). *Science for a changing world*. Disponível em: <earthexplorer.usgs.gov>. [Consulta: janeiro, 2017].
- WISLER, C. D. e E. F. BRATER. 1964. *Hidrologia*. Livro Técnico. Rio de Janeiro, Brasil.

Caracterização geomorfométrica

da sub-bacia do rio Comemoração,
Amazônia Ocidental, Brasil

Caracterización geomorfométrica de la subcuenca
del río Comemoração, Amazonía Occidental, Brasil

Geomorphometric characterization of the Comemoração
River sub-basin, Western Amazon, Brazil

Silvânia Fernandes de Mira

Diogo Martins Rosa

Thiago Henrique da Silva José

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Rosalvo Stachiw

Jhony Vendruscolo

Resumo

O objetivo do trabalho foi caracterizar a geomorfometria da sub-bacia do rio Comemoração, Rondônia, para subsidiar o planejamento dos recursos hídricos. Foram analisadas as características geométricas, de relevo e drenagem, utilizando imagem SRTM, software QGIS, ferramentas TauDEM e *Stream feature extractor*. A sub-bacia tem área de 6.193,66 km², perímetro de 760,16 km, formato alongado, baixa suscetibilidade a enchentes, altitude média de 353 m, relevo plano a suave ondulado (predominante), padrão de drenagem dendrítico de 7^a ordem, densidade de drenagem média, densidade de nascentes baixa, canal principal divagante com tempo de concentração elevado. Na região norte e central da sub-bacia, com presença de monzogranito e argilito, respectivamente, podem ocorrer extravasamentos da calha do rio, devido à combinação de relevos declivosos com rochas subjacentes de baixa permeabilidade, após precipitações intensas por longos períodos. Essas áreas são prioritárias para manutenção da cobertura florestal nativa, e reflorestamento em locais que atualmente se encontram com atividades agropecuárias, utilizando-se práticas conservacionistas (mecânica vegetativa e edáfica).

Palavras chave: Amazônia Ocidental; conservação do solo e água; planejamento ambiental; geotecnologias.

Resumen

El objetivo del trabajo fue caracterizar la geomorfometría de la subcuenca del río Comemoração, Rondônia, para contribuir con la planificación de los recursos hídricos. Se analizaron las características geométricas, de relieve y drenaje, utilizando imagen SRTM, software QGIS, herramientas TauDEM y *Stream feature extractor*. La subcuenca tiene un área de 6.193,66 km², perímetro de 760,16 km, formato alargado, baja susceptibilidad a inundaciones, altitud media de 353 m, relieve plano a suave ondulado (predominante), patrón de drenaje dendrítico de 7^a orden, densidad de drenaje media, densidad de manantiales bajos, canal principal divagante, con tiempo de concentración elevado. En la región norte y central de la subcuenca con presencia de monzogranito y argilito, respectivamente, pueden ocurrir trasvases del canal del río debido a la combinación de relieve con desnivel y rocas subyacentes de baja permeabilidad, después de precipitaciones intensas por largos períodos. Estas áreas son prioritarias para el mantenimiento de la cobertura forestal nativa, y reforestación en lugares que actualmente se encuentran con actividades agropecuarias, que utilizan prácticas conservacionistas (mecánica, vegetativa y edáfica).

Palabras clave: Amazonia Occidental; conservación del suelo y agua; planificación ambiental; geotecnología.

Abstract

The objective of this work was to characterize the geomorphometry of the sub-basin of the Comemoração River, Rondônia, to support the planning of water resources. The geometric characteristics, relief and drainage were analyzed using SRTM image, QGIS software, TauDEM tools and Stream feature extractor. The sub-basin has an area of 6,193.66 km², a perimeter of 760.16 km, an elongated shape, low susceptibility to floods, an average elevation of 353 m, a flat to soft wave (predominant), a 7th order dendritic drainage pattern, medium drainage density, low density of springs, main channel rambling, with high concentration time. In the sub-basin northern and central regions with monzogranite and argillite, respectively, river channel extravasations may occur due to the combination of slope reliefs with underlying low permeability rocks after intense rainfall over long periods. These areas are a priority for the maintenance of native forest cover, and reforestation in places that currently have agricultural and livestock activities, by using (mechanical, vegetative and edaphic) conservation practices.

Key words: Western Amazon; soil and water conservation; environmental planning; geotechnologies.

1. Introdução

A água exerce uma função essencial no ecossistema, sendo um recurso insubstituível, visto que, sua falta inviabiliza a existência da vida (Donadio *et al.*, 2005). Apesar da importância da água, verifica-se o crescente aumento da escassez hídrica, que ocorre principalmente devido à elevação da demanda hídrica, desperdício e poluição das águas superficiais e subterrâneas (Fernandes *et al.*, 2008; Tundisi, 2008). O estado de Rondônia, localizado na bacia do rio Amazonas, que dispõem de recursos hídricos abundantes, não está livre da ameaça da crise principalmente, em função da escassez de informações para nortear o planejamento e a gestão dos recursos hídricos.

Em Rondônia existem 7 bacias que foram fragmentadas em 42 sub-bacias, para facilitar o planejamento e gestão dos recursos hídricos da região (SEDAM, 2002). A sub-bacia do rio Comemoração, localizada na bacia do rio Machado, abrange a Usina Hidrelétrica (UHE) Rondon II, a Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Apertadinho, a Terra Indígena Tubarão Latunde e mais de 2.184 propriedades rurais; e apesar da sua grande importância para o estado, existem poucas informações a respeito de sua paisagem. As características morfométricas fornecem informações para o planejamento e a gestão ambiental da sub-bacia, por permitir a previsão do grau de vulnerabilidade a fenômenos extremos, como enchentes e inundações (Menezes *et al.*, 2014).

A sub-bacia do rio Comemoração é considerada muito extensa para que seja realizada a caracterização com base em trabalhos de campo, assim, verifica-se o potencial do uso integrado de sistema de informação geográfica, sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, para aquisição de informações em tempo hábil e com baixo custo financeiro.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo realizar a caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Comemoração - RO.

2. Material e métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

A sub-bacia do rio Comemoração, localizada ao sul do estado de Rondônia, abrange 4 municípios, com predomínio em Pimenta Bueno (Figura 1). A região tem clima do tipo Monção (Am), (Alvares *et al.*, 2014), com precipitação anual de 1.728,9 a 1.843,7 mm (chuvas intensas nos meses de novembro a março), (Franca, 2015), temperatura média de 24 a 26 °C (SEDAM, 2012). Há predominância de Latossolos (2.787,66 km²) e Neossolos Quartzarênicos (2.759,65 km²), (Brasil, 2011) e vegetação floresta ombrófila densa ou aberta, cerrado, transição de savana, com formações pioneiras (IBGE, 2006).

2.2 Características morfométricas

Foram realizadas análises geométricas (área, perímetro, índice de circularidade, coeficiente de compactidade e fator de forma), de relevo (altitude e declividade) e drenagem (padrão de drenagem, densidade de drenagem, ordem dos cursos de água, número de nascentes, densidade de nascentes, índice de sinuosidade e tempo de concentração). O geoprocessamento foi realizado principalmente com o software QGIS 2.10.1 (Versão Pisa), (QGIS Development Team, 2015).

A área e o perímetro da sub-bacia foram obtidos utilizando dados altimétricos do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução de 30 m (USGS, 2017), e o complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM) no software QGIS.

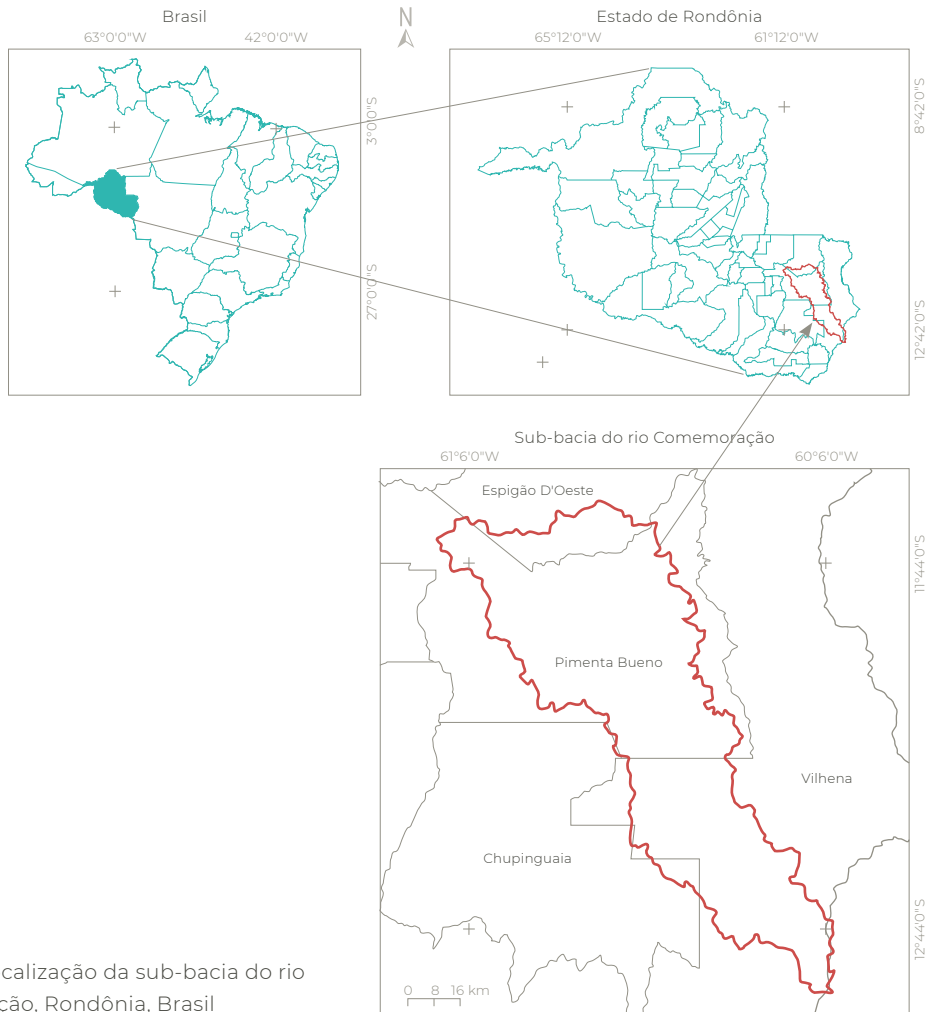


Figura 1 Localização da sub-bacia do rio Comemoração, Rondônia, Brasil

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* (2ª versão) < *D8 Contributing Area* (2ª versão). Para o ajuste do perímetro foi utilizado a técnica de suavização com o limiar de 30 m.

O índice de circularidade relaciona a área da sub-bacia com a área de um círculo de perímetro igual ao da área da sub-bacia (Cardoso *et al.*, 2006). Este índice foi mensurado com a equação 1 (Schumm, 1956) e classificado com a Tabela 1.

$$IC = (12,57 \times A)/p^2 \quad (1)$$

Em que: IC = índice de circularidade; A = área da sub-bacia (km²); p = perímetro da sub-bacia (km).

Tabela 1 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)

O coeficiente de compacidade relaciona o perímetro da sub-bacia com o perímetro de um círculo de área igual à da sub-bacia (Cardoso *et al.*, 2006). O coeficiente foi calculado com a equação 2 (Villela e Mattos, 1975) e classificado com a **Tabela 2**.

$$Kc = 0,28 \times P/\sqrt{A} \quad (2)$$

Em que: Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro da sub-bacia (km); A = área da sub-bacia (km²).

Tabela 2 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)

O fator de forma relaciona a forma da sub-bacia com a forma de um retângulo, denotando sua suscetibilidade a enchentes. Este parâmetro foi mensurado com a equação 3 (Villela e Mattos, 1975) e classificado com a **Tabela 3**.

$$F = A/L^2 \quad (3)$$

Em que: F = fator de forma; A = área de drenagem da sub-bacia (km²) e L = comprimento do eixo da sub-bacia (km).

As altitudes, mínima e máxima, foram obtidas diretamente da imagem SRTM. Para a obtenção da altitude média utilizou-se a ferramenta ‘Estatística por zona’.

O relevo foi obtido da imagem SRTM com a ferramenta ‘Modelo Digital de Elevação’ (MDE). Posteriormente, o relevo foi classificado de acordo com a declividade, adotando-se 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).

Tabela 3 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)

O padrão de drenagem foi obtido em duas etapas. Na primeira, extraiu-se a drenagem da sub-bacia utilizando imagens do SRTM. Para o processamento dos dados utilizou-se o software QGIS, e o complemento *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* (2ª versão) < *D8 Contributing Area* (2ª versão) < *Stream Definition by Threshold* (2ª versão) < *Stream Reach and Watershed*. Para a extração da rede de drenagem utilizou-se o limiar de 450. Na segunda etapa, classificou-se a distribuição dos cursos d’água de acordo com metodologia de Parvis (1950).

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais ou rios, considerando os rios perenes e temporários, com a área da sub-bacia (Christofoletti, 1969). Este parâmetro foi calculado com a equação 4 (Horton, 1945) e classificado com a **Tabela 4**.

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

Em que: Dd = densidade de drenagem (km km⁻²); L = comprimento total da rede de drenagem da sub-bacia (km); A = área da sub-bacia (km²).

A ordem dos cursos d’água foram obtidos com a ferramenta TauDEM, tendo como base o MDE do SRTM. A classificação foi de acordo com Strahler (1957). Posteriormente, obteve-se o número de nascentes através da ferramenta *Stream Feature Extractor*, do software QGIS.

Tabela 4 Valores de referência para classificação da densidade de drenagem

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

Fonte: Beltrame (1994)

A densidade de nascentes relaciona o número de nascentes com a área da sub-bacia, e foi calculada com a equação 5 e classificada com a Tabela 5.

$$Dn = Qn/A \quad (5)$$

Em que: Dd: densidade de nascentes (nascentes km⁻²); Qn = quantidade de nascentes da sub-bacia (unidades) e A = área da sub-bacia (km²).

Tabela 5 Valores de referência para classificação da densidade de nascentes

Densidade de nascentes (nascentes km ⁻²)	Classe
< 3	Baixa
3 - 7	Média
7 - 15	Alta
> 15	Muito alta

Fonte: Adaptado de Lollo (1995)

O índice de sinuosidade é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Alves e Castro, 2003). Mensurou-se este parâmetro com a equação 6 (Villela e Mattos, 1975). O índice de sinuosidade foi classificado de acordo com a Tabela 6.

$$IS = 100 (L - Ev) / L \quad (6)$$

Em que: IS = índice de sinuosidade (%); L = comprimento do canal principal da sub-bacia (km) e Ev = distância vetorial do canal principal da sub-bacia (km).

Tabela 6 Valores de referência para classificação do índice de sinuosidade

Descrição	Limite (%)
Muito reto	< 20
Reto	20 a 29
Divagante	30 a 39,9
Sinuoso	40 a 49,95
Muito sinuoso	> 50

Fonte: Romero et al. (2017)

O tempo de concentração de uma sub-bacia hidrográfica é o tempo gasto no percurso, ou seja, o tempo que a água precipitada leva para se deslocar do ponto mais distante hidraulicamente até o exutório, e foi calculada com a equação 7 (Kirpich, 1940).

$$Tc = [0,87 x \left(\frac{L^3}{H}\right)]^{0,385} \quad (7)$$

Em que: Tc = tempo de concentração (h); L = comprimento do curso de água principal da sub-bacia (km) e H = diferença de cota entre as extremidades da linha de água principal da sub-bacia (m).

3. Resultados e discussão

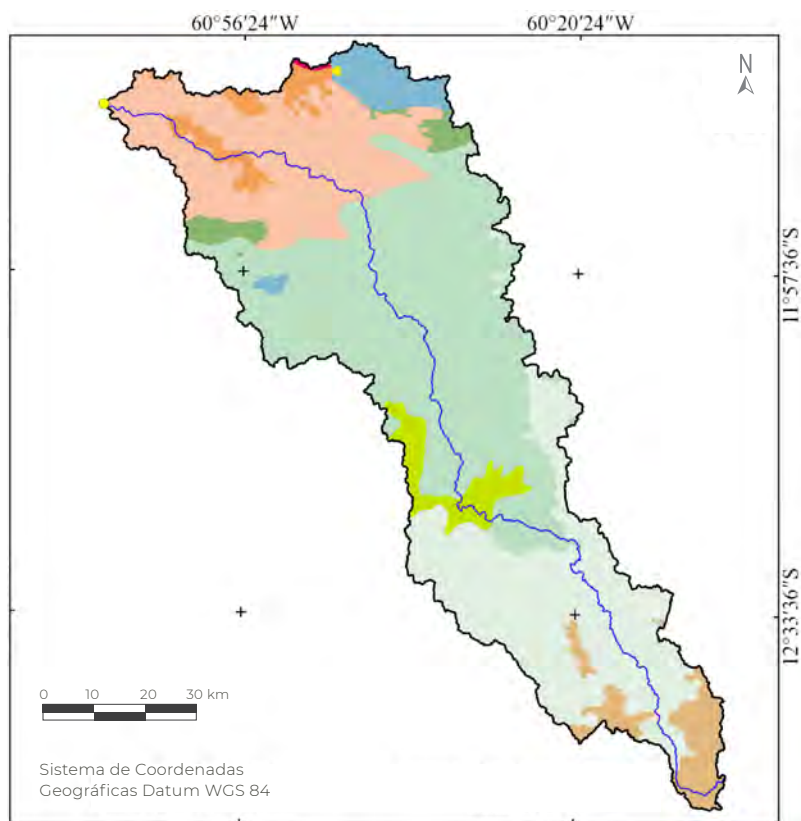
A sub-bacia do rio Comemoração tem área de 6.193,66 km², perímetro de 760,16 km. Esta sub-bacia encontra-se na 16ª posição em termos de área, quando comparada com as demais sub-bacias do estado de Rondônia (SEDAM, 2002), sendo, portanto, uma das mais importantes.

O índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma contém valores de 0,13, 2,70 e 0,16, respectivamente. Esses resultados denotam que geometricamente a sub-bacia tem forma alongada e baixa suscetibilidade a enchentes. O formato alongado reduz o risco de extravasamento do canal, visto que a possibilidade de ocorrer precipitações

intensas simultaneamente em toda a extensão da sub-bacia é baixa (Cardoso *et al.*, 2006; Andrade *et al.*, 2008). Este formato pode estar relacionado com a predominância de Latossolos e Neossolos Quartzarênicos (Brasil, 2011), que propiciam boa capacidade de infiltração de água no solo, e conseqüentemente, menor dissecação do relevo (Calil *et al.*, 2013).

A suscetibilidade a enchentes das sub-bacias também é influenciada por outras características biofísicas como a dinâmica

climática, a litologia subjacente, a topografia, os solos e a cobertura vegetal. Assim, constata-se que há a possibilidade de ocorrer inundações quando se tem precipitações intensas por longos períodos de tempo, principalmente em regiões da sub-bacia do rio Comemoração onde a paisagem é formada pela combinação de rochas com baixa permeabilidade (Figura 2), relevos declivosos (Figura 4), solos compactados e ausência de cobertura vegetal.



- Sub-bacia do rio Comemoração (6.193,66km²)
- Exutório
- Rio principal
- Litologia
- Anortosito, Gabro, Norito, Olivina Gabro, Peridotito, Piroxenito, Troctolito
- Areia, Argila, Cascalho, Silte
- Arenito fino, Argilito
- Arenito fino, Folhelho marron-chocolate, Siltito
- Folhelho marron-chocolate, Siltito, Arenito fino, Cacário dolomítico, Siltito carbonático
- Granito rapakivi, charnockito, mangerito, monzogranito, sienogranito, rochas máficas
- Monzogranito, Granodiorito, Pegmatito
- Paraconglomerado, Arenito, Tilito, Diamictito, Folhelho
- Quartzito-arenito, Argilito, Conglomerado, Siltito

Figura 2 Formação litológica da sub-bacia do rio Comemoração, Rondônia, Brasil.

Fonte: Adaptado de CPRM (2019)

A altitude da região varia de 169 a 637 m, com média de 353 m (Figura 3). A altitude influencia a temperatura, precipitação e evaporação (Silva *et al.*, 2014; Pinto, 2015; Sousa e Paula, 2016), e conseqüentemente, a distribuição espacial das espécies florestais nativas (Pereira *et al.*, 2017).

A precipitação tende a ser mais elevada em áreas com maiores altitudes, em função da menor quantidade de energia necessária no processo de evapotranspiração, de modo que

essas regiões são essenciais para o abastecimento dos aquíferos e manutenção do fluxo de água nas nascentes e rios (Silva e Tonello, 2014). Logo, verifica-se que a cabeceira da sub-bacia do rio Comemoração é considerada como área prioritária para a implantação de projetos, visando a preservação e conservação dos recursos hídricos. É importante destacar que nesta região há maiores suscetibilidades a erosão hídrica, principalmente em relevos mais inclinados e com encostas mais longas,

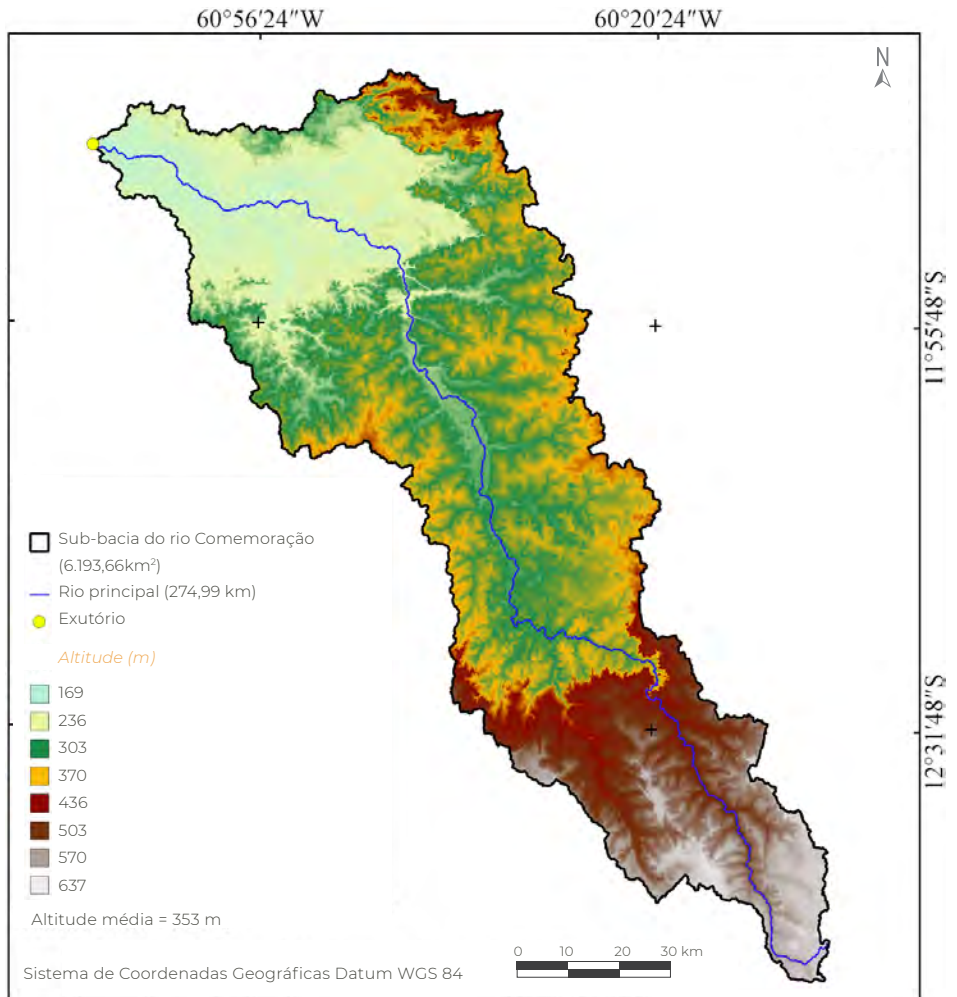


Figura 3 Distribuição da altitude na sub-bacia do rio Comemoração, Rondônia, Brasil

sendo necessário manejos mais criteriosos para conservação do solo.

A altitude é um fator preponderante para seleção de ambientes aptos para cultivo de espécies florestais numa determinada região, como observado por Nappo *et al.* (2012) para as espécies *Hymenaea courbaril* (Hayne) e *Myrocarpus frondosus* Fr. All., com uma variação altitudinal de 30 m a 1.300 m, e *Podocarpus sellowii* (Klotz.) em altitudes superiores a 900 m. Portanto, estas espécies podem ter potencial produtivo na região, contudo, recomen-

da-se estudos específicos relacionados a outros fatores para confirmação desta hipótese.

O relevo da sub-bacia do rio Comemoração oscilou de plano a escarpado, contudo, verifica-se a predominância das classes plano (30,2 %) e suave ondulado (46,5 %), (Figura 4). A inclinação do relevo associado com o comprimento das encostas, determinam o acúmulo de fluxo hídrico (Maciel *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2014; Pinto, 2015; Sousa e Paula, 2016) e, conseqüentemente, a relação erosão-transporte-sedimentação. Assim, verificam-se

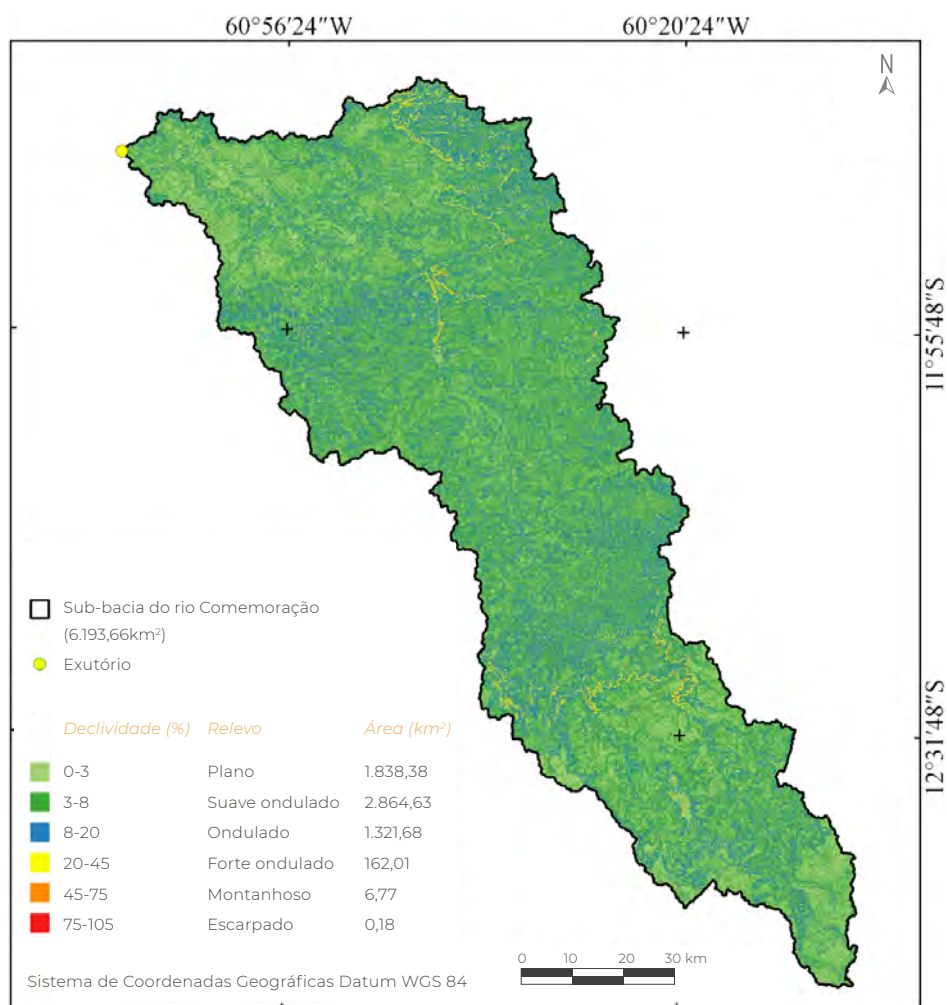


Figura 4 Relevo da sub-bacia do rio Comemoração, Rondônia, Brasil

várias regiões suscetíveis a erosão hídrica na sub-bacia, demonstrando a necessidade de aplicação de técnicas de conservação do solo e restauração florestal, uma vez que a cobertura adequada do solo promove a proteção contra o efeito cinético da precipitação pluviométrica, maior infiltração de água no perfil do solo e redução do escoamento superficial.

A região em estudo tem padrão de drenagem dendrítico de 7ª ordem (Figura 5), densidade de drenagem de 1,26 km km⁻², densidade de nascentes de 0,86 nascentes km⁻² (Figura 6),

índice de sinuosidade de 35,12 % e tempo de concentração de 59,8 h. Os resultados denotam que a sub-bacia tem média densidade de drenagem, baixa densidade de nascentes, com curso de água principal divagante e elevado tempo de concentração.

As características da rede de drenagem estão associadas com a presença de rochas de baixa permeabilidade (Gabler *et al.*, 2009), em regiões de elevada precipitação, que ocasionam a formação de relevos com baixa declividade. Estes relevos resultam na formação

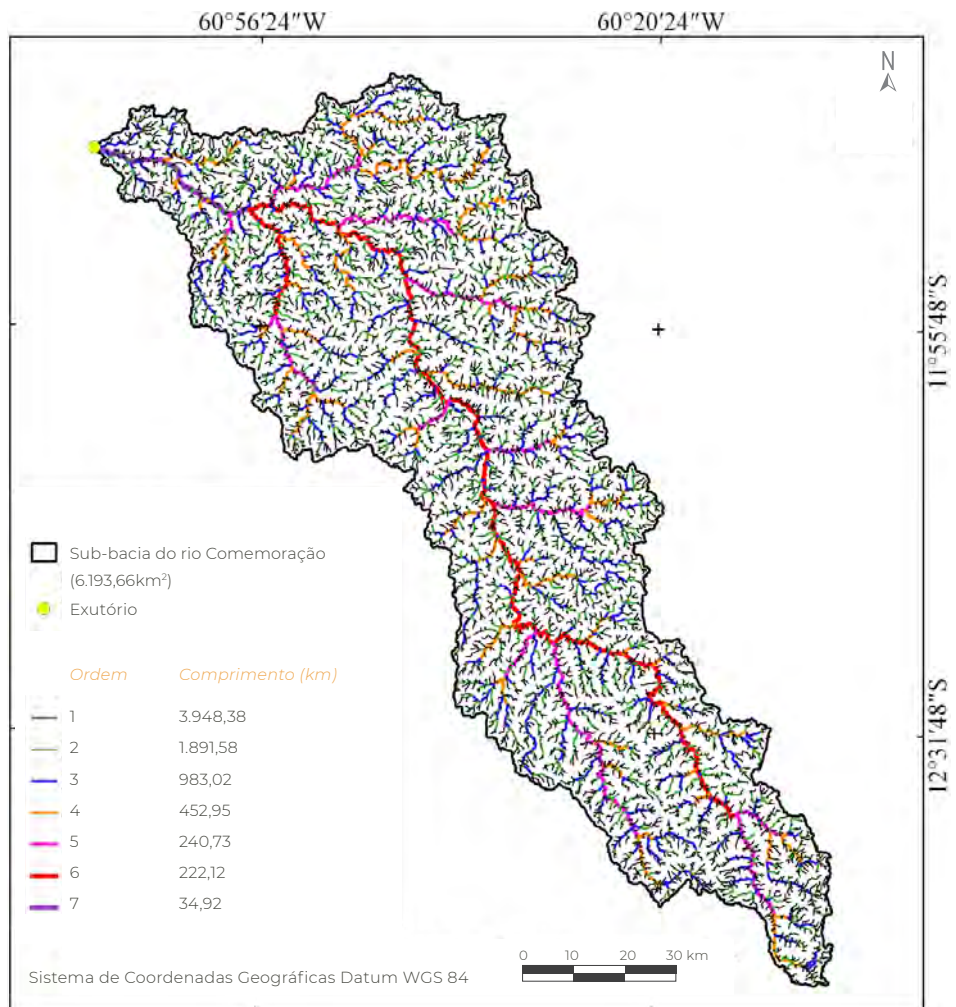


Figura 5 Rede e ordem de drenagem na sub-bacia do rio Comemoração, Rondônia, Brasil

de poucos canais, contudo, bem distribuídos na paisagem, mesmo em áreas de florestas nativas, onde a direção do fluxo inicial pode ser decorrente de obstáculos físicos provenientes de raízes e troncos. Em paisagens com predominância de relevos de baixa declividade também ocorrem o retardamento do fluxo hídrico (Pruski, 2006; Elesbon *et al.*, 2011), explicando a formação de canais divagantes e o elevado tempo de concentração.

Vale salientar que a conservação do solo e da cobertura vegetal interfere no escoamento

superficial (Silveira, 2005; Matos *et al.*, 2006). Neste contexto, constata-se que, mesmo com um alto tempo de concentração, dependendo das condições de uso e ocupação do solo, a sub-bacia pode ter picos de inundações, principalmente nos meses de janeiro a março (período chuvoso), mesmo não sendo morfológicamente susceptível a enchentes, como ocorrido no ano de 2014 (Figura 7).

Para se evitar futuros problemas ocasionados por inundações na área urbana do município de Pimenta Bueno, recomenda-se a rea-

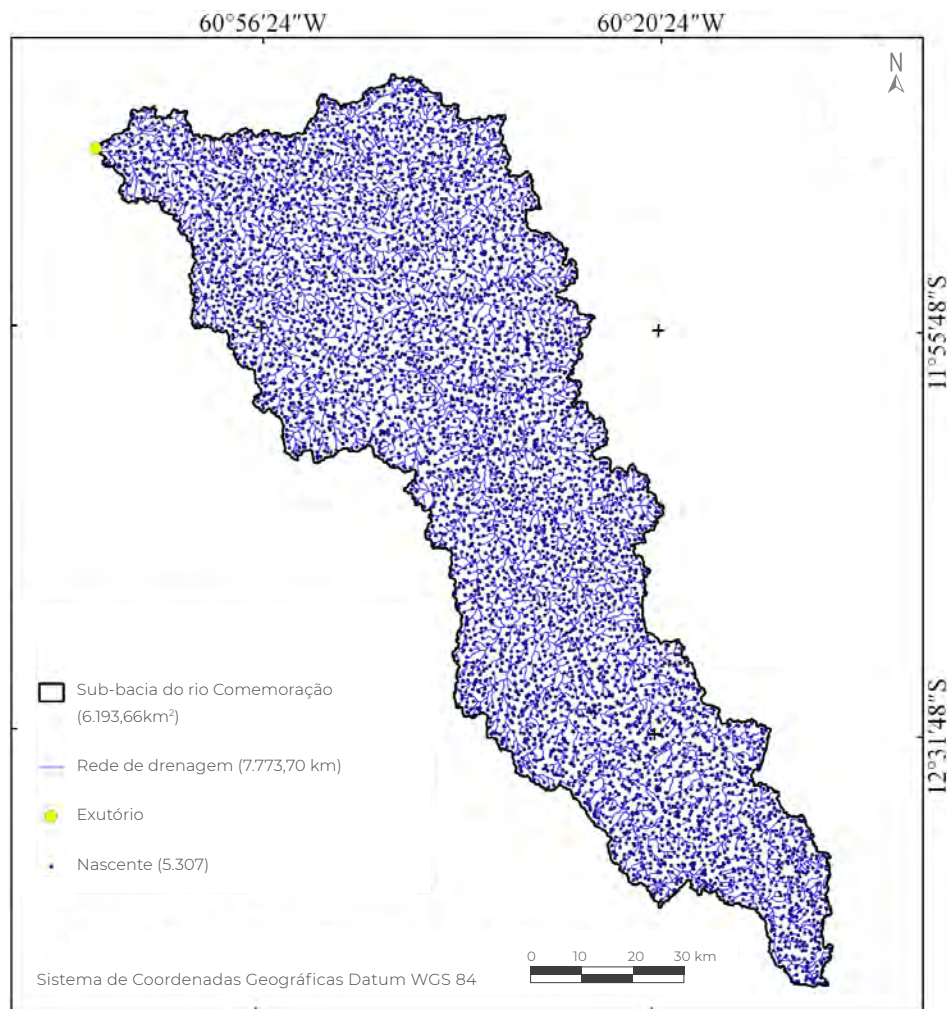


Figura 6 Distribuição das nascentes na sub-bacia do rio Comemoração, Rondônia, Brasil



Figura 7 Inundação de 2014 no município de Pimenta Bueno, após precipitação com duração acima de 48 horas. *Fonte:* Jornal Folha Pimentense (2014)

locação dos residentes que se encontram nas áreas de várzeas (região onde ocorre alagamento sazonal proveniente do extravasamento do canal principal). Também se recomenda a recuperação de matas de galeria e adoção de manejos conservacionistas (mecânicas, vegetativas e edáficas), para aumentar a capacidade de infiltração de água no solo e reduzir o escoamento superficial (Wadt *et al.*, 2003).

4. Conclusão

A caracterização geomorfométrica da sub-bacia do rio Comemoração confirma a predominância de relevo plano à suave ondulado na região. O coeficiente de compacidade, fator de forma e índice de circularidade, indicam que a sub-bacia possui um formato alongado, denotando-se um forte controle estrutural da drenagem e

baixa suscetibilidade a enchentes, considerando ocorrências normais de precipitação.

Nas regiões norte e central da sub-bacia podem ocorrer extravasamentos da calha do rio, devido a combinação de relevos declivosos com rochas subjacentes de baixa permeabilidade, após precipitações intensas por longos períodos. Estas áreas são prioritárias para manutenção da cobertura florestal nativa, e reflorestamento em locais que atualmente se encontram com atividades agropecuárias, utilizando-se de práticas conservacionistas (mecânica, vegetativa e edáfica).

As técnicas de geoprocessamento aplicadas foram eficientes na obtenção das características morfométricas, consideradas essenciais para às ações de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos e ambientais, com dados eficazes e adquiridos com baixo custo.

5. Agradecimentos

Ao laboratório de Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA) da Universidade Federal de Rondônia, Câmpus Rolim de Moura, pelo apoio estrutural na obtenção dos dados, assim como os recursos que proporcionaram a condução da pesquisa.

6. Referências citadas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. & G. SPAROVEK. 2014. "Koppen's climate classification map for Brazil". *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M. D. 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 análise de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 117-124.
- ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F. L.; ALVES, E. C. R. F.; SILVEIRA, A. e C. U. R. OLIVEIRA. 2008. "Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do rio Manso - MT". *Geociências*, 27(2): 237-248.
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- BRASIL. 2011. *Mapa de solos do Brasil. Embrapa - Sistema brasileiro de classificação de solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, Brasil.
- CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J. e V. A. OLIVEIRA. 2013. "Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(4): 433-442.
- CARDOSO, C. A. C.; 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.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1969. "Análise morfométrica de bacias hidrográficas". *Notícia Geomorfológica*, 18(9): 35-64.
- COMPANHIA DE PESQUISA EM RECURSOS MINERAIS (CPRM). 2019. *Mapas de Geodiversidade Estaduais*. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Gestao-Territorial/Mapas-de-Geodiversidade-Estaduais-1339.html>>. [Consulta: março, 2019].
- DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A. e R. C. PAULA. 2005. "Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil". *Engenharia Agrícola*, 25(1): 115-125.
- ELESBON, A. A. A.; GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D. e I. C. OLIVEIRA. 2011. "Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do braço norte do rio São Mateus - Brasil". *Revista Escola de Minas*, 64(3): 281-288.
- FERNANDES, A. L. T.; NOGUEIRA, M. A. S. e P. V. RABELO. 2008. "Escassez e qualidade da água no século 21". *Informe Agropecuário*, 29(246): 86-101.

- 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 (Eds), *Physical Geographic*. pp. 461-490. Brooks Cole. Belmonte - CA. USA.
- 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). 2006. *Censo Agropecuário de 2006*. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. [Consulta: abril, 2017].
- JORNAL FOLHA PIMENTENSE. 2014. *Intensidade da enchente em Pimenta Bueno preocupa a moradores por causa de riscos*. Disponível em: <http://oconesul.com.br/intensidade-da-enchente-em-pimenta-bueno-preocupa-a-moradores-por-causa-de-riscos/>. [Consulta: março, 2017].
- KIRPICH, Z. P. 1940. "Time of concentration in small agricultural watersheds". *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.
- 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).
- LOLLO, J. A. 1995. *O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadricula de Campinas*. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil. Tese Doutorado em Geotecnia.
- MACIEL, A. S.; BARCELOS, B. F. e L. A. OLIVEIRA. 2012. "A análise da influência da altitude na temperatura e na precipitação da mesorregião Norte de Minas - Minas Gerais". *Revista Geonorte*, 2: 250-261.
- MATOS, A. T.; SILVA, D. D. e F. F. PRUSKI. 2006. *Barragens de terra de pequeno porte*. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, Brasil.
- MENEZES, J. P. C.; FRANCO, C. S.; OLIVEIRA, L. F. C.; BITTENCOURT, R. P.; SÁ FARIAS, M. e R. FIA. 2014. "Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma microbacia urbana". *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 15(4): 659-672.
- NAPPO, M. E.; MENDONÇA, G. S.; CECÍLIO, R. A.; PAIVA, Y. G. e K. R. SILVA. 2012. "Zoneamento edafoclimático para espécies florestais não tradicionais na bacia hidrográfica do rio Itapemirim - ES". *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, 19(1): 1-15.
- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- PEREIRA, L. C.; PELISSARI, A. L.; SANQUETTA, C. R. e A. A. EBLING. 2017. "Estudo de caso da adequação de uma serraria às normas FSC de cadeia de custódia". *BIO-FIX Scientific Journal*, 2(1): 7-15.
- PINTO, V. R. 2015. *Caracterização morfométrica e capacidade de uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Sararé, sudoeste do Estado do Mato Grosso*. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Mato Grosso. Cáceres, Brasil. Dissertação de Mestrado.

- PRUSKI, F. F. 2006. *Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica*. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, Brasil.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. [Consulta: outubro, 2017].
- ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M. e F. F. N. MARCUZZO. 2017. “Estudo hidromorfológico da bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO”. *Ciência e Natureza*, 39(2): 320-340.
- 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*. 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 DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE RONDÔNIA (SEDAM). 2002. *Atlas Geoambiental de Rondônia*. SEDAM, Porto Velho. 2: 151 p. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/110424383/Atlas-Geoambiental-de-Rondonia>>. [Consulta: janeiro, 2016].
- SEDAM. 2012. *Meteorologia: Boletins Climatológicos Anuais*. Disponível em: <www.sedam.gov.br>. [Consulta: abril, 2017].
- SILVA, A. R.; SILVA, M. F. e L. C. A. SANTOS. 2014. “Caracterização morfométrica do rio Cacau - MA”. *Revista Percurso*, 6(2): 141- 153.
- SILVA, J. L. e K. C. TONELLO. 2014. “Morfometria da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Pinheirinhos, Brotas - SP”. *Irriga*, 19(1): 103-114.
- 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.
- SILVEIRA, A. L. L. 2005. “Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais”. *Revista Brasileira de Recursos hídricos*, 10(1): 5-23.
- SOUSA, F. R. C. e D. P. PAULA. P. 2016. “Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará-Brasil)”. *Revista de Geociências do Nordeste*, 2: 555-564.
- STRAHLER, A. N. 1957. “Quantitative analysis of watershed geomorphology”. *Transactions of American Geophysical Union*, 38(6): 913-920.
- TUNDISI, J. G. 2008. “Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções”. *Estudos avançados*, 22(63): 7-16.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. [Consulta: julho, 2017].
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.
- WADT, P. G. S.; PEREIRA, J. E. S.; GONÇALVES, R. C. SOUZA, C. B. C. e L. S. ALVES. 2003. *Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas*. Embrapa, Acre. Documentos, 90. Rio Branco (AC), Brasil.

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 km², 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^a 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 km², 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^o 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 km², 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 km² (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-

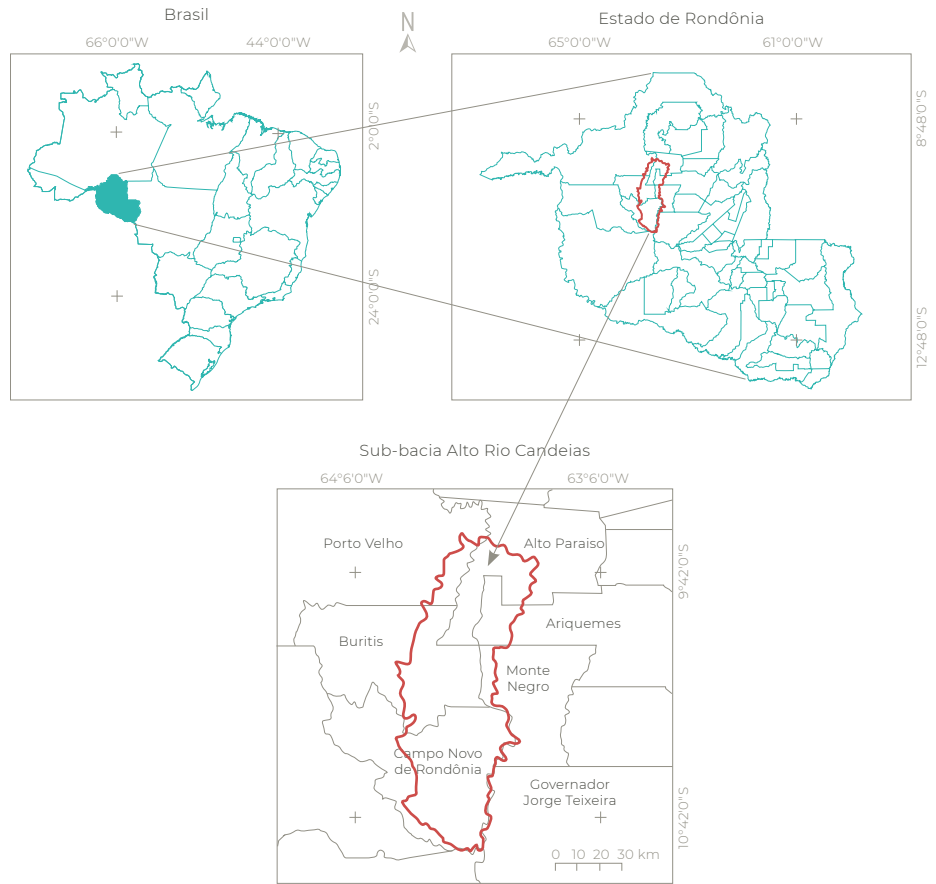


Figura 1 Localização da sub-bacia do Alto Rio Candeias, Rondônia, Brasil

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 (km²) 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 (km²).

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 (km²).

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 (km²).

Tabela 4 Valores de referência para classificação da densidade de drenagem

Densidade de drenagem (km km ⁻²)	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 km², 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),

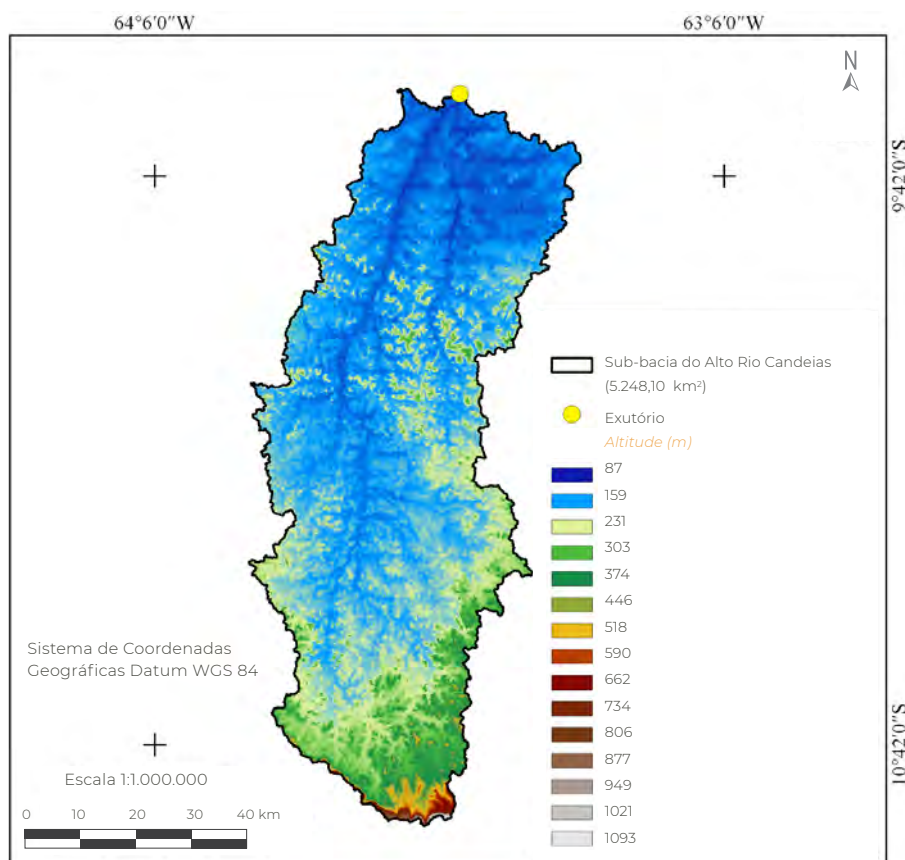


Figura 2 Hipsometria da sub-bacia Alto Rio Candeias, Amazônia Ocidental, Brasil

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%

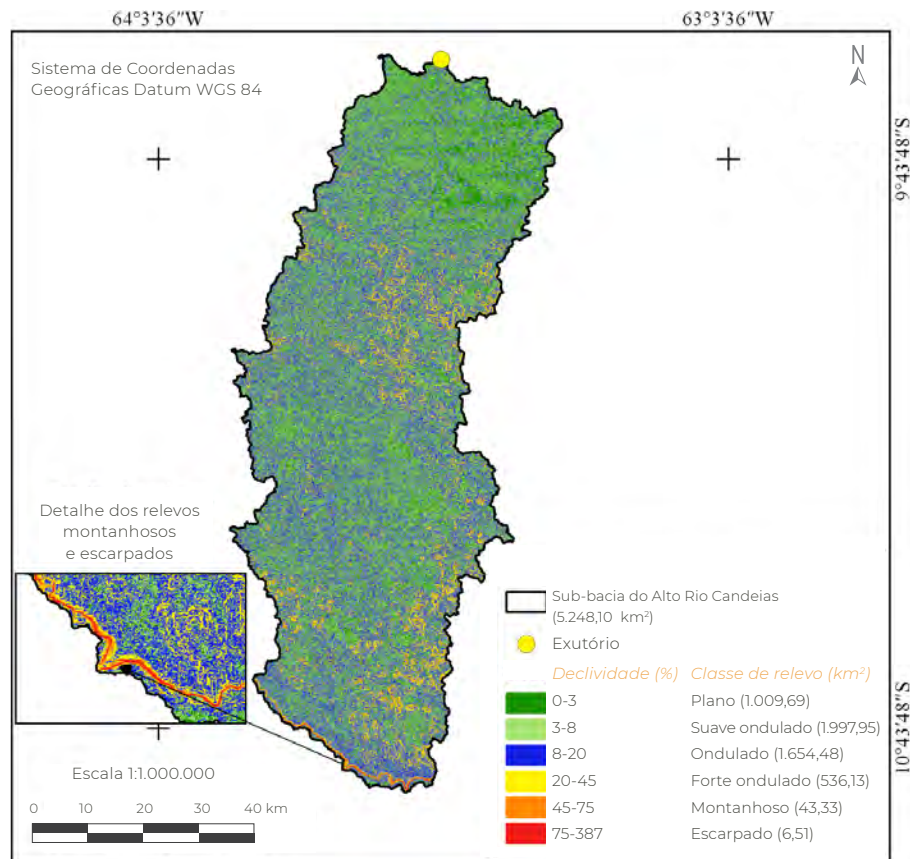


Figura 3 Relevo da sub-bacia Alto Rio Candeias, com destaque para a crista com declividades entre 20 e 387%, Amazônia Ocidental, Brasil

de alto nível de propagação, de 36 % a 45 % de muito alto nível de propagação e ≥ 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⁻², 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,

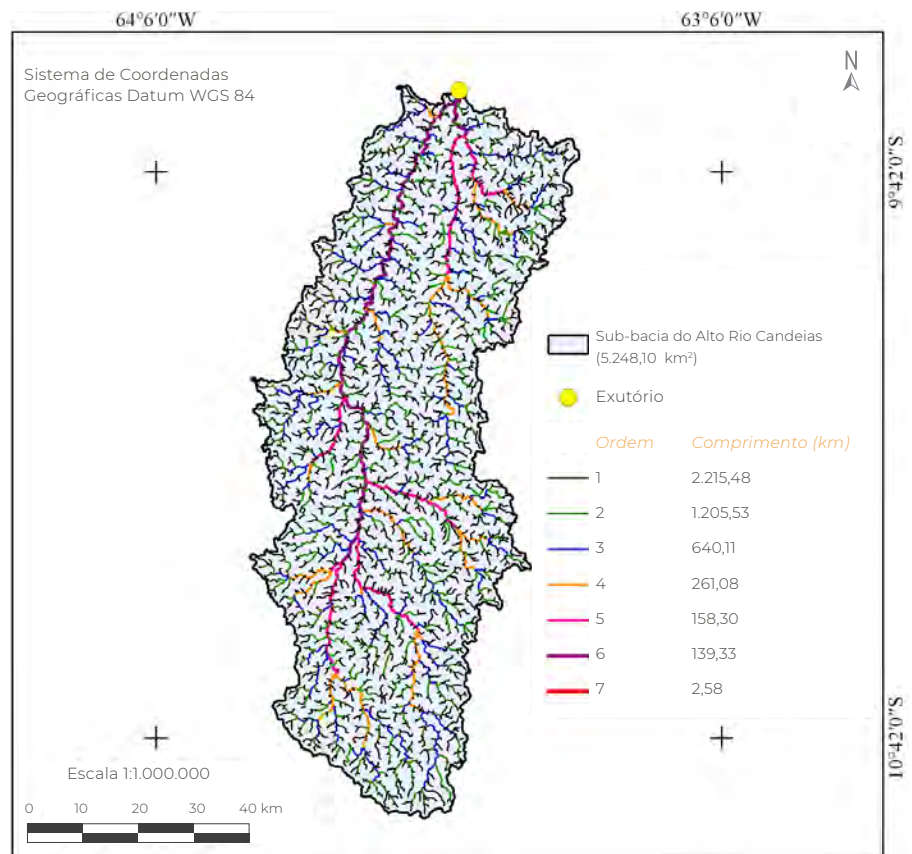


Figura 4 Características da rede de drenagem e ordenamento dos cursos de água, da sub-bacia Alto Rio Candeias, Amazônia Ocidental, Brasil

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>. [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 Pindaiaatuba, 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>. [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.

Uso do geoprocessamento

para caracterização morfométrica e desmatamento da sub-bacia do rio Rolim de Moura, Amazônia, Brasil

Uso del geoprocesamiento para caracterización morfométrica
y deforestación de la subcuenca del río Rolim de Moura,
Amazonia, Brasil

Use of geoprocessing for morphometric characterization
and deforestation of the Rolim de Moura River sub-basin,
Amazon, Brazil

Thiago Luiz Mauro

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Rosalvo Stachiw

Jhony Vendruscolo

Diogo Martins Rosa

Lindomar Alves de Souza

Izaias Médice Fernandes

Resumo

A conservação dos recursos hídricos é essencial para o desenvolvimento sustentável de propriedades rurais e urbanas. O objetivo deste trabalho foi a caracterização morfométrica e a quantificação do desmatamento na sub-bacia do rio Rolim de Moura. A caracterização morfométrica foi obtida com o SRTM. A cobertura do solo foi analisada entre os anos de 1986 a 2016, com imagens Landsat. A sub-bacia tem área de 2.822,46 km², perímetro de 422,24 km, altitude média de 245 m, coeficiente de compactidade de 2,22, índice de circularidade de 0,19, sinuosidade de 74,92%, fator forma de 0,46, padrão de drenagem dendrítico de 7ª ordem, densidade hidrográfica de 1,49 rios km⁻², densidade de drenagem de 1,62 km km⁻² e tempo de concentração de 34,78 h. Houve um aumento da área antropizada de 1986 (35,29%) à 2016 (80,58%). A sub-bacia não está sujeita a inundações, porém devido a sua extensa área antropizada faz necessário projetos de recuperação de matas ciliares.

Palavras chave: sensoriamento remoto; cobertura vegetação; hidrologia; manejo de bacias.

Resumen

La conservación de los recursos hídricos es esencial para el desarrollo sostenible de las propiedades rurales y urbanas. El objetivo de este trabajo fue la caracterización morfométrica y la cuantificación de la deforestación en la subcuenca del río Rolim de Moura. La caracterización morfométrica fue obtenida con el SRTM. La cobertura del suelo fue analizada entre los años 1986 a 2016, con imágenes Landsat. La subcuenca tiene una superficie de 2.822,46 km², perímetro de 422,24 km, altitud media de 245 m, coeficiente de compactidad de 2,22, índice de circularidad de 0,19, sinuosidad del 74,92%, factor forma 0,46, patrón de drenaje dendrítico de 7º orden, densidad hidrográfica de 1,49 ríos km⁻², densidad de drenaje de 1,62 km km⁻² y tiempo de concentración de 34,78 h. Hubo un aumento del área antropizada de 1986 (35,29%) a 2016 (80,58%). La subcuenca no está sujeta a inundaciones, pero su extensa área antropizada hace necesarios proyectos de recuperación de bosques ciliares.

Palabras clave: teledetección; cobertura de la vegetación; hidrología; manejo de cuencas.

Abstract

The conservation of water resources is essential for the sustainable development of rural and urban properties. The objective of this work was the morphometric characterization and the quantification of deforestation in the Rolim de Moura sub-basin. Morphometric characterization was obtained with SRTM. Soil cover was analyzed between 1986 and 2016 with Landsat images. The sub-basin has an area of 2,822.46 km², a perimeter of 422.24 km, an average elevation of 245 m, a compactness coefficient of 2.22, a circularity index of 0.19, a sinuosity of 74.92%, a form factor of 0.46, 7th order dendritic drainage pattern, 1.49 km⁻² hydrographic density, 1.62 km km⁻² drainage density and 34.78 h concentration time. There was an increase of the anthropized area from 1986 (35.29%) to 2016 (80.58%). The sub-basin is not subject to flooding, but its extensive anthropic area makes it necessary to recover riparian forests.

Key word: remote sensing; vegetation cover; hydrology; watershed management.

1. Introdução

O estado de Rondônia apresentou grande fluxo migratório a partir da década de 70, sendo caracterizado por agricultores provenientes de vários estados brasileiros, em busca de terra (Teixeira e Fonseca, 1998). Está crescente explosão populacional provocou elevados níveis de desmatamento na região, para a implantação agropecuária. Em trabalho realizado por Cavalheiro *et al.* (2015), na região da Zona da Mata Rondoniense, verificou-se que a área antropizada passou de 2.438,50 km² no ano de 1985, para 7.804,36 km² no ano de 2011, destacando-se o município de Rolim de Moura, com 81,6% de desmatamento.

O avanço da agropecuária na região possibilitou o ‘desenvolvimento’ do estado, contudo, também ocasionou sérios danos aos recursos hídricos, por afetar diretamente as áreas de preservação permanente, comprometendo a sustentabilidade das propriedades rurais. Neste contexto, verifica-se a necessidade de informações para o planejamento adequado dos recursos hídricos, que podem ser obtidos ao levar em consideração a bacia hidrográfica como unidade de estudo (Brasil, 1997).

Dentre as informações necessárias para o planejamento da bacia, tem-se as relacionadas com as características morfométricas, por controlar a dinâmica do ecossistema (Silva, 2004). Essas informações podem ser obtidas por meio do uso integrado de sistemas de informação geográfica (SIG), o sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, por permitirem a formação de um banco de dados, em tempo hábil e com baixo custo financeiro (Kabite e Gessesse, 2018; Gardiman Junior *et al.*, 2012).

A sub-bacia do rio Rolim de Moura pertence a bacia do rio Machado (SEDAM, 2002), e tem grande importância para o estado de

Rondônia, por abranger 8 municípios e 3.331 propriedades rurais (INCRA, 2018), contudo, existem poucas informações para subsidiar a preservação e/ou a conservação dos recursos hídricos da região. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo realizar a caracterização morfométrica e a dinâmica temporal do desmatamento na sub-bacia do rio Rolim, Amazônia Ocidental, Brasil.

2. Material e métodos

2.1 Localização e caracterização da área de estudo

A área estudada é a sub-bacia do rio Rolim de Moura, localizada dentro limites dos municípios de Rolim de Moura (29,72%), Santa Luzia D’Oeste (24,05%), São Felipe D’Oeste (18,34%), Pimenta Bueno (8,31%), Primavera de Rondônia (8,14%), Cacoal (5,89%), Castanheiras (5,22%) e Parecis (0,28%), (Figura 1). A região tem clima do tipo Monção (Am), com temperatura média anual de 25,6 °C (Alvares *et al.*, 2014) e precipitação média anual de 1.564,5 a 1.728,9 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 Aquisição de dados e metodologia da caracterização morfométrica

Foram utilizados dados altimétricos do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 m, Banda X (3,1 cm), disponíveis no site do *United States Geological Survey* (USGS, 2017). Os dados foram

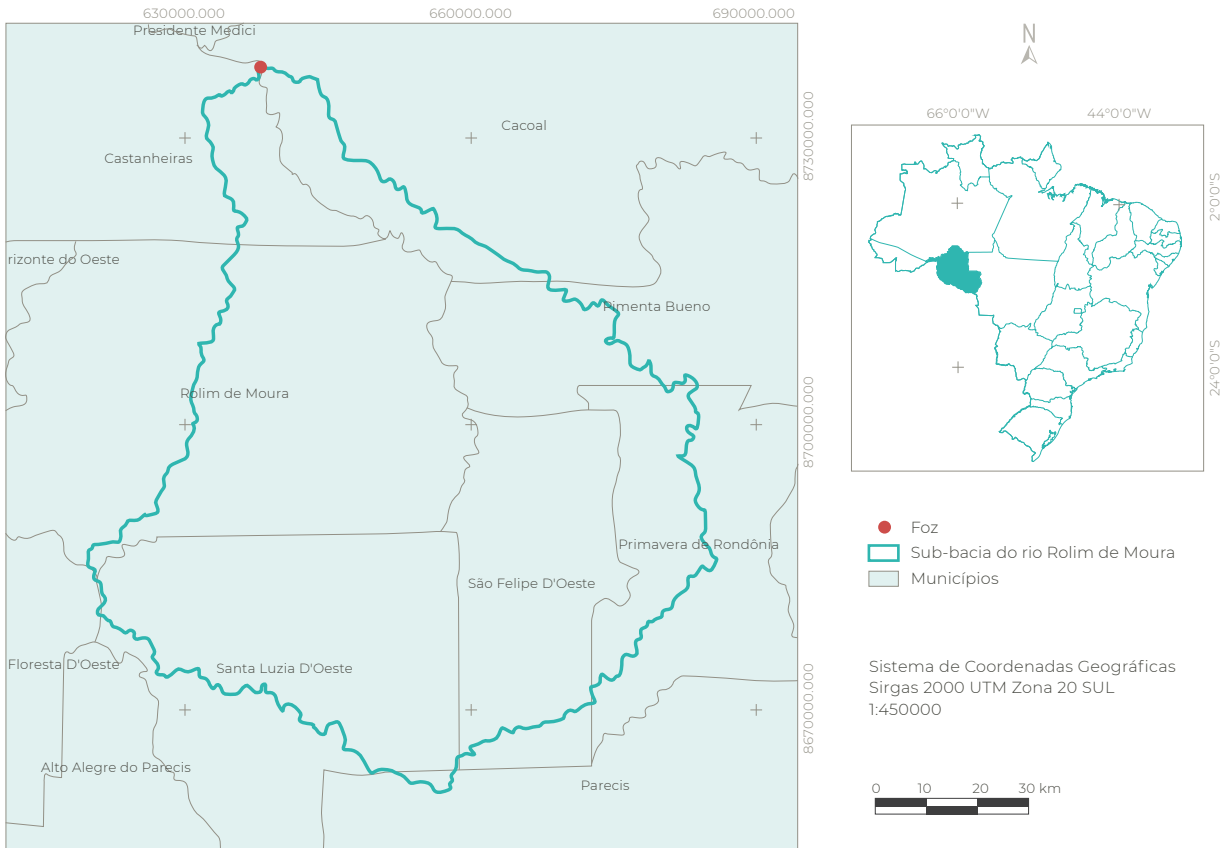


Figura 1 Localização geográfica da sub-bacia do rio Rolim de Moura, Rondônia

analisados utilizando o software QGIS 2.18.7 (versão Las Palmas), (QGIS Development Team, 2015) e o complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM).

2.3 Parâmetros analisados

Os parâmetros analisados foram: área, perímetro, altitude mínima, média e máxima, fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, padrão de drenagem, ordem de drenagem, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, índice de sinuosidade, tempo de concentração e índice de desmatamento.

2.3.1 Área, perímetro, rede e ordem de drenagem

O complemento TauDEM contém algoritmos específicos para análises de elevação e métricas hidrológicas. 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 (exutório)* < *D8 Contributing Area* (2ª versão) < *Stream Definition by Threshold* (2ª versão) < *Stream Reach and Watershed* (Santos, 2017).

2.3.2 Altitude

As altitudes, mínima e máxima, foram obtidos com base na imagem altimétrica SRTM, utilizan-

do o software QGIS. A altitude média foi mensurada com o complemento 'Estatística por zona'.

2.3.3 Fator de forma

É a relação entre a largura média e o comprimento axial da sub-bacia, foi calculado conforme a equação 1 (Villela e Mattos, 1975) e classificado com a **Tabela 1**.

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

Onde: F = fator de forma; A = área da drenagem da sub-bacia (km²); 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)

2.3.4 Coeficiente de compacidade

Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia, e foi calculado conforme a equação 2 (Villela e Mattos, 1975). O coeficiente de compacidade foi classificado de acordo com a

Tabela 2.

$$Kc = 0,28 \times (P/\sqrt{A}) \quad (2)$$

Onde: Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro da sub-bacia (km); A = área de drenagem da sub-bacia (km²).

Tabela 2 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)

2.3.5 Índice de circularidade

O índice de circularidade tende para unidade 1 à medida que a bacia se aproxima da forma circular, e diminui à medida que a forma se torna alongada (Cardoso *et al.*, 2006). Esse parâmetro foi calculado com a equação 3 (Schumm, 1956) e classificado com a **Tabela 3**.

$$IC = (12,57 \times A)/P^2 \quad (3)$$

Onde: IC = índice de circularidade; P = perímetro da sub-bacia (km); A = área de drenagem da sub-bacia (km²).

Tabela 3 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)

2.3.6 Padrão de drenagem

A distribuição geoespacial dos rios e seus afluentes é utilizada para determinação do padrão de drenagem da bacia hidrográfica (Christofoletti, 1980). O padrão de drenagem foi obtido comparando a forma da distribuição da drenagem (Parvis, 1950).

2.3.7 Densidade hidrográfica

É a relação existente entre o número de cursos d'água e a área da bacia hidrográfica, e foi calculado conforme a equação 4. A densidade hidrográfica foi classificada de acordo com a

Tabela 4.

$$Dh = N/A \quad (4)$$

Onde: Dh = densidade hidrográfica (rios km⁻²); N = número de cursos d'água da sub-bacia (unidades); A = área de drenagem da sub-bacia (km²).

Tabela 4 Valores de referência para classificação da densidade hidrográfica

Densidade hidrográfica (rios km ²)	Classe
< 3	Baixa
3 – 7	Média
7 – 15	Alta
> 15	Muito alta

Fonte: Lollo (1995)

2.3.8 Densidade de drenagem

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica (Christofoletti, 1969), sendo considerado tanto os rios perenes como os temporários (Horton, 1945). Esse parâmetro foi calculado com a equação 5 (Villela e Mattos, 1975) e classificado com a **Tabela 5**.

$$Dd = L/A \quad (5)$$

Onde: Dd = densidade de drenagem (km km⁻²); L = comprimento total da rede de drenagem da sub-bacia (km); A = área de drenagem da sub-bacia (km²).

Tabela 5 Valores de referência para classificação da densidade de drenagem

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

Fonte: Beltrame (1994)

2.3.9 Índice de sinuosidade

É a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Alves e Castro, 2003). O índice foi mensurado com a equação 6 (Villela e Mattos, 1975) e o valor classificado com a **Tabela 6**.

$$IS = 100 (L-Ev)/L \quad (6)$$

Onde: IS = índice de sinuosidade (%); L = comprimento do canal principal da sub-bacia (km); Ev = distância vetorial do canal principal da sub-bacia (km).

Tabela 6 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)

2.3.10 Tempo de concentração

É o tempo de percurso da água precipitada desde o ponto mais afastado da bacia hidrográfica até a secção de referência (Kirpich, 1940). Este parâmetro foi calculado com a equação 7.

$$Tc = [0,87 \times (L^3/H)]^{0,385} \quad (7)$$

Onde: Tc = tempo de concentração (h); L = comprimento do talvegue principal da sub-bacia (km); H = desnível ente a parte mais elevada e a secção de controle da sub-bacia (m).

2.3.11 Índice de desmatamento

Utilizou-se os softwares QGIS 2.18.7 (QGIS Development Team, 2015) e SPRING 5.2.3 (Câmara et al., 1996), e imagens do satélite Landsat 5 (1986, 1996 e 2006) e Landsat 8 (2016), disponível no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2017a), (**Tabela 7**). As imagens correspondem aos meses de julho a setembro, em função da menor incidência de nuvens, e bandas 1, 4 e 7 no satélite Landsat 5, e 2, 5 e 7 no satélite Landsat 8. O uso destas bandas está relacionado com o ótimo contraste entre a vegetação e o solo (Silva et al., 2013).

Tabela 7 Características das imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8

Satélite	Sensor	Resolução espacial (m)	Resolução radiométrica (bits)	Bandas R-G-B	Órbita	Ponto	Ano
Landsat 5	TM	30	8	7-4-1	230-231	68	1986
Landsat 5	TM	30	8	7-4-1	230-231	68	1996
Landsat 5	TM	30	8	7-4-1	230-231	68	2006
Landsat 8	OLI	30	16	7-5-2	230-231	68	2016

TM: Thematic Mapper; OLI: Operacional Terra Imager

A classificação da cobertura do solo foi realizada em três etapas. Na primeira, efetuou-se a reprojeção (WGS 84 para SIRGAS 2000), georeferenciamento e recorte da sub-bacia. Na segunda, aplicou-se o contraste linear para melhor realce da imagem. E na terceira etapa, utilizou-se a segmentação do tipo pixel a pixel e classificação supervisionada das imagens (algoritmo da máxima verossimilhança), levando-se em consideração as amostras obtidas durante o treinamento (classes: floresta, área desmatada e água).

3. Resultados e discussão

3.1 Características morfométricas

A sub-bacia tem área de 2.822,46 km² e perímetro de 333,10 km. Essas informações diferem dos dados disponibilizados pelo Atlas Geoambiental de Rondônia (SEDAM, 2002), área de 2.818,90 km² e perímetro de 234,73 km, em função dos diferentes tipos de base de dados utilizados nos levantamentos. A Sedam utilizou dados altimétricos SRTM com resolução espacial de 90 m, enquanto no atual trabalho foram utilizados dados altimétricos com resolução espacial de 30 m.

A altitude da sub-bacia variou de 158 a 454 m, com valor médio de 245 m (Figura 2). Valores de altitude semelhantes foram obser-

vados por Santos (2017) na microbacia do rio Tinguí, e Vendruscolo (2017) na microbacia do rio Manicoré, regiões próximas da área de estudo, demonstrando que esta característica da paisagem também ocorre no entorno.

Os dados de altitude também podem ser utilizados para identificar os limites da distribuição potencial e preferência de habitat de espécies madeireiras. Em trabalho realizado por Figueiredo *et al.* (2015), testando modelos com base em dados ambientais (ex. altitude), constatou-se que as espécies *Aspidosperma macrocarpon* Mart. e *Amburana acreana* (Ducke) A. C. Smith mostraram uma maior preferência por habitats em área de várzea não inundável e altitude variando entre 108 a 255 m. Estas espécies também ocorrem na área de estudo e podem ter potencial madeireiro, porém, recomenda-se estudos mais aprofundados para confirmar essa hipótese.

Os parâmetros fator de forma (F), coeficiente de compacidade (Kc) e índice de circularidade (Ic) tem valores de 0,46, 1,75 e 0,31, respectivamente. Esses dados demonstram que a sub-bacia do rio Rolim de Moura tem forma alongada e baixa suscetibilidade a enchentes. Resultados semelhantes foram observados por Siqueira *et al.* (2018) na microbacia do rio Conceição (F = 0,31, Kc = 2,60 e IC = 0,01), município de São Francisco do Guaporé,

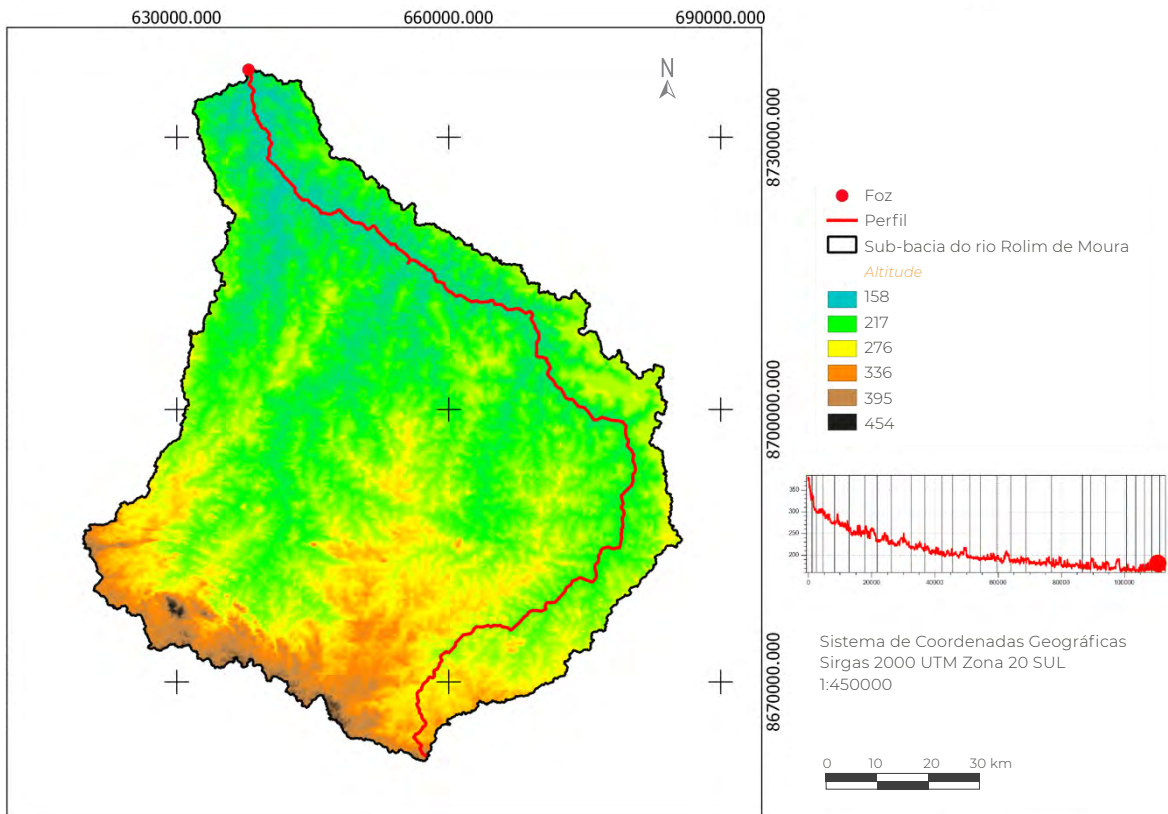


Figura 2 Elevação da sub-bacia do rio Rolim de Moura, Amazônia, Brasil

e Johem *et al.* (2018) na microbacia do rio Bananeira ($F = 0,41$, $Kc = 2,45$ e $Ic = 0,16$), município de Seringueiras, demonstrando que essa característica é comum na estado de Rondônia, assim como a altitude.

A sub-bacia tem drenagem dendrítica de 7ª ordem (Figura 3), densidade hidrográfica de 1,49 rios km^{-2} e densidade de drenagem de 1,62 km km^{-2} . Esses resultados demonstram que a sub-bacia tem elevada complexidade ecológica da fauna aquática, de acordo com dados de Fairfull e Witheridge (2003), baixa densidade hidrográfica e média densidade de drenagem.

O índice de sinuosidade e tempo de concentração são de 74,92 % e 34 horas e 47 minutos, respectivamente, denotando um canal

principal muito sinuoso, elevado tempo de concentração. Apesar do elevado nível de sinuosidade retardar o tempo de concentração, reduzindo o risco de inundações, constata-se inundações frequentes, principalmente na área urbana do município de Rolim de Moura. Este problema está relacionado com a combinação de precipitações intensas, ocupação das áreas de mata ciliar e manejo inadequado do solo (redução da permeabilidade).

É importante destacar, de acordo com as características da rede de drenagem, que a sub-bacia pode ter restrições para o fornecimento de recursos hídricos superficiais para o desenvolvimento de irrigação, tornando-se um problema principalmente para a implantação de sistemas de cultivo de café clonal. Em

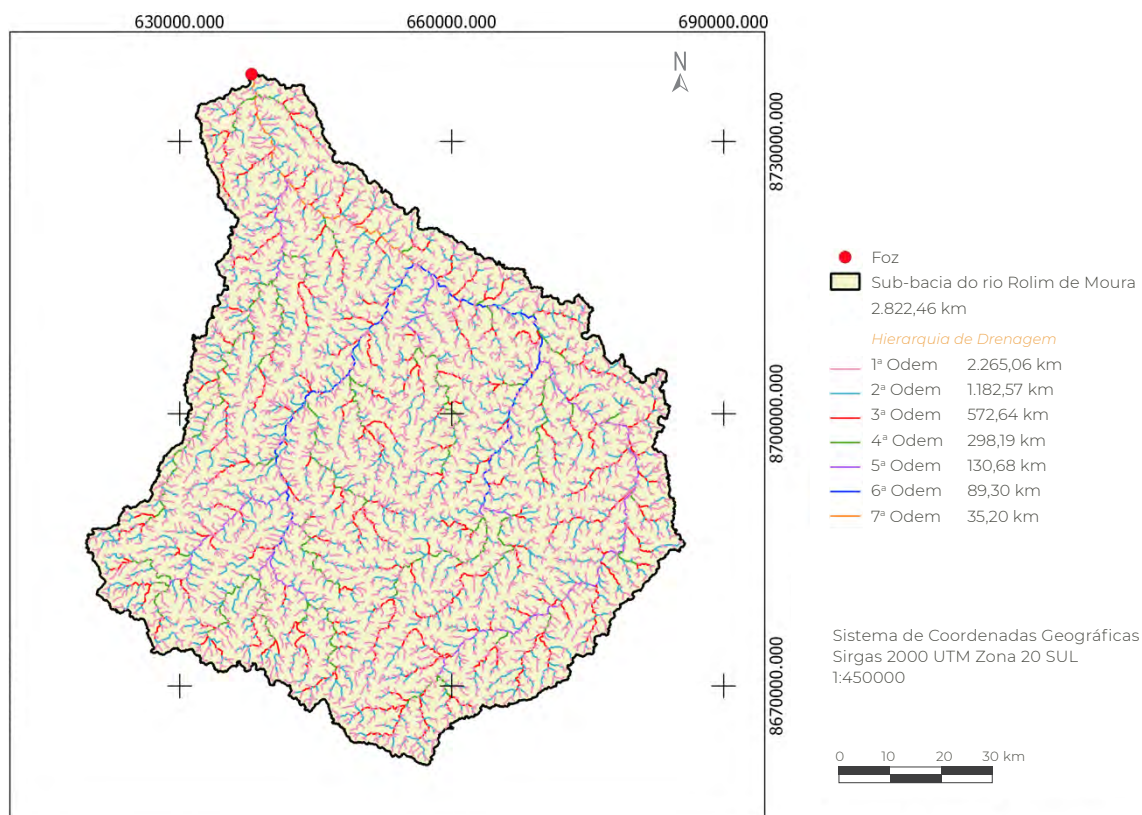


Figura 3 Hierarquia de drenagem na sub-bacia do rio Rolim de Moura, Rondônia

Rondônia, a floração do café ocorre no mês de julho, ou seja, em um período com elevado déficit hídrico, sendo recomendado a irrigação para evitar o abortamento floral e dos frutos (Cararo e Dias, 2015). Além dos danos econômicos, também pode ocorrer problemas ambientais severos, caso seja realizado o usufruto indiscriminado dos recursos hídricos, seja por escassez hídrica, ou perda de qualidade da água.

3.2 Desmatamento (1986-2016)

Com base nas Figuras 4 (1986), 5 (1996), 6 (2006) e 7 (2016), constata-se que houve redução das áreas de floresta nativa (63,69 % para 18,56 %) e espelho d'água (1,02 % para 0,56 %), em função do desmatamento (35,29 % para 80,58 %). Esses resultados corroboram

com os obtidos por Cavalheiro *et al.* (2015) e INPE (2017b), e estão relacionados com o crescimento de atividades agrícolas no estado a partir do ano de 1985, com destaque para a pecuária de corte (Tabela 8). Além disso, a redução da taxa de desmatamento ao longo dos anos está associada a redução da área disponível para o desmatamento.

Diante do pressuposto, verifica-se que existem correlações positivas entre a expansão do desmatamento e da bovinocultura, como descrito por Cavalcante (2011), no estado de Rondônia. Esta relação entre o desmatamento e a bovinocultura não se aplica somente para o estado de Rondônia, vai além destas fronteiras, atingindo grande parte da Amazônia, como observado por Rivero *et al.* (2009).

Tabela 8 Censo agropecuário de 1985 a 2016

Município	Data de emancipação ¹	Nº cabeças (bovino)			
		1985 ²	1996 ³	2006 ⁴	2016
Santa Luzia D'Oeste	1986	-	79.136	133.922	167.818
Rolim de Moura	1983	41.161	114.314	182.298	235.599
Castanheiras	1992	-	49.498	71.513	112.474
São Felipe D'Oeste	1994	-	-	88.404	102.749
Cacoal	1977	86.291	237.747	341.522	452.130
Primavera de Rondônia	1994	-	-	62.396	76.826
Pimenta Bueno	1977	66.755	270.768	144.074	287.288
Rondônia	-	770.531	3.937.291	8.490.822	13.682.200

¹Sedam (2002); ²IBGE (1990); ³IBGE (1996); ⁴IBGE (2009); ⁵IBGE (2016)

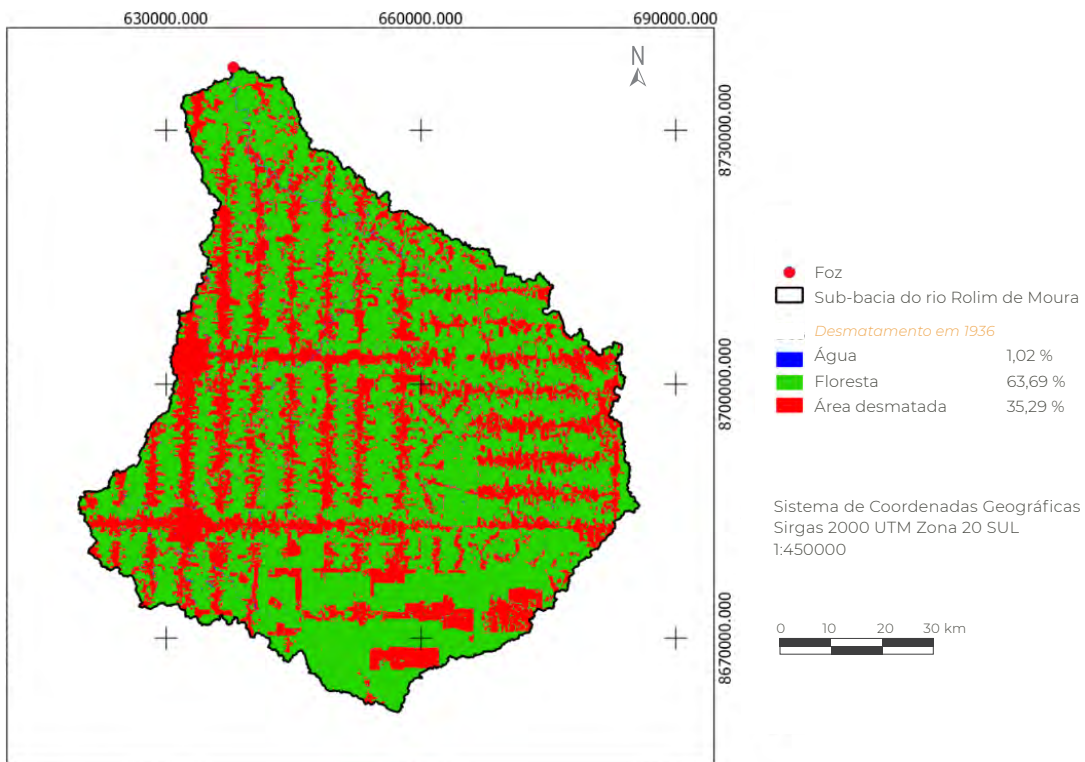


Figura 4 Desmatamento na sub-bacia do rio Rolim de Moura no ano de 1986, Rondônia, Brasil

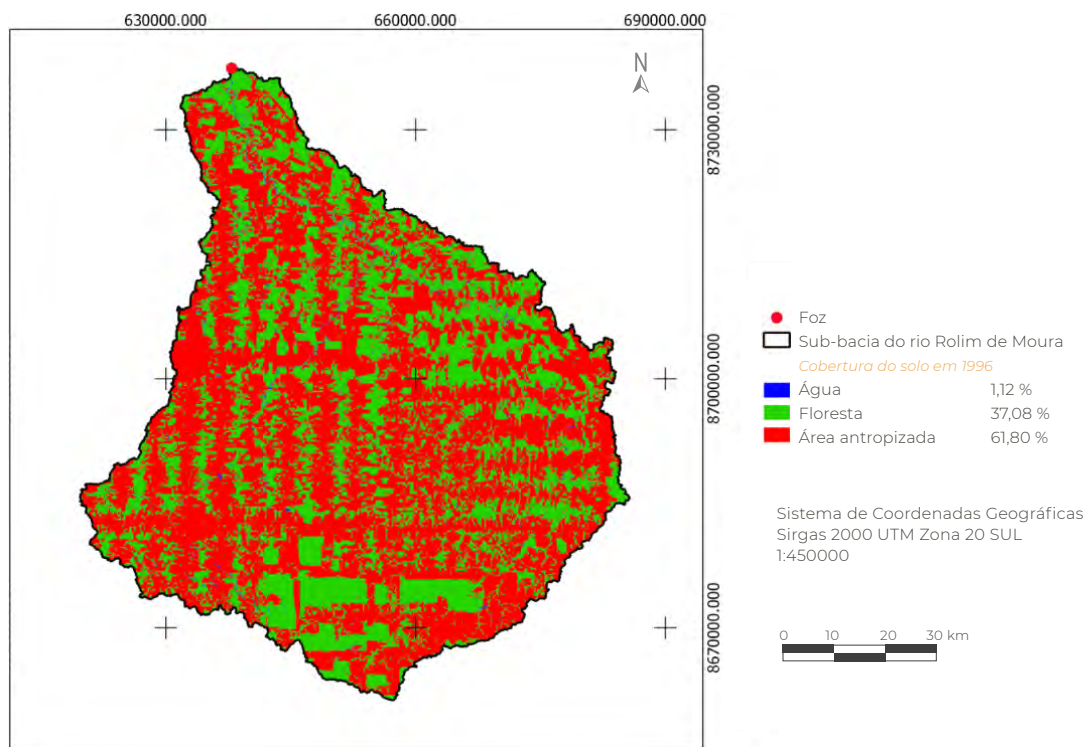


Figura 5 Desmatamento na sub-bacia do rio Rolim de Moura no ano de 1996, Rondônia, Brasil

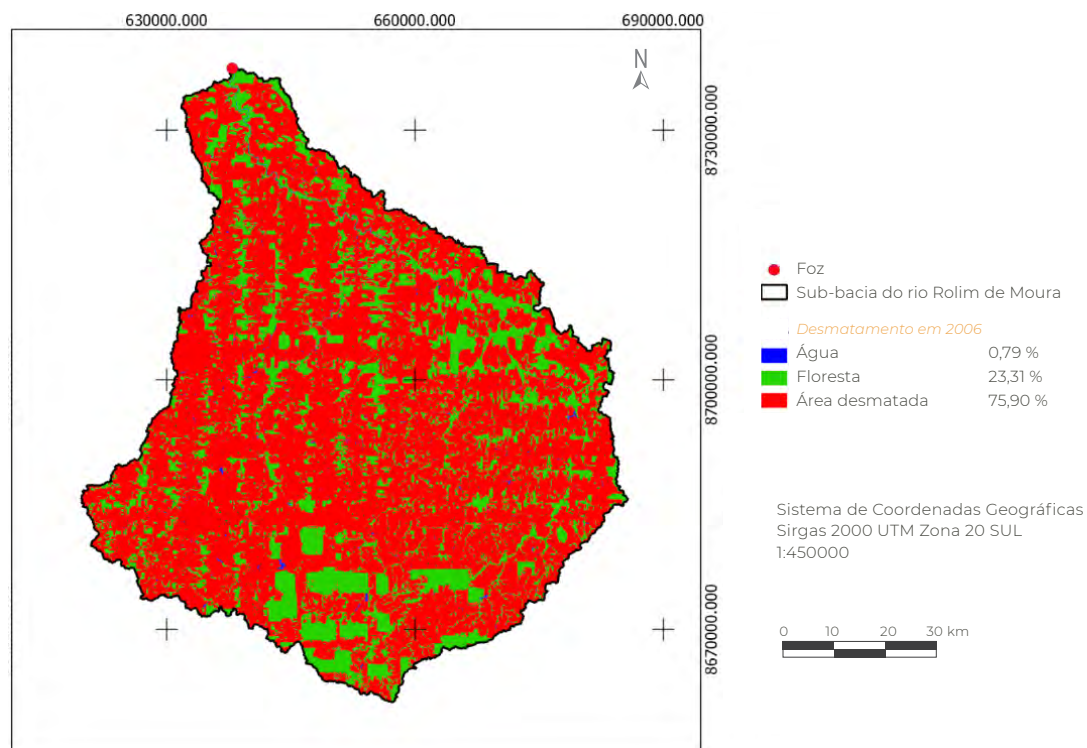


Figura 6 Desmatamento sub-bacia do rio Rolim de Moura no ano de 2006, Rondônia, Brasil

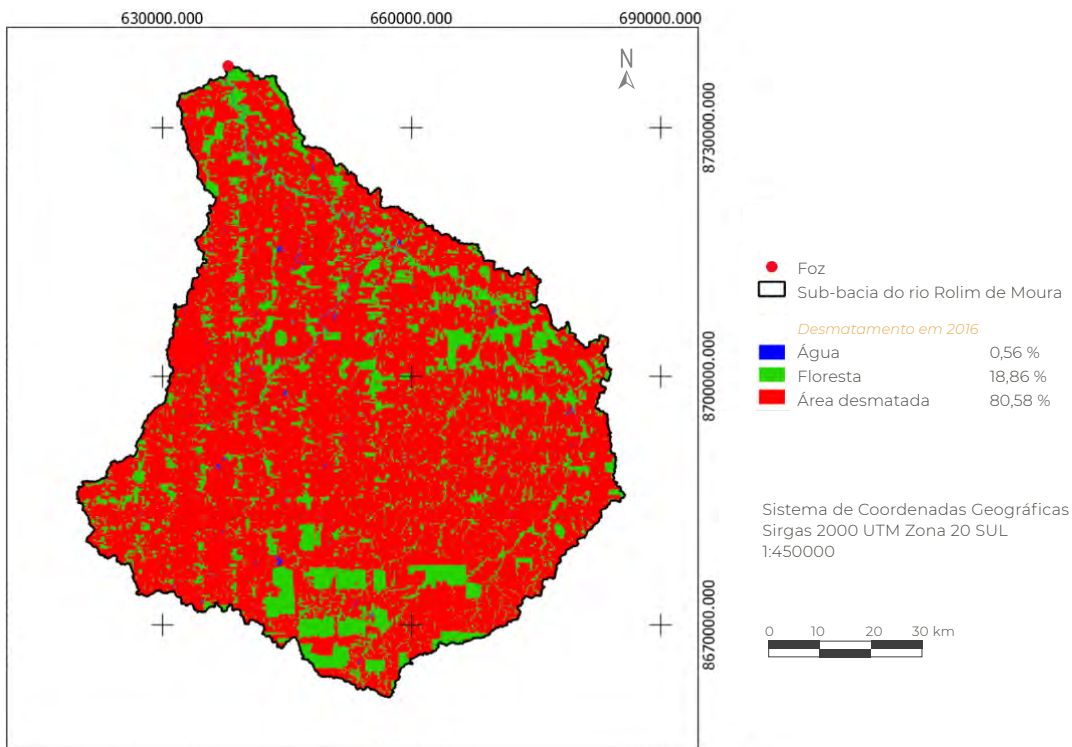


Figura 7 Desmatamento na sub-bacia do rio Rolim de Moura no ano de 2016, Rondônia, Brasil

É perceptível que a colonização ocorreu em um formato conhecido como ‘Espinha de Peixe’, onde a distribuição dos lotes pelo INCRA, no início da colonização do estado, e a abertura de estradas, para o acesso a essas propriedades, serviu como ponto inicial para o processo de desmatamento (Florenzano, 2002).

A redução da área de espelho d’água, observada de 1986 a 2016, provavelmente está relacionada com a degradação do solo na região, que tende a reduzir a capacidade de infiltração e conseqüentemente, o armazenamento de água no perfil do solo, ou seja, a reserva de água (lençol freático) que posteriormente abastecerá o fluxo hídrico superficial ao longo do ano. Além disso, o assoreamento dos corpos d’água causado pela erosão hídrica

e pisoteio do gado contribui para a redução da profundidade e desconfiguração dos leitos dos rios.

A perda de qualidade do solo ocorre em função da conversão de uso do solo, como de floresta nativa para agroecossistemas inadequadamente manejados, que promovem a compactação do solo e a perda de matéria orgânica no sistema, elevando o escoamento superficial e reduzindo a infiltração. Em áreas de pastagem, como é o caso da maior parte da área da sub-bacia, ocorre a compactação por meio do pisoteio animal, visto que a pressão exercida pela pata destes sobre o solo é 106,5 % maior que a pressão exercida por um trator (Sousa *et al.*, 1998). Já a perda de matéria orgânica, reduz a densidade do solo e a infiltração e água no sistema (Brandão *et al.*, 2009),

aumentando o escoamento superficial, tendo em vista que a matéria orgânica pode armazenar aproximadamente 20 vezes sua massa em água (Stevenson, 1982).

4. Conclusão

A sub-bacia do rio Rolim de Moura tem formato alongado, baixa suscetibilidade a enchentes, relevo predominantemente plano a suave ondulado, padrão de drenagem dendrítico de 7ª ordem, densidade hidrográfica baixa,

densidade de drenagem mediana, canal principal muito sinuoso e tempo de concentração elevado.

O processo de desflorestamento na sub-bacia do rio Rolim de Moura ocorreu de forma progressiva, sendo observado uma perda de 45,29 % da vegetação natural entre os anos de 1986 a 2016.

As características morfométricas citadas no estudo podem auxiliar na formação de políticas públicas, com intuito de gerenciamento dos recursos hídricos presentes na sub-bacia.

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.D. 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.
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- BRANDÃO, V. S.; PRUSKI, F. P. e D. D. SILVA. 2009. *Infiltração da água no solo*. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil.
- 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 [Consulta: julho, 2017].
- CÂMARA, G.; SOUZA R. C. M.; FREITAS U. M. & J. GARRIDO. 1996. "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object oriented data modelling". *Computers & Graphics*. 20(3): 395-403.
- CARARO, D. C. e A. F. S. DIAS. 2015. "Irrigação em cafeeiros". In: A. L. MARCOLAN e M. C. ESPINDULA (Eds). *Café na Amazônia*. pp. 310-343. Embrapa Rondônia. Porto Velho, Brasil.
- 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.
- CAVALCANTE, F. R. C. 2011. *Análise da desigualdade regional no Estado de Rondônia à luz da teoria institucionalista de Douglas North*. Programa de Pós-Graduação

- em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. Universidade Federal do Pará. Belém, Brasil. Tese de Doutorado.
- CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; SANTOS, L. M. H. e A. M. SANTOS. 2015. “Impacto da colonização na Zona Da Mata Rondoniense, Amazônia Ocidental-Brasil”. *Revista Geográfica Venezolana*, 56(1): 41-57.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1969. “Análise morfométrica de bacias hidrográficas”. *Notícia Geomorfológica*, 18(9): 35-64.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. *Geomorfologia*. Edgard Blücher. São Paulo, Brasil.
- 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 Amazonica*, 45(2): 167-174.
- FAIRFULL, S. & G. WITHERIDGE. 2003. *Why do Fish Need to Cross the Road? Fish Passage Requirements for Waterway Crossings*. NSW Fisheries, Cronulla. Sydney, Australien.
- FLORENZANO, T. G. 2002. *Imagens de satélite para estudos ambientais*. Oficina de textos. São Paulo, Brasil.
- FRANCA, R. R. 2015. “Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011”. *Revista Geografias*, 11(1): 44-58.
- GARDIMAN JUNIOR, B. S.; COUTO, D. R.; SOUZA, F. B. C.; JUNIOR, G. N. S.; GARCIA, G. O. e A. R. SANTOS. 2012. *Estimativa da perda de solo em área de preservação permanente na bacia hidrográfica do córrego horizonte, geotecnologias aplicadas aos recursos florestais*. CAUFES. Alegre (ES), Brasil.
- 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). 1990. *Censos Econômicos de 1985*. Número 2 – Rondônia. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/CA/A/40/T/Q>. [Consulta: maio, 2017].
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 1996. *Efetivos de bovinos, suínos e aves em 31.07.1996, segundo Mesorregiões, Microrregiões e Municípios – Rondônia*. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/CA/A/40/T/Q>. [Consulta: maio, 2017].
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2009. *Censo Agropecuário de 2006*. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/CA/A/40/T/Q>. [Consulta: maio, 2017].
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2012. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. [Consulta: novembro, 2018].
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2016. *Censo Agropecuário de 2016*. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/CA/A/40/T/Q>. [Consulta: maio, 2017].
- INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). 2018. *Acervo fundiário*. Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>. [Consulta: maio, 2019].
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). 2017a. *Catálogo de imagens*. Disponível em: www.dgi.inpe.br/CDSR/. [Consulta: março, 2017].

- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). 2017b. *Taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal Brasileira (AMZ)*, Gerado por INPE/OBT/DPI/TerraBrasilis em 27/11/2017, sob licença CC BY-SA 4.0 Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/dashboard/prodes-rates.html>. [Consulta: novembro, 2017].
- JOHEM, J.; BOONE, N. R. V.; SILVA, R. F. A.; LIMA, A. C. R.; VENDRUSCOLO, J. e D. M. ROSA. 2018. “Caracterização morfométrica da microbacia do rio Bananeira. Amazônia Ocidental”. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, 7(1): 42-50.
- KABITE, G. & B. GESSESSE. 2018. “Hydro-geomorphological characterization of Dhidhessa River basin, Ethiopia”. *International Soil and Water Conservation Research*, 6(2): 175-183.
- KIRPICH, Z. P. 1940. “Time of concentration in small agricultural watersheds”. *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.
- 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).
- LOLLO, J. A. 1995. *O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadricula de Campinas*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil. Tese de Doutorado em Geotecnia.
- 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].
- RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S. e W. OLIVEIRA. 2009. “Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia”. *Nova economia*, 19(1): 41-66.
- 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.
- SANTOS, J. 2017. *QGIS 2.8 Delimitação de bacias hidrográficas com TauDEM*. Processamento digital geotecnologias e software livre, Brasília-DF, Brasil. Disponível em: <http://www.processamentodigital.com.br/2017/11/06/qgis28-delimitacao-de-bacias-hidrograficas-com-taudem/> [Consulta: novembro, 2017].
- SANTOS, L. P. 2017. *Índice de desmatamento e características morfométricas da microbacia do rio Tinguí, Amazônia, Brasil*. Engenharia Florestal, Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- 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/DLFE4.pdf>. [Consulta: março, 2017].
- SILVA, A. M.; XAVIER, A. P. C.; MEDEIROS, I. C. D.; MARANHÃO, K. U. D. A. e R. M. D. SILVA. 2013. Análise multitemporal e atualização do mapa de uso e ocupação do solo do município de Monteiro/PB. *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 1.548-1.555, Foz do Iguaçu (PR), Brasil. (13 a 18 de abril).

- SILVA, A. M. 2004. "Rainfall erosivity map for Brasil". *Catena*, 57: 251-259.
- 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.
- SIQUEIRA, A. da S.; LA TORRE, J. J.; PARREIRA, C. F.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M. e W. C. S. CAVALHEIRO. 2018. "Caracterização morfométrica na microbacia do rio Conceição, Rondônia". *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, 7(1): 59-67.
- SOUSA, A. R.; SILVA, A. B. e M. RESENDE. 1998. Influência da pressão exercida por pisoteio de animais na compactação do solo do vale do Pajeú, em Pernambuco. *Reunião Brasileira de Manejo de Manejo e Conservação do Solo e Água (SBCS)*, 12. *Anais...* 256-257. Fortaleza- Brasil.
- STEVENSON, E. J. 1982. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. John Wiley & Sons. New York, USA.
- TEIXEIRA, M. A. D. e D. R. FONSECA. 1998. *História regional (Rondônia)*. Rondoniana. Porto Velho, Brasil.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*, 2017, Disponível em: <http://www.earthexplorer.usgs.gov> [Consulta: novembro, 2017].
- VENDRUSCOLO, R. 2017. *A microbacia do rio Manicoré: caracterização morfométrica e desmatamento*. Engenharia Florestal, Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.

Viabilidade do pagamento

por serviços ambientais
na microbacia do rio D'Alincourt,
Amazônia Ocidental, Brasil

Viabilidad de pago por servicios ambientales
en la microcuenca del río D'Alincourt,
Amazonia Occidental, Brasil

Viability of payment for environmental
services in the D'Alincourt River microbasin,
Western Amazon, Brazil

Jhony Vendruscolo

Karoline Ruiz Ferreira

Cleci Fatima Vendruscolo

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Rosalvo Stachiw

Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar a viabilidade do pagamento por serviço ambiental (PSA), para subsidiar o manejo da microbacia do rio D'Alincourt. Realizou-se a delimitação das áreas de preservação permanente (APPt), correspondentes as áreas brejosas e entornos de cursos d'água, nascentes e represas, utilizando dados SRTM, *Google Earth* e QGIS, a identificação e mapeamento dos lotes abrangidos pela microbacia. O PSA tem como base a APPt de cada lote, o valor do gado de corte (principal fonte econômica da microbacia) e o consumo de água na área urbana. A microbacia tem APPt de 1.433,2156 ha (AC = 78,38%, AB = 20,75% e EA = 0,87%), com um valor de PSA de R\$ 250.812,73 ano⁻¹. Estima-se um valor de R\$ 0,078 m⁻³ para o PSA, contudo, recomenda-se R\$ 0,117 m⁻³, visando a criação de um fundo de reserva (R\$ 125.406,4 ano⁻¹), para ampliação do projeto e correção monetária.

Palavras-chave: serviços ecossistêmicos; recursos hídricos; subsídio financeiro; planejamento ambiental; sustentabilidade.

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar la viabilidad del pago por servicio ambiental (PSA), para subsidiar el manejo de la microcuenca del río D'Alincourt. Se realizó la delimitación de las áreas de preservación permanente (APPt), correspondientes a las áreas pantanosas y entornos de cursos de agua, nacientes y represas, utilizando datos SRTM, *Google Earth* y QGIS, la identificación y mapeamiento de los lotes cubiertos por la microcuenca. El PSA tiene como base la APPt de cada lote, el valor del ganado de corte (principal fuente económica de la microcuenca) y el consumo de agua en el área urbana. La microcuenca tiene APPt de 1.433,2156 ha (AC = 78,38%, AB = 20,75% y EA = 0,87%), con un valor de PSA de R\$ 250.812,73 año⁻¹. Se estima un valor de R\$ 0,078 m⁻³ para el PSA, sin embargo, se recomienda R\$ 0,117 m⁻³, visando la creación de un fondo de reserva (R\$ 125.406,4 año⁻¹), para la ampliación del ingreso, diseño y corrección monetaria.

Palabras clave: servicios ecossistêmicos; recursos hídricos; subsídio financiero; planificación ambiental; sostenibilidad.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the feasibility of payment for environmental service (PSA), to subsidize the management of the watershed of the D'Alincourt river. The permanent preservation areas (APPt) were identified, corresponding to the swampy areas and environments of watercourses, springs and dams, by using SRTM data, Google Earth and QGIS, identification and mapping of the batches covered by the microbasin. The PSA is based on the APPt of each lot, the value of beef cattle (main economic source of the microbasin) and the consumption of water in the urban area. The microbasin has APPt of 1,433.2156 ha (AC = 78.38%, AB = 20.75% and EA = 0.87%), with a PSA value of R\$ 250,812.73 year⁻¹. A value of R\$ 0.078 m⁻³ for PSA is estimated, however, R\$ 0.117 m⁻³ is recommended, aiming at the creation of a reserve fund (R\$ 125,406.4 year⁻¹), to increase the project and monetary correction.

Key words: ecosystem services; water resources; financial subsidy; environmental planning; sustainability.

1. Introdução

A degradação das matas ciliares propicia a redução da qualidade e da quantidade de água necessária às atividades humanas, impossibilitando o desenvolvimento sustentável de zonas rurais e urbanas. Este problema ocorre porque esta área, característica de margens de corpos d'água (Kageyama *et al.*, 2001), é responsável pelo controle da erosão nas margens de rios (Lima, 1989), filtragem dos resíduos químicos e outros serviços ambientais (Martins, 2007), que permitem a manutenção do ecossistema. Portanto, constata-se a necessidade de um planejamento eficiente na gestão dos recursos hídricos, possível quando se tem a bacia hidrográfica como unidade de planejamento (Brasil, 1997), considera-se os múltiplos usos da água e se reconhece a água como um bem finito, vulnerável e dotado de valor econômico.

A partir da década de 70, ocorreu a implantação de vários projetos de colonização pelo Governo Federal no estado de Rondônia (Pedlowski *et al.*, 1999), resultando na formação de 50 novos municípios em 19 anos (1976 a 1995), (Fernandes e Guimarães, 2003). A exemplo do impacto desta acelerada ocupação, tem-se o município de Rolim de Moura, que foi emancipado em 5 de agosto de 1983, e em 2011 já demonstrava um desmatamento de 81,6% (Cavalheiro *et al.*, 2015), para implantação de atividades agropecuárias, principalmente a pecuária de corte extensiva (IBGE, 2009). A microbacia do rio D'Alincourt, pertencente a sub-bacia do rio Muqui e bacia do rio Machado, é a responsável pelo abastecimento da população urbana do referido município, e foi afetada pelo desmatamento.

A conversão de uso do solo de floresta nativa para pecuária resulta no aumento da densidade do solo (Vendruscolo, 2012), devi-

do a pressão mecânica exercida sobre o solo pelos animais (Baver *et al.*, 1972), uma vez que, a pressão da pata destes é 106,5% maior que a pressão exercida por um trator (Souza *et al.*, 1998). O aumento da densidade do solo, por reduzir a infiltração de água, eleva o escoamento superficial, potencializando processos de enchentes e assoreamento dos cursos d'água, e diminui a disponibilidade de água ao longo do ano. A pecuária próxima a cursos d'água também representa um risco a qualidade da água devido a contaminação por resíduos fecais, que são carreados via erosão, escoamento superficial e lixiviação (Seganfredo *et al.*, 2003).

No município de Rolim de Moura, assim como no restante da região amazônica, buscam-se alternativas para a promoção do desenvolvimento sustentável (Maciel *et al.*, 2010), dentre as quais estão os pagamentos por serviços ambientais (PSA). Este mecanismo regulatório, que remunera ou recompensa quem protege a natureza e mantém os serviços ambientais para o bem comum (Brose, 2009), tem ganhado espaço na gestão de recursos hídricos (Projetos: Conservador das águas em Extrema - MG, e Ecocrédito em Montes Claros - MG) e promovido a recuperação e preservação de mananciais. Porém, para o sucesso na conservação dos recursos hídricos é necessário a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (Brasil, 1997), e uma proposta financeira mais atrativa que a obtida pela atividade realizada na área de interesse.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade do pagamento por serviços ambientais na microbacia do rio D'Alincourt, visando fornecer subsídios para recuperação, conservação e preservação dos recursos hídricos.

2. Material e métodos

O estudo foi realizado na microbacia do rio D'Alincourt, a partir do ponto de captação de água para abastecimento urbano do município de Rolim de Moura (Figura 1). O clima da região é classificado como Monção (Alvares *et al.*, 2014), com precipitação média entre 1.650 e 1.850 mm ano⁻¹, temperatura do ar entre 24 e 26 °C (SEDAM, 2010), e solos classificados como Latossolos Vermelhos eutrófico associado com Latossolos Vermelho-Amarelo distróficos (78,75%), Cambissolos distrófico associado

com Argissolo Vermelho (15,88%) e Latossolos Vermelho distrófico associado com Latossolos Vermelho Amarelo distróficos (5,37%), (Brasil, 2006).

O trabalho foi realizado em 3 etapas. Na primeira realizou-se um mapeamento da microbacia, nascentes (N), cursos d'água (CA), áreas brejosas (AB), de espelho d'água (EA), ciliares (AC) e áreas de preservação permanente (APP), até o ponto de captação de água para o abastecimento da cidade de Rolim de Moura - RO. Estes dados foram obtidos para

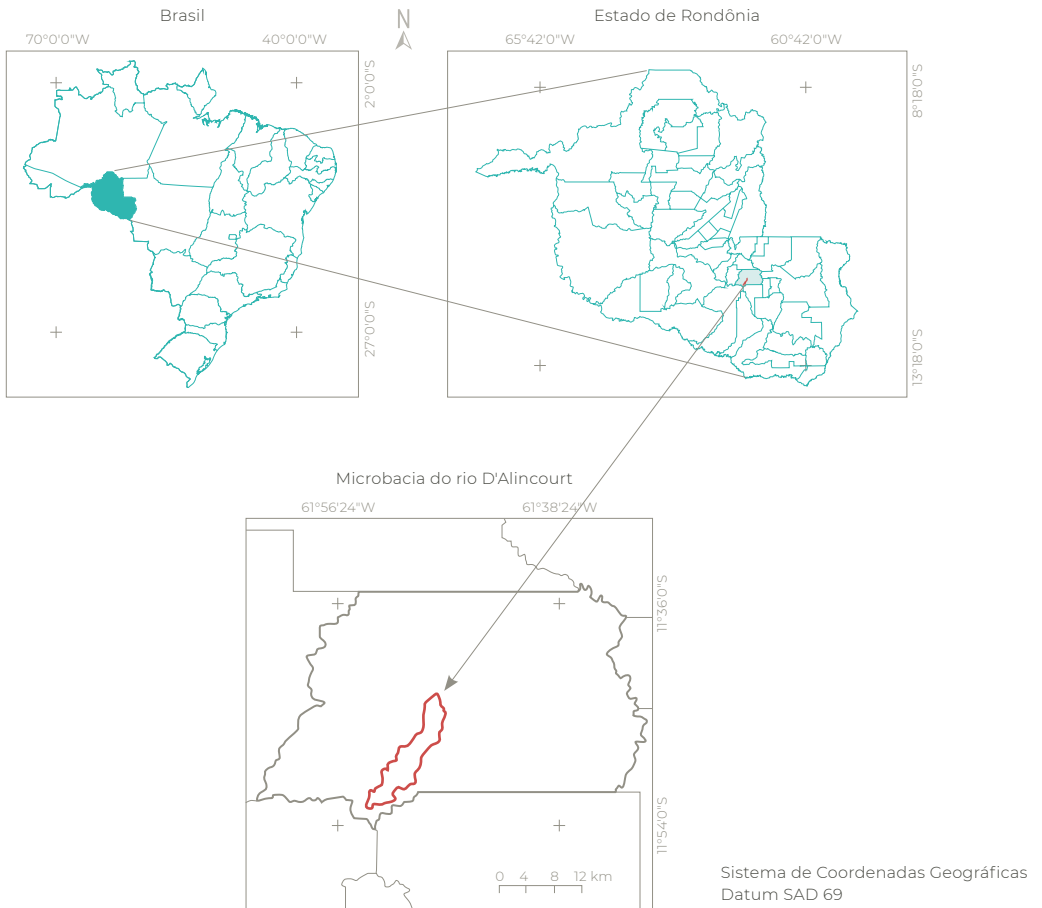


Figura 1 Localização da microbacia do rio D'Alincourt, no município de Rolim de Moura, Amazônia Ocidental, Brasil

a microbacia e para cada lote abrangido pela APP. Na segunda etapa realizou-se o cálculo do valor necessário para subsidiar financeiramente o pagamento por serviços ambientais na microbacia e em cada lote. E na terceira etapa realizou-se o cálculo do valor necessário por m³ de água consumido na área urbana, para manter os sistemas de pagamento por serviços ambientais. As três etapas são descritas detalhadamente abaixo.

A delimitação da microbacia foi realizada com dados altimétricos SRTM (carta SC-20-Z-), utilizando o software QGIS 2.0.1 (versão Dufour), (QGIS *Development team*, 2013), e ajustada com base em imagens do *Google Earth* (GE), onde levou-se em consideração os sulcos naturais do terreno. As N, CA, AB e EA, localizadas nas áreas de agropecuária, foram editados na forma de pontos, linhas e polígonos no GE, e nas áreas de florestas, foram identificadas e georeferenciadas com o GPS 60CSx. Estes dados foram unidos com o QGIS e utilizados para delimitação das áreas ciliares (AC) das N (50 m), AB (50 m) e CA (30 m), conforme o estabelecido no Código Florestal Brasileiro (Brasil, 1965; Conama, 2002). Com base na somatória das áreas (AB e AC), CA e N, gerou-se a área de preservação permanente total da bacia (APPt).

Posteriormente, realizou-se o georeferenciamento das áreas dos lotes abrangidos pela microbacia, através das coordenadas geográficas dos lotes originais (INCRA), gerando dados sobre AB, AC e APP por lote.

O cálculo do valor do pagamento por serviços ambientais (PSA), (Equação 1) foi realizado com base na principal fonte econômica da bacia, o gado de corte, e em dados da literatura (Tabela 1).

$$PSA = \left(\frac{\left(\frac{A+B}{2} \right) \times C}{D} \times (E - F) \right) \times G \quad (1)$$

Onde: PSA: Pagamento por Serviços Ambientais (R\$ ano⁻¹); A: taxa de lotação no período chuvoso (UA ha⁻¹); B: taxa de lotação no período seco (UA ha⁻¹); C: peso exigido para abate (kg); D: idade para abate (anos); E: preço por kg de peso vivo (R\$); F: custo de produção por kg de peso vivo (R\$); G: APpt ou do lote.

O cálculo do valor do m³ de água (Equação 2), baseou-se nos valores do PSA para microbacia e no consumo médio mensal da área urbana do município de Rolim de Moura-RO (CAERD, 2011).

$$VMA = \frac{PSA}{CMAA} \quad (2)$$

Tabela 1 Dados utilizados para calcular o valor do pagamento por serviço ambiental

Item	Unidade	Valor	Fonte
Taxa de lotação no período chuvoso* (Brachiaria brizanta cv. marandu)	UA ha ⁻¹	2,5	EMBRAPA, 1998
Taxa de lotação no período seco (Brachiaria brizanta cv. marandu)	UA ha ⁻¹	1,0	Lopes et al., 2001
Peso mínimo exigido pelo mercado	kg	240,00	Rodrigues e Cruz, 2003
Idade de abate	meses	36	Rodrigues e Cruz, 2003
Preço da arroba**	R\$	90,00	Costa, 2011
Custo para produção de 1 arroba	R\$	72,00	Costa, 2011

*250 kg de peso vivo; **15 kg; UA - Unidade Animal

Em que: VMA: valor do m³ de água (R\$); PSA: Pagamento por Serviços Ambientais (RS ano⁻¹); CMAA: consumo de água na área urbana (m³ ano⁻¹).

3. Resultado e discussão

A microbacia do rio D'Alincourt tem área de 5.787,6508 ha, abrangendo 98 lotes (glebas 16, 17, 18, 20 e 22) do projeto integrado de colonização Gy-Paraná. No entanto, apesar da microbacia envolver 98 lotes, apenas 85 deles

possuem a APP de interesse neste estudo, sendo divididos em 16 lotes na Gleba 16, 34 lotes na Gleba 18, 28 lotes na Gleba 20 e 7 lotes na Gleba 22 (Figura 2).

A APPT tem 1.433,2156 ha, representando 24,76% da área total dos lotes, sendo esta responsável por manter parte da quantidade e qualidade da água destinada à maioria da população urbana do município de Rolim de Moura. A divisão da APPT em AC, AB e EA é muito importante para ajudar na identificação das espécies nativas de cada área em especifi-

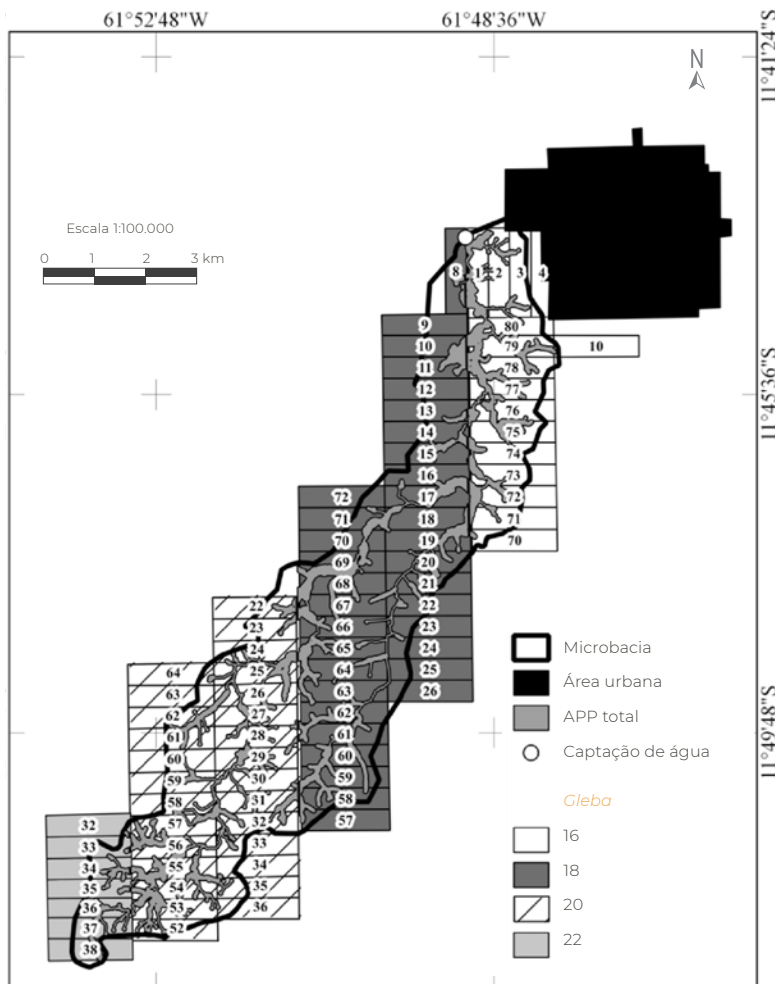


Figura 2 Lotes abrangidos pela Área de Preservação Permanente da microbacia do rio D'Alincourt, no município de Rolim de Moura-RO, Amazônia Ocidental, Brasil

co, facilitando a elaboração de planos eficientes para recuperação de áreas que estejam em processo de degradação.

A área ciliar da microbacia (1.123,3521 ha) representa 78,38 % da APpt, sendo que a maior parte desta se encontra na Gleba 20 (414,1913 ha ou 36,87 %), seguido das glebas 18 (408,6083 ha ou 36,38 %), 16 (241,0879 ha ou 21,46 %) e 22 (59,4646 ha ou 5,29 %). Esta área é essencial para manutenção da qualidade das demais APP (AB e espelhos AE), sendo necessário o seu isolamento, para se evitar a compactação do solo pelo pisoteio animal e o comprometimento do estrato regenerativo (Pinto *et al.*, 2005).

A área de espelho d'água (12,5110 ha) representa 0,87 % da APpt, e está distribuída nas glebas 18 (6,8008 ha), 20 (2,7936 ha), 16 (2,5413 ha) e 22 (0,3753 ha). A APP associada com a área de espelho d'água representa menos de 1 % da APpt, e são de origem artificial, feitas principalmente para servirem de bebedouro ao gado. Recomenda-se que a construção de bebedouros seja realizada em locais mais apropriados, evitando problemas com erosões e assoreamentos das margens, assim como a contaminação da água, que pode implicar em enfermidades causadas por microrganismos patogênicos de origem entérica animal, transmitidas pela rota fecal-oral (Grabow, 1996). Uma alternativa é a construção de bebedouros fora da APpt e a transposição de água para este por gravidade, via encanamento, dessa forma evita-se o impacto direto dos animais na área estudada e disponibiliza-se água com maior qualidade ao rebanho bovino.

As APpt dos lotes variaram de 0,0781 a 51,5266 ha, estes valores correspondem a 0,08 e 51,8 % das áreas dos lotes G18_L9 e G16_L1, respectivamente, sendo que a maioria dos lotes (29) encontram-se na faixa de

10,01 – 20,00 %, seguido de 26 lotes na faixa de 0,01 – 10,00 %, e de 19 lotes na faixa de 20,01 - 30,00 %. A maior AC foi de 36,0158 ha para o G16_L1, possuindo também, a segunda maior AB, com 15,5108 ha, inferior apenas ao G18_L69 (16,0672 ha).

Os espelhos d'água representados pelas represas e lagos artificiais são comuns em todas as glebas estudadas, sendo que a maior área (2,2468 ha) está localizada na G18_L15. Os demais lotes com presença de espelhos d'água denotavam áreas inferiores a 1 ha.

Valor anual proposto como pagamento por serviços ambientais - PSA

A APpt da microbacia tem área de 1.433,2156 ha, do modo que ao ser multiplicada pelo valor proposto a ser pago por ha ano⁻¹ (R\$ 175,00), obtêm-se um valor anual de R\$ 250.812,73 (Tabela 2). Com relação à divisão deste valor entre os lotes, observa-se que o G16_L1 e o G18_L9 denotavam o maior (R\$ 9.017,17) e o menor (R\$ 13,67) valor a ser recebido anualmente, respectivamente. A maior parte das propriedades (29) encontram-se na faixa de pagamento anual de R\$ 1.000,01 a R\$ 3.000,00 (Tabela 3).

3.1 Proposta de recurso financeiro para o pagamento de serviços ambientais - PSA

Considerando o consumo médio anual de água de 3.205.756 m³ (média dos meses de janeiro a julho de 2011, exceto março devido a perda de dados), (Figura 3), e o valor de PSA anual de R\$ 250.812,73, estima-se um valor de R\$ 0,078 m⁻³, ou seja, um valor relativamente baixo em relação ao custo/benefício. A este valor é interessante acrescentar um percentual de 50 % (R\$ 0,039), totalizando então R\$ 0,117 m⁻³, visando à criação de um fundo de reserva (R\$ 125.406,4 ano⁻¹) para os custos de implanta-

Tabela 2 Área de Preservação Permanente total, porcentagem ocupada pela APpt e proposta de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) por lote e total

Endereço		APpt (ha)			Área do Lote (ha)	% do lote com APpt	PSA (R\$ lote ⁻¹ ano ⁻¹)
G	L	AC	AB	EA			
16	80	15,0941	6,3755	0,0000	81,4333	26,36	3757,18
16	79	29,4437	12,8112	0,2280	99,1556	42,84	7434,51
16	78	24,8447	8,3397	0,0000	97,7227	33,96	5807,27
16	77	22,4594	3,0328	0,1962	98,3664	26,11	4495,47
16	76	21,0955	5,6015	0,1745	97,8124	27,47	4702,51
16	75	13,2961	4,8366	0,0355	98,8603	18,38	3179,44
16	74	8,3112	3,2845	0,0000	99,8766	11,61	2029,25
16	73	12,9255	4,6403	0,0000	97,7430	17,97	3074,02
16	72	14,4978	9,3771	0,8036	99,5286	24,79	4318,74
16	71	5,0855	1,6282	0,0000	98,7885	6,80	1174,90
16	70	1,8498	0,4331	0,0000	99,0614	2,30	399,51
16	10	1,1964	0,0601	0,0000	98,2444	1,28	219,89
16	4	0,1583	0,0000	0,0000	105,9286	0,15	27,70
16	3	12,7598	0,4661	0,9245	103,4735	13,67	2476,32
16	2	22,0543	0,2442	0,1790	102,6643	21,89	3933,56
16	1	36,0158	15,5108	0,0000	99,5331	51,77	9017,16
18	72	1,3845	0,0336	0,0359	100,3520	1,45	254,45
18	71	7,6249	5,3766	0,1638	100,7699	13,06	2303,93
18	70	5,6012	3,1402	0,0000	99,3103	8,80	1529,75
18	69	22,0403	16,0672	0,5276	100,4627	38,46	6761,14
18	68	20,1801	11,4368	0,2024	100,4499	31,68	5568,38
18	67	20,4012	7,9026	0,6168	100,9594	28,64	5061,11
18	66	14,5622	1,8256	0,0000	99,9065	16,40	2867,87
18	65	25,2974	8,2419	0,3773	100,9985	33,58	5935,41
18	64	19,1471	4,1231	0,2942	100,8201	23,37	4123,77
18	63	15,9252	1,4634	0,0000	101,0861	17,20	3043,01
18	62	24,3155	5,1236	0,0921	101,0633	29,22	5167,96
18	61	18,2951	2,3840	0,0823	101,2680	20,50	3633,25
18	60	15,9031	6,6483	0,0000	102,7931	21,94	3946,50
18	59	21,4879	6,7412	0,0000	101,5576	27,80	4940,09
18	58	15,9330	2,8334	0,3236	102,2778	18,66	3340,75
18	57	2,9030	0,2649	0,0000	101,7456	3,11	554,38
18	26	0,7023	0,0000	0,0000	99,0652	0,71	122,90
18	25	2,9765	0,0000	0,0000	98,5536	3,02	520,89
18	24	3,9344	0,0000	0,0000	99,0933	3,97	688,52
18	23	6,6195	0,2001	0,0000	97,7387	6,98	1193,43
18	22	7,8997	0,8445	0,0000	99,5427	8,78	1530,24
18	21	17,0835	3,8702	0,0000	98,9838	21,17	3666,90
18	20	15,8439	1,0838	0,0910	99,2960	17,14	2978,27
18	19	17,2863	5,3266	0,0660	98,2406	23,08	3968,81
18	18	11,6134	7,9146	0,0000	99,6566	19,59	3417,40
18	17	17,2739	10,3712	0,1538	100,4024	27,69	4864,81
18	16	9,4648	7,8099	0,5088	98,3670	18,079	3112,11
18	15	10,3599	0,9557	2,2468	99,4411	13,64	2373,42
18	14	8,8915	1,9637	0,5365	99,0638	11,50	1993,55
18	13	6,5331	1,3072	0,0461	99,0593	7,9613	1380,12

Endereço		APpt (ha)			Área do Lote (ha)	% do lote com APpt	PSA (R\$ lote ⁻¹ ano ⁻¹)
G	L	AC	AB	EA			
18	11	8,7371	5,1363	0,1857	99,0628	14,1921	2460,34
18	10	4,4090	10,1578	0,2501	99,2142	14,9343	2592,96
18	9	0,0781	0,0000	0,0000	96,5344	0,0809	13,67
18	8	7,8997	3,4233	0,0000	97,5271	11,6101	1981,53
20	64	1,8624	0,2867	0,0000	101,0426	2,1269	376,09
20	63	4,4160	0,0000	0,0000	100,5977	4,3898	772,80
20	62	11,9264	3,0736	0,0000	95,3473	15,7320	2625,00
20	61	14,8473	1,4957	0,0000	101,8994	16,0384	2860,03
20	60	3,6773	0,0001	0,0462	102,4230	3,6355	651,63
20	59	11,3921	0,9908	0,0000	99,1767	12,4857	2167,01
20	58	11,8409	0,6101	0,0000	100,3692	12,4052	2178,93
20	57	21,2389	3,3037	0,1237	99,6159	24,7614	4316,60
20	56	31,1230	7,4941	0,0875	99,5837	38,8664	6773,31
20	55	30,1384	13,2711	0,0000	99,6608	43,5572	7596,66
20	54	30,3813	6,4540	0,0713	92,3222	39,9759	6458,66
20	53	25,2438	4,9827	0,0000	93,1470	32,4503	5289,64
20	52	11,8087	0,0000	0,0000	99,6899	11,8454	2066,52
20	36	0,7750	0,0000	0,0000	92,2148	0,8404	135,63
20	35	6,1096	0,0163	0,0000	92,2142	6,6431	1072,03
20	34	1,1132	0,0000	0,0000	94,7981	1,1743	194,81
20	33	8,0262	0,2942	0,0359	95,0526	8,7912	1462,35
20	32	19,0415	1,2372	0,0000	94,9805	21,3504	3548,77
20	31	23,3724	5,0455	0,0623	95,9220	29,6910	4984,04
20	30	16,2058	0,8225	0,0598	95,0432	17,9793	2990,42
20	29	23,0759	4,3748	0,0638	97,1278	28,3281	4815,04
20	28	17,6381	0,3300	0,1412	97,6583	18,5435	3169,13
20	27	16,5099	2,4578	0,0795	91,9065	20,7245	3333,26
20	26	19,2861	2,8011	0,3326	96,3908	23,2593	3923,47
20	25	24,2543	5,7347	0,4598	98,9786	30,7630	5328,54
20	24	14,1592	3,3647	0,2800	96,0924	18,5279	3115,68
20	23	4,8828	0,8452	0,0000	98,6693	5,8053	1002,40
20	22	9,8448	1,4453	0,9500	97,0545	12,6116	2142,02
22	38	5,2068	1,7908	0,0000	99,2512	7,0504	1224,58
22	37	13,3923	1,5920	0,0000	95,9115	15,6230	2622,25
22	36	16,9029	1,0626	0,0000	88,5755	20,2827	3143,96
22	35	6,1890	0,4498	0,0000	87,2502	7,6089	1161,79
22	34	13,5669	1,1124	0,1225	97,2866	15,2146	2590,32
22	33	2,9073	0,0000	0,1614	98,4505	3,1170	537,02
22	32	1,2994	0,0000	0,0914	100,3154	1,3864	243,39
Total		1.123,3521	297,3525	12,5110	8.358,8760	--	250812,73

G - Gleba; L - Lote; APpt - Área de Preservação Permanente total; AC - Área ciliar; AB - Área brejosa; EA - Espelho de água; PSA - Pagamento por serviços ambientais

Tabela 3 Relação entre o número de Lotes e a faixa de pagamento anual, na microbacia do rio D'Alincourt

Número de lotes	Faixa de pagamento (R\$ ano ⁻¹)
10	0,01 – 500,00
6	500,01 – 1.000,00
29	1.000,01 – 3.000,00
27	3.000,01 – 5.000,00
6	5.000,01 – 7.000,00
2	7.000,01 – 9.000,00
1	> 9.000,00

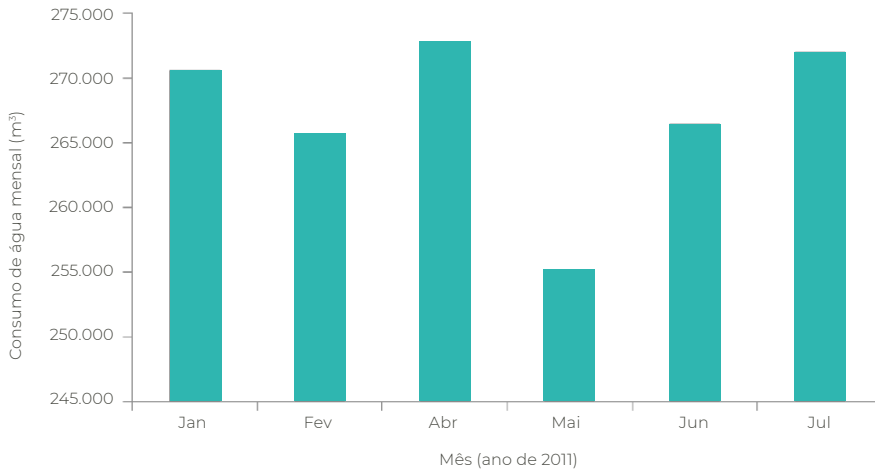


Figura 3 Consumo de água (m³) no período de janeiro a julho (exceto março), na zona urbana do município de Rolim de Moura em 2011, Amazônia Ocidental, Brasil. *Fonte:* CAERD, 2011

ção, manutenção, monitoramento, ampliação, correção monetária do PSA e também para as variações mensais de consumo, tendo em vista que haverá meses com saldos positivos ou negativos, em função da variação mensal de consumo. O valor de R\$ 0,117 m⁻³, está dentro dos preços unitários sugeridos pelos Comitês e aprovados pelos Conselhos de Recursos Hídricos no Brasil, que variam entre 0,0008 a 0,16 R\$ m⁻³, sendo considerado baixo (ANA, 2015).

4. Conclusão

O pagamento de R\$ 0,117 m⁻³ permite arrecadar R\$ 376.190,10 ano⁻¹ por serviços ambientais na microbacia do rio D'Alincourt, sendo considerado altamente viável, tendo em vista que este valor contribuirá para estimular a preservação, recuperação e manutenção dos recursos hídricos, proporcionando maior quantidade e qualidade de água a população urbana.

Este estudo servirá como modelo para nortear os órgãos públicos e de gestão em projetos com PSA, orientados por instituições de ensino superior, na região da zona da mata rondoniense.

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". *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). 2015. *Cobrança pelo uso de recursos hídricos: mecanismos e valores de cobranças*. Brasília, Brasil.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H. & W. R. GARDNER. 1972. "Soil structure: evaluation and agricultural significance". In: *Soil physics*. pp. 178-223. J. Wiley. New York, USA.
- BRASIL. 1965. *Código Florestal Brasileiro: Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965*. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/4771-65.html>>. [Consulta, fevereiro, 2011].
- 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>. [Consulta: julho, 2014].
- BRASIL. 2006. *Pedologia: Rolim de Moura - RO*. SIPAM-CTO, Escala 1:250.000. Porto Velho, Rondônia, Brasil.
- BROSE, M. 2009. *O pagamento por serviços ambientais: O mercado de carbono promove a inclusão social?* Universidade Católica de Goiás. Goiânia, Brasil.
- CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; SANTOS, L. M. H. e SANTOS, A. M. 2015. "Impacto da colonização na Zona da Mata Rondoniense, Amazônia Ocidental-Brasil". *Revista Geográfica Venezolana*, 56(1): 41-57.
- COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DE RONDÔNIA (CAERD). 2011. *Consumo de água no município de Rolim de Moura - RO*. Rolim de Moura, comunicação verbal.
- CONAMA. 2002. *Resolução CONAMA nº 303: Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. [Consulta: abril, 2014].
- COSTA, M. 2011. *Custos ameaçam renda do produtor em MT: Arroba e exportação seguem em alta, mas custos também não param de subir*. Disponível em: www.portaldbo.com.br/novoportal/site/Conteudo/Noticias/781,,Custos+ameacam+renda+do+produtor+em+MT.aspx. [Consulta: julho, 2014].
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). 1998. *Coleção 500 perguntas 500 respostas Gado de corte: Qual a capacidade de suporte das pastagens de braquiária?* Brasília, Brasil.
- FERNANDES, L. C. e S. C. P. GUIMARÃES. 2003. *Atlas geoambiental de Rondônia*. SEDAM. Porto Velho, Brasil.
- GRABOW, W. 1996. "Waterborne diseases: upgrade on water quality assessment and control". *Water SA*, 22(1): 193-201.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2009. *Diretoria de pesquisas: Produção da Pecuária Municipal - 2008*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ro&tema=pecuaria2008>>. [Consulta: fevereiro, 2014].
- KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E. e L. F. MORAES. 2001. *Restauração da mata ciliar – Manual para recuperação de áreas ciliares e microbacias*. SEMADS/GTZ. Rio de Janeiro, Brasil.
- LIMA, W. P. 1989. Funções hidrológicas da mata ciliar. *Simpósio sobre mata ciliar. Anais...* Fundação Cargil. 1: 25-42. Campinas, São Paulo, Brasil. (11-15 de abril).
- LOPES, H. O. S.; LEITE, G. G.; PEREIRA, E. A.; PEREIRA, G. e W. V. SOARES. 2001. “Suplementação alimentar de bovinos com misturas múltiplas em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu na seca”. *Embrapa Cerrados-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* (INFOTECA-E). Brasil.
- MACIEL, R. C. G.; REYDON, B. P.; COSTA, J. A. e G. O. O. SALES. 2010. “Pagando pelos serviços ambientais: Uma proposta para a Reserva Extrativista Chico Mendes”. *Acta Amazônica*, 40(3): 489-498.
- MARTINS, S. V. 2007. *Recuperação de Matas Ciliares*. Aprenda Fácil Editora. Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- PEDLOWSKI, M.; DALE, V. e E. MATRICARDI. 1999. “A criação de áreas protegidas e os limites da conservação ambiental em Rondônia”. *Ambiente & Sociedade*, 2(5): 93-107.
- PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T. e A. C. DAVIDE. 2005. “Estudo da vegetação como subsídios para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG”. *Revista Árvore*, 29(5): 775-793.
- QGIS Development Team. 2013. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. [Consulta: junho, 2014].
- RODRIGUES, A. A. e G. M. CRUZ. 2003. *Comportamento social dos bovinos e o uso do espaço*. EMBRAPA. São Paulo, Brasil. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/BovinoCorte/BovinoCorteRegiaoSudeste/alimentacao.htm>>. [Consulta: agosto, 2014].
- SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE RONDÔNIA (SEDAM). 2010. *Boletim Climático do Estado de Rondônia*. v.4. Porto Velho, Rondônia, Brasil.
- SEGANFREDO, M. A.; SOARES, I. J. e C. S. KLEIN. 2003. *Qualidade da água de rios numa região de pecuária intensiva de SC*. Embrapa Suínos e Aves - Comunicado Técnico (INFOTECA-E). Brasil.
- SOUSA, A. R.; SILVA, A. B. e M. RESENDE. 1998. Influência da pressão exercida por pisoteio de animais na compactação do solo do vale do Pajeú, em Pernambuco. *Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água (SBCS)*. Anais... 12. 256-257. Fortaleza, Brasil. (12-17 de julho).
- 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.

Geoprocessamento aplicado

a hidromorfometria e índice de desflorestamento na microbacia do rio D’Alincourt, Amazônia Ocidental, Brasil

Geoprocésamiento aplicado a hidromorfometría
e índice de deforestación en la microcuenca del río D’Alincourt,
Amazonia Occidental, Brasil

Geoprocessing applied to hydrogeomorphometry
and deforestation index of the watershed of the D’Alincourt River,
Western Amazon, Brazil

André Felipe Silva

Kenia Michele de Quadros Tronco

Jhony Vendruscolo

José Neuton de Oliveira

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Diogo Martins Rosa

Rosalvo Stachiw

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar a morfométrica e a dinâmica de desmatamento na microbacia do rio D'Alincourt, Amazônia Ocidental. Foram calculados os parâmetros geométricos de relevo e drenagem utilizando dados altimétricos do projeto SRTM. A dinâmica de cobertura do solo foi calculada pela diferença do índice de vegetação em intervalos de dez anos, utilizando imagens dos satélites Landsat 5 e 8. A microbacia tem área de 5.867,61 ha, perímetro de 49,77 km, fator de forma de 0,16, índice de circularidade de 0,34, coeficiente de compacidade de 1,82, altitude de 210 m a 419 m, predomínio de relevo suave ondulado, drenagem dendrítica com 135,83 km, 4ª ordem, densidade de drenagem de 2,02 km km⁻², índice de sinuosidade de 1,80 e tempo de concentração de 7,25 h. O desmatamento acumulado na microbacia até 2005 foi de 75,96%, porém em 2015 houve um aumento de 4,47% de cobertura florestal.

Palavras-chave: recursos hídricos; antropização; floresta ombrófila aberta.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue analizar la morfometría y la dinámica de deforestación en la microcuenca del río D'Alincourt, Amazonia Occidental. Se calcularon los parámetros geométricos de relieve y drenaje con datos altimétricos SRTM. La dinámica de cobertura del suelo fue calculada por la diferencia del índice de vegetación en intervalos de diez años, utilizando imágenes de los satélites Landsat 5 y 8. La microcuenca tiene área de 5.867,61 ha, perímetro de 49,77 km, factor de forma de 0,16, índice de circularidad de 0,34, coeficiente de compacidad de 1,82, altitud 210 m a 419 m, el predominio de relieve suave ondulado, drenaje dendrítico con 135,83 km, 4ª orden, densidad de drenaje de 2,02 km km⁻², índice de sinuosidad de 1,80 y tiempo de concentración de 7,25 h. La deforestación acumulada en la microcuenca hasta 2005 fue del 75,96%, pero en 2015 hubo un aumento del 4,47% de cobertura forestal.

Palabras clave: recursos hídricos; antropización; bosque ombrófilo abierto.

Abstract

The objective of this work was to analyze the morphometric and the dynamics of deforestation in the microbasin of D'Alincourt River, Western Amazonia. The geometric, relief and drainage parameters were calculated by using altimetric data from the SRTM project. Land cover dynamics were calculated by the difference of the vegetation index in 10-year intervals, by using images from the Landsat 5 and 8 satellites. The microbasin has an area of 5,867.61 ha, altitude from 210 m to 419 m, predominance of smooth undulating relief, drainage density of 2, 02 km km⁻². Cumulative deforestation in the microbasin until 2005 was 76%, but between 2005 and 2015 there was an increase of 4.5% in forest cover.

Key words: water resources; anthropization; open ombrophylous forest.

1. Introdução

Na década de 1970 ocorreu a migração de aproximadamente 230 mil imigrantes na região Amazônica, motivados com a promessa de terras fartas, baratas e férteis para agricultura (Cim, 2002). Com o desenvolvimento do setor primário, houve aumento da capacidade produtiva da região, formando áreas urbanas por meio dos Projetos Integrados de Colonização (PIC) como: Ji-Paraná, Vilhena, Pimenta Bueno, Cacoal, Rolim de Moura e outros (Henriques, 1984; Coy, 1988). O grande avanço em relação a ocupação territorial, resultou em problemas com desmatamentos desordenados.

O município de Rolim de Moura em 34 anos de emancipação apresentava 81,6% de sua área desmatada em 2011, afetando inclusive áreas de preservação permanente, como as matas ciliares (Cavalheiro *et al.*, 2015), que são fundamentais para proteção dos cursos d'água. A degradação destas áreas compromete o desenvolvimento sustentável, por afetar diretamente a qualidade e quantidade de água disponível para a zona rural e urbana.

Para mitigar os problemas ocasionados pelo desmatamento desordenado nos recursos hídricos, é necessário uma série de informações relacionadas com as características morfométricas e dinâmica de cobertura do solo. Estas informações podem ser obtidas por meio do uso integrado de sistemas de informação geográfica, sensoriamento remoto e geoprocessamento, apresentando resultados mais próximos da realidade quando comparados a técnicas manuais (Jenson e Domingues, 1988; Valeriano *et al.*, 2006; Merkel *et al.*, 2008).

O objetivo do presente trabalho foi realizar a caracterização morfométrica e a dinâmica de desmatamento na microbacia do rio D'Alincourt, Amazônia Ocidental, Brasil.

2. Material e métodos

O estudo foi realizado na microbacia do rio D'Alincourt, a partir do ponto de captação de água para abastecimento urbano do município de Rolim de Moura (Figura 1). O clima da região é classificado como Am (Monção) (Alvares *et al.*, 2014), com média anual da precipitação pluvial entre 1.650 e 1.850 mm ano⁻¹, temperatura do ar entre 24 e 26°C (SEDAM, 2010). Os solos são classificados como Latossolos Vermelhos eutrófico associado com Latossolos Vermelho-Amarelo distróficos (78,75%), Cambissolos distrófico associado com Argissolo Vermelho (15,88%) e Latossolos Vermelho distrófico associado com Latossolos Vermelho-Amarelo distróficos (5,37%), (SIPAM, 2006).

2.1 Características morfométricas

Foram realizadas análises geométricas (área, perímetro, fator de forma, coeficiente de compactidade e índice de circularidade), de relevo (altitude mínima, máxima e média, amplitude altimétrica e declividade), e de drenagem (padrão de drenagem, ordem dos cursos de água, densidade de drenagem, índice de sinuosidade e tempo de concentração).

A área e o perímetro foram obtidos utilizando o software QGIS 2.10.1 (versão Pisa) (QGIS Development Team, 2015), com os 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). Posteriormente, o perímetro foi ajustado no *Google Earth Pro*[®], levando-se em consideração os sulcos naturais do terreno (Vendruscolo, 2011).

O fator de forma relaciona a forma da microbacia com um retângulo e corresponde à razão entre a largura média e o comprimento axial da microbacia. Este parâmetro foi calculado com a equação 1 (Villela e Mattos, 1975).

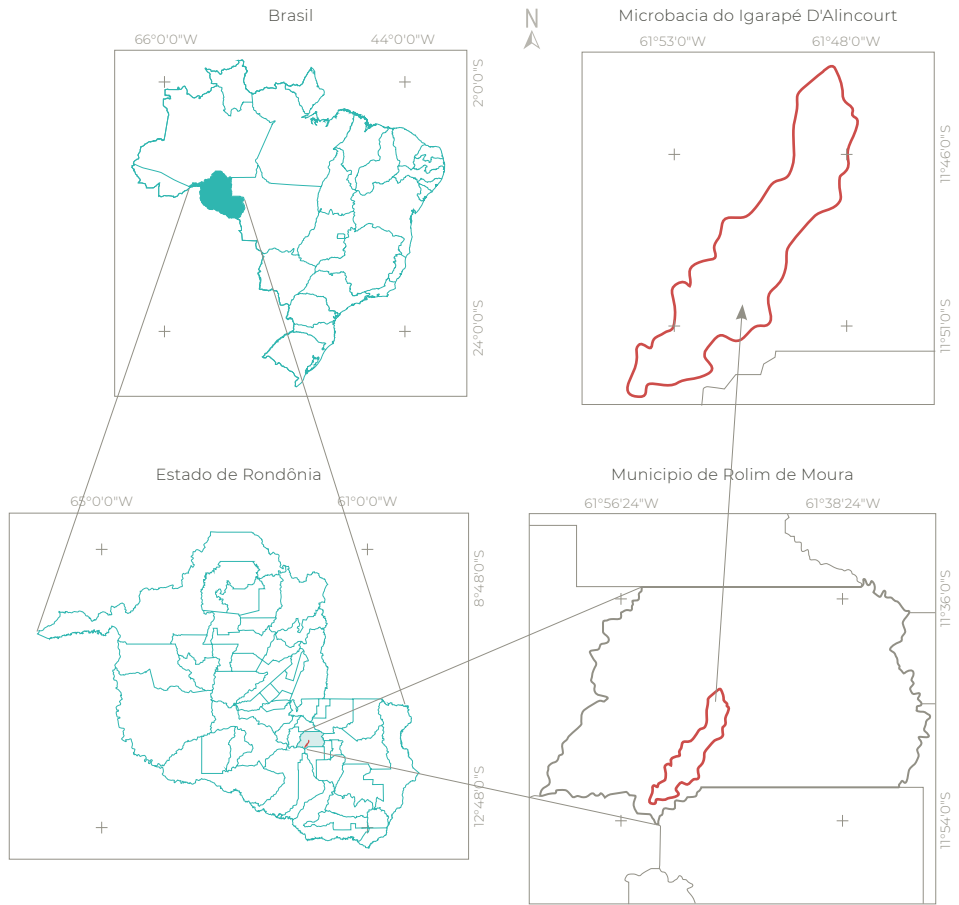


Figura 1 Localização da microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

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

Onde: F = fator de forma; A = área de drenagem microbacia (km²) e; L = comprimento do eixo da microbacia (km).

O índice de circularidade aproxima-se de 1 à medida que a forma da microbacia se torna mais circular e afasta-se de 1 à medida que se torna mais alongada (Cardoso *et al.*, 2006). Este parâmetro foi calculado com a equação 2 (Schumm, 1956).

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

Onde: IC = índice de circularidade; A = área de drenagem da microbacia (km²) e; P = perímetro da microbacia (km).

O coeficiente de compacidade constitui a relação entre o perímetro da microbacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da microbacia (Cardoso *et al.*, 2006), e foi obtido pela equação 3 (Villela e Mattos, 1975).

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

Onde: Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro da microbacia (km) e; A = área de drenagem da microbacia (km²).

Os valores de altitude foram obtidos com os dados do SRTM, utilizando a ferramenta 'estatística por zonas'. O relevo foi calculado com a função *slope* e classificado de acordo com a declividade: plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%), montanhoso (45-75%) e escarpado (>75%), (Santos *et al.*, 2013).

O padrão de drenagem foi obtido em duas etapas. Na primeira, mapeou-se a rede hidrográfica utilizando o software *Google Earth Pro*[®], sendo utilizado 70 pontos de controle para ajuste e validação (Figura 2). Na segunda, classificou-se o padrão de drenagem, de acordo com Parvis (1950).

As ordens dos cursos de água foram classificadas manualmente, tendo como base a rede de drenagem obtida no *Google Earth Pro*[®] e o método de Strahler (1957). Neste método, os canais de segunda ordem se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, e assim sucessivamente.

A densidade de drenagem é a correlação do comprimento total dos canais ou rios com a área da microbacia (Christofolletti, 1980), e foi calculada com a equação 4 (Horton, 1945).

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

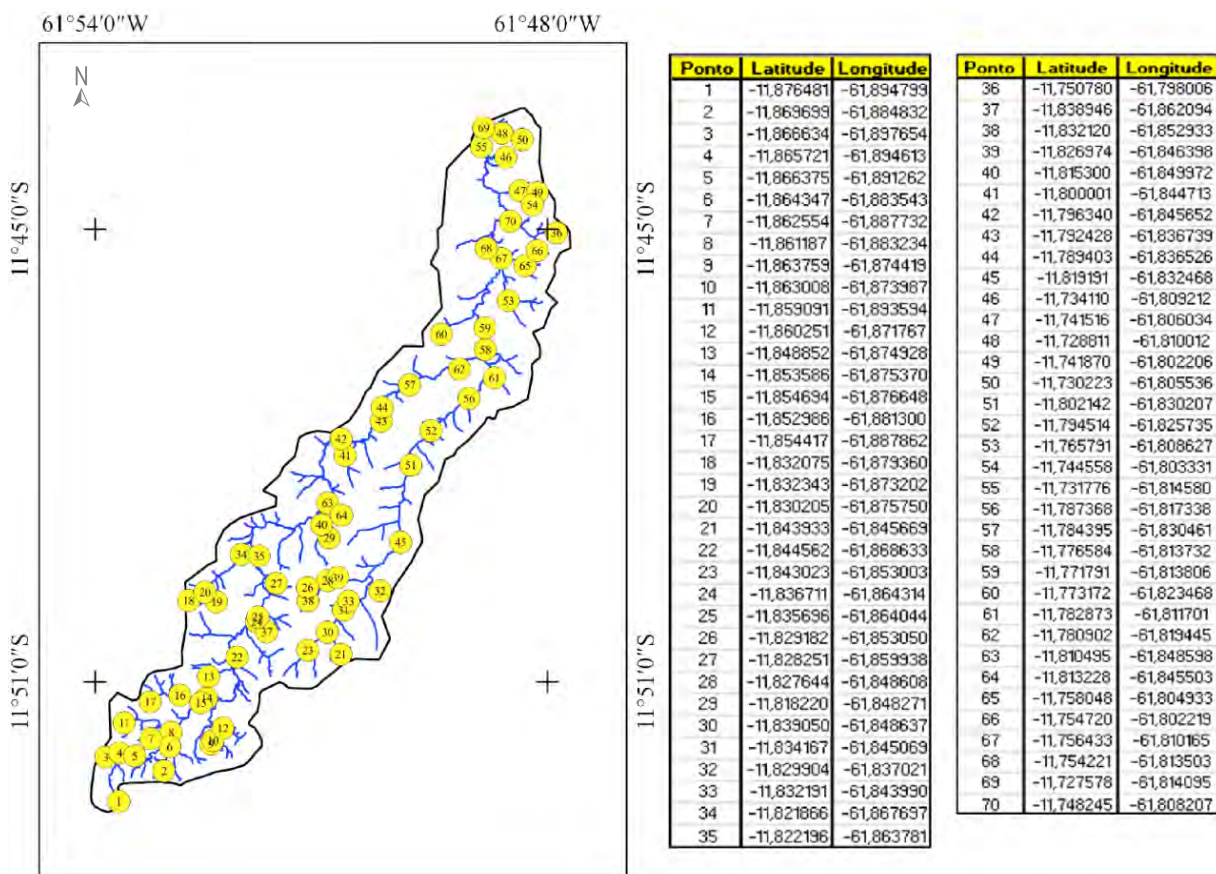


Figura 2 Pontos de controle para a validação da rede de drenagem na microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

Onde: Dd = densidade de drenagem (km km^{-2}); L = comprimento total dos rios ou canais da microbacia (km) e; A = área de drenagem da microbacia (km^2).

O índice de sinuosidade é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Alves e Castro, 2016), e foi calculado com a equação 5 (Villela e Mattos, 1975).

$$Is = L/Dv \quad (5)$$

Onde: Is = índice de sinuosidade; L = comprimento do canal principal da microbacia (km) e; Dv = distância vetorial do canal principal da microbacia (km).

O tempo de concentração é o tempo necessário para o escoamento deslocar-se do ponto hidraulicamente mais distante da microbacia para a saída, sendo regulado pela combinação de inclinação, características da microbacia e caminho de fluxo (Kent *et al.*, 2010). Este parâmetro foi calculado com a equação 6 (Kirpich, 1940).

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

Onde: Tc = tempo de concentração (h); H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle da microbacia (m) e; L = comprimento do talvegu principal da microbacia (km).

2.2 Índice de desmatamento de 1985 a 2015

O índice de desmatamento foi realizado com imagens dos satélites Landsat 5 (1985, 1995 e 2005) e Landsat 8 (2015), (INPE, 2017), adqui-

ridas durante os meses de junho a agosto, por conterem menor incidência de nuvens (Tabela 1), e quando a pastagem esta em senescência, e por isso tem um reflectância diferente da mata.

Para o processamento dos dados foi utilizado o software QGis 2.10.1 (versão Pisa), (QGIS *Development Team*, 2015) e o complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). Foram realizadas as seguintes etapas: ajuste das imagens Landsat para reflectância da superfície e correção atmosférica, recorte da área de interesse para todas as bandas, criação de um *Band set* contendo todas as seis bandas e a classificação supervisionada. Para classificação coletou-se amostras por regiões de interesse (ROIs).

Foram criadas 2 categorias: Floresta e Desmatamento. Para cada categoria foram coletadas 50 amostras para as quais foram mantidas o *Range radius* de 0,01. Os primeiros 25 pontos foram gerados com tamanho mínimo e máximo do *ROI* igual a 40 e 100. Posteriormente, foi utilizado o algoritmo de classificação com a técnica máxima verossimilhança (MAXVER), para qual o valor do limiar foi de no mínimo 100. Para o cálculo das áreas utilizou-se a ferramenta 'calculadora de campo'.

3. Resultados e discussão

3.1 Características morfométricas

Os dados geométricos da área de estudo (Tabela 2), indicam que a microbacia tem índice de circularidade inferior a 0,51, sendo considerada alongada de acordo com Silva (2012).

Tabela 1 Características das imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, nos períodos de 1985 a 2015

Satélite	Resolução espacial (m)	Resolução radiométrica (bits)	Bandas utilizadas na classificação	Órbita	Ponto	Ano da Imagem
Landsat 5	30	8	1, 2, 3, 4, 5, 7	231	68	1985, 1995 e 2005
Landsat 8	30	16	2, 3, 4, 5, 6, 7	231	68	2015

Tabela 2 Características geométricas da microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

Característica geométrica	Unidade	Valor
Área	ha	5,867,61
Perímetro	km	49,77
Índice de circularidade	--	0,3418
Fator de forma	--	0,1618
Coefficiente de Compacidade	--	1,8192

O formato alongado permite que os fluxos de água cheguem ao ponto de exutório em tempos diferentes, de modo que os fluxos que se localizam na cabeceira levam mais tempo para chegar no exutório (Oliveira *et al.*, 2007). Assim, o formato alongado favorece o escoamento da água (Schumm, 1956).

Com relação ao coeficiente de compacidade, microbacias de forma circular, apresentam os valores mínimo de 1. Assim verifica-se que a área de estudo possui forma irregular e baixa propensão a enchentes (Tabela 2). Esses resultados corroboram com os dados obtidos por Villela e Mattos (1975), na bacia do Ribeirão do Lobo, no estado de São Paulo.

O valor observado no fator de forma (Tabela 2), encontra-se abaixo de 0,27, de modo que, a microbacia não está sujeita a enchentes e este resultado pode ser comparado com os obtidos nas sub-bacias Perdizes e Fojo, estudadas por Santos *et al.* (2012) no estado de São Paulo.

O índice de circularidade, o coeficiente de compacidade e o fator de forma indicam que o formato desta microbacia propicia menor concentração de deflúvio, menor risco de enchentes em condições normais de precipitação, menor probabilidade de uma grande quantidade de água vinda de diferentes tributários contribuir simultaneamente à calha principal, o que reduz o risco de extravasamento da água no canal (Villela e Mattos,

1975). Contudo, devido a maior extensão da área da microbacia ser antropizada, ela não está livre da ocorrência de enchentes, principalmente pela compactação do solo, resultado do manejo inadequado da agropecuária.

A microbacia possui rede de drenagem dendrítica, com cursos de água classificados de 4ª ordem, com destaque em relação ao comprimento para os cursos de 1ª ordem (Figura 3).

A ordem dos canais é uma classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia (Tucci, 2007). Quanto maior o grau de ramificação, maior é a ordem da microbacia. Estes resultados vão de encontro com a classificação de 5ª ordem na microbacia do rio Anta Atirada (Paula *et al.*, 2015), sendo essa microbacia, adjacente do D'Alincourt.

Com relação a densidade de drenagem (Tabela 3), constata-se que a área tem alta densidade de drenagem, conforme a classificação de Beltrame (1994). Esse resultado está relacionado com o alto índice pluviométrico e com as características do relevo (predominância de plano à suave ondulado), e sugere que a microbacia apresenta um grande potencial para uso agropecuário e abastecimento urbano, desde que sejam adotadas práticas de manejo conservacionista, para manutenção da quantidade e qualidade de água ao longo do ano.

O manejo conservacionista envolve práticas edáficas, mecânicas e vegetativas, sendo recomendado o uso de forma integrada. Dentre as práticas que podem ser adotadas na microbacia destacam-se a avaliação da qualidade do solo, para verificar a necessidade de correção e adubação (visando melhorar as condições edáficas), curva de nível, construção racional de estradas dentro das propriedades, construção de bacias de sedimentação, plantio em faixas e contorno, recuperação de áreas degradadas e matas ciliares.

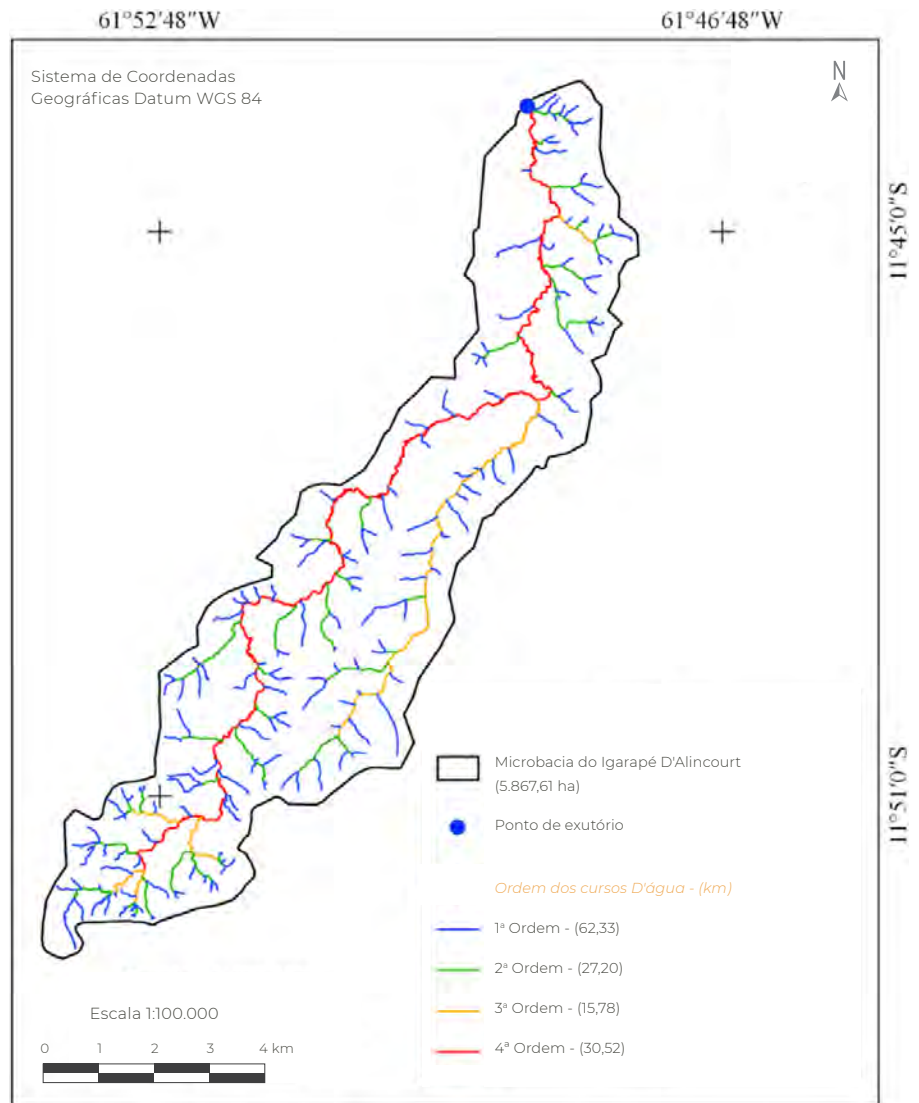


Figura 3 Ordem de drenagem da microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

Tabela 3 Características da rede de drenagem da microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

Características da rede de drenagem	Unidade	Valor ou descrição
Comprimento do curso de água principal	km	34,5391
Comprimento da rede de drenagem total	km	135,8283
Densidade de drenagem	km km ²	2,02
Índice de sinuosidade	--	1,80
Tempo de concentração	h	7,25

O índice de sinuosidade da rede de drenagem da microbacia do rio D'Alincourt (Tabela 3) é considerada sinuosa de acordo com classificação de Mansikkamäki (1972). Para Alves e Castro (2016), canais sinuosos retêm mais carga de sedimentos comparado a canais retilíneos. Assim, constata-se que a microbacia do rio D'Alincourt tem grande propensão de sedimentação de solos na parte interna dos meandros.

O parâmetro tempo de concentração reflete o tempo necessário para que toda a microbacia contribua para o escoamento superficial no exutório. Neste contexto, verifica-se que são necessárias 7 horas e 15 minutos de precipitação média a alta para atingir a enchente máxima (Tabela 3), precipitações assim comuns

na região durante os meses de dezembro a março (SEDAM, 2010).

A microbacia tem altitude mínima de 210 m, média de 273 m e máxima de 419 m, resultando em uma amplitude altimétrica de 209 m (Figura 4).

A altitude influencia o clima na região, pois, conforme se eleva a altitude, decresce a temperatura, sendo que esse fenômeno é resultado da redução da pressão atmosférica (Begon *et al.*, 2006).

Na microbacia do rio D'Alincourt constatou-se que a declividade variou de 0 a 90%, com classes de relevo entre plano e escarpado, e predominância de relevo suave ondulado (Figura 5).

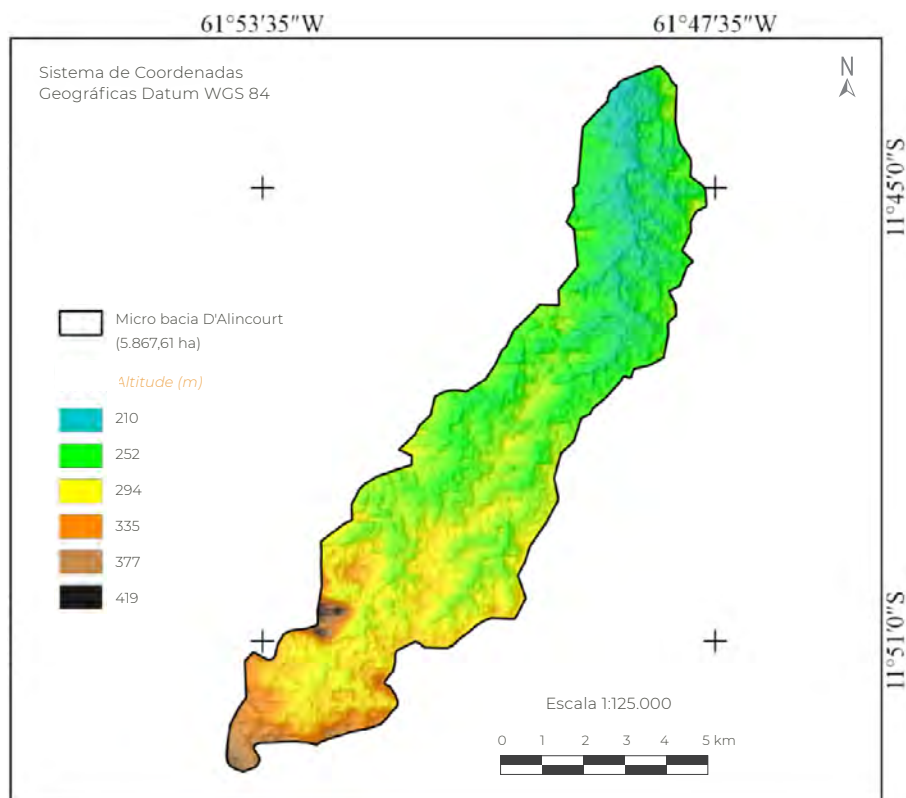


Figura 4 Mapa hipsométrico da microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

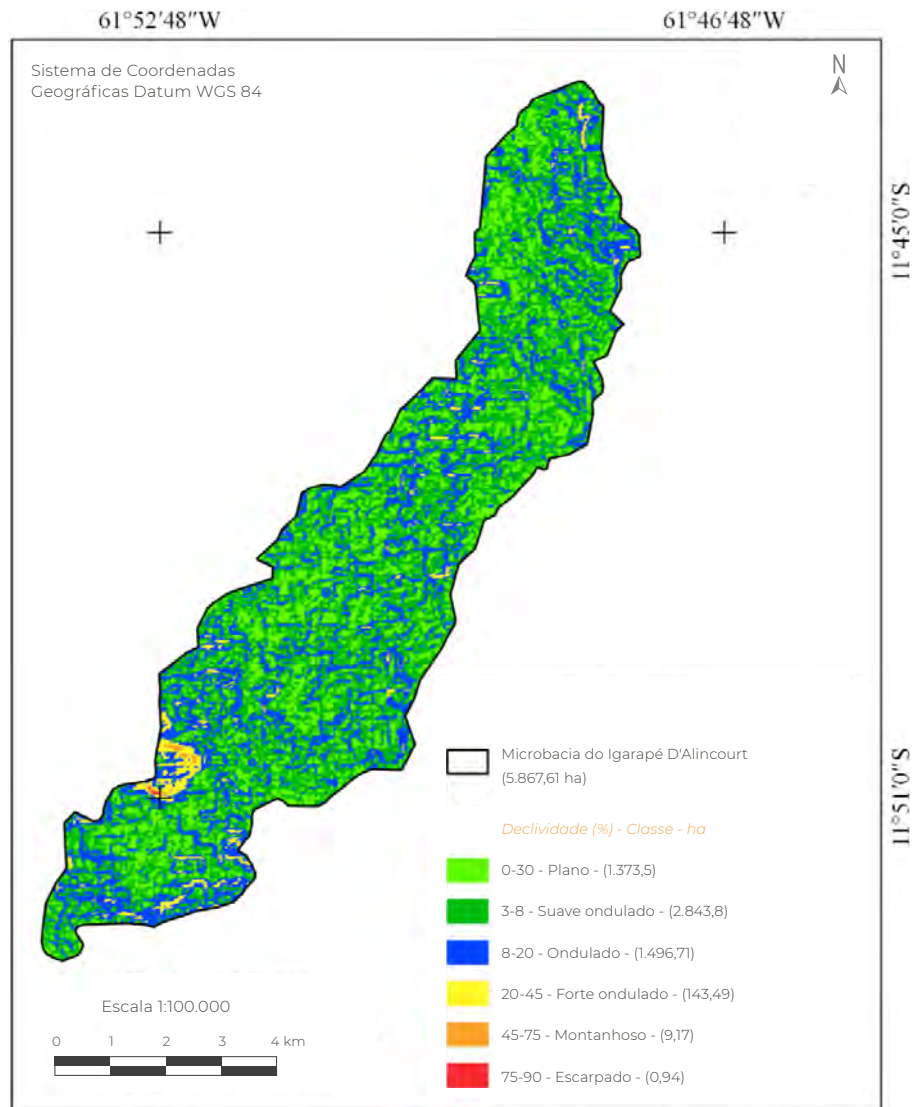


Figura 5 Classificação em relação a declividade da microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

A declividade determina a velocidade de escoamento superficial, controlando o tempo necessário para que a água precipitada alcance a rede de drenagem. Quanto maior a declividade, maior a velocidade de escoamento. Portanto, observa-se que a microbacia tende a não apresentar grandes velocidades de escoamento, reduzindo os riscos de enchentes (Feltran Filho e Lima, 2007).

As classes de relevo plano e suave ondulado, abrangem 71,87% da área total da microbacia e são comuns em regiões com Latossolos na microbacia. Essa característica influencia a distribuição do escoamento superficial, que geralmente ocorre de forma uniforme, favorecendo a formação da rede de drenagem do tipo dendrítico. O padrão de drenagem dendrítico é comum em regiões planas

(Almeida-Filho *et al.*, 2010) de grande representação na microbacia do rio D'Alincourt.

3.2 Índice de desmatamento de 1985 a 2015

A cobertura de floresta da microbacia passou por constante redução de 1985 a 2005, havendo um acréscimo de área florestal até o ano de 2015 (Figura 6).

Em 1985 a microbacia apresentava 67,78% da área coberta com floresta nativa e 31,22% de área desmatada. O desmatamento ocorrido até esse ano foi resultado do modelo de ocupação da região, visto que as propriedades eram distribuídas por meio de Projetos Integrados de Colonização do INCRA, geralmente com formato retangular (500 x 2.000 m), com área de 100 hectares, sendo a parte frontal separada por linhas vicinais sobre as quais foram estabelecidas as vias de acesso com estradas de terra (Henriques, 1984; Coy, 1988; Cim, 2002; Cunha e Moser, 2010).

A Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Brasil, 1965), vigente no início da época da ocupação das terras, exigia a manutenção de pelo menos 80% da cobertura florestal para propriedades situadas na Amazônia Legal. Neste contexto, verifica-se que em menos de duas décadas a vegetação correspondente a Reserva Legal já havia sofrido alterações, deixando claro que em muitos casos essa Lei foi desconsiderada. A revisão do Código Florestal em 2012 atualizou a cobertura florestal, mesmo em reservas legais como nas áreas de preservação permanente (APP).

No início da colonização a agricultura era voltada principalmente para cultivo de arroz, feijão e milho (ciclo curto) e café (ciclo longo) (Oliveira, 2016), contudo, ainda na primeira década de colonização houve mudança de uso do solo, com substituição de extensas áreas de

produção agrícola por pastagem (GTA, 2008). Essa mudança ocorreu devido a venda dos lotes para fazendeiros, resultando na concentração de terra acompanhada de crescimento no desmatamento (Coy, 1988; Cim, 2002). Diante deste cenário, o Banco Mundial sugeriu a redução do tamanho dos lotes, a fim de abrigar maior número de famílias e desencorajar o uso da terra para cultivo de pastagem (Fearnside, 1987).

Após 10 anos de exploração (1995), o desmatamento atingiu 61,52%, chegando a ultrapassar a área de floresta nativa que foi de 38,48%. Esses resultados estão atrelados a venda dos lotes para terceiros, provavelmente para formação de fazendas para criação de gado, visto que no ano de 1993, apenas 34,00% dos proprietários rurais que receberam lotes originais junto ao INCRA, ainda detinham o título definitivo emitido por essa instituição (Oliveira, 2016).

No ano de 2005 a área desmatada ocupava 75,96% da microbacia, confirmando um desmatamento crescente desde o ano de 1985. Esse pico de desmatamento culminou com a recuperação do plano real, que aumentou o crédito agrícola, incentivou a aquisição de grandes quantidades de terras para uso futuro do solo, ampliando as áreas desmatadas (Fearnside, 2005). Como resultado, houve grandes alterações ao meio ambiente, principalmente em relação às áreas de matas ciliares, com exposição dos solos a processo de erosão, arraste de sedimentos e assoreamento de cursos d'água (Vendruscolo, 2012).

É interessante salientar que no ano de 1999, mais de 70% das matas ciliares da microbacia do rio D'Alincourt estavam desmatadas, comprometendo a quantidade da água disponível para área urbana do município de Rolim de Moura, uma vez que esta micro-

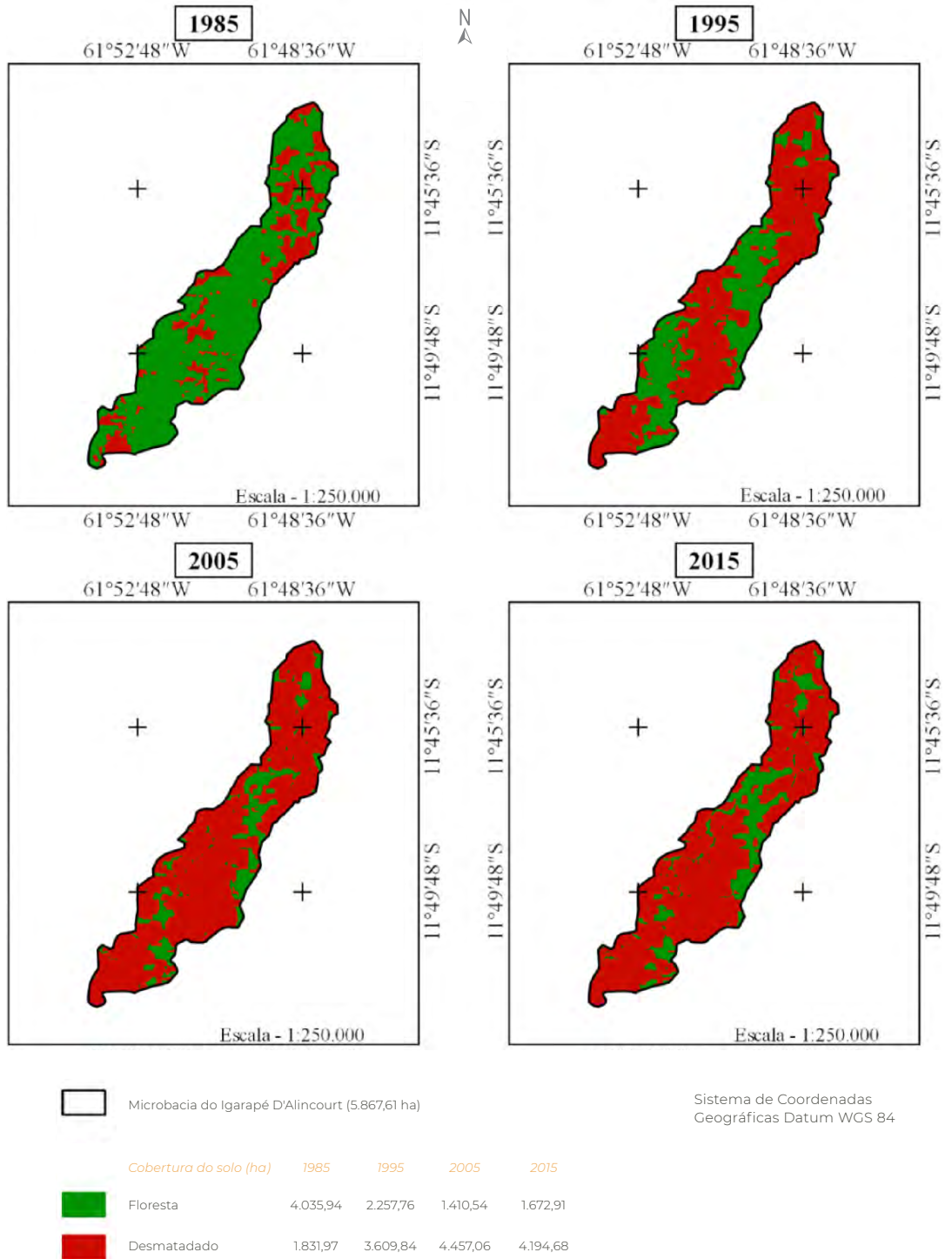


Figura 6 Cobertura do solo nos anos de 1985, 1995, 2005 e 2015, na microbacia do rio D'Alincourt, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

bacia era o único ponto de captação de água (Oliveira, 2016). Diante da redução da vazão ao ponto de atingir valor zero no ano de 2005, reflexo este dado pela intensidade da seca ocorrido neste período, a Companhia de Águas e Esgoto de Rondônia (CAERD) optou por aumentar o número de pontos de captação de água, instalando outra central de captação no rio Manicoré, no ano de 2012.

Em 2004, devido a seriedade do problema com escassez hídrica, também surgiram iniciativas de recuperação da mata ciliar do rio D'Alincourt, por parte de uma ação conjunta envolvendo o ministério público, poder judiciário, a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), o Departamento

de Agronomia da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e os proprietários dos lotes da microbacia. Esta ação resultou na realização de um diagnóstico socioambiental, e, posteriormente em um projeto de recuperação para as matas ciliares da referida microbacia, cujo plantio de espécies arbóreas nativas iniciou-se em novembro de 2008.

No ano de 2015 constatou-se 28,51% de cobertura florestal e 71,49% de área desflorestada, indicando, portanto, um aumento de 262,37 hectares de floresta (4,47%), de 2005 a 2015. Este resultado está relacionado principalmente com a recuperação de áreas de matas ciliares, proveniente do projeto de recuperação do rio D'Alincourt (Figura 7).

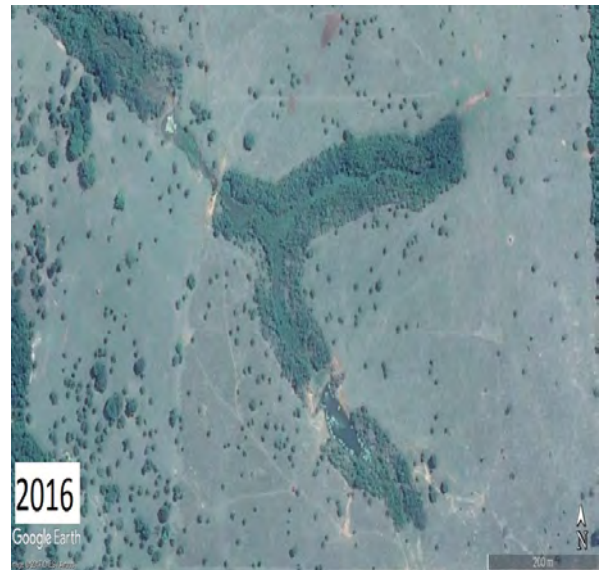


Figura 7 Recuperação da área de mata ciliar no rio D'Alincourt, de 2008 a 2016 (Latitude: 11° 45.519'S; Longitude: 61° 48.186'W; Altitude: 242 m), no município de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. *Fonte:* Google Earth Pro (2017)

4. Conclusões

A microbacia do rio D'Alincourt tem baixa propensão a enchentes, alta suscetibilidade ao acúmulo de sedimentos e elevado potencial para o uso de sistemas agropecuários e florestais integrados com manejos conservacionistas. Houve um acúmulo do desmatamento na microbacia que ocorreu de forma crescente de 1985 a 2005. Porém, no ano de 2015, foi registrado um aumento da cobertura florestal, em relação à 2005, impulsionado por projetos de recuperação das áreas de preservação permanente.

5. Agradecimento

Ao Laboratório de Geotecnologia – LabGeotec e ao grupo de pesquisa em Geoprocessamento e Meio Ambiente – GEOMA, Universidade Federal de Rondônia, campus de Rolim de Moura por disponibilizar o espaço e equipamentos para o processamento e análise dos dados. Ao professor doutor Trent Biggs pelas contribuições inestimáveis para elevar a qualidade do trabalho.

5. Referências citadas

- ALMEIDA-FILHO, R.; IBANEZ, D. M. e F. P. MIRANDA. 2010. “Interpretação morfoestrutural com dados SRTM no auxílio à exploração petrolífera: um exemplo na bacia sedimentar do Amazonas”. *Revista Brasileira de Geofísica*, 28(1): 89-98.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. & G. SPAROVEK. 2014. “Köppen’s climate classification map for Brazil”. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M. D. P. e P. T. A. CASTRO. 2016. “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*, 33(2): 117-124.
- BEGON, M.; COLIN, R. & J. L. H. TOWNSEND. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing. Oxford.
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- BRASIL. 1965. Lei n°. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. In: Diário Oficial dos Estados Unidos do Brasil n°. 117, ano CIII, Seção I, Parte I, Brasília, 16 de setembro de 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm>. [Consulta: janeiro, 2017].
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. F. B. e S. V. MARTINS. 2006. “Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ”. *Revista Árvore*, 30(2): 241-248.
- CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; HILGERT, L. M. S. e A. S. MOTA. 2015. “Impacto da colonização na Zona da Mata Rondoniense, Amazônia Ocidental-Brasil”. *Revista Geográfica Venezuelana*, 56(1): 41-57.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. *Geomorfologia*. Editora Edgard Blucher. São Paulo, Brasil.
- CIM, S. 2002. “O processo migratório de ocupação no estado de Rondônia–visão histórica”. *Revista Primeira Versão*, 104: 12.

- COY, M. 1988. “Desenvolvimento regional na periferia amazônica. Organização do espaço, conflitos de interesses e programas de planejamento dentro de uma região de ‘fronteira’: o caso de Rondônia”. *Fronteiras*, 167-194. Universidade de Brasília, Brasil.
- CUNHA, E. T. e L. M. MOSER. 2010. “Os projetos de colonização em Rondônia”. *Revista Labirinto*, 14: 124-151.
- FEARNSIDE, P. M. 1987. “Distribuição de solos pobres na colonização de Rondônia”. *Ciência Hoje*, 6(33): 74-78.
- FEARNSIDE, P. M. 2005. “Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências”. *Megadiversidade*, 1(1): 113-123.
- FELTRAN FILHO, A. e E. F. LIMA. 2007. “Considerações morfométricas da bacia do rio Uberabinha-Minas Gerais”. *Sociedade & Natureza*, 19(1): 65-80.
- GOOGLE EARTH PRO V 7.1.5.1557. (Julho 20, 2017). Rondônia, Brasil. 11° 45.519'S, 61° 48.186'W, altitude de 242 m. *DigitalGlobe* 2017. Disponível em: <<http://www.earth.google.com>>. [Consulta: junho, 2017].
- GRUPO DE TRABALHO AMAZÔNICO (GTA). 2008. *O fim da floresta? A devastação das Unidades de Conservação e Terras Indígenas no estado de Rondônia*. Porto Velho, Rondônia, Brasil.
- HENRIQUES, M. H. 1984. *A política de colonização dirigida no Brasil: um estudo de caso, Rondônia*. DEGEO/IBGE. Brasil.
- 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 NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). 2017. *Prodes - desflorestamento nos estados da Amazônia Legal*. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital>>. [Consulta: junho, 2017].
- JENSON, S. K. & J. O. DOMINGUES. 1988. “Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis”. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(11): 1.593-1.600.
- KENT, K. M.; WOODWARD, D. E.; HOEFT, C. C.; HUMPAL, A. & G. CERRELLI. 2010. *Time of concentration*. In: *PART 630 Hydrology National Engineering Handbook*. 15.1-15.15. United States Department of Agriculture. Washington DC, USA.
- KIRPICH, Z. P. 1940. “Time of concentration in small agricultural watersheds”. *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.
- MANSIKKAMÄKI, H. 1972. “Regional differences in the sinuosity of rivers in Finland”. *International Journal of Geography*, 118(1): 1-33.
- MERKEL, W. H.; KAUSHIKA, R. M. & E. GORMAN. 2008. “NRCS GeoHydro – A GIS interface for hydrologic modeling”. *Computers & Geosciences*, 34(8): 918-930.
- OLIVEIRA, J. N. A. 2016. “Associação Núcleo de Estudo de Proteção de Bacias Hidrográficas Amazônicas Olho D'água”. *Revista Rolim de Moura Capital da Zona da Mata*. 1: 47-48.
- OLIVEIRA, S. N.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; SILVA, T. M.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F. e N. C. SILVA. 2007. “Delimitação automática de bacias de drenagens e análise multivariada de atributos morfométricos usando modelo digital de elevação hidrologicamente corrigido”. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 8(1): 2-21.

- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-409.
- PAULA, S. C.; LUZ, L. H. B. P.; RIQUELME, A. M. e R. STACIHW. 2015. "Morfometria da bacia hidrográfica do rio Anta Atirada, Rolim de Moura-RO". In: N. CARAMELLO; R. STACIHW e M. PENHA. *Amazônia desafios e perspectivas para gestão das águas*. Curitiba, Brasil.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geographi Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. [Consulta: junho, 2017].
- SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T. e N. W. DIAS. 2012. "Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil". *Revista Ambiente & Água*. 7(3): 195-211.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. e S. H. SHIMIZU. 2013. *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 badlands at Perth Amboy, New Jersey". *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646.
- SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE RONDÔNIA (SEDAM). 2010. *Boletim Climático do Estado de Rondônia*. v. 4. Porto Velho, Rondônia, Brasil.
- SILVA, Q. D. 2012. *Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão*. Departamento de Geografia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, Brasil. Tese de Doutorado em Geografia.
- SISTEMA DE PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA (SIPAM). 2006. *Pedologia: Rolim de Moura - RO*. SIPAM-CTO, Escala 1:250.000. Porto Velho, Brasil.
- STRAHLER, A. N. 1957. "Quantitative analysis of watershed geomorphology". *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6): 913-920.
- TUCCI, C. E. M. 2007. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. Editora da Universidade do Rio Grande do Sul/ABRH. Porto Alegre, Brasil.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*. Disponível em: earthexplorer.usgs.gov. [Consulta: janeiro, 2017].
- VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T. M.; STORINO, M.; AMARAL, B. D.; MENDES JÚNIOR, J. N. & D. LIMA. 2006. "Modeling small watersheds in Brazilian Amazônia with SRTM-90m data". *Computers & Geosciences*, 32(8): 1.169-1.181.
- VENDRUSCOLO, J. 2011. *Mapeamento da bacia hidrográfica e proposta de pagamento por serviços ambientais em função da área de mata ciliar, brejosa e espelho d'água do Igarapé D'Alincourt – Rolim de Moura/RO*. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil. Trabalho de Especialização em Gestão Florestal.
- 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.
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.

Hidrogeomorfometria e desmatamento

na microbacia do rio Manicoré,
Amazônia Ocidental, Brasil

Hidrogeomorfometría y deforestación
en la microcuenca del río Manicoré,
Amazonia Occidental, Brasil

Hydrogeomorphometry and deforestation
in the Manicoré River microbasin,
Western Amazon, Brazil

Jhony Vendruscolo

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Diogo Martins Rosa

Rosalvo Stachiw

Rodrigo Vendruscolo

Aline da Silva Siqueira

Trent Biggs

Resumo

O conhecimento das características morfométricas e cobertura do solo são essenciais para o desenvolvimento de planos que visem à compreensão dos processos hidrológicos. Objetivou-se caracterizar a morfometria e avaliar o índice de desmatamento na microbacia do rio Manicoré. Utilizou-se imagens Alos (sensor Palsar) para altitude e relevo, e imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 para avaliar a cobertura do solo, para os anos de 1985, 1995, 2005 e 2015. A microbacia tem padrão de drenagem dendrítico de 5ª ordem, com alta densidade de drenagem, 2,96 nascentes km⁻², drenagem sinuosa com tempo de concentração de 7 horas e 48 min. O desmatamento foi crescente de 1985 a 2005, porém ocorreu incremento em área florestal de 2005 a 2015, principalmente em áreas de matas ciliares. A microbacia tem baixa suscetibilidade a inundações, porém em função do tamanho da área antropizada, são necessárias técnicas de conservação.

Palavras-chave: cobertura do solo; recursos hídricos; planejamento ambiental; microbacia.

Resumen

El conocimiento de las características morfométricas y cobertura del suelo son esenciales para el desarrollo de planes para la comprensión de los procesos hidrológicos. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la morfometría y evaluar el índice de deforestación en la microcuenca del río Manicoré. Se utilizaron imágenes Alos (sensor Palsar) para altitud y relieve, e imágenes de los satélites Landsat 5 y Landsat 8 para evaluar la cobertura del suelo, para los años 1985, 1995, 2005 y 2015. La microcuenca tiene un patrón de drenaje dendrítico de 5º orden, con alta densidad de drenaje, 2,96 nacientes km², drenaje sinuoso con tiempo de concentración de 7 horas y 48 min. La deforestación fue creciente de 1985 a 2005, pero hubo un incremento del área forestal entre 2005 y 2015, principalmente en áreas de bosques de ribera. La microcuenca tiene baja susceptibilidad a inundaciones, pero en función del tamaño del área antropizada, son necesarias técnicas de conservación.

Palabras clave: cobertura del suelo; recursos hídricos; planificación ambiental; microcuenca.

Abstract

Knowledge of the morphometric characteristics and land cover are essential for the development of plans that aim at understanding hydrological processes. The objective was to characterize the morphometry and to evaluate the rate of deforestation in the microbasin of the Manicoré River. Images (Palsar sensor) were used for altitude and relief, and images of the Landsat 5 and Landsat 8 satellites were used to evaluate soil cover for the years 1985, 1995, 2005 and 2015. The microbasin has a dendritic drainage, pattern of 5th order, with high drainage density, 2.96 water source km², sinuous drainage with concentration time of 7 hours and 48 min. Deforestation increased from 1985 to 2005, but there was an increase in forest area from 2005 to 2015, mainly in areas of riparian forests. The microbasin has low susceptibility to flooding, but due to the size of the anthropic area, conservation techniques are necessary.

Key words: soil cover; water resources; environmental planning; microbasin.

1. Introdução

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água das chuvas, formada por um conjunto de vertentes e uma rede de drenagem, que direciona o fluxo hídrico para um único ponto de saída (exutório), (Tucci, 1997). Esta área é a unidade ideal para gestão dos recursos hídricos (Brasil, 1997), por regular a dinâmica ecológica do ecossistema (Mosca, 2003). As bacias são compostas por sub-bacias, formadas pelos rios afluentes que alimentam o curso principal, que por sua vez são constituídas por microbacias, formadas pelos rios tributários que alimentam os afluentes (Faustino, 1996; Santana, 2003).

A remoção da vegetação nativa para implantação de sistemas agropecuários é um dos principais fatores que modificam a paisagem na região da Zona da Mata no estado de Rondônia (Cavalheiro *et al.*, 2015). Essa prática pode ocasionar problemas aos recursos hídricos, com a ‘morte de rios’, que se tornam ativos somente na estação chuvosa (Valente, 2011), em função do aumento da compactação da camada superficial do solo e redução dos teores de matéria orgânica, que diminuem a taxa de infiltração e armazenamento de água no perfil do solo (Reichert *et al.*, 2007).

O Código Florestal do Brasil estabelece Áreas de Preservação Permanente (APP) em zonas ripárias (Brasil, 2012), contudo é comum observar desmatamentos nestas áreas, como descrito por Nunes *et al.* (2015) no estado do Pará, demonstrando que a legislação nem sempre é respeitada. Em outros estados da região amazônica, como Rondônia, o monitoramento de desmatamento nas APPs está melhorando com a implementação de sistemas de informações geográficas (SIG). No entanto, a variabilidade espacial na taxa de desmatamento nas APP's em comparação

com áreas fora de APPs não foi documentado. Além da cobertura do solo, constata-se que as características morfométricas da bacia também influenciam os processos de infiltração, escoamento superficial, evapotranspiração e armazenamento de água e, portanto, a dinâmica hídrica do sistema (Cardoso *et al.*, 2006). Essas informações são essenciais para o planejamento do manejo a ser adotado, visando o aumento da produtividade agropecuária juntamente com a preservação e conservação dos recursos hídricos.

O SIG, sensoriamento remoto e geoprocessamento são constantemente utilizados para avaliar a cobertura do solo e a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas, como pode ser observado na literatura (Calil *et al.*, 2012; Ferrari *et al.*, 2013; Piontekowski *et al.*, 2014; Cavalheiro *et al.*, 2015). Essas ferramentas permitem o monitoramento e a obtenção de informações de grandes áreas, e suas principais vantagens são o tempo rápido para aquisição de dados e o baixo custo financeiro.

Portanto, este trabalho teve o objetivo de avaliar o desmatamento e a caracterização morfométrica da microbacia do rio Manicoré com uso das geotecnologias, no município de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

2. Material e métodos

2.1 Localização e características da área de estudo

O trabalho foi realizado na microbacia do rio Manicoré, inserida no município de Rolim de Moura, no estado de Rondônia (Figura 1).

A região tem clima do tipo Am (Monção), (Alvares *et al.*, 2014), com precipitação anual de 1.731 mm, concentrada principalmente nos meses de janeiro a março, temperatura média anual 25,3 °C (SEDAM, 2012). A vegetação

nativa é classificada como floresta ombrófila aberta, com presença de cipós e palmeiras (IBGE, 2012).

2.2 Caracterização morfométrica

Foram analisados os parâmetros: área, perímetro, altitude, relevo, fator de forma (F), coeficiente de compacidade (Kc), índice de circularidade (Ic), padrão de drenagem (Pd), ordem dos cursos d'água, densidade de drenagem (Dd), densidade de nascentes, índice de sinuosidade (Is) e tempo de concentração (Tc), (Tabela 1).

A microbacia foi delimitada utilizando software QGIS 2.10.1 (versão Pisa), (QGIS Development Team, 2015) e o complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM), tendo como base imagem altimétrica do satélite Alos (Sensor Palsar - *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*), com resolução espacial de 12,5 m (ASF, 2017). Posteriormente, o limite da microbacia foi ajustado

com base nas imagens do *Google Earth Pro*, considerando a rede de drenagem e os sulcos naturais do terreno. A área e o perímetro foram calculados utilizando a ferramenta 'Calculadora de campo'.

A rede de drenagem foi delimitada manualmente no *Google Earth Pro*[®], e salva no formato kml (*Keyhole Markup Language*); posteriormente, realizou-se a classificação da ordem dos cursos d'água manualmente no software *GPS Track Maker free* (versão 13.9.596), (Ferreira Junior, 1998).

Os valores dos parâmetros F, Kc, Ic, Dd e Is, foram classificados com base na literatura (Tabela 2).

Os valores de altitude mínimo, médio e máximo, e o relevo foram mensurados utilizando imagem Alos e o software QGIS, porém, com procedimentos diferentes. As altitudes mínima e máxima foram obtidas diretamente da imagem, a altitude média foi obtida com a ferramenta 'Estatística por zona', e o relevo

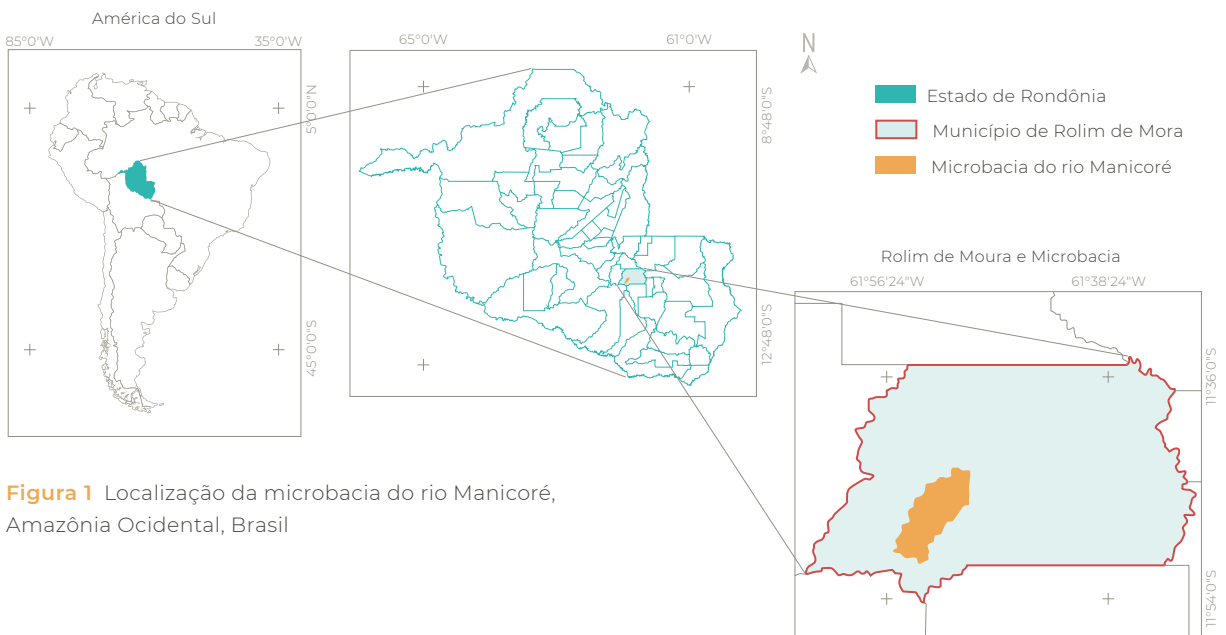


Figura 1 Localização da microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil

Tabela 1 Descrição dos parâmetros morfométricos determinados para microbacia do rio Manicoré

Parâmetro	Equação	Descrição	Autor
Características geométricas e de relevo			
Área (km ²)	*	Área em projeção horizontal delimitada por seus divisores topográficos	-
Perímetro (km)	*	Comprimento da linha divisora de águas que limita a bacia hidrográfica	-
Altitude (m)	*	É a distância vertical medida entre um determinado ponto e o nível médio do mar	1
Relevo	*	É uma feição contínua e tridimensional da paisagem, representado por pontos cotados	1
Fator de forma (F)	$F = A/L^2$	A: área de drenagem (km ²); e L: comprimento do eixo da bacia (km)	2
Coefficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28x P/\sqrt{A}$	P: perímetro (km); e A: área de drenagem (km ²)	2
Índice de circularidade (Ic)	$IC = (12,57 xA)/p^2$	A: área de drenagem (km ²); e P: perímetro (km)	3
Características da rede de drenagem			
Padrão de drenagem	*	Aspecto do traçado do conjunto dos talwegues da bacia hidrográfica	4
Ordem dos cursos d'água	*	É a ordenação dos cursos d'água: 1ª ordem são canais sem tributários; 2ª ordem é formado pela junção de dois canais de 1ª ordem; 3ª ordem é formado pela junção de dois canais de 2ª ordem; e assim sucessivamente	5
Densidade de drenagem (Dd) (km km ⁻²)	$Dd = L/A$	L: comprimento total dos canais (km); e A: área de drenagem total (km ²)	5
Densidade de nascentes (Dn)	$Dn = Nn/A$	Nn: número de nascentes; e A: área de drenagem total (km ²)	6
Índice de sinuosidade (Is) (%)	$Is = [100 x (L-Ev)] / L$	L: comprimento do rio principal (km); e Ev: distância vetorial entre os pontos extremos do talvegue (km)	2
Tempo de concentração (Tc) (h)	$Tc = [0,87 x \left(\frac{L^3}{H}\right)]^{0,385}$	L: comprimento do talvegue principal (km); e H: desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (km)	7

1. Veiga *et al.* (2012); 2. Villela e Mattos (1975); 3. Schumm (1956); 4. Parvis (1950); 5. Horton (1945); 6. Machado e Souza (2005); 7. Kirpich (1940). * Dados obtidos por geoprocessamento

Tabela 2 Valores de referência para classificação de parâmetros geométricos e de drenagem

Parâmetro	Limite	Classe	Autor
Fator de forma (F)	< 0,50	Não sujeito a enchentes	1
	0,50 – 0,75	Tendência mediana a enchentes	
	0,76 – 1,00	Sujeito a enchentes	
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,00 – 1,25	Alta propensão a enchentes	1
	1,26 – 1,50	Tendência mediana a enchentes	
	> 1,50	Não sujeito a enchentes	
Índice de circularidade (Ic)	0,36 – 0,50	Forma alongada	2
	0,51 – 0,75	Forma intermediária	
	0,76 – 1,00	Forma circular	
Densidade de drenagem (Dd)	< 0,50	Baixa	3
	0,50 – 2,00	Média	
	2,01 – 3,50	Alta	
	> 3,50	Muito alta	
Índice de sinuosidade (Is)	< 20	Muito reto	4
	20 – 29	Reto	
	30 – 39,9	Divagante	
	40 – 49,95	Sinuoso	
	> 50	Muito sinuoso	

1. Lima Júnior et al. (2012); 2. Silva (2012); 3. Beltrame (1994); 4. Romero et al. (2017)

com a ferramenta ‘Modelo Digital de Elevação’ (MED). Posteriormente, o relevo foi classificado de acordo com a declividade: plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%) e montanhoso (45-75%), (Santos et al., 2013).

2.3 Índice de desmatamento

O índice de desmatamento foi realizado na microbacia e nas áreas de preservação permanente dos cursos d’água e nascentes, levando-se em consideração os anos de 1985, 1995 e 2005, com imagens do satélite Landsat 5 (resolução espacial de 30 m, resolução radiométrica de 8 bits e bandas 3 e 4), e o ano de 2015, com imagens do satélite Landsat 8 (resolução

espacial de 30 m, resolução radiométrica de 16 bits e bandas 4 e 5). As imagens, localizadas na órbita 231 e ponto 68 (USGS, 2017), correspondem aos meses de agosto a setembro, por terem a menor incidência de nuvens.

Para cada ano foi calculado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), (Equação 1), (Rouse, 1973), que leva em consideração a densidade de cobertura vegetal. Para esta mensuração utilizou-se o software QGIS.

$$NDVI = \frac{IP - V}{IP + V} \quad (1)$$

Onde: IP: infravermelho próximo (B4 = Landsat 5; B5 = Landsat 8); V: vermelho (B3 = Landsat 5; B4 = Landsat 8).

Para auxiliar na classificação, realizou-se uma correlação dos pixels com as classes de cobertura utilizando observações de campo, com pontos de controle georreferenciados com GPS 60CSx (20 amostras controle). Para a delimitação das APP's considerou-se a faixa de 50 m em raio na nascente e 30 m em cada lado dos cursos de água, visto que não ultrapassam 10 m de largura (Brasil, 2012).

3. Resultados e discussão

3.1 Características morfométricas

A microbacia do rio Manicoré tem área de 80,1725 km², perímetro de 52,56 km, altitudes mínima, média e máxima de 225, 278 e 440 m, respectivamente (Figura 2). A altitude

é um fator ambiental que influencia no ciclo hidrológico da região, por estar relacionada com a temperatura, sendo observado que em áreas de baixas altitudes, como a da microbacia em estudo, tem-se maiores temperaturas e conseqüentemente, maior evapotranspiração (Castro Junior, 2001). Este fator também influencia a distribuição espacial das espécies em florestas nativas (Figueiredo *et al.*, 2015), e de interesse agropecuário (EMBRAPA, 1997), portanto, pode ser utilizado para auxiliar na seleção de espécies para recuperação de áreas degradadas ou de interesse econômico.

O relevo da microbacia variou de plano a montanhoso, com predominância dos relevos suave ondulado, ondulado e plano, respectivamente (Figura 3). Esses resultados demonstram

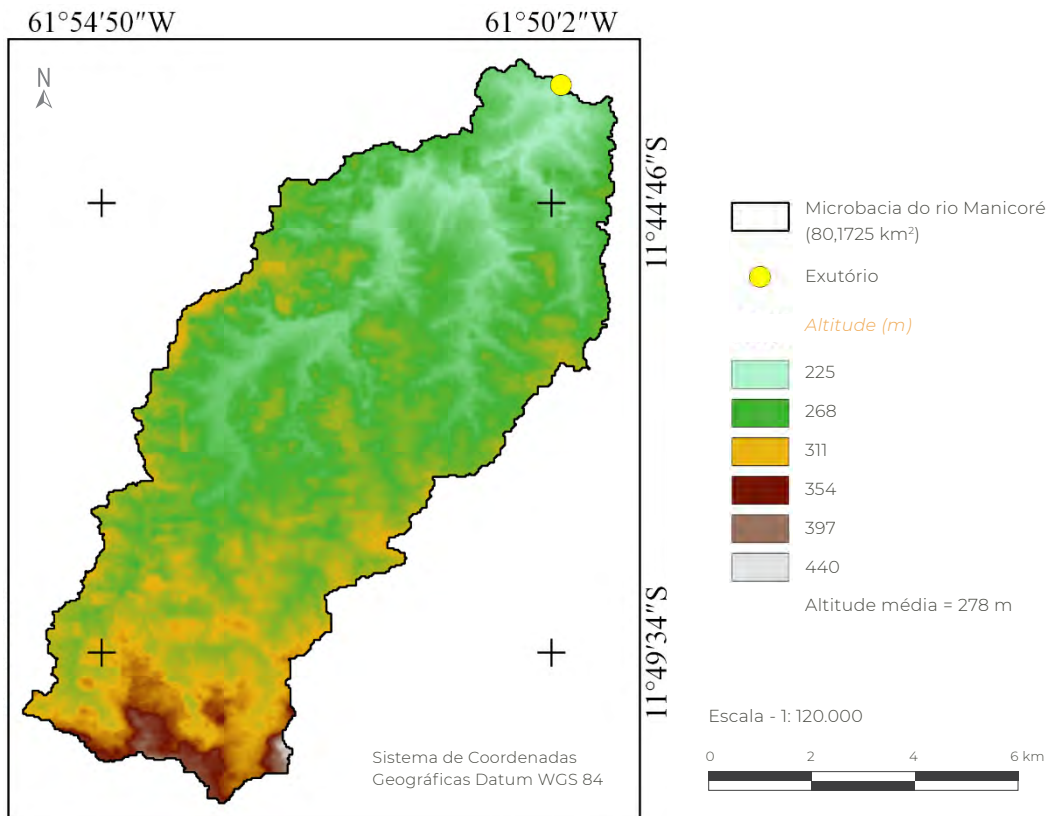


Figura 2 Hipsometria da microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil

que a microbacia tem 99,9% de sua área considerada como de uso irrestrito pela legislação florestal brasileira (Brasil, 2012). No relevo da área, de certo modo, pode ser implementado sistemas agropecuários, silvícolas, silvipastoris e agroflorestais, desde que sejam respeitadas as áreas de preservação permanente (ex. cursos de água e nascentes). Nestes sistemas recomenda-se o uso de práticas mecânicas, vegetativas e edáficas, de preferência integradas, para reduzir as perdas de solo, nutrientes e matéria orgânica, visto que a região apresenta alta pluviosidade.

Os resultados de relevo assemelham-se aos encontrados nas microbacias dos rios D'Alincourt (município de Rolim de Moura, RO), (Silva, 2017), Tinguí (município de Alta Flo-

resta D'Oeste, RO), (Santos, 2017), Conceição (município de São Francisco do Guaporé, RO), (Siqueira *et al.*, 2018) e Bananeiras (município de Seringueiras, RO), (Johem *et al.*, 2018), demonstrando que a região tem relevo plano a ondulado. Nas áreas de relevo plano, ocorre a redução do escoamento superficial, por favorecer a infiltração de água, diminuindo a magnitude de enchentes (Silva *et al.*, 2014).

Com relação ao fator de forma, coeficiente de compacidade e índice de circularidade, observou-se valores de 0,32, 1,64 e 0,36 respectivamente, indicando que a microbacia tem forma alongada e não está sujeita a enchente. O formato alongado reduz o risco de enchente por elevar o tempo necessário para que toda a área contribua na microbacia. Resultados

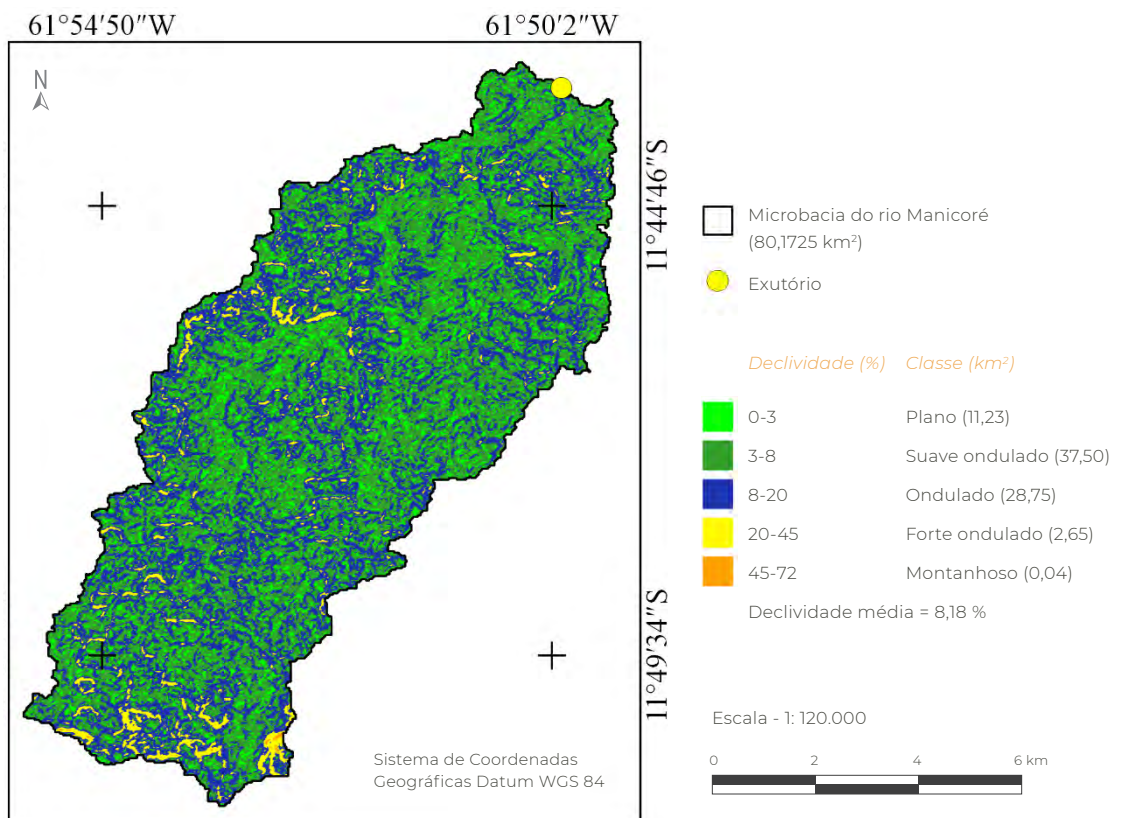


Figura 3 Relevo da microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil

semelhantes foram encontrados por outros autores em microbacias próximas a área de estudo (Johem *et al.*, 2018; Silva, 2017; Siqueira *et al.*, 2018), inclusive para dados de relevo, sugerindo que essas características são comuns em áreas de relevo plano a suave ondulado.

O padrão de drenagem é caracterizado como dendrítico de 5ª ordem (Figura 4), indicando que o sistema de drenagem da microbacia é bem ramificado, corroborando com resultados observados por Santos (2017), na microbacia do rio Tinguí. O elevado número de ordens desta microbacia está diretamente relacionado com as características do relevo, visto que, em áreas com baixas declividades não há caminhos preferenciais de escoamento superficial, tendendo a criar vários canais de drenagem.

A densidade de drenagem da microbacia é de $2,31 \text{ km km}^{-2}$, considerada alta. Esse resultado está associado com a predominância de relevo plano a ondulado, como discutido anteriormente, e demonstra o potencial hídrico da região, tanto para o abastecimento de área urbana como para a área rural, destacando-se a implantação de sistemas de irrigação na agropecuária. Contudo, também se observa a necessidade de planejamento mais rigoroso para manutenção da quantidade e qualidade da água, por meio da conservação das áreas de matas ciliares.

A microbacia tem 237 nascentes, bem distribuídas em toda a área, resultando em uma densidade de $2,96 \text{ nascentes km}^{-2}$ (Figura 5).

O índice de sinuosidade tem valor de 47,49, classificado como divagante, ou seja, drenagem

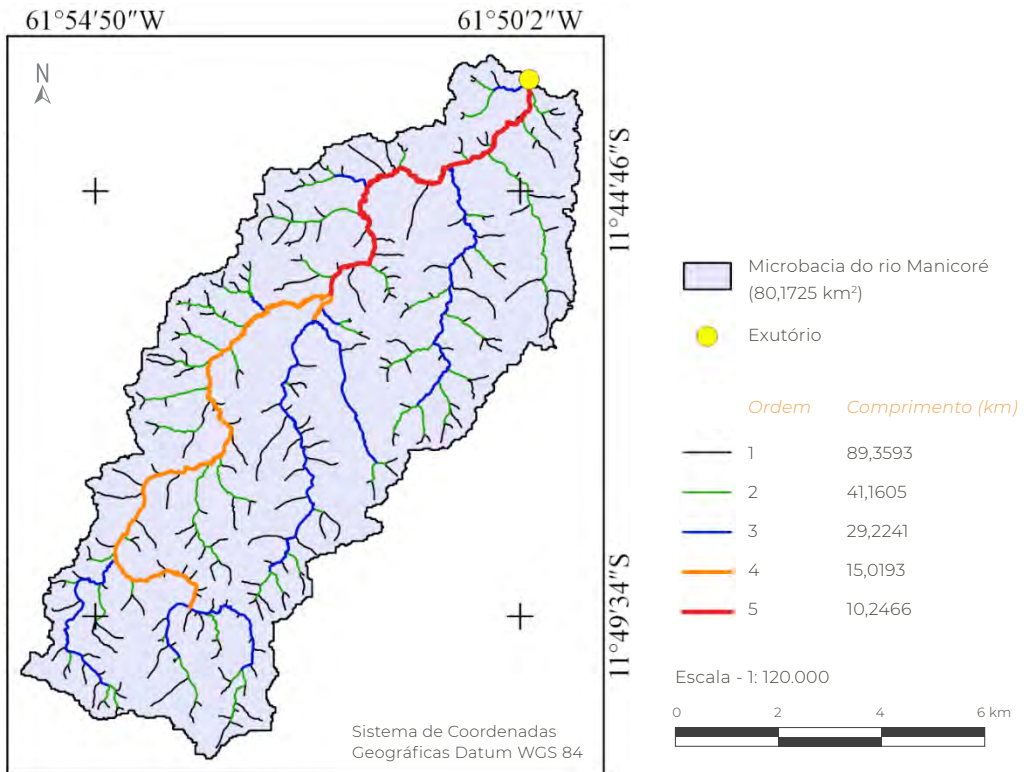


Figura 4 Ordem dos cursos d'água da microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil

lenta, explicando o elevado tempo de concentração, que foi de 7 h e 48 min. É interessante salientar que estas informações demonstram que a microbacia não deveria apresentar riscos de inundações em suas condições naturais (floresta original); contudo, constata-se elevações frequentes do volume de água no exutório e em pouco tempo. Esses eventos provavelmente ocorrem em função do elevado nível de antropização da região (Cavalheiro *et al.* 2015), e associado com manejo inadequado do solo, promove a compactação do solo e reduz o número de barreiras naturais, potencializando o escoamento superficial (Vendruscolo, 2012).

3.2 Índice de desmatamento de 1985 a 2015

A supressão da vegetação nativa ocorreu de 1985 a 2005, contudo, posteriormente ocorreu um incremento desta vegetação até o ano de 2015 (Figura 6). A elevação do desmatamento até o ano de 2005 está relacionado com o avanço da agropecuária na região (Cavalheiro *et al.* 2015). O aumento da área de cobertura florestal de 2005 a 2015 está associado a dois fatores: o primeiro é o incentivo ao plantio de espécies florestais para fins madeireiros, a exemplo da teca (*Tectona grandis* L.f.), e o segundo é a repercussão do projeto de recuperação das matas ciliares do rio D'Alincourt, microbacia localizada do lado direito da microbacia do rio Manicoré.

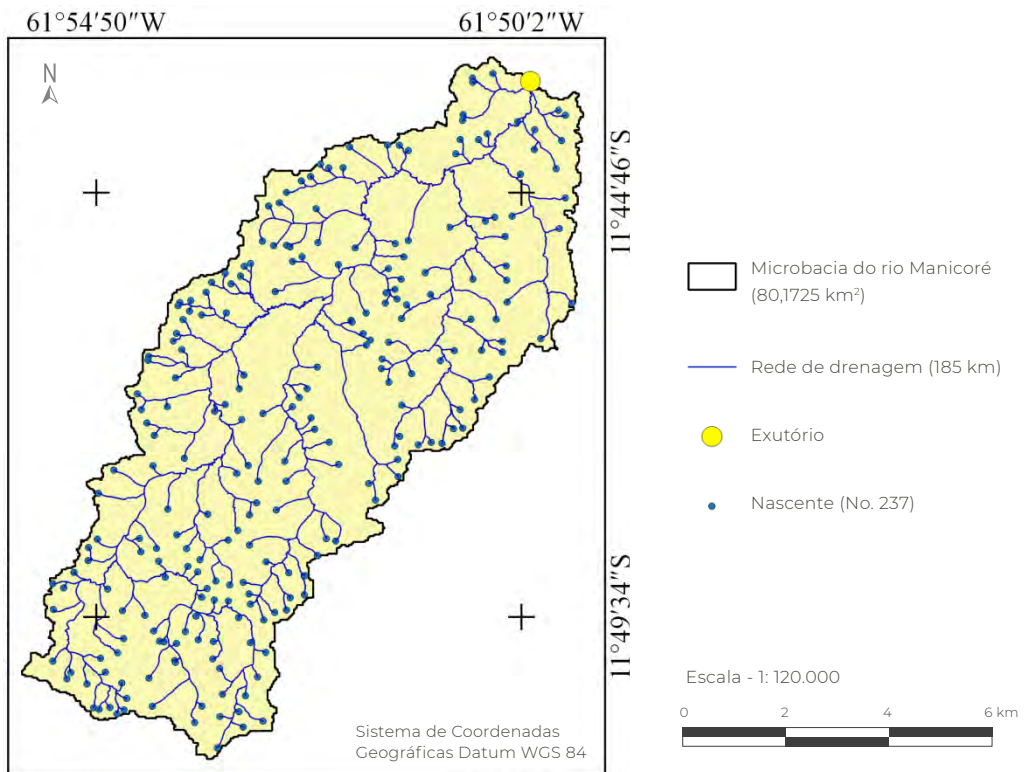


Figura 5 Nascentes na microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil

Na microbacia do rio D'Alincourt, responsável pela captação de água para abastecimento urbano do município de Rolim de Moura em 2005, executou-se um projeto de recuperação das florestas na zona ripária, através de uma parceria entre o Ministério Público (MP), Companhia de Águas e Esgotos do Estado

de Rondônia (CAERD), Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), a Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e a Organização Não Governamental (ONG) Eco-poré. Este projeto gerou grande repercussão na região, por envolver principalmente o MP e a SEDAM, que estavam cogitando a possibili-



Figura 6 Índice de desmatamento de 1985 a 2015 na microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil

dade de expandir o projeto para a microbacia do rio Manicoré, visto que na época estava previsto que esta área também seria destinada a captação de água para a área urbana do município de Rolim de Moura.

O aumento da área de vegetação nativa no ano de 2005 a 2015, ocorreu principalmente

nas áreas de matas ciliares (Figura 7). Resultados semelhantes também foram observado por Vendruscolo *et al.* (2017) na microbacia do rio Bumburro, município de Santa Luzia do Oeste - RO, e foi associado com o projeto 'Salve o rio Bumburro', executado na mesma época do projeto do rio D'Alincourt.

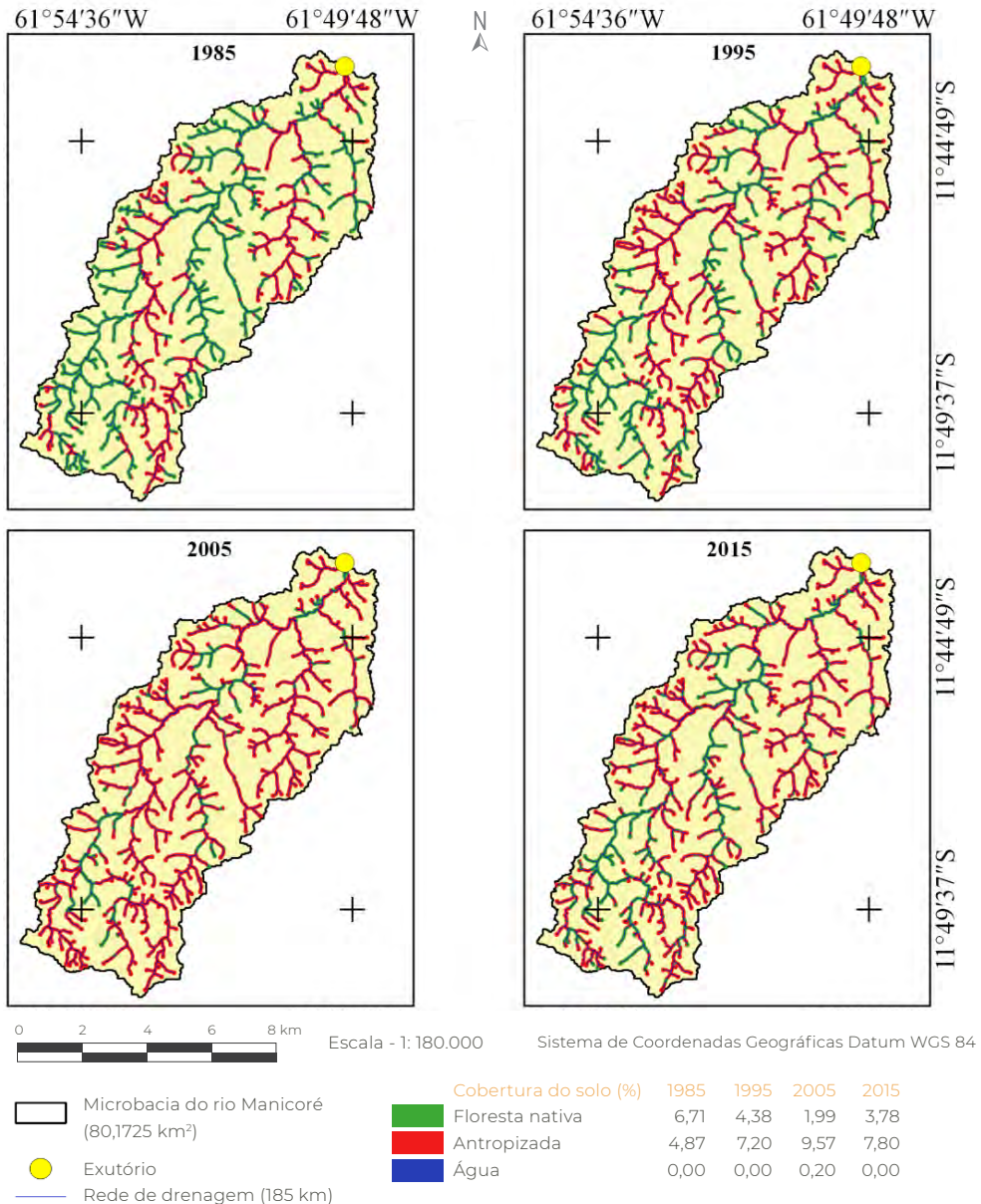


Figura 7 Dinâmica da cobertura do solo na zona ripária da microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil

Esse resultado indica uma possível melhora da qualidade da água, tanto nos aspectos quantitativos quanto nos qualitativos, visto que as matas ciliares atuam como filtro de partículas sólidas contendo impurezas e contaminantes, oriundos principalmente das atividades agropecuárias (Martins e Dias, 2001), e permitem o ancoramento das partículas de solo nas margens dos cursos de água através de uma rede formada pelos sistemas radiculares (Couto *et al.*, 2010).

Áreas florestais, quando comparadas com áreas de agropecuária, tendem a apresentar maior capacidade de infiltração e armazenamento de água (Bacellar, 2005), reduzindo os riscos de enchentes ao mesmo tempo que reduz os riscos de escassez hídrica, por possibilitar o abastecimento do lençol freático ao longo do ano. A maior capacidade de infiltração e retenção de água no solo está relacionada com a menor densidade do solo e maior teor de matéria orgânica nas áreas de florestas da região, como observado por Vendruscolo (2012), na microbacia do rio D'Alincourt.

4. Conclusão

As características morfométricas e de cobertura do solo na microbacia do rio Manicoré, indicam que esta área tem baixa suscetibilidade a inundações. Os resultados deste trabalho podem ser utilizados para orientar práticas de manejo para reduzir os riscos e auxiliar na formação de políticas públicas, que irão influenciar na manutenção da qualidade e quantidade de água na área urbana do município de Rolim de Moura e, também na necessidade de projeto de recuperação das matas ciliares. Investigações futuras devem tentar quantificar os efeitos da mata ciliar na qualidade de água e magnitude de enchentes, para determinar o valor de serviços ecossistêmicos da floresta.

4. Referências citadas

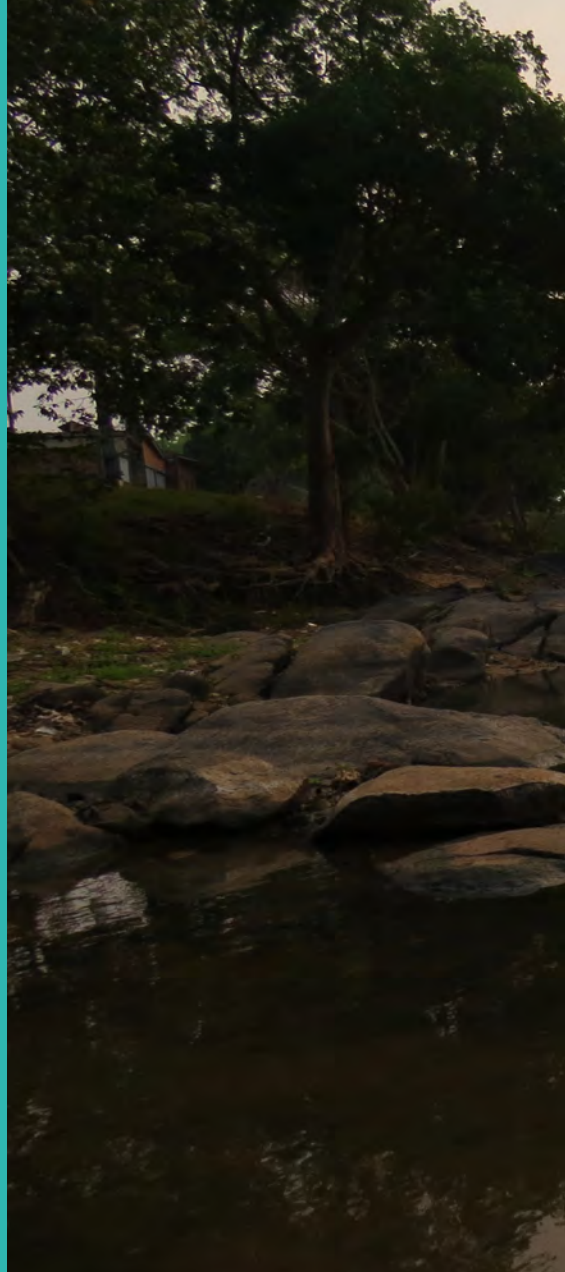
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. & G. SPAROVEK. 2014. "Köppen's climate classification map for Brazil". *Gerbrüder Borntraeger*, 22(6): 711-728.
- ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF). 2017. Disponível em: <<https://www.asf.alaska.edu/>>. [Consulta: setembro, 2017].
- BACELLAR, L. A. P. 2005. "O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas". *Geo.br*, 1: 1-39.
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- 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>. [Consulta: julho, 2017].

- BRASIL. 2012. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. [Consulta: dezembro, 2017].
- CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J. e V. A. OLIVEIRA. 2012. “Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(4): 433-442.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. F. B. e S. V. MARTINS. 2006. “Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ”. *Revista Árvore*, 30(2): 241-248.
- CASTRO JUNIOR., E. 2001. *O papel da fauna endopedônica na estruturação física dos solos e o seu significado para a hidrologia de superfície*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação Mestrado em Geografia.
- CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; SANTOS, L. M. H. e A. M. SANTOS. 2015. “Impacto da colonização na Zona da Mata Rondoniense, Amazônia Ocidental, Brasil”. *Revista Geográfica Venezolana*, 56(1): 41-57.
- COUTO, L.; GONÇALVES, W.; COELHO, A. T.; PAULA, C. C.; GARCIA, R.; AZEVEDO, R. F.; LOCATELLI, M. V.; ADVÍNCULA, T. G. L.; BRUNETTA, J. M. F. C.; COSTA, C. A. B.; GOMIDE, L. C. e P. H. MOTTA. 2010. “Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil”. *Boletim Técnico*, 001: 118.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). 1997. *Adubação verde: estratégias para uma agricultura sustentável*. Seropédica-RJ. Brasil.
- FAUSTINO, J. 1996. *Planificación y gestión de manejo de cuencas*. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- FERRARI, J.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R. e R. F. GARCIA. 2013. “Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES”. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8(2): 181-188.
- FERREIRA JUNIOR, O. 1998. *Geo Studio Tecnologia Ltda*. Belo Horizonte, MG - Brasil. Registro INPI nº 28.820. Disponível em: <<http://www.trackmaker.com/main/pt/>>. [consulta: outubro, 2017].
- 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.
- HORTON, R. E. 1945. “Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrographical approach to quantitative morphology”. *Geological Society of American Bulletin*, 56(3): 275-370.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2012. *Manual técnico da vegetação brasileira*. (2º ed.). Rio de Janeiro, Brasil.
- JOHEM, J.; BOONE, N. R. V.; SILVA, R. F. A.; LIMA, A. C. R.; VENDRUSCOLO, J. e D. M. ROSA. 2018. “Caracterização morfométrica da microbacia do rio Bananeira. Amazônia Ocidental”. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, 7(1): 42-50.
- KIRPICH, Z. P. 1940. “Time of concentration in small agricultural watersheds”. *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.

- LIMA JÚNIOR, J. C.; VIEIRA, W. L.; MACÊDO, K. G.; SOUZA, S. A. e F. A. L. NASCIMENTO. 2012. Determinação das características morfológicas 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).
- MACHADO, G. e J. SOUZA. 2005. Análise morfológica da bacia hidrográfica do rio Chôco-Ibaiti-PR. *X Encontro de Geógrafos de América Latina. Anais...* 8.366-8.382. São Paulo, Brasil (20 a 26 de março).
- MARTINS, S. V. e H. C. T. DIAS. 2001. "Importância das florestas para a qualidade e quantidade da água". *Revista Ação Ambiental*, 4(20): 14-16.
- MOSCA, A. A. O. 2003. *Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas*. Escola Superior de Agricultura 'Luis de Queiroz', Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais.
- NUNES, S. S.; BARLOW, J. O. S.; GARDNER, T. A.; SIQUEIRA, J. V.; SALES, M. R. & C. M. SOUZA. 2015. "A 22 year assessment of deforestation and restoration in riparian forests in the eastern Brazilian Amazon". *Environmental Conservation*, 42(3): 193-203. <http://doi.org/10.1017/S0376892914000356>.
- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- PIONTEKOWSKI, V. J.; MATRICARDI, E. A. T.; PEDLOWSKI, M. A. e L. C. FERNANDES. 2014. "Avaliação do desmatamento no estado de Rondônia entre 2001 e 2011". *Floresta e Ambiente*, 21(3): 297-306.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geographi Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S. e D. J. REINER T. 2007. "Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação". In: C. A. CERRETA; L. S. SILVA e J. M. REICHERT (Eds), *Tópicos em Ciência do Solo*. 5: 49-134. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- 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.
- ROUSE, J. 1973. Monitoring vegetation system in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of the Third ERTS Symposium, Goddard Space Flight Center*. (309-317). NASA, USA. (December).
- SANTANA, D. P. 2003. *Manejo integrado de bacias hidrográficas*. Sete Lagoas, Minas Gerais., Brasil. EMBRAPA, 62 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/486784/1/Doc30.pdf>. [Consulta: dezembro, 2017].
- SANTOS, L. P. 2017. *Índice de desmatamento e caracterização morfológica da micro-bacia do rio Tinguí, Amazônia, Brasil*. Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. e S. H. SHIMIZU. 2013. *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 badlands of Perth Amboy, New Jersey". *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646.

- SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE RONDÔNIA (SEDAM). 2012. *Meteorologia: Boletins climatológicos anuais*. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. Porto Velho, Brasil.
- SILVA, A. R.; SILVA, M. F. e L. C. A. SANTOS. 2014. "Caracterização morfométrica do rio Cacao - MA". *Revista Percurso*, 6(2): 141- 153.
- SILVA, A. F. 2017. *Caracterização morfométrica e índice de desmatamento na microbacia hidrográfica do igarapé D'Alincourt*. Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- SILVA, Q. D. 2012. *Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão*. Departamento de Geografia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, Brasil. Tese de Doutorado em Geografia.
- SIQUEIRA, A. da S.; LA TORRE, J. J.; PARREIRA, C. F.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M. e W. C. S. CAVALHEIRO. 2018. "Caracterização morfométrica na microbacia do rio Conceição, Rondônia". *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, 7(1): 59-67.
- TUCCI, C. E. M. 1997. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. (2 ed). Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH, v. 4) / Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>.
- VALENTE, C. R. 2011. Impacto do desmatamento do cerrado nos recursos hídricos superficiais. *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) 2.804-2.811*. Curitiba, Brasil.
- VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z. e P. L. FAGGION. 2012. *Fundamentos de topografia*. Universidade Federal do Paraná. Brasil.
- 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, Paraíba, Brasil. Dissertação de Mestrado em Manejo de Solo e Água.
- VENDRUSCOLO, J.; SILVA, A. F.; CAVALHEIRO, W. C. S.; STACHIW, R. e A. M. PEREZ MARIN. 2017. "Índice de desmatamento na bacia do rio Bamburro durante período de 1985 a 2015, Amazônia Ocidental, Brasil". *Revista Geográfica Venezolana*, 58(2): 378-393.
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.

Foto: Bacia do rio Machado
Autor: Rosalvo Stachiw





NOTAS e DOCUMENTOS

NOTAS y DOCUMENTOS
NOTES and DOCUMENTS

Seleção de limiares da ferramenta TauDEM

para caracterização de drenagens
em microbacias, Rondônia, Brasil

Selección de umbrales de la herramienta TauDEM para
caracterización de drenajes en microcuencas, Rondônia, Brasil

Selection of TauDEM thresholds for characterization
of drainage in microbasins, Rondônia, Brazil

Jhony Vendruscolo

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Resumo

Objetivou-se selecionar limiares para caracterizar a drenagem em microbacias de Rondônia. Nas microbacias dos rios Manicoré, Enganado e Tinguí, mensurou-se e comparou-se os resultados dos parâmetros número de ordem dos cursos d'água, comprimento da ordem, comprimento e densidade da drenagem, obtidos por dois métodos. O primeiro tem como base a drenagem editada manualmente com o Google Earth Pro®, valores de referência. No segundo, utilizou-se o software QGIS e a ferramenta TauDEM, com limiares de 100 a 1.000. Com os resultados obtidos no segundo método, geraram-se equações com análises de regressão e estimaram-se os limiares 'adequados', considerando os valores de referência, em cada microbacia e para cada parâmetro. Posteriormente, mensurou-se um limiar geral para cada microbacia. Não há um limiar adequado e simultâneo para todos os parâmetros. Recomenda-se a divisão de grandes áreas em glebas homogêneas para seleção de limiares em cada situação topográfica, possibilitando a estimativa satisfatória dos parâmetros hidrológicos.

Palavras chave: Amazônia Ocidental; sensoriamento remoto; recursos hídricos; parâmetros hidrológicos; planejamento ambiental.

Resumen

El objetivo fue seleccionar umbrales para caracterizar el drenaje en microcuencas de Rondônia. En las microcuencas de los ríos Manicoré, Enganado y Tinguí, se midió y comparó los resultados de los parámetros número de orden de los cursos de agua, longitud del orden, longitud y densidad del drenaje, obtenidos por dos métodos. El primero tiene como base el drenaje editado manualmente con Google Earth Pro®, valores de referencia. En el segundo, se utilizó el software QGIS y la herramienta TauDEM, con umbrales de 100 a 1.000. Con los resultados obtenidos con el segundo método, se generaron ecuaciones con análisis de regresión y se estimaron los umbrales 'adequados', considerando los valores de referencia, en cada microcuenca y para cada parámetro. Posteriormente, se midió un umbral general para cada microcuenca. No hay un umbral adecuado y simultáneo para todos los parámetros. Se recomienda la división de grandes áreas en terrenos homogéneas para selección de umbrales en cada situación topográfica, posibilitando la estimación satisfactoria de los parámetros hidrológicos.

Palabras clave: Amazonia Occidental; detección remota; recursos hídricos; parámetros hidrológicos; planificación ambiental.

Abstract

The objective was to select thresholds to characterize drainage in Rondônia micro-basins. In the watersheds of the Manicoré, Enganado and Tinguí rivers, the results of the parameters number of water courses, order length, length and drainage density were measured and compared by means of two methods. The first one is based on the drainage edited manually with Google Earth Pro®, reference values. In the second one, the QGIS software and the TauDEM tool were used, with thresholds of 100 to 1000. With the results obtained in the second method, equations were generated with regression analysis and the "adequate" thresholds were estimated, considering the values in each microbasin and for each parameter. Subsequently, a general threshold for each microbasin was measured. There is no adequate and simultaneous threshold for all parameters. It is recommended the division of large areas into homogeneous areas for selection of thresholds in each topographic situation, making possible the satisfactory estimation of the hydrological parameters.

Key words: Western Amazon; remote sensing; water resources; hydrological parameters environmental planning.

1. Introdução

Nas últimas décadas constata-se elevada pressão antrópica sobre os recursos hídricos no estado de Rondônia, comprometendo a conservação deste recurso natural, e consequentemente, o desenvolvimento sustentável da região. Neste contexto, verifica-se a necessidade de informações que auxiliem o diagnóstico e prognóstico dos impactos ambientais, com o intuito de melhorar o planejamento e gestão de uso racional dos recursos hídricos, principalmente em relação à quantidade e qualidade da água (Andreoli *et al.*, 2014).

A bacia hidrográfica é a unidade de estudo ideal para gestão dos recursos hídricos (Brasil, 1997), onde se pode avaliar e prognosticar detalhadamente as interrelações entre o uso do solo, a quantidade e a qualidade de água drenada (Soares, 2005). Dentre os dados morfométricos necessários para o planejamento ambiental das bacias, destacam-se os relacionados com as características da rede de drenagem, por influenciarem diretamente na seleção de áreas prioritárias para conservação dos recursos hídricos.

As características da rede de drenagem podem ser obtidas diretamente em campo, com auxílio de GPS, ou com softwares dotados de sistemas de informação geográfica. Observa-se na literatura que a segunda opção é um método muito utilizado (Polidoro *et al.*, 2010; Brubacher *et al.* 2011; Coutinho *et al.*, 2011; Sousa e Paula, 2016; Ataíde *et al.*, 2017), por apresentar vantagens como a geração de grande quantidade de dados, gerenciamento de informações espaciais e realização de análises espaciais complexas, em tempo hábil e com baixo custo financeiro (Aronoff, 1989).

O *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM) é um conjunto de ferramentas que utiliza modelos de elevação digital

(MDE) para realização de análises hidrológicas (Tarboton, 2003). Esta ferramenta pode ser utilizada para caracterização da rede de drenagem no estado de Rondônia; contudo, não há informações a respeito do limiar (Threshold) a ser utilizado para se alcançar a melhor qualidade dos resultados.

Em face do exposto, o trabalho tem como objetivo selecionar os limiares que melhor caracterizam as redes de drenagem em microbacias no estado de Rondônia.

2. Metodologia

O trabalho foi realizado tendo como base as microbacias Manicoré, Enganado e Tinguí, localizadas principalmente nos municípios de Rolim de Moura, Colorado do Oeste e Alta Floresta D'Oeste, estado de Rondônia. A região tem clima do tipo Monção (Am), (Alvares *et al.*, 2014), com precipitação média anual de 1.728,9 a 1.843,7 mm, concentrada principalmente nos meses de janeiro a março (Franca, 2015) e temperatura média anual de 24 a 25,3 °C (SEDAM, 2012).

As microbacias foram delimitadas utilizando o software QGIS 2.10.1 (versão Pisa), (QGIS Development Team, 2015) e o complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM), tendo como base o modelo digital de elevação (MDE) do produto RTC, com resolução espacial de 12,5 m e comprimentos de onda na banda L (ASF, 2017). Posteriormente, os limites das microbacias foram ajustados com base nas imagens do Google Earth Pro®, considerando a rede de drenagem e os sulcos naturais do terreno.

As características de drenagem analisadas, denominadas de parâmetros, foram comprimento da rede de drenagem, densidade de drenagem, número de ordem dos cursos de água e comprimento total de cada ordem.

Inicialmente obtiveram-se os valores de referência:

- 1) A rede de drenagem foi editada manualmente no Google Earth Pro®, os dados foram salvos no formato kml, convertidos no formato *shapefile* e calculados com a ferramenta ‘calculadora de campo’ do software QGIS (Moreto *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2019; Vendruscolo *et al.*, 2019).
- 2) A densidade de drenagem corresponde a uma relação entre o comprimento dos cursos de água por unidade de área, e foi calculada com a equação 1 (Horton, 1945).
$$Dd = L/A \quad (1)$$
Onde: Dd = densidade de drenagem (km km⁻²), L = comprimento da rede de drenagem (km), A = área da microbacia (km²).
- 3) A ordem de drenagem foi classificada de acordo com Strahler (1957), utilizando o software GPS Track Maker Free (Ferreira Junior, 1998).
- 4) O comprimento total de cada ordem foi calculado com a ferramenta calculadora de campo do software QGIS.

Posteriormente, obteve-se os valores dos parâmetros com a ferramenta TauDEM, utilizando as seguintes etapas: *Pit Remove* < *D8 Flow Directions* < *D8 Contributing Area* (1ª versão) < *Stream Definition by Threshold* (1ª versão) < Criação do ponto *Shapefile* (exutório) < *D8 Contributing Area* (2ª versão) < *Stream Definition by Threshold* (2ª versão) < *Stream Reach and Watershed* (Santos, 2017). Na etapa ‘*Stream Definition by Threshold*’ utilizaram-se os limiares 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 e 1.000.

Os resultados obtidos com os limiares foram utilizados para análise de regressão, obtendo-se equações com os respectivos coeficientes de determinação. As equações foram aplicadas para estimar os limiares mais

adequados, tendo como referência os valores dos dados obtidos pela caracterização manual. Esses procedimentos foram realizados em cada microbacia e para cada parâmetro. Por fim, mensurou-se o limiar geral para cada microbacia, utilizando a equação 2. As análises foram realizadas com o programa estatístico R (R Core Team, 2018).

$$Lm = \frac{\sum L_{pi}}{n} \quad (2)$$

Onde: Lm = limiar da microbacia, L_{pi} = limiar do parâmetro i, n = número de parâmetros.

3. Desenvolvimento

Os valores dos limiares foram comparados com os valores de referência, sendo observado que não há um valor fixo de limiar para um ajuste adequado e simultâneo em todos os parâmetros, independente da microbacia (Tabela 1). Neste contexto, podem-se utilizar limiares pré-definidos para caracterização de parâmetros específicos, como 1ª ordem ou densidade de drenagem, ou utilizar um limiar médio para abranger de forma satisfatória todos os parâmetros.

Com base nas análises dos limiares, constatou-se que valores de limiares abaixo do valor de referência, resultam na formação de cursos d’água inexistentes e redes de drenagem mais densas, que extrapolam para fora do perímetro real da microbacia, em função principalmente do aumento de número e comprimento de canais de 1ª ordem na direção das cabeceiras (Figuras 1, 2 e 3). E valores de limiares acima do valor de referência, resultam em resultados inversos aos constatados anteriormente, destacando-se a omissão de cursos d’água quando comparado à drenagem real. Também se observou o aumento do número de ordens com a redução do valor do limiar.

Tabela 1 Características das redes de drenagem extraídas por diferentes limiares, com a ferramenta TauDEM, Rondônia, Brasil

Microbacia	Área (km ²)	Limiar	Ordem dos cursos de água							Rd km	Dd km km ⁻²	
			1	2	3	4	5	6	7			
Manicoré	80,10	100	259,92	104,52	54,29	24,78	19,94	-	-	463,44	5,79	
		200	171,95	73,96	40,32	17,19	17,26	-	-	320,67	4,00	
		300	131,87	66,17	34,29	21,53	2,76	-	-	256,63	3,20	
		400	110,49	55,86	31,06	20,61	2,76	-	-	220,78	2,76	
		500	97,75	54,25	26,84	17,26	-	-	-	196,10	2,45	
		600	90,93	44,25	26,70	17,26	-	-	-	179,14	2,24	
		700	82,82	41,52	25,70	17,26	-	-	-	167,29	2,09	
		800	77,39	44,03	19,35	17,26	-	-	-	158,03	1,97	
		900	72,06	39,92	18,86	17,26	-	-	-	148,10	1,85	
		1000	68,64	38,92	15,86	17,26	-	-	140,67	1,76		
Enganado	152,64	100	407,69	189,11	90,72	59,55	22,43	8,73	15,55	793,77	5,20	
		200	279,76	128,45	75,47	38,55	12,61	21,64	-	556,47	3,65	
		300	229,10	109,60	58,09	34,53	6,31	21,64	-	459,26	3,01	
		400	193,10	95,53	52,28	35,10	8,73	15,55	-	400,28	2,62	
		500	173,46	88,60	51,59	22,94	8,73	15,55	-	360,87	2,36	
		600	157,15	80,79	50,54	18,20	8,72	15,55	-	330,95	2,17	
		700	147,41	74,32	48,18	16,78	21,64	-	-	308,33	2,02	
		800	139,54	72,24	44,82	12,61	21,64	-	-	290,85	1,91	
		900	133,78	68,45	45,53	6,31	21,64	-	-	275,70	1,81	
		1000	128,35	66,34	40,90	6,31	21,64	-	263,54	1,73		
Tingui	111,84	100	318,24	143,23	69,74	39,56	20,50	12,40	-	603,67	5,43	
		200	220,99	98,11	57,83	21,84	8,48	12,40	-	419,64	3,77	
		300	173,93	82,54	48,57	23,10	14,21	-	-	342,33	3,08	
		400	147,09	77,14	39,46	21,56	12,40	-	-	297,64	2,68	
		500	127,47	71,99	35,49	18,65	12,40	-	-	265,99	2,39	
		600	120,33	65,26	29,43	17,47	12,40	-	-	244,89	2,20	
		700	108,53	63,69	26,18	16,49	12,40	-	-	227,27	2,04	
		800	101,65	61,55	23,01	14,56	12,40	-	-	213,15	1,92	
		900	102,53	54,44	23,33	9,70	12,40	-	-	202,40	1,82	
		1000	97,96	50,41	24,91	7,33	12,40	-	193,00	1,73		
Valores de referência												
Manicoré*			89,36	41,16	29,22	15,02	10,25	-	-	185,01	2,31	
Enganado**			205,34	109,54	51,14	44,33	9,29	19,83	-	439,47	2,88	
Tingui***			134,94	68,99	40,71	27,07	14,92	-	-	286,63	2,56	

Rd: Rede de drenagem; Dd: Densidade de drenagem; *: Vendruscolo *et al.*, 2019; **: Moreto *et al.*, 2019; ***: Santos *et al.*, 2019

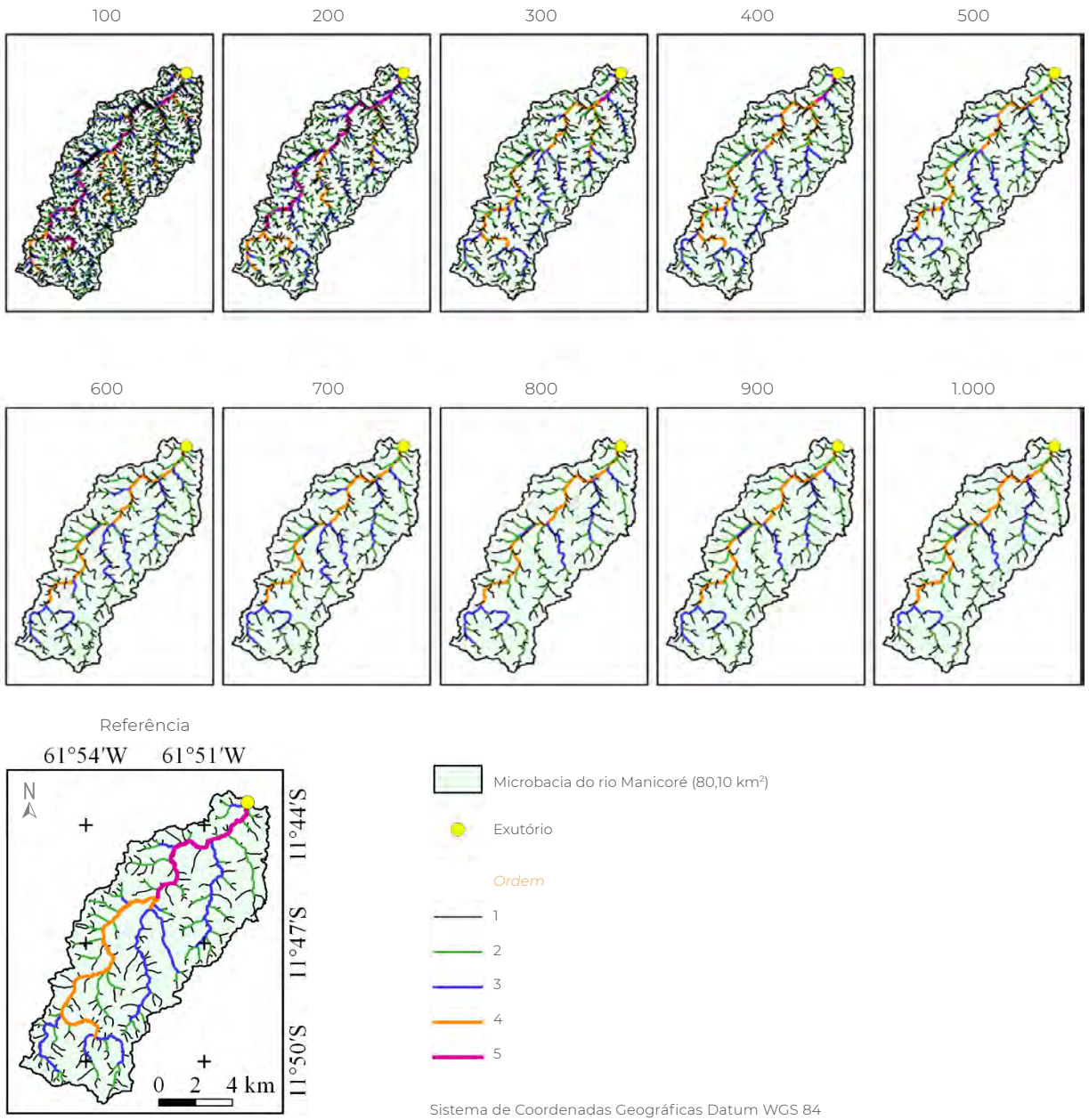


Figura 1 Diferentes limiares para extração da rede de drenagem utilizando TauDEM, em comparação com uma drenagem de referência na microbacia do rio Manicoré, Rondônia, Brasil

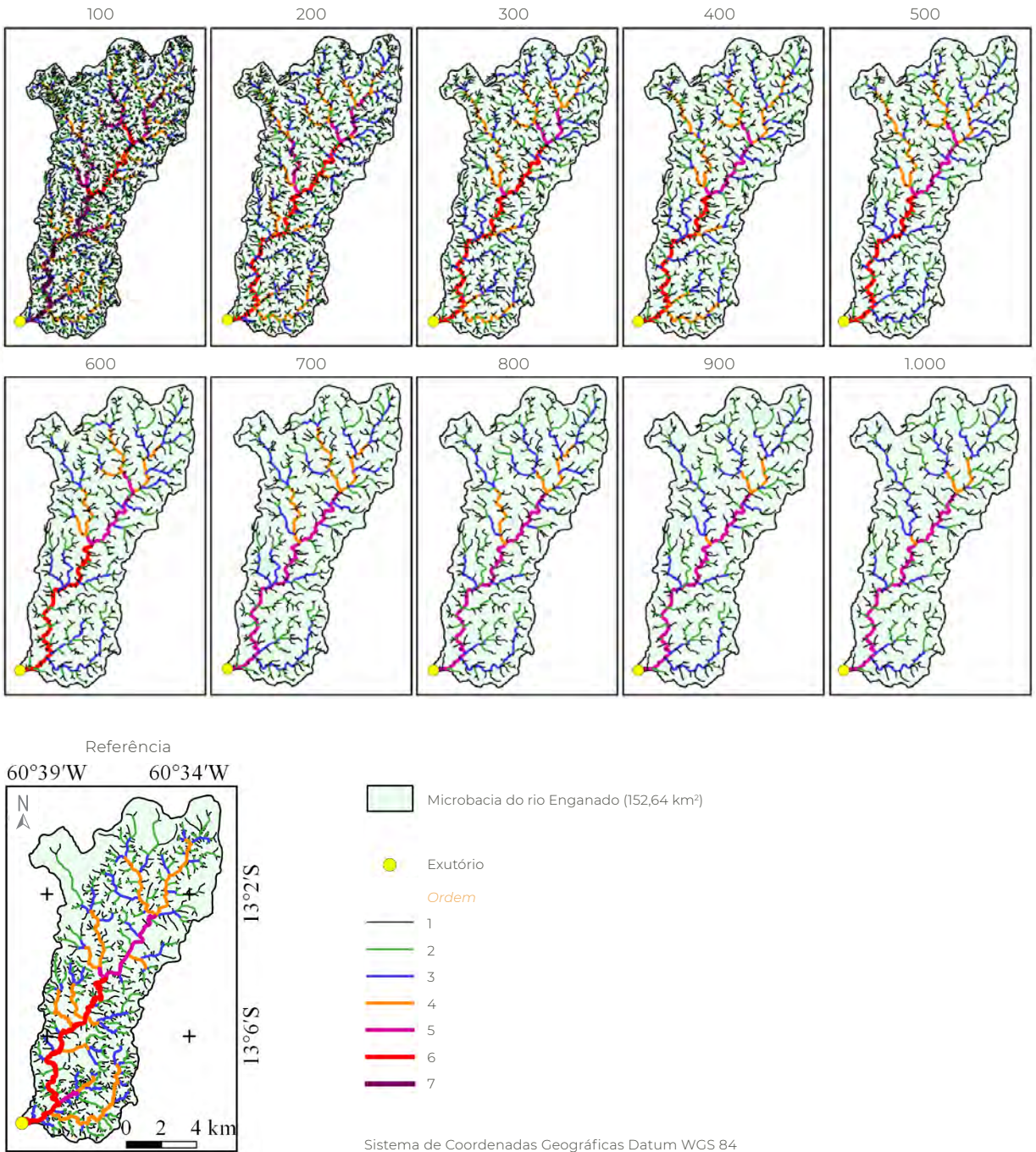


Figura 2 Diferentes limiares para extração da rede de drenagem utilizando TauDEM, em comparação com uma drenagem de referência na microbacia do rio Enganado, Rondônia, Brasil

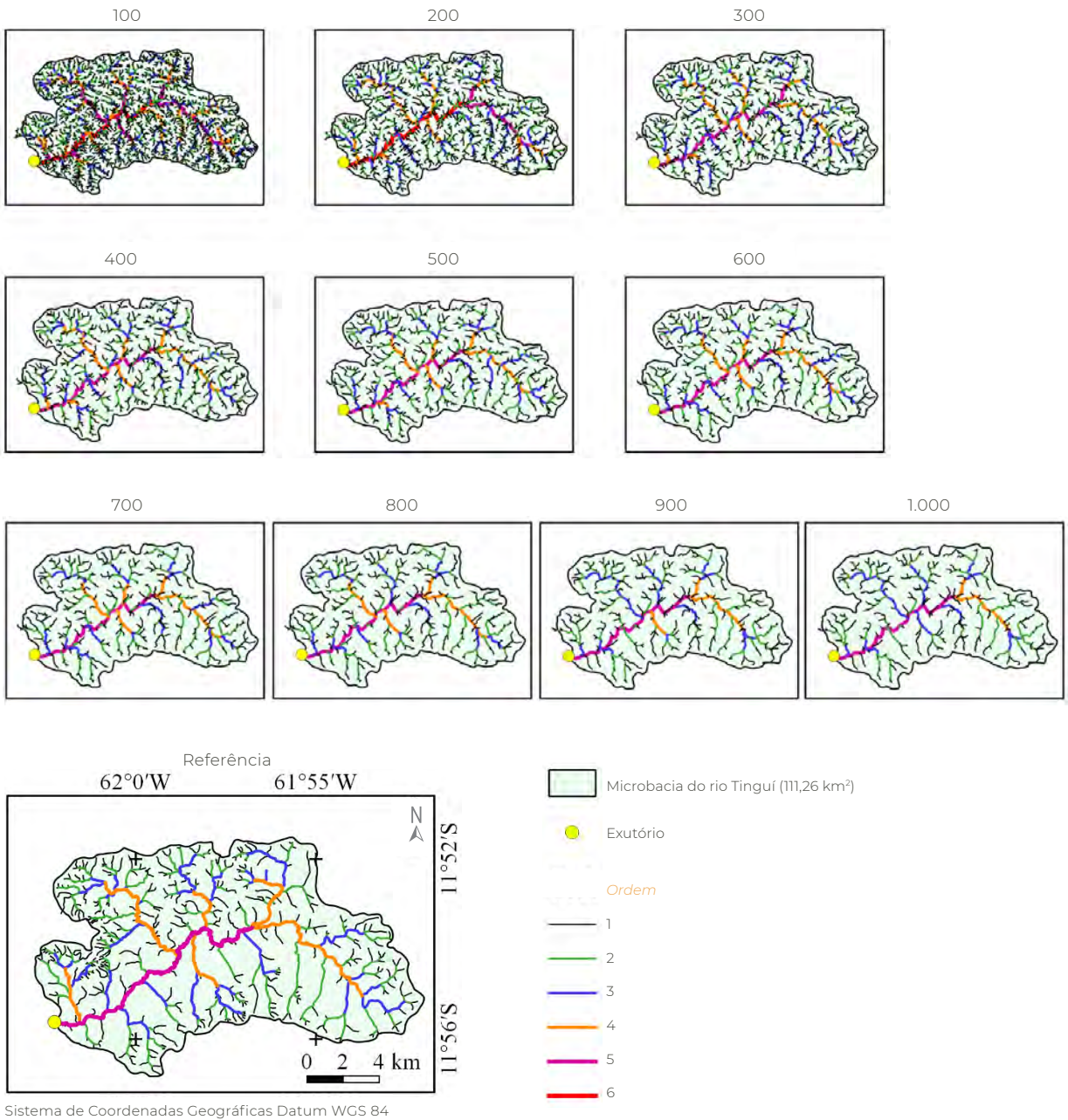


Figura 3 Diferentes limiares para extração da rede de drenagem utilizando TauDEM, em comparação com uma drenagem de referência na microbacia do rio Manicoré, Rondônia, Brasil

O efeito dos limiares nas características da rede de drenagem também foi observado por Bressiani (2016) nas bacias dos rios Lagoinha e Campo Alegre, no estado de Minas Gerais, e por Correa *et al.* (2017) na bacia do rio Jacaré, estado do Rio de Janeiro. Esses resultados demonstram que essa é uma característica do software utilizado para extração da rede de drenagem, onde há uma sequência lógica entre o crescimento dos valores dos limiares com os resultados dos parâmetros hidrológicos, o que facilita o planejamento de metodologias para seleção de limiares.

Na microbacia do rio Manicoré observa-se que os valores dos limiares estimados variaram de 256 a 1.002, para os parâmetros 5ª ordem e 4ª ordem, respectivamente, com valor médio de 637 (Tabela 2). Para a microbacia do rio Enganado, os valores dos limiares estimados variaram de 192 a 514, para os parâmetros 4ª ordem e 3ª ordem, respectivamente, com valor médio de 345 (Tabela 2). Com relação a microbacia do rio Tinguí, os valores dos limiares estimados variaram de 231 a 650, para os parâmetros 4ª ordem e 5ª ordem, respectivamente, com valor médio de 457 (Tabela 2).

Tabela 2 Valores dos limiares estimados, com as respectivas equações e coeficientes de determinação

Microbacia	Parâmetro	Equação	R ²	Limiar calculado
Manicoré	1ª Ordem	$y = 0,043x^2 - 18,194x + 1947,3$	0,95	665
	2ª Ordem	$y = 4E+06x^{-2,264}$	0,98	885
	3ª Ordem	$y = 2886e^{0,063x}$	0,98	458
	4ª Ordem	$y = 24570e^{-0,213x}$	0,59	1.002
	5ª Ordem	$y = -12,981x + 388,65$	0,86	256
	Rd	$y = 2265,3e^{-0,007x}$	0,96	620
	Dd	$y = 2904,2x^{-1,933}$	0,99	576
	Média	-	-	637
Enganado	1ª Ordem	$y = 1E+07x^{-1,969}$	0,99	280
	2ª Ordem	$y = 1E+07x^{-2,217}$	0,99	301
	3ª Ordem	$y = 5E+07x^{-2,919}$	0,96	514
	4ª Ordem	$y = 0,2616x^2 - 33,333x + 1155,2$	0,97	192
	5ª Ordem	$y = 0,5252x^2 + 4,2296x + 337,6$	0,21	422
	6ª Ordem	$y = -7,7308x^2 + 246,4x - 1462,1$	0,86	384
	7ª Ordem	*	*	*
	Rd	$y = 0,0052x^2 - 6,9667x + 2395,2$	0,97	338
	Dd	$y = 120,41x^2 - 1063,4x + 2395,2$	0,97	332
	Média	-	-	345
Tinguí	1ª Ordem	$y = 5E+06x^{-1,882}$	0,99	490
	2ª Ordem	$y = 0,1837x^2 - 45,261x + 2820,8$	0,99	573
	3ª Ordem	$y = 2478,5e^{-0,045x}$	0,98	397
	4ª Ordem	$y = 0,9275x^2 - 74,282x + 1562,1$	0,91	231
	5ª Ordem	$y = -13,438x^2 + 370,51x - 1887$	0,46	650
	Rd	$y = 4E+07x^{-2,024}$	0,99	425
	Dd	$y = 2975,1x^{-2,024}$	0,99	437
	Média	-	-	457

Rd: Rede de drenagem; Dd: Densidade de drenagem; * não foi possível gerar equação pela inexistência desta ordem no arquivo de referência.

A variação dos valores de limiares para a caracterização do mesmo parâmetro nas microbacias está relacionada com as características topográficas de cada região. Em trabalho realizado por Tarboton (2003), constatou-se que o limiar deve ser identificado corretamente de acordo com as características do terreno, para que os parâmetros de entrada do modelo sejam estimados corretamente. Portanto, a utilização de um único limiar para regiões extensas e com características topográficas heterogêneas tendem a gerar estimativas incorretas dos parâmetros hidrológicos.

4. Considerações finais

Para caracterizar os parâmetros da rede de drenagem em ambientes semelhantes das microbacias estudadas, utilizando a ferramenta TauDEM, podem ser utilizados valores de limiares dentro das seguintes faixas: 1ª ordem de 280 a 665, 2ª ordem de 301 a 885, 3ª ordem de 397 a 514, 4ª ordem de 192 a 1.002, 5ª ordem de 256 a 650, rede de drenagem de 338 a 620, e densidade de drenagem de 332 a 576.

Para regiões de áreas extensas recomenda-se a divisão em glebas com características topográficas homogêneas, para seleção de áreas amostrais que possibilitem a seleção dos limiares específicos para cada situação, e, conseqüentemente, a estimativa satisfatória dos parâmetros hidrológicos.

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.
- ANDREOLI, C. V.; NADAI ANDREOLI, F.; DONHA, A. G. e A. C. P. KOTINDA. 2014. "A relação da qualidade e quantidade da água no ambiente urbano e rural". *Complexidade: redes e conexões do ser sustentável*. SENAR. Curitiba, Brasil.
- ARONOFF, S. 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications, Ottawa, Canadá.
- ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF). 2017. Disponível em: <<https://www.asf.alaska.edu/>>. [Consulta: setembro, 2018].

- ATAIDE, L. C. P.; RODRIGUES, R. S. S. e F. C. L. PESSOA. 2017. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tauá, Nordeste Paraense". *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, 11(1): 130-138.
- BRASIL. 1997. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. [Consulta: julho, 2018].
- BRESSIANI, J. X. 2016. *Delimitação de áreas variáveis de afluência em ambientes de microbacias urbanas através da comparação dos métodos TauDEM e HAND*. Universidade Federal de Uberlândia. Minas Gerais, Brasil. Mestrado em Engenharia Civil.
- BRUBACHER, J. P.; OLIVEIRA, G. D. e L. A. GUASSELLI. 2011. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS. *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*. 1.279-1.286. Curitiba, Brasil. (30 de abril - 05 de maio).
- CORREA, M. A.; FRANCISCO, C. N. e L. D. C. M. FERREIRA. 2017. Extração automática de rede de drenagem gerada a partir de dados obtidos por Perfilamento a Laser. *XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. I Congresso Nacional de Geografia Física. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, 1: 5.044-5.056.
- COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. e G. D. O. GARCIA. 2011. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio da Prata, Castelo, ES". *Irriga*, 16(4): 369-381.
- FERREIRA JUNIOR, O. 1998. *Geo Studio Tecnologia Ltda*. Belo Horizonte, MG - Brasil. Registro INPI Nº 28.820. Disponível em: <<http://www.trackmaker.com/main/pt/>>. [Consulta: outubro, 2018].
- FRANCA, R. R. 2015. "Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011". *Revista Geografias*, 11(1): 44-58.
- 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.
- MORETO, R. F.; MIRA, S. F.; SOARES, G. S.; SANTOS JÚNIOR, N. R. F.; CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J e D. M. ROSA. 2019. "Características geométricas, topográficas e hidrográficas da microbacia do rio Enganado, região sul da Amazônia Ocidental". *Revista Geográfica Venezolana*, Vol. Especial. Mérida, Venezuela. No prelo.
- POLIDORO, M.; BARROS, M. V. F.; LOLLO, J. A. D. e M. C. MARCHETTI. 2010. Análise multitemporal da evolução da mancha urbana no entorno da BR-369 dos municípios paranaenses. *XVI Encontro Nacional dos Geógrafos*, 16(10): 1-10.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geography Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. [Consulta: junho, 2018].
- R CORE TEAM. 2018. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. [Consulta: abril, 2018].
- SANTOS, J. 2017. *QGIS 2.8 Delimitação de Bacias Hidrográficas com TauDEM*. Processamento Digital Geotecnologias e Software Livre, Brasília-DF. Disponível em: <<http://www.processamentodigital.com.br/2017/11/06/qgis28-delimitacao-de-Bacias-hidrograficas-com-taudem/>>. [Consulta: novembro, 2018].

- SANTOS, L. P.; ROSA, D. M.; CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; ROSELL, E. C. F.; BIGGS, T. e R. STACHIW. 2019. "Hidrogeomorfometria e índice de desmatamento da microbacia do rio Tinguí, Amazônia Ocidental, Brasil". *Revista Geográfica Venezolana*, Vol. Especial. Mérida, Venezuela. No prelo.
- SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2012. *Metereologia: Boletins Climatológicos Anuais*. Disponível em: <<http://www.sedam.gov.br>>. [Consulta: abril, 2018].
- SOARES, P. V. 2005. *As interrelações de elementos do meio físico natural e modificado na definição de áreas potenciais de infiltração na porção paulista da bacia do rio Paraíba do Sul*. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado em Geociências.
- SOUSA, F. R. C. e D. P. PAULA. 2016. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará-Brasil)". *Revista de Geociências do Nordeste*, 2 (especial): 555-564.
- STRAHLER, A. N. 1957. "Quantitative analysis of watershed geomorphology". *Transactions of American Geophysical Union*, 38(6): 913-920.
- TARBOTON, D. G. 2003. Terrain analysis using digital elevation models in hydrology. In: *23rd ESRI international users conference*. San Diego, California, USA. 14: 7-11.
- VENDRUSCOLO, J.; CAVALHEIRO, W. C. S.; ROSA, D. M.; STACHIW, R.; VENDRUSCOLO, R.; SIQUEIRA, A. S. e BIGGS, T. 2019. "Hidrogeomorfometria e desmatamento na microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil". *Revista Geográfica Venezolana*, Vol. Especial. Mérida, Venezuela. No prelo.

Importância de estudos

em bacias hidrográficas para o manejo sustentável dos recursos hídricos em Rondônia

Importancia de los estudios en cuencas hidrográficas
para el manejo sustentable de los recursos
hídricos en Rondônia

Importance of studies in hydrographic
basins for the sustainable management
of water resources in Rondônia

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Jhony Vendruscolo

1. Introdução

A região amazônica é conhecida mundialmente como a maior floresta tropical do mundo, onde os recursos hídricos são abundantes.

Contudo, observa-se na área do arco do desmatamento, a exemplo do estado de Rondônia, que este cenário foi real até o ano de 1970.

A partir deste ano ocorreu grande incentivo para a ‘colonização’ da região e supressões desordenadas da floresta nativa (Piontekowski *et al.*, 2014), inclusive em áreas de matas ciliares, comprometendo a qualidade e disponibilidade hídrica para a atual e futuras gerações (Moura *et al.*, 2017).

Os problemas ocasionados pelo desmatamento desordenado no estado de Rondônia originaram inúmeras discussões a respeito das informações necessárias para mitigar ou resolver tais infortúnios. De um modo geral, constata-se que as principais informações estão relacionados as características hidrográficas e os tipos de uso e ocupação, por possibilitarem a seleção e quantificação de áreas prioritárias para recuperação, conservação ou preservação dos recursos hídricos.

Em face ao exposto, o trabalho objetivou expor os principais parâmetros para caracterização dos recursos hídricos e a dinâmica de ocupação de Rondônia, e fornecer informações de ferramentas para aquisição de dados e auxílio no planejamento ambiental do Estado.

2. Desenvolvimento

2.1 Conceitos, características e importância das bacias hidrográficas

A bacia hidrográfica é uma área delimitada pelas cotas mais elevadas do relevo localizado no entorno, responsável pela captação natural da água precipitada, e composta por vertentes que fornecem água ao longo do ano para rios e igarapés, e uma rede de drenagem que direciona o fluxo hídrico para um único ponto de saída, conhecido como exutório (Tucci, 1997). O comportamento hidrológico da bacia está associado com as características geomorfológicas da paisagem, e o tipo de uso e ocupação do solo, que regulam a capacidade de infiltração, armazenamento e disponibilização de água para os mananciais, escoamentos superficiais e evapotranspiração do ecossistema (Tolleno, 2005).

Em função da influência da bacia na dinâmica do ecossistema, essa área é considerada como a unidade territorial ideal para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). O principal objetivo do PNRH é assegurar a disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, para a atual e às futuras gerações, visto que permite o uso racional e integrado dos recursos hídricos, assegurando o desenvolvimento sustentável de propriedades rurais e urbanas (Brasil, 1997).

É comum observar na literatura trabalhos descrevendo bacia, sub-bacia e microbacia, esses termos estão associados a uma ordem hierárquica, onde a bacia é formada por um

conjunto de sub-bacias, cada uma composta por um rio secundário que alimenta o rio principal, e a sub-bacia é formada por um conjunto de microbacias, cada uma composta por um rio terciário que alimenta o rio secundário (Figura 1), (Faustino, 1996; Santana, 2003). A microbacia é a menor unidade do ecossistema, onde perturbações podem prejudicar a dinâmica de seu funcionamento devido a frágil relação de interdependência entre os fatores bióticos e abióticos, permitindo uma análise mais detalhada dos impactos antrópicos nos recursos naturais (Mosca, 2003).

A caracterização morfométrica de uma bacia é um dos procedimentos mais importantes em estudos hidrológicos, visto que esclarece dúvidas relacionadas a dinâmica do ecossistema (Teodoro *et al.*, 2007), possibilitando a identificação de alterações ambientais (Antoneli e Thomaz, 2007). As principais características morfométricas são de ordem geométrica (área, perímetro, fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade), de relevo (altitude, declividade e rugosidade) e drenagem (padrão, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, densidade de nascentes, ordem dos cursos de água, índice de sinuosidade, coeficiente de manutenção e tempo de concentração), (Andrade *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2012; Umet-su *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2013; Helbel *et al.*, 2014; Abud *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2016).

2.2 Bacias hidrográficas e histórico de desmatamento no estado de Rondônia

O estado de Rondônia (238.512,80 km²) é composto por 7 bacias hidrográficas, subdivididas em 42 sub-bacias (Figura 1), (SEDAM, 2002): **Bacia do rio Abunã:** sub-bacia do rio Abunã; **Bacia do rio Guaporé:** sub-bacias rio Verme-

lho, rio Escondido, rio Corumbiara, rio Verde, rio Colorado, rio Branco, rio São Miguel, rio Cantarinho, rio São Domingos e rio Cautário; **Bacia do rio Machado:** sub-bacias do rio Preto, Baixo Rio Machado, Médio Rio Machado, Alto Rio Machado, rio Machadinho, Alto Rio Jarú, Baixo Rio Jarú, rio Urupá, rio Muqui, rio Rolim de Moura, Baixo Rio Pimenta Bueno, Alto Rio Pimenta Bueno e rio Comemoração. **Bacia do rio Madeira:** Sub-bacias do Alto Rio Madeira, Médio Rio Madeira, rio Ribeirão, rio Mutum Paraná, Alto Rio Jaci Paraná e Baixo Rio Jaci Paraná. **Bacia do rio Mamoré:** sub-bacias do rio Sotério, rio Novo, rio Pacaás Novos, rio Ouro Preto e rio Laje. **Bacia do rio Jamari:** sub-bacias do Alto Rio Candeias, Baixo Rio Candeias, Alto Rio Jamari e Baixo Rio Jamari. **Bacia do rio Roosevelt:** sub-bacias do rio Roosevelt, rio Branco do Roosevelt e rio Capitão Cardoso/Tenente Marques.

O uso múltiplo dos recursos hídricos ocorre em todo o estado de Rondônia, como exemplo tem-se a geração de energia, navegação fluvial (Adamy, 2010), abastecimento de cidades (Vendruscolo, 2012; Vendruscolo *et al.*, 2017), irrigação (Alves *et al.*, 2013; Amaral *et al.*, 2018), turismo e lazer (Stachiw, 2017). Apesar da importância dos recursos hídricos para o desenvolvimento do estado, constata-se ao longo da história a supressão desordenada de grandes áreas de floresta nativa, inclusive em áreas de matas ciliares, que podem ocasionar problemas de disponibilidade e qualidade hídrica em pleno ambiente amazônico.

No início da colonização, a dinâmica de ocupação do Estado de Rondônia estava relacionada com atividades que impulsionavam o setor econômico, a exemplo dos ciclos da borracha e a extração de minérios como cassiterita. Os ciclos econômicos da borracha incentivaram a migração de aproximadamente

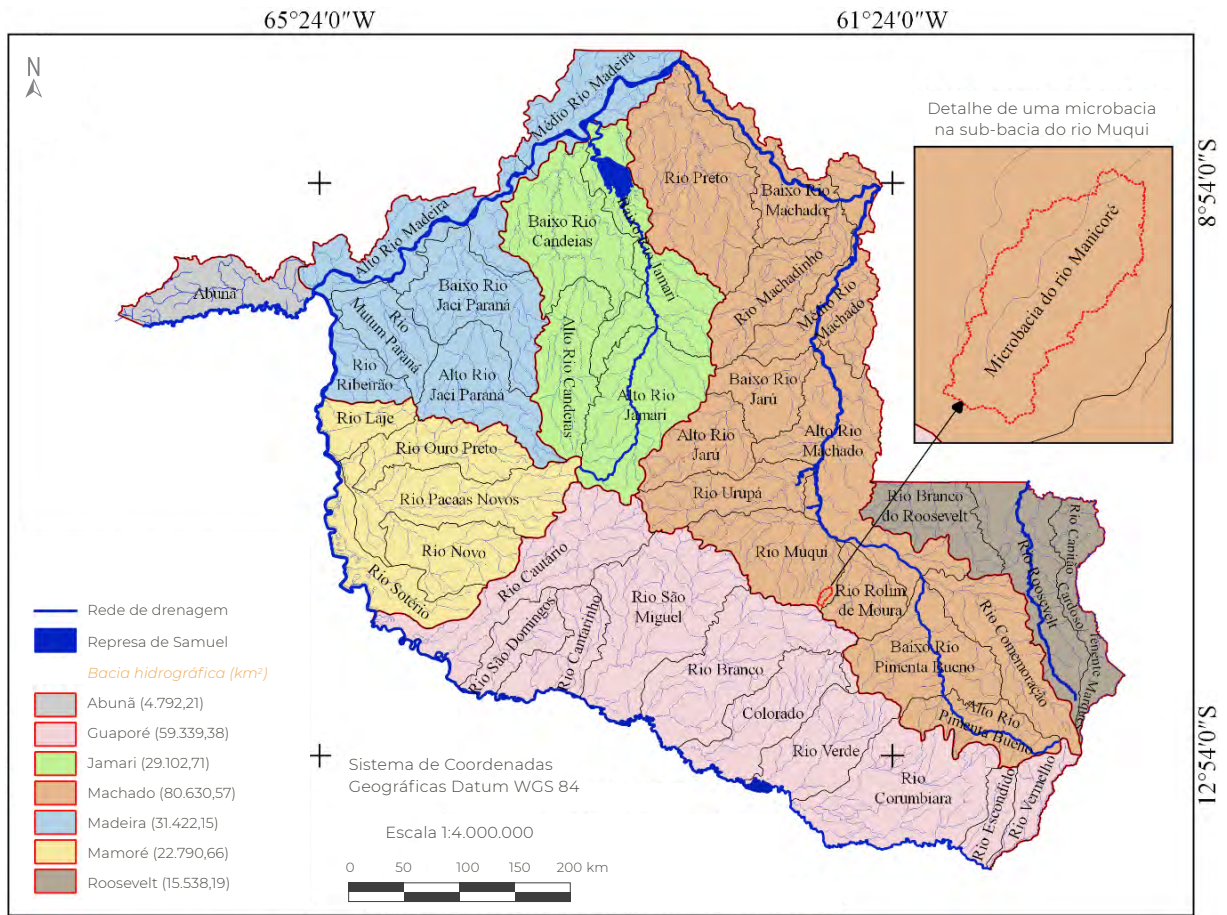


Figura 1 Exemplo de ordem hierárquica de bacias, sub-bacias e microbacias, no estado de Rondônia, Brasil. *Fonte:* adaptado de SEDAM (2002)

80 mil retirantes Nordestinos no fim do século XIX (Mesquita e Egler, 1979), enquanto que as atividades garimpeiras da cassiterita incentivaram o crescimento do estado na década de 50 (Silva, 1984).

O estado de Rondônia, a partir do ano de 1970, foi considerado como alternativa para resolver parte da solução dos problemas fundiários existentes no Brasil, sendo alvo de diversos projetos de assentamentos. No estado, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), foi o órgão responsável pela elaboração e execução de projetos de assentamentos, distribuindo terras denominados de

Lotes (Nascimento, 2010). A implementação dos projetos de colonização foi incentivada por financiamentos realizados pelo Banco Mundial, através dos programas estaduais POLONOROESTE, responsável pela pavimentação da BR-364 (Porto Velho a Cuiabá) entre os anos de 1981 e 1985, e PLANAFORO, responsável pelo zoneamento ecológico e econômico de Rondônia (ZEE-RO) entre 1992 e 1999 (Mahar e Ducrot, 1998).

Os incentivos surtiram efeito no Brasil, principalmente nas regiões sul, sudeste e nordeste, atraindo olhares para o estado de Rondônia, o que proporcionou elevados fluxos

migratórios (Silva e Burgeile, 2015). Durante este período ocorreram grandes alterações nas paisagens, com destaque para a conversão de extensas áreas com floresta nativa para a implantação de atividades agropecuárias (Le Tourneau e Bursztyn, 2010). Associado ao grande avanço dos sistemas agropecuários estabeleceram-se os problemas ambientais, cujo manejo para mitigação tornou-se difícil em função da dimensão e heterogeneidade do estado.

A perda de qualidade da água está associada com áreas de uso e ocupação irregulares nas áreas de matas ciliares (Pereira *et al.*, 2016), visto que estas áreas atuam como filtro de partículas sólidas contendo impurezas e contaminantes, oriundos principalmente das atividades agropecuárias (Martins e Dias, 2001), permitem o ancoramento das partículas de solo nas margens dos cursos de água através de uma rede formada pelos sistemas radiculares (Couto *et al.*, 2010). Em trabalho realizado por Donadio *et al.* (2005), constatou-se que a qualidade da água em nascentes com vegetação natural remanescente, é melhor do que nas nascentes com uso agrícola, sendo as variáveis cor, turbidez, alcalinidade e nitrogênio total as que mais explicaram essa diferença.

A quantidade de água está relacionada com a cobertura e manejo do solo, que podem manter ou elevar a capacidade de infiltração e armazenamento de água, ao mesmo tempo que reduz as perdas por evaporação, como em áreas de florestas nativas, ou o inverso. Outro fator que interfere na quantidade de água é a localização da cobertura florestal. Em trabalho realizado por Tambosi *et al.* (2015), verificou-se que a cobertura florestal voltada para a recarga do lençol freático geralmente localiza-se em topos de morros, para redução

do escoamento superficial e contenção de processos erosivos, localiza-se nas encostas, e para proteção de corpos d'água, localiza-se nas zonas ripárias. O ecossistema florestal exerce efeito tamponante sobre a quantidade de água da bacia hidrográfica, mantendo uma grande vazão nos meses de menor pluviosidade (Cardoso *et al.*, 2006).

2.3 Importância das geotecnologias para auxiliar na aquisição de dados

O planejamento do manejo dos recursos naturais tem como base as informações relacionadas com a paisagem, destacando-se o relevo, drenagem, uso e ocupação do solo, por influenciarem a dinâmica do ecossistema. Essas informações podem ser obtidas em campo, porém, esse trabalho torna-se oneroso e requer muito tempo quando tem-se áreas extensas (Grígio, 2003). Neste contexto verifica-se o potencial do uso de geotecnologias para obtenção de informações.

O sistema de informação geográfica (SIG) é formado por um conjunto de ferramentas que permite a aquisição, armazenamento, recuperação, transformação e emissão de informações espaciais, em tempo hábil e com baixo custo financeiro, que podem ser utilizados no planejamento, visto que, os dados armazenados representam um modelo do mundo real (Burrough, 1986; Aronoff, 1989).

O sensoriamento remoto é uma técnica que permite a obtenção de informações de objetos localizados na superfície, com o uso de sensores, não havendo a necessidade de contato físico com os mesmos (Chuvieco, 1995). Em função desta característica, o sensoriamento remoto é frequentemente utilizado para obter informações ambientais em grandes regiões, tais como índice de desmatamen-

to (Piontekowski *et al.*, 2014; Cavalheiro *et al.*, 2015) e características morfométricas de microbacias (Helbel *et al.*, 2014; Abud *et al.*, 2015; Soares *et al.*, 2016).

O geoprocessamento engloba tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, com programas computacionais (Bortoluzzi *et al.*, 2001). Quando utilizado de forma conjunta com o sensoriamento remoto, o geoprocessamento possibilita a obtenção de informações sobre o uso da terra, localização dos povoamentos florestais, declividade, tipo de solo, redes hidrográfica e viária, fornecendo subsídios ao gerenciamento dos recursos florestais e a preservação do meio ambiente (Bolfe *et al.*, 2004).

3. Considerações finais

O estado de Rondônia tem grande área territorial e elevada disponibilidade hídrica, contudo, o desmatamento sem considerar um planejamento ambiental pode resultar na escassez de água, por perda de qualidade e/ou quantidade em um futuro próximo. Diante deste possível cenário, recomenda-se o uso integrado de sistemas de informações geográficas, sensoriamento remoto e geoprocessamento para estudos ambientais em bacias, sub-bacias e microbacias hidrográficas, visando a obtenção de informações essenciais para subsidiar políticas públicas direcionadas para a conservação dos recursos hídricos.

4. Referências citadas

- ABUD, É. A.; LANI, J. L.; ARAÚJO, E. A.; AMARAL, E. F.; BARDALES, N. G. e E. I. FERNANDES FILHO. 2015. "Caracterização morfométrica das sub-bacias no município de Xapuri: subsídios à gestão territorial na Amazônia Ocidental". *Revista Ambiente & Água*, 10(2): 431-441.
- ADAMY, A. 2010. *Geodiversidade do Estado de Rondônia*. CPRM. Porto Velho, Brasil.
- ALVES, G. S.; TARTAGLIA, F. L.; ROSA, J. C.; LIMA, P. C.; CARDOSO, G. D. e N. E. M. BELTRÃO. 2013. "Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do girassol em Rondônia". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(3): 275-282.
- AMARAL, C. T.; FERREIRA, A. R. T.; RODRIGUES, E. D. C.; SILVA, R. S. F. e R. M. FRANCISCATO. 2018. "Irrigação automatizada em pequena escala na Amazônia: desenvolvimento de um protótipo de baixo custo para APAE de Alta Floresta D'Oeste/RO". *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 7(4): 452-464.
- ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F. V.; ALVES, É. C. R. F.; SILVEIRA, A. e C. U. R. OLIVEIRA. 2008. "Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do rio Manso-MT". *Geociências*, 27(2): 237-248.
- ANTONELI, V. e E. L. THOMAZ. 2007. "Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga – PR". *Revista Caminhos da Geografia*, 8(21): 46-58.
- ARONOFF, S. 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications. Ottawa, Canadá.
- BOLFE, É. L.; PEREIRA, R. S. e P. R. A. MADRUGA. 2004. "Geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicado à análise de recursos florestais". *Ciência Rural*, 34(1): 105-111.

- BORTOLUZZI, I. P.; SILVA, A. M.; SILVEIRA, R. G.; POMPILIO, M. J.; BORTOLUZZI, C. L.; DAMÔNICO, A. L. e S. TOMAZ. 2001. "Utilização do geoprocessamento na operacionalização do combate à dengue". *Informe Epidemiológico do SUS*, 10(1): 25-27.
- BRASIL. 1997. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm [Consulta: setembro 2018].
- BURROUGH, P. A. 1986. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Clarendon Press, Oxford. USA.
- 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.
- CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; SANTOS, L. M. H. e A. M. SANTOS. 2015. "Impacto da colonização na Zona da Mata Rondoniense, Amazônia Ocidental-Brasil". *Revista Geográfica Venezolana*, 56(1): 41-57.
- CHUVIECO, E. 1995. *Fundamentos da teledetección espacial*. Unigraf S. A. Madrid, España.
- COUTO, L.; GONÇALVES, W.; COELHO, A. T.; PAULA, C. C.; GARCIA, R.; AZEVEDO, R. F.; LOCATELLI, M. V.; ADVÍNCULA, T. G. L.; BRUNETTA, J. M. F. C.; COSTA, C. A. B.; GOMIDE, L. C. e P. H. MOTTA. 2010. *Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil*. CBCN. (Boletim Técnico 001). Viçosa, Brasil.
- DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A. e R. C. PAULA. 2005. "Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil". *Engenharia Agrícola*, 25(1): 115-125.
- FAUSTINO, J. 1996. *Planificación y gestión de manejo de cuencas*. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- GRIGIO, A. M. 2003. *Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do Município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera*. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil. Dissertação de Mestrado em Geodinâmica.
- HELBEL, A. F.; NUNES, M. L. A. e M. MARCHETTO. 2014. "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.
- LE TOURNEAU, F. M. e M. BURSZTYN. 2010. "Assentamentos rurais na Amazônia: contradições entre a política agrária e a política ambiental". *Ambiente & Sociedade*, 13(1): 111-130.
- MAHAR, D. J. & C. E. H. DUCROT. 1998. *Land-use zoning on tropical frontiers: emerging lessons from the Brazilian Amazon*. The World Bank, EDI Case Studies, Washington. USA.
- MARTINS, S. V. e H. C. T. DIAS. 2001. "Importância das florestas para a quantidade e qualidade da água". *Ação Ambiental*, 4(20): 14-16.
- MESQUITA, M. G. G. C. e E. G. EGLER. 1979. *A organização do espaço na faixa da transamazônica*. IBGE. Rio de Janeiro, Brasil.
- MOSCA, A. A. O. 2003. *Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas*. Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais. Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, Brasil. Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais.

- MOURA, V.; SILVA, P. J. C.; ROSELL, E. C. F. e W. W. A. ALVES. 2017. “Análise multitemporal do uso e ocupação do solo em Áreas de Preservação Permanente (APP) na bacia do rio Piranha, São Miguel do Guaporé, Rondônia (RO), Brasil”. *Revista Geográfica Venezolana*, 58(2): 414-429.
- NASCIMENTO, C. 2010. “O processo de ocupação e urbanização de Rondônia: uma análise das transformações sociais e espaciais”. *Revista de Geografia*, 27(2): 53-69.
- OLIVEIRA, P. T.; SOBRINHO, T. A.; STEFFEN, J. L. e D. B. RODRIGUES. 2010. “Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(8): 819-825.
- PEREIRA, B. W. F.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, M. A. M. S.; RIBEIRO, A. M.; FERREIRA, B. M. e E. G. P. RIBEIRO. 2016. “Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil”. *Revista Ambiente e Água*, 11(2): 472-485.
- PIONTEKOWSKI, V. J.; MATRICARDI, E. A. T.; PEDLOWSKI, M. A. e L. C. FERNANDES. 2014. “Avaliação do desmatamento no Estado de Rondônia entre 2001 e 2011”. *Floresta e Ambiente*, 21(3): 297-306.
- SANTANA, D. P. 2003. *Manejo integrado de bacias hidrográficas*. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, Brasil.
- SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T. e N. W. DIAS. 2012. “Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil”. *Revista Ambiente & Água*, 7(3): 195-211.
- SANTOS, S. L. M.; DELLA-JUSTINA, E. E. e M. M. FERREIRA. 2013. “Classificação geoambiental das unidades de relevo da bacia do Igarapé Belmont em Porto Velo-Rondônia”. *Geografia (Londrina)*, 22(2): 25-41.
- SANTOS, L. S.; GUTIERREZ, C. B. B.; PONTES, A. N.; SOUZA, A. A. D. A.; MARTORAN, L. G. e O. M. SILVA JUNIOR. 2016. “Geotecnologia aplicada na análise de bacias hidrográficas e rede de drenagem: estudo das bacias hidrográficas do Murucutu e Aurá, Belém, Pará”. *Revista SODEBRAS*, 11(124): 131-135.
- SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2002. *Atlas Geoambiental de Rondônia*. Porto Velho, Brasil.
- SILVA, A. G. D. 1984. *No rastro dos pioneiros: um pouco da história rondoniana*. SEDUC. Porto Velho, Brasil.
- SILVA, M. A. e O. BURGEILE. 2015. “A política de migração e colonização na Amazônia e em Rondônia e as diversas formas de se pensar esta região sob os vies políticos e econômicos”. *Revista Labirinto*, 21: 383-399.
- SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L. e G. M. C. ARAUJO. 2016. “Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado”. *Revista do Departamento de Geografia*, 31: 82-100.
- STACHIW, R. 2017. *Cartilha das águas de Rondônia*. Gráfica e Editora Express LTDA ME. Rolim de Moura, Brasil.
- TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. D. B. e J. P. METZGER. 2015. “Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal”. *Estudos Avançados*, 29(84): 151-162.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L. e B. B. FULLER. 2007. “O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local”. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, 11(1): 137-156.

- TOLLENO, K. C. 2005. *Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, Minas Gerais*. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. Dissertação de Mestrado Ciência Florestal.
- TUCCI, C. E. M. 1997. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. (2 ed). Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH, v. 4) / Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.
- VENDRUSCOLO, J. 2012. *Atributos físicos e químicos de diferentes tipos de solos sob quatro coberturas vegetais na área ciliar do igarapé D'Alincourt-RO*. Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areias, Brasil. Dissertação de Mestrado em Manejo de Solo e Água.
- VENDRUSCOLO, J.; SILVA, A. F.; CAVALHEIRO, W. C. S.; STACHIW, R. e A. M. PEREZ MARRIN. 2017. "Índice de desmatamento na bacia do rio Bamburro durante período de 1985 a 2015, Amazônia Ocidental, Brasil". *Revista Geográfica Venezolana*, 38(2): 378-393.
- UMETSU, R. K.; PEREIRA, N.; UMETSU, C. A.; MENDONÇA, R. A. M.; BERNASCONI, P. e M. F. CAMARGO. 2012. "Análise morfométrica e socioambiental de uma bacia hidrográfica Amazônica, Carlinda, MT". *Revista Árvore*, 36(1): 83-92.

Foto: Bacia do rio Madeira
Autor: Rosalvo Stachiw





RESENHA BIBLIOGRÁFICA

BIBLIOGRAFÍA CRÍTICA
BOOKS REVIEW

A LEI DE PROTEÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA E A EFETIVIDADE PARA A RECOMPOSIÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E RESERVA LEGAL

*La ley de protección de la vegetación natural
y su efectividad para reestructurar las áreas
de preservación permanente y reserva legal*

*The law for the protection of native vegetation
and the effectiveness for the restoration of the areas
of permanent preservation and legal reserve*

José das Dores de Sá Rocha¹

José de Arimatéa Silva²

¹ Universidade Federal de Rondônia,
Departamento de Engenharia Florestal
josedesa@unir.br

² Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Silvicultura, Instituto de Florestas
arimateaufrrj@gmail.com

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) guarda suas raízes no primeiro Código Florestal de 1934 (Decreto n. 23.793 de 23/01/1934), na figura das ‘florestas protetoras’, cuja funções foram incorporadas e ampliadas no Código que o sucedeu. O referido estatuto legal, de 1943, foi quem, bem ou mal, regulou o uso e proteção dos recursos florestais ao longo dos planos e programas de governos da nova república ao início do novo ciclo político-econômico, do regime militar. Momento este, no qual finda a sua vigência, com a promulgação do então novo Código Florestal de 1965 (Lei nº 4.771/1965), onde foi instituído a figura das atuais APPs, tomando emprestado o conteúdo das antigas ‘florestas protetoras’ e ampliando-os, além da inovação da criação da Reserva Legal (RL).

Decorrido todo ciclo do regime militar e passado se quase 3 décadas do novo regime político-econômico democrático, somando-se quase meio século de vigência, novamente é requerido a adequação do estatuto legal que rege o uso e proteção da vegetação nativa, cujas alterações recai sobre as APPs e as Reservas Legais (RLs).

O novo marco legal sobre o uso e proteção da vegetação nativa no Brasil surge da inaplicabilidade do Código Florestal de 1965, substituído pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN), Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. A nova lei foi estruturada para sanar parte significativa do passivo ambiental, gerado pela não aplicação do então Código Florestal de 65, possibilitando assim, a maioria das propriedades rurais no país, a sua saída da condição de ilegalidade. A LPVN trata fundamentalmente das APPs e da RL, seja de propriedade pública ou privada, ambas essenciais para o manejo das bacias hidrográficas e gestão dos recursos hídricos, em especial as APPs.

A configuração da APP e RL não foi alterada com o advento do novo marco legal, apenas a sua forma de uso para fins de adequação ambiental, mantendo a seguinte redação, nos incisos II e III do Art. 3º: *“II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversida-*

de, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; III - Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa”.

Para acomodar o passivo ambiental gerado nas APPs e RLs, ao longo da vigência do velho Código Florestal de 65, a nova legislação cria a figura das áreas rurais consolidadas, atrelada ao marco temporal, conforme redação atribuído pelo legislador, no inciso IV, do Art. 3º: *“IV - área rural consolidada: área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio”.*

Com o advento da área rural consolidada, quem desmatou APP e RL até dia 22 de julho de 2008, terá um tratamento especial dado pelo novo aparato legal, dependendo do tamanho da propriedade, tem um tratamento específico para a adequação ambiental da mesma. Todavia, aquele que casou danos na APP e ou RL, após 22 de julho de 2008, tem tratamento como já era previsto pelo regimento jurídico específico, dando assim tratamento diferente para os mesmos problemas, tendo como referência apenas um marco temporal, data que passa a vigorar a aplicação das infrações contra o meio ambiente, a promulgação do Dec. nº 6.514/22/07/2008, que regulamenta a lei de crimes ambientais. Assim, livrou os proprietários de terra que foram autuados em infrações ambientais contra APP e RL, das infrações administrativas, penais e criminais. O passivo ambiental provocado com a degradação das APPs, até 22 de julho de 2008, foi então ajustado com criação da figura da ‘área rural consolidada’, para efeito de adequação ambiental da propriedade. As APPs, que são vitais para o manejo de bacias hidrográficas e gestão dos recursos hídricos ganhou um escalonamento de acordo com o tamanho da propriedade, estabelecidos nos artigos 61 A e B, na LPVN.

Para fins de auxiliar a compreensão do leitor, na leitura dos artigos supra citados, na **Tabela 1** está sistematizado uma síntese da metragem a ser recomposta das APPs, segundo o tamanho da propriedade em módulos fiscais e o tipo de APP. O módulo fiscal é uma unidade e medida, em hectares, determinada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), para cada município do país.

Tabela 1 Metragem da APP a ser recomposta de acordo com o tamanho da propriedade em módulo fiscal e o tipo de APP, para áreas rurais consolidadas (até 22 julho de 2008)

Propriedade	Recomposição a ser realizado por tipo de APP, em metros (m)			
	Rios	Nascentes e Olhos D'água	Lagos e lagoas	Veredas
Tamanho da propriedade em Módulo Fiscal				
1 ≤	5		5	
>1 ≤2	8 (10 %)*		8	
>2 ≤4	15 (20 %)*		15	
>4	20 a 100		30	
Qualquer tamanho		15		
≤4				30
>4				50

* A recomposição da APP não deve ultrapassar o referido percentual da área total do imóvel rural

Em que pese a RL, a redução de áreas de cobertura de vegetação nativa, áreas de carga do lençol freático, é ainda maior em termos percentuais do que as de APP, como por exemplo, no estado de Rondônia, mais de 90 % das propriedades se enquadram na categoria de até 4 módulos fiscais, que serão dispensadas de recomposição das áreas desmatadas de RL, conforme afirma o Art. 67 da LPVN: “Art. 67. Nos imóveis rurais que detinham, em 22 de julho de 2008, área de até 4 (quatro) módulos fiscais e que possuam remanescente de vegetação nativa em percentuais inferiores ao previsto no art. 12, a Reserva Legal será constituída com a área ocupada com a vegetação nativa existente em 22 de julho de 2008, vedadas novas conversões para uso alternativo do solo”.

As APPs e as RLs, que exercem funções essenciais para evitar o carreamento de partículas sólidas e orgânicas para os cursos d`água, evitar assoreamento dos leitos dos rios, infiltração das águas das chuvas e recarga do lençol freático, tem esses papéis reduzidos na nova configuração da LPVN, pelo menos no curto e médio prazo, até que as áreas a serem recuperadas o sejam feitas de fato.

Por outro lado, a LPVN prever, no § 7º do art. 66, o favorecimento da recuperação de bacias hidrográficas com elevado grau de degradação e a criação de corredores ecológicos, no processo de compensação para fins de regularização da RL, previsto no referido artigo. Esse mecanismo contribuirá com o manejo das bacias hidrográficas, caso seja adequadamente implementado pelas instituições estaduais.

A despeito da internalização do passivo ambiental na estrutura produtiva rural, dos danos provocados nas APPs e RLs, a LPVN, que permite retirar grande parte das propriedades rurais da ilegalidade, traz também uma expectativa da aplicação dessa nova legislação, tanto pela demanda da nova conjuntura social e das instituições, quanto pelo problema da gestão dos recursos hídricos que se torna premente no país.

Muito embora venha à tona a expectativa de aplicação da LPVN, e na mesma tenha previsão de um conjunto de instrumentos para a recomposição das APPs e RLs, não foi previsto, na legislação, mecanismos efetivos de fortalecimento dos órgãos estaduais responsáveis pela gestão florestal e ambiental, foi feito apenas uma menção, autorizando os três entes federados a criar as condições necessárias para a execução da lei. *“Art. 82. São a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios autorizados a instituir, adaptar ou reformular, no prazo de 6 (seis) meses, no âmbito do Sisnama, instituições florestais ou afins, devidamente aparelhadas para assegurar a plena consecução desta Lei”.*

Passado se seis anos de promulgação da LPVN, até então não houve nenhuma ação coordenada (plano, programa e etc.), de forma a abranger pelo menos as grandes regiões, os biomas, para fortalecer gestão organizacional dos órgãos estaduais, os quais, em especial da região amazônica, padecem de capacidades operacionais para fazer cumprir a legislação.

Todos los trabajos remitidos a la *Revista Geográfica Venezolana* deberán ser originales y no estar sometidos o editados en otras publicaciones periódicas de naturaleza similar (impresas o electrónicas). Para efectos de arbitraje los autores deben eliminar la personalización de la copia de Microsoft Office de su equipo. El escrito debe ser enviado vía correo electrónico (regeoven@gmail.com) al Editor de la Revista, donde será sometido a arbitraje bajo el sistema doble ciego. Anexa al trabajo los autores deberán enviar carta de originalidad y cesión de derechos. De ser necesario, remitir un CD contentivo del texto el que, de preferencia, debe estar escrito con el procesador Word en letra Times New Roman de 12 puntos y párrafos con doble espacio, a la Secretaría de la Revista (Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Oficina de Publicaciones. Universidad de Los Andes. Vía los Chorros de Milla. Mérida 5101, Venezuela). En ambos casos, SIN FORMATOS ESPECIALES NI TABULACIONES. Si los manuscritos contienen figuras, cuadros o elementos similares debe especificarse el programa con el cual fueron hechos.

ARTÍCULOS

Bajo esta categoría se incluirán trabajos de hasta 25 páginas (resumen, abstract, palabras clave, cuerpo del artículo, figuras, gráficos y referencias citadas), tamaño carta, escritos a doble espacio, con márgenes de 3 cm en los cuatro lados. También hay que indicar fecha y lugar de finalización del artículo. Luego, si fuese el caso, fecha de la revisión y corrección. Para que un trabajo se incluya en esta categoría debe contener lo siguiente:

Título

Debe ser preciso, breve y claro. Su extensión no deberá exceder las 15 palabras. Debe estar centrado en la parte superior de la primera página, en negrita. Inmediatamente debe aparecer en inglés, en texto normal y minúscula.

Nombre del autor(es) y dirección

El nombre del o de los autores debe aparecer debajo del título, hacia el lado izquierdo. Inmediatamente debajo del nombre, debe colocarse dirección personal e institucional, teléfono, fax, e mail.

Resumen

A continuación del nombre y dirección del autor(es), deberán incluirse dos resúmenes, (español e inglés) de no más de 150 palabras. El resumen en inglés se denominará Abstract. El resumen debe ser claro y conciso, no siendo necesario referirse al texto del artículo; tampoco debe incluir citas ni referencias.

Palabras clave

Inmediatamente después de cada resumen (español e inglés) debe aparecer la línea de palabras clave que identifican los aspectos centrales del artículo. Deben estar separadas por punto y coma (;). De preferencia no deben ser más de 5. Ejemplos:

Palabras clave: geomorfología; Venezuela; Andes; Mérida; valle del río Mocotíes.

Key words: geomorphology; Venezuela; Andes; Mocotíes river valley.

Texto

El texto del artículo debe comenzar en página aparte. Los elementos estructurales deben ser: introducción, materiales y métodos, resultados, discusión de los resultados, conclusiones y referencias citadas. Esta estructura puede ser flexible dependiendo de la especialidad del tema tratado. En todos los casos se debe definir una jerarquización de los títulos y subtítulos; ejemplo: 1.; 1.1, 1.2; 2... Los nombres científicos deben escribirse en cursivas. Para los números decimales deben usarse comas y no puntos. Los agradecimientos deben ser concisos y aparecer antes de las Referencias citadas.

La introducción deberá señalar, de preferencia, la naturaleza, importancia y alcance del problema tratado, así como los objetivos del trabajo.

Se hará una descripción concisa de los materiales y métodos usados bajo la denominación de “metodología” o “materiales y métodos”. Bajo materiales se consideran aspectos como mapas, aerofotografías, imágenes satelitales, equipos, productos, etc.; bajo la denominación métodos se consideran procedimientos, tratamientos y técnicas empleadas, técnicas de laboratorio, etc.

En los resultados se presentarán los efectos de todos los hechos analizados. Estos podrán combinar discusión e interpretación.

Referencias citadas

Las referencias citadas en el texto deben señalarse entre paréntesis, con el nombre del autor seguido por una coma y el año de la publicación; por ejemplo (Silveira, 2013). Cuando la cita sea textual deberá indicarse el número de página correspondiente (Silveira, 2013: 15). Si la referencia en el texto es de más de dos autores, se cita solo el primero acompañado de la expresión *et al.*, (Lemos *et al.*, 2006); pero, en las referencias citadas al final del texto deben incluirse todos los autores, siendo que la inicial (iniciales) del nombre del último autor debe ir antes del apellido: LEMOS, A. I. G.; SILVEIRA, M. L. y M. ARROYO. En el caso de varios trabajos de un mismo autor o autores, elaborados en un mismo año, las referencias se indicarán con letra minúscula (a, b, c, etc.) colocadas inmediatamente después del año de publicación, ejemplo (Gómez, 2015a; Gómez, 2015b). Las referencias citadas en el texto se deben corresponder con una indicación completa en la lista de referencias citadas al final del artículo, y deben aparecer en estricto orden alfabético, respetando lo siguiente:

Artículos de revistas

- ALTEZ, R. 2014. "Historia comparada de los sismos de Caracas: dinámica y variabilidad de las intensidades". *Revista Geográfica Venezolana*, 55(1): 129-153.
- CHOY, J. E.; PALME, C.; GUADA, C.; MORANDI, M. & S. KLARICA. 2010. "Macroseismic Interpretation of the 1812 Earthquakes in Venezuela using intensity uncertainties and a priori fault-strike information". *Bulletin of the Seismological Society of America*, 100(1): 241-255.

Artículos / Capítulos de libros

- FROLOVA, M. y G. BERTRAND. 2006. "Geografía y paisaje". En: D. HIERNAUX y A. LINDÓN (dirs.), *Tratado de Geografía Humana*. pp. 254-269. Anthropos Editorial, Barcelona / Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, División de Ciencias Sociales y Humanidades. México.
- HERITAGE, J. 1990. "Etnometodología". En: J. ALBORÉS (ed.), *La teoría social hoy*. pp. 290-350. Alianza Editorial. Madrid, España.

Libros

- VIVAS, L. 2015. *La megadiversidad físico-natural del territorio venezolano*. Gráficas El Portatítulo. Mérida, Venezuela.
- PAGE, S. & C. M. HALL. 2003. *Managing Urban Tourism*. Prentice Hall. Essex, United Kingdom.
- SANTOS, M. y M. L. SILVEIRA. 2001. *O Brasil: Território e Sociedade no início do século XXI*. Record. Rio de Janeiro, Brasil.
- LEMOS, A. I. G.; SILVEIRA, M. L. y M. ARROYO (comp.). 2006. *Questões territoriais na América Latina*. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO), Universidade de São Paulo (USP). Brasil / Buenos Aires, Argentina.

Congresos, seminarios, reuniones

- ALVES, V. E. L. 2011. A expansão da produção de soja na fronteira agrícola dos cerrados brasileiros. Hegemonia das grandes empresas e processo de exclusão. *IX ENANPEGE (Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia)*. pp. 1-18. Goiânia, Brasil. (9-12 de outubro).
- AUDEMARD, F. A. 1993. Trench investigation across the Oca-Ancon fault system, Northwestern Venezuela. *Second International Symposium on Andean Geodynamics*. pp. 51-54. Oxford, England. (Extended abstract).

Otras publicaciones (tesis, informes, etc.)

- ULLMAN, R. 1988. *Técnicas digitales de modelaje cartopográfico para ambientes urbanos*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Trabajo Especial de Grado. (Inédito).
- SANTANA, D. 2013. *Precariópolis y privatópolis en la región metropolitana de Bogotá (1990-2010). Un análisis socioespacial de los barrios cerrados*. Departamento de Geografía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Tesis de Grado.
- CAPRON, G. 1996. *La ville privée: les shopping centers à Buenos Aires*. Universidad Toulouse-2. Le Mirail, Francia. Tesis de Doctorado.

Si la referencia tiene como fuente a Internet, debe señalarse Disponible en: [http://www.\(dirección web\)](http://www.(dirección web)) y mencionar la fecha de la consulta [fecha consulta], manteniendo la forma de citar previamente señalada para artículos de revistas, capítulos de libros, congresos, seminarios, reuniones y otras publicaciones, salvo que la publicación siga un formato electrónico particular.

SMALLER, C.; WEI, Q. & L. YALAN. 2013. "The quest for commodities: Chinese investment in farmland". International Institute for Sustainable Development (June 26). Disponible en: <https://www.iisd.org/itn/2013/06/26/the-quest-for-commodities-chinese-investment-in-farmland/> [Consulta: octubre, 2015].
 YAÑEZ, G.; REHNER, J. y O. FIGUEROA. 2010. "Redes empresariales e informales en el mercado inmobiliario de Santiago de Chile". *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2010, vol. XIV, n° 331(91). <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-331/sn-331-91.htm>>. [ISSN: 1138-9788].

En el caso de leyes para citarlas en el cuerpo del texto se debe señalar el nombre o número de acta y el año de publicación; ejemplo: (Ley N° 18525, 1986). En las referencias citadas debe colocarse: Número de la ley y denominación oficial si la tiene, título de la publicación en que aparece oficialmente, lugar de publicación y fecha (indicar día, mes y año). Ejemplo: Ley Orgánica de Ordenación del Territorio. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, Número 3.238 Extraordinario. Caracas, jueves 11 de agosto de 1983.

Forma de citar los textos publicados en la *Revista Geográfica Venezolana* (versión digital)

HIDALGO R.; DE SIMONE L.; SANTANA D. y F. ARENAS. 2016. "Geografías del comercio en Santiago de Chile (1990-1910): de la reestructuración comercial al policentrismo inmobiliario". *Revista Geográfica Venezolana*, 57(1): 14-37. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/regeoven>. [Consulta -insertar fecha de acceso o descarga].

Figuras

Los gráficos, croquis, fotografías, planos, láminas, mapas, etc. se denominarán figuras y dependiendo del tipo y complejidad de éstas, los autores deberán enviar por correo normal sus originales en hojas separadas o consignarlas en la Secretaría de la Revista. El archivo digital de las figuras debe estar con resolución de 300 dpi en formato .jpg y en modo RGB. Las figuras que contengan letras de identificación deben tener un tamaño mínimo de 9 puntos. Las figuras deben estar numeradas según su orden de aparición en el texto, en números arábigos. Las figuras no deben tener ningún tipo de formato (cuadros, recuadros), ni deben aparecer los nombres de los autores de los mismos (ni de los dibujantes, de ser el caso). Al ser reducida, la figura deberá presentar características que no dificulten su lectura. La descripción correspondiente a las figuras deben venir en hoja aparte.

Tablas

Las tablas se denominarán cuadros y deberán estar montados en Word o en hoja de cálculo tipo Excel, dependiendo de su complejidad. Deberán venir en el CD contentivo del texto, con su identificación correspondiente. Además debe estar clara su ubicación dentro del texto. En la parte superior se ordenarán con números arábigos (Cuadro 1) y, a continuación, llevarán el título. Las notas al pie de los cuadros se utilizarán para especificar información detallada (ejemplo: niveles de información estadística) y deben ser identificados con superíndices numerados.

Pie de página

No se recomienda el uso de los pie de páginas. No obstante, cuando el autor lo considere pertinente, las notas deben ir al final del artículo, antes de las referencias citadas. Deben respetar la secuencia en que aparecen en el texto.

Nota

Si bien la *Revista Geográfica Venezolana* se edita en español, se aceptan artículos en inglés, francés y portugués, en cuyo caso, se debe incluir un resumen en español. Los trabajos que no sigan estas instrucciones se devolverán a los autores para que realicen los ajustes pertinentes.

All papers sent to the *Revista Geográfica Venezolana* should be original and cannot be submitted or edited in other periodical publications alike (printed or electronic). They should be emailed to the editor of the journal (regeoven@gmail.com) where it will be submitted to arbitration under the double-blind study system. The authors will have to email a Word document letter attached with the paper, where the author states it is an original work and cedes his rights. If necessary, send a CD-Rom containing the paper on a Word format Document, on a 12 point Times New Roman font, double-spaced paragraphs, to the Secretariat of the Journal (Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Oficina de Publicaciones. Universidad de Los Andes. Vía los Chorros de Milla. Mérida 5101, Venezuela). In either case, DO NOT USE ANY SPECIAL FORMAT OR TABS. If the manuscript contains charts, graphics or similar elements, the program used should be specified.

PAPERS

Works submitted under this category should be up to 25 pages long (abstract in original and English language, key words, paper body, figures, graphics and quoted references) letter size, double-spaced with 3 cm of margin on each side. It is also necessary to add date and place where the paper was finished. Then, please add date of proofreading. To be accepted into this category works should be:

Title

It should be brief and precise. It cannot be longer than 15 words. It should be centered at the top of the first page in bold type capital letters. If written in Spanish, the title should be written in English in lower caption under the Spanish title.

Author's Name and Address

The name of the author should be displayed under the title on the left. Under the name of the writer the institutional and personal address, fax, e-mail and telephone number of the writer should be included.

Abstract

After the name and address of the writer, two summaries of the paper should be included. It should not be longer than 250 words. The English summary will be entitled Abstract and the Spanish summary, Resumen. The abstract should be clear and concise, and it is not necessary to refer to the paper text. It should not include quotes or references.

Key words

After each summary (English and Spanish), a list of keywords must be displayed, identifying the central aspects of the paper. And they should be separated by semicolons. At most, 5 key words will be listed.

Examples:

Palabras clave: geomorfología; Venezuela; Andes; Mérida; valle del río Mocotíes.

Key words: geomorphology; Venezuela; Andes; Mérida; Mocoties river valley.

Text

The text of the paper should start in the following page. The structural elements should be: introduction, materials and methods, results, discussion of the results, conclusions and references quoted. This structure might be flexible, depending on the specialties of the subject dealt with. In all the cases, a hierarchization of titles and subtitles should be defined; for example: 1.; 1.1, 1.2; 2... Scientific names must be typed in italics. When writing decimals comas are to be used. Acknowledgements must be brief and will be written at the end of the text.

The introduction should preferably point out the nature, relevance and scopes of the problem dealt with as well as the objectives of the work.

A concise description of the materials and methods used will be made under the title "Methodology" or "Methods and Materials". Under materials are considered aspects such as maps, photographs, satellite images, equipment, products, etc.; under methods are considered procedures, treatments, techniques employed, etc. In the results, the effects of the analyzed facts will be presented and they could combine discussion and interpretation.

References Quoted

The references quoted in the text should be followed by the name of the author and the year of publication in parentheses. For example: (Silveira, 2013). When the reference is a textual quote the number of the page should be included (Silveira, 2013: 15). If the reference belongs to more than two authors only the name of the first should be added, followed by the expression *et al.*, (Lemos *et al.*, 2006); but, in the references quoted at the end of the text all the authors should be included as following: Initial name (or initials) of the last author must be go before the surname: LEMOS, A. I. G.; SILVEIRA, M. L. y M. ARROYO. When several works by the same author written the same year are quoted, the references will be indicated with a lower caption letter following the year of publication (a, b, c, etc.) placed right after the year of issue; for example: (Gómez, 2015a; Gómez 2015b). All references should be respectively indicated in the list of references at the end of the text and should be displayed in alphabetical order. Quotes at the end of the text will be as follows:

Journal papers

- ALTEZ, R. 2014. "Historia comparada de los sismos de Caracas: dinámica y variabilidad de las intensidades". *Revista Geográfica Venezolana*, 55(1): 129-153.
- CHOY, J. E.; PALME, C.; GUADA, C.; MORANDI, M. & S. KLARICA. 2010. "Macroseismic Interpretation of the 1812 Earthquakes in Venezuela using intensity uncertainties and a priori fault-strike information". *Bulletin of the Seismological Society of America*, 100(1): 241-255.

Papers / Chapters from books

- FROLOVA, M. y G. BERTRAND. 2006. "Geografía y paisaje". En: D. HIERNAUX y A. LINDÓN (Dir.), *Tratado de Geografía Humana*. pp. 254-269. Anthropos Editorial, Barcelona / Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, División de Ciencias Sociales y Humanidades. México.
- HERITAGE, J. 1990. "Etnometodología". En: J. ALBORÉS (ed.), *La Teoría Social hoy*. pp. 290-350. Alianza Editorial. Madrid, España.

Congresses, seminars and meetings

- VIVAS, L. 2015. *La megadiversidad físico-natural del territorio venezolano*. Gráficas El Portatítulo. Mérida, Venezuela.
- PAGE, S. & C. M. HALL. 2003. *Managing Urban Tourism*. Prentice Hall. Essex, United Kingdom.
- SANTOS, M. y M. L. SILVEIRA. 2001. *O Brasil: Território e Sociedade no início do século XXI*. Record. Rio de Janeiro, Brasil.
- LEMOS, A. I. G.; SILVEIRA, M. L. y M. ARROYO (Comp.). 2006. *Questões territoriais na América Latina*. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO), Universidade de São Paulo (USP). Brasil / Buenos Aires, Argentina.

Other publications (thesis, reports, etc.)

- ULLMAN, R. 1988. *Técnicas digitales de modelaje cartopográfico para ambientes urbanos*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Trabajo Especial de Grado. (Inédito).
- SANTANA, D. 2013. *Precariópolis y privatópolis en la región metropolitana de Bogotá (1990-2010). Un análisis socioespacial de los barrios cerrados*. Departamento de Geografía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Tesis de Grado.
- CAPRON, G. 1996. *La ville privée: les shopping centers à Buenos Aires*. Universidad Toulouse-2. Le Mirail, Francia. Tesis de Doctorado.

If the main source of the reference is from Internet must indicate as follow: Disponible en: (Web address) and mention the search date [Consulta: search date], maintaining the citation above mentioned for journal papers, chapters/papers from books, congresses, seminars, meetings and other publications, excepting particularly electronic format citation.

- SMALLER, C.; WEI, Q. & L. YALAN. 2013. "The quest for commodities: Chinese investment in farmland". International Institute for Sustainable Development (June 26). Disponible en: <https://www.iisd.org/itn/2013/06/26/the-quest-for-commodities-chinese-investment-in-farmland/> [Consulta: octubre, 2015].

YAÑEZ, G.; REHNER, J. y O. FIGUEROA. 2010. "Redes empresariales e informales en el mercado inmobiliario de Santiago de Chile". *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2010, vol. XIV, n° 331(91). <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-331/sn-331-91.htm>>. [ISSN: 1138-9788]

In the case of laws, in order to quote them in the paper body, the minutes name or number and year of issue should be added; for example: (Ley N° 18525, 1986). In the quoted references should be: number of the law, and official name if any, title of the publication where it was officially issued, date and place of issue (day, month, year). For example: Ley Orgánica de Ordenación del Territorio. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, Número 3.238 Extraordinario. Caracas, jueves 11 de agosto de 1983.

How to cite the texts published in the *Revista Geográfica Venezolana* (digital versión)

HIDALGO R.; DE SIMONE L.; SANTANA D. y F. ARENAS. 2016. "Geografías del comercio en Santiago de Chile (1990-1910): de la reestructuración comercial al policentrismo inmobiliario". *Revista Geográfica Venezolana*, 57(1): 14-37. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/regeoven>. [Consulta: search date].

Figures

Graphics, sketches, pictures, maps, prints, among others, will be called "figures", and depending of their type and difficulty originals will be sent in separate sheets by mailing system or take them to the Secretariat of the Journal. The digital file of the figures must be 300 dpi resolution in .jpg format and in RGB mode. Figures that contain identification letters must have a minimum size of 9 points. Figures should be numbered according to their appearance order in the text in Arabic numbers. Figures should not either have any kind of format (frames, edges, etc.) or the names of the authors (or drawers). When reduced, the figure should have characteristics that do not make it difficult to read. The description corresponding to the figures should come on a separate sheet.

Tables

Tables will be called Charts and should be done on Word or on Excel spreadsheets, depending on their complexity. They should be saved on CD containing the text with its respective identification. Besides, its location inside the text must be clear. Charts will be identified at the top with Arabic numbers (Chart 1) and will be followed by the explaining legend (title) of the chart. Footnotes under the charts will be used to specify detailed information (for example: statistic information levels) and should be identified with numbered superindex.

Footnotes

The use of footnotes is not recommended. However, if the author chooses to use them, they must be written at the end of the text before the references and should respect the sequence in which they are displayed in the text body.

Note

The *Revista Geográfica Venezolana* is edited in Spanish. However, papers in English, French and Portuguese are accepted. In this case, an abstract in Spanish should be added. The works that do not meet these instructions will be returned to the authors so that they make the relevant changes.

INSTRUCCIONES PARA LOS ÁRBITROS

La *Revista Geográfica Venezolana* es una publicación científica arbitrada, por lo que los artículos que se publican son sometidos, previamente, a evaluación por parte de personas especializadas en el tema tratado en los mismos.

A los árbitros se les envía una planilla guía en la que deben registrar todos aquellos aspectos que, a juicio, de los editores, debe cumplir todo artículo o contribución para la sección de Notas y Documentos. El árbitro debe calificar el grado de cumplimiento de tales aspectos y emitir un dictamen definitivo referente a la calidad del artículo. En este sentido, a continuación se señalan algunas recomendaciones a ser tomadas en cuenta.

Los árbitros deben dar una apreciación general del trabajo (tema adecuado para la revista; citas ajustadas a las normas de publicación; extensión, etc.), así como señalar la originalidad (de ser el caso) y claridad (título, resumen). También deben incluir dentro de su evaluación la ortografía y la redacción como aportes para mejorar la calidad del artículo. Por último, emitir una evaluación global que especifique si el trabajo debe ser publicado sin modificación alguna; puede ser publicado si se realizan las modificaciones indicadas; debe ser modificado a fondo y ser sometido nuevamente a arbitraje o no debe ser publicado.

El artículo, una vez recibido, leído y evaluado, deberá ser devuelto al editor responsable en un lapso no mayor de 15 días hábiles. Si por alguna razón el árbitro tuviese algún inconveniente con este período para realizar la evaluación, deberá informarlo a la mayor brevedad. El trabajo debe ser tratado confidencialmente y su contenido es propiedad del autor o autores.

Los resultados de la evaluación deberán ser enviados al correo (regeoven@ula.ve / regeoven@gmail.com) con indicación expresa de que es una evaluación, o entregados personalmente en la Oficina de Publicaciones del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales.



CDCHTA

El Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes es el organismo encargado de promover, financiar y difundir la actividad investigativa en los campos científicos, humanísticos, sociales y tecnológicos.

Objetivos generales

El CDCHTA, de la Universidad de Los Andes, desarrolla políticas centradas en tres grandes objetivos:

- Apoyar al investigador y su generación de relevo.
- Vincular la investigación con las necesidades del país.
- Fomentar la investigación en todas las unidades académicas de la ULA, relacionadas con la docencia y con la investigación.

Objetivos específicos

- Proponer políticas de investigación y desarrollo científico, humanístico, tecnológico y de las Artes para la Universidad.
- Presentarlas al Consejo Universitario para su consideración y aprobación.
- Auspiciar y organizar eventos para la promoción y la evaluación de la investigación.
- Proponer la creación de premios, menciones y certificaciones que sirvan de estímulo para el desarrollo de los investigadores.
- Estimular la producción científica.

Funciones

- Proponer, evaluar e informar a las Comisiones sobre los diferentes programas o solicitudes.
- Difundir las políticas de investigación.
- Elaborar el plan de desarrollo.

Estructura

- Directorio: Vicerrector Académico, Coordinador del CDCHTA.
- Comisión Humanística y Científica.
- Comisiones Asesoras: Publicaciones, Talleres y Mantenimiento, Seminarios en el Exterior, Comité de Bioética.
- Nueve subcomisiones técnicas asesoras.

Programas

Proyectos › Seminarios › Publicaciones › Talleres y Mantenimiento › Apoyo a Unidades de Trabajo › Equipamiento Conjunto › Promoción y Difusión › Apoyo Directo a Grupos (ADG) › Programa Estímulo al Investigador (PEI) › PPI-Emeritus › Premio Estímulo Talleres y Mantenimiento › Proyectos Institucionales Cooperativos › Aporte Red Satelital › Gerencia.

www2.ula.ve/cdcht · correo: cdcht@ula.ve
Teléfonos: 0274-2402785/2402686

ALEJANDRO GUTIÉRREZ S. COORDINADOR GENERAL

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina y
el Caribe, España y Portugal

Revista
GEOGRÁFICA
VENEZOLANA

ISSN 0549-3022

ISSN Impreso: 1013-1617

ISSN electrónico: 2244-0853

Encuentra
la Revista
Geográfica
Venezolana
en **redalyc.org**

también
disponible
para teléfonos y
tabletas con
Redalyc Móvil App

más de **600**
revistas arbitradas
en Ciencias Sociales,
Artes y Humanidades
y más de **200** en
Ciencias Exactas
y Naturales

además de
300,000
artículos a texto
completo en
acceso abierto

ESTA VERSIÓN ELECTRÓNICA DE LA
REVISTA GEOGRÁFICA VENEZOLANA VOLUMEN ESPECIAL 2019,
SE EDITÓ CUMPLIENDO CON LOS CRITERIOS Y LINEAMIENTOS
ESTABLECIDOS PARA PRODUCCIÓN DIGITAL EN EL AÑO 2019.

