

ESTUDO COMPARATIVO DE ÍNDICES MORFOMÉTRICOS NAS BACIAS DOS RIOS JURUÁ E PURUS – REGIÃO AMAZÔNICA

Edileuza Carlos de Melo
Naziano Pantoja Filizola Jr.
Jean Loup Guyot

Considerando a importância das bacias hidrográficas como sistema e unidade de monitoramento ambiental, o presente trabalho segue a metodologia de caracterização morfométrica de bacias hidrográficas, com o objetivo de caracterizar a dinâmica dos rios a partir do canal principal, e da correlação entre eles, segundo parâmetros específicos. As bacias dos rios Purus e Juruá tiveram a definição dos índices morfométricos com base em técnicas de geoprocessamento. Com a discretização das bacias dos rios Purus e Juruá, foi possível verificar características que mostram pouca suscetibilidade a enchentes e baixa capacidade de drenagem. A definição das unidades de resposta hidrológica foi obtida pela reclassificação dos tipos de solos e de uso e cobertura vegetal, sendo a classe de floresta em solo profundo a que apresentou o maior percentual de ocorrência.

Introdução

A mensuração e a análise matemática da configuração da superfície terrestre, quanto à forma e às dimensões de sua paisagem, são utilizadas nas estimativas dos índices morfométricos de uma bacia hidrográfica. A morfometria é uma importante ferramenta de apoio às análises hidrológicas ou ambientais, e tem por finalidade elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional.

Bacia hidrográfica ou bacia de drenagem são terminologias empregadas para caracterizar áreas superficiais cujas feições do terreno determinem processos específicos, entre eles a drenagem superficial de água de chuva e sedimentos carreados, originados de pontos distintos à montante e com destino comum à jusante. Estes materiais podem depositar-se pelo trajeto ou agregar-se aos cursos de ordem superior ou ao oceano.¹

A água constituinte do deflúvio superficial de uma bacia hidrográfica é originada de diversas fontes, principalmente da precipitação, do lençol freático e do escoamento superficial, ou ainda de outras bacias por meio do aporte subterrâneo. Os sedimentos podem incluir todo material particulado arrastado, o que se aplica a solos, sedimentos de diferentes granulometrias e matéria orgânica. Trata-se de um dos processos morfogenéticos mais dinâmicos de modelagem da paisagem terrestre.²

Nesse contexto, as características morfométricas do padrão de drenagem e do relevo refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas, e expressam estreita correlação com a litologia, a estrutura geológica e a formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre.³

As unidades de resposta hidrológica representam unidades de paisagem que apresentam comportamento hidrológico semelhante, normalmente definidas a partir da combinação de tipos de solo, cobertura vegetal e uso do solo de uma mesma região.

Com base nessas considerações, este trabalho aborda as etapas da caracterização morfométrica das áreas de contribuição hidrológica dos rios Purus e Juruá, por meio de hierarquia fluvial, análise linear, análise areal, análise hipsométrica, perfil longitudinal e discriminação de áreas com comportamento hidrológico similar, resultantes da combinação de tipos de solos com tipos de vegetação ou uso da terra.

¹ SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E. & CAMARGO, P. B. *Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas*. São Carlos: RiMa, 140 p. 2003.

² CHRISTOFOLLETI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

³ PISSARA, T. C. T.; POLITANO, W. & FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). *Rev. Bras. Ciências do Solo*, Viçosa, n. 28, p. 297-305, 2004.

Metodologia e caracterização da área

O estudo comparativo dos índices morfométricos e a definição de unidades de resposta hidrológica, tendo como suporte técnicas de geoprocessamento trabalhadas em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e técnicas de processamento digital de imagens, constituem instrumento adequado para analisar a variabilidade espacial das características físicas das sub-bacias hidrográficas escolhidas.

As áreas de contribuição hidrológica selecionadas para estudo estão compreendidas pelas estações da Agência Nacional de Águas (ANA), conforme tabela 1.

Tabela 1: Estações utilizadas no estudo

Código ANA	Estação ANA	Rio	Latitude	Longitude
13962000	Arumã-jusante	Purus	-4,6833	-62,1167
13870000	Lábrea	Purus	-7,2500	-64,8000
13750000	Seringal Fortaleza	Purus	-7,6833	-66,9333
12840000	Gavião	Juruá	-4,8333	-66,7500
12550000	Eirunepé - Montante	Juruá	-6,6833	-69,9000
12500000	Cruzeiro do Sul	Juruá	-7,6167	-72,6667

A figura 1 mostra a localização das duas áreas na bacia hidrográfica do rio Amazonas.

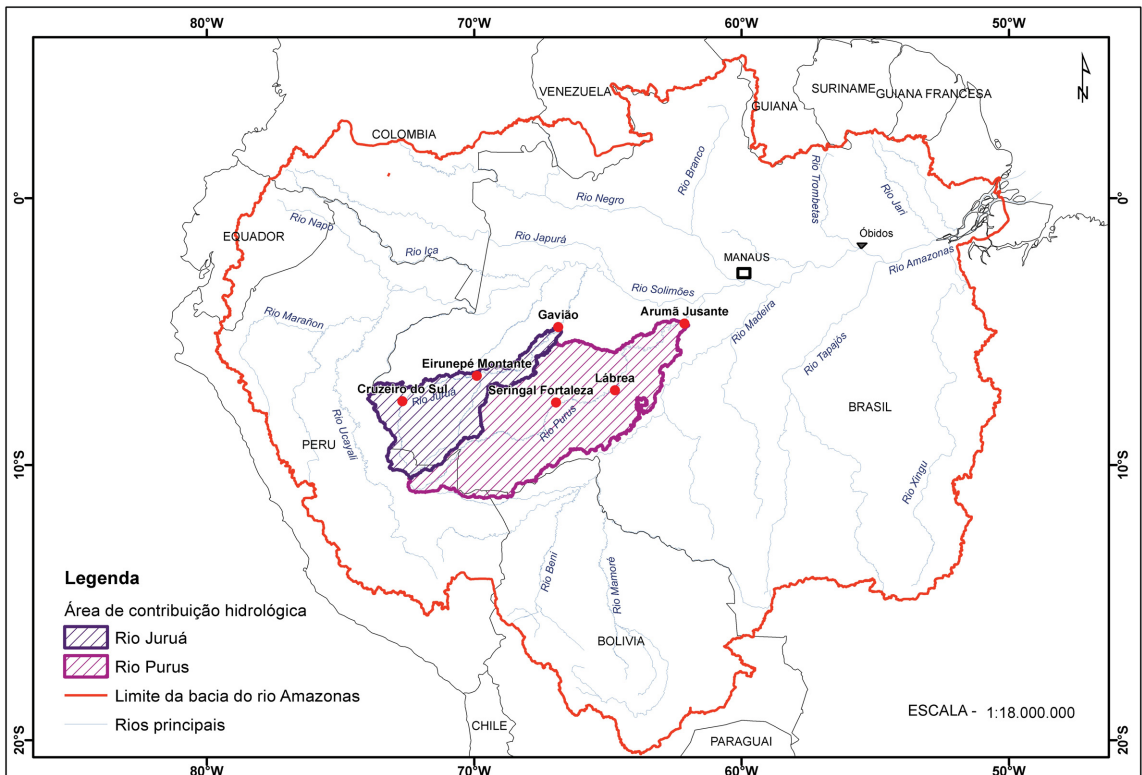


Figura 1: Localização da área de estudo

Os dados altimétricos utilizados foram as imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), que possuem dados de elevação com uma escala próxima à global para gerar a mais completa base de dados topográficos digitais de alta resolução da Terra. O SRTM consistiu de um sistema de radar especialmente modificado que voou acoplado ao ônibus espacial Endeavour durante uma missão de 11 dias em fevereiro de 2000. Os dados foram publicados em uma grade com arco de 1 segundo (resolução de 30 metros) para os EUA e com um arco de 3 segundos (resolução de 90 metros) para o resto do globo da latitude de 56°S até a de 60°N.

Com o ArcGIS 9.2[®] foram organizadas as informações necessárias para o pré-processamento de dados, utilizando-se a extensão ArcHydro v.1.3.

O banco de dados SIG é composto pelos seguintes dados apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Banco de dados SIG

Dado	Tipo	Fonte
Modelo Digital de Elevação (MDE)	Raster	SRTM
Estações Pluviométricas	Vetorial (pontos)	ANA
Classes de Vegetação	Vetorial (polígonos)	RADAM-Brasil
Tipos de Solos	Vetorial (polígonos)	RADAM-Brasil

O MDE SRTM no formato ASCII foi convertido para o formato grid (RASTER) no ArcGIS utilizando-se a ferramenta de conversão de dados do ArcMap.

Com as ferramentas do ArcHydro e com base na metodologia adotada⁴, foi realizada a análise de terreno no MDE SRTM, para gerar dados da direção de fluxo (*flow direction*), área acumulada (*flow accumulation*), definição da drenagem (*stream definition*), segmentação da drenagem (*stream segmentation*) e delimitação de bacias (*watershed delineation*). Esses dados serviram então para delimitar as áreas de contribuição hidrológica e gerar a rede de drenagem.

O cálculo das direções de fluxo foi realizado com base no método D8 (Eighth Direction Pour Point Model), o qual assume que a água flui de uma das células para uma das 8 células adjacentes. A cada célula é atribuído um valor, de acordo com a regra do caminho mais íngreme.

Com base no arquivo raster de direções de fluxo foi possível calcular a área de drenagem de cada célula do MDE. O arquivo gerado contém o número de células que drenam para cada célula de uma grade de entrada.

⁴ FAN, F. M.; BUARQUE, D. C.; PAIVA, R. C. D.; COLLISCHONN, W. & KAYSER, R. *Manual ArcHydro para aplicação do modelo MGB-IPH, Versão 2.0*. Projeto Integrado de Cooperação Amazônica e de Modernização do Monitoramento Hidrológico, 2010.

A definição da rede de drenagem foi gerada a partir da reclassificação dos valores das células do raster de área acumulada, e a partir deste, obteve-se outro arquivo em que as células contêm um valor igual a “1”, caso pertençam à rede de drenagem.

O arquivo raster da rede de drenagem foi segmentado em trechos individuais localizados entre duas confluências sucessivas, ou entre o início da rede de drenagem e a próxima confluência. Com este arquivo e o arquivo da direção de fluxo, criou-se a rede de drenagem vetorial.

Para delimitação das duas áreas de contribuição hidrológica, definiu-se primeiramente um ponto na drenagem como o exutório, representado pelas estações pluviométricas mais à jusante, correspondendo às estações Arumã-jusante e Gavião, localizadas nos rios Purus e Juruá, respectivamente. Um polígono foi gerado com o divisor de água da bacia até o último ponto de interesse (extremo de jusante da bacia).

Obtidas tais informações, as características morfométricas foram calculadas e analisadas em relação à geometria, ao relevo e à rede de drenagem. Na tabela 3, estão relacionadas as características morfométricas e os correspondentes tipos de análises. As fórmulas utilizadas para o cálculo das características morfométricas podem ser encontradas em diversos trabalhos publicados.⁵

A obtenção das características morfométricas e os tipos de análises para área de estudo foram calculados no ambiente de SIG considerando o seguinte:

a) A área, o perímetro, o comprimento do canal principal, a linha reta entre a nascente e a foz do canal e o comprimento das drenagens (dados que servem de base para a análise morfométrica) foram obtidos através de ferramentas dentro do Sistema de Informação Geográfica, onde é possível escolher o sistema de medidas adotadas. Com o comando de calcular esses parâmetros, o programa envia automaticamente os dados ligados à topologia de referência (polígonos e linhas) para uma tabela que os armazena. Dessa forma, os dados obtidos a partir da topologia georreferenciada ficam armazenados em forma de banco de dados, sendo possível acessar essas informações e analisá-las.

b) Definidos os dados básicos de medidas nas duas áreas, foi possível calcular outros parâmetros que dependem diretamente deles. Parâmetros como índice de circularidade, coeficiente de compacidade e densidade de drenagem foram calculados segundo fórmulas e metodologias pré-estabelecidas constantes nos autores já citados.

⁵ TONELLO, K. C. *Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG*. 2005. 69 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
ANTONELI, V. & THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. *Rev. Caminhos da Geografia*, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 46-58, jun. 2007.
CRISTOFOLLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Rev. Geomorfol.*, Campinas, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.
VILLELA, S. M. & MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGrawHill do Brasil, 1975. 245 p.
CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B. & MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

⁶ TONELLO, K. C. *Op. cit.*

Tabela 3: Características morfométricas e tipos de análises.
Fonte: Tonello, K. C.⁶

Características	Tipo de Análises
1. Geométricas	Área total
	Perímetro total
	Coeficiente de compactidade (Kc)
	Fator de forma (F)
	Índice de circularidade (IC)
	Densidade de drenagem
2. Relevo	Orientação
	Declividade mínima
	Declividade média
	Declividade máxima
	Altitude mínima
	Altitude média
	Altitude máxima
	Declividade média do curso d'água principal
3. Rede de drenagem	Comprimento do curso d'água principal
	Comprimento total dos cursos d'água
	Densidade de drenagem (Dd)
	Ordem dos cursos d'água

c) Já o volume do relevo e a declividade média necessitaram do uso de imagem SRTM, que possuem informação de altitude do terreno (topográficas) em cada pixel, possibilitando a geração automática do cálculo de volume do relevo presente em cada bacia a partir da identificação de um plano de referência. Quanto à declividade média, foi obtida a partir do Modelo Digital de Elevação (DEM) do SRTM em formato grid na projeção geográfica UTM, dentro do SIG. Então, com o auxílio de ferramentas de análise 3D, gerou-se um modelo de declividade. Posteriormente, este modelo foi reclassificado para discretizar seus valores contínuos em classes temáticas. Com o raster temático disponível, foi possível convertê-lo para um mapa temático de classes de declividade em formato vetorial. Enfim, o cálculo das áreas das classes permitiu calcular a declividade média da bacia.

d) Com a SRTM também se obtiveram os gráficos de perfil longitudinal dos canais principais. Utilizando as informações topográficas dos pixels e a tabela com a informação da distância dos seguimentos da hidrografia foi possível re-

presentar graficamente o comprimento e a altitude do canal principal de cada área de contribuição hidrológica, relacionando-se no eixo X a distância e no eixo Y a altitude.

Para a definição das unidades de resposta hidrológica, foram consideradas as características físicas relacionadas aos tipos de solos e cobertura vegetal. Os tipos de solos foram reclassificados em classes de solos que apresentam tendência a gerar mais escoamento superficial, classificados como solos rasos, e classes de solos com tendência a gerar menos escoamento superficial, classificados como solos profundos.

Os tipos de vegetação e uso do solo também foram reclassificados, com a finalidade de reduzir o número de classes, agrupando-se classes com baixa densidade de vegetação, alta densidade de vegetação e uso.

Com os dados de solo, cobertura vegetal e uso reclassificados, conseguiu-se uma classificação cruzada, para representar todas as combinações possíveis para estes dados e, assim, chegar às unidades de resposta hidrológica para as duas áreas de contribuição hidrológica.

Após a geração das informações nas etapas de discretização e de definição de unidades de resposta hidrológica, as representações temáticas foram transformadas em mapas organizados com apoio do aplicativo ArcMap.

Resultados

Com os valores gerados por meio de técnicas de geoprocessamento usando-se produtos de sensoriamento remoto, foi possível espacializar dados e informações através da geração de tabelas e mapas que os representam.

A partir da delimitação da área de estudo por meio de imagem SRTM, foram obtidos os dados necessários para o cálculo dos parâmetros e confecção dos mapas. As duas áreas selecionadas para o estudo foram representadas de forma espacializada na figura 2, com o aplicativo Global Mapper v9.03.

A delimitação da área de estudo permitiu gerar os parâmetros morfométricos descritos anteriormente. Para subsidiar a análise morfométrica desta área, as medidas lineares e os parâmetros foram dispostos em tabelas, como forma de facilitar uma futura análise comparativa. Assim, os valores obtidos estão inseridos na tabela 4, separados por área de contribuição hidrológica.

Verifica-se que o valor areal das duas áreas de contribuição é completamente diferente, tendo a do Purus aproximadamente o dobro da de Juruá, representadas, respecti-

vamente, por 370.091,13km² e 166.469,76km². Além disso, possuem algumas características que mostram pouca suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação, ou seja, excluindo-se eventos de intensidades anormais, pelo fato de apresentarem valores de coeficiente de compacidade afastados da unidade e fator de forma baixo.

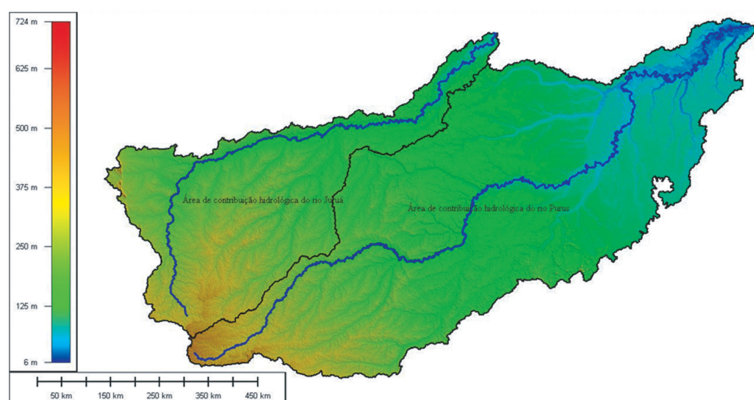


Figura 2: DEM SRTM das áreas de contribuição hidrológica dos rios Purus e Juruá

Tabela 4: Medidas lineares e parâmetros morfométricos

Item	Áreas de contribuição hidrológica	
	Rio Purus	Rio Juruá
Área Total (km ²)	370.091,13	166.469,76
Perímetro (km)	6.252,07	4.256,94
Canal Principal Total (km)	2.765,65	1.579,91
Comprimento Axial (km)	1.340,64	922,85
Largura (km)	457,3	82,23
Coeficiente de compacidade	2,88	2,92
Fator de forma	0,21	0,20
Índice de circularidade	0,12	0,12
Densidade de drenagem (km/km ²)	0,06	0,05
Altitude Máxima (m)	420,87	324,57
Altitude Média (m)	224,38	202,01
Altitude Mínima (m)	27,89	79,45
Declividade Máxima (%)	24,5	27,73
Declividade Média (%)	1,24	2,30
Declividade Mínima (%)	0	0
Orientação do Relevo (km ²)	Sul (45.785,97) Norte (93.324,39)	Sul (16.626,35) Norte (47.113,11)

Assim, há indicação de que as áreas não apresentam forma circular, mas uma forte tendência à forma alongada. Tal fato pode ainda ser comprovado pelo valor do índice de circularidade detectado para cada área, que possuem o mesmo valor (0,12). Valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada, favorecendo o processo de escoamento.⁷

A densidade de drenagem encontrada para as duas áreas foi de 0,06km/km² para Purus e 0,05km/km² para Juruá. De acordo com Villela & Mattos⁸ e Cardoso *et al.*⁹, este índice pode variar de 0,5km/km² em bacias com drenagem pobre, a 3,5km/km² ou mais, em bacias bem drenadas, indicando assim, que as áreas estudadas possuem baixa capacidade de drenagem.

A densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia, pois esses valores contribuem para o planejamento da bacia hidrográfica. De acordo com a hierarquia de Strahler, o sistema de drenagem para a área do Purus possui ramificação de 5ª ordem, e de 4ª ordem para a área do Juruá. Tais medidas são encontradas na tabela 5 e sua representação espacial na figura 3.

Tabela 5: Hierarquia e mensuração dos canais

Ordem de Strahler	Rio Purus			Rio Juruá		
	Quantidade	Medida (km)	Média (km)	Quantidade	Medida (km)	Média (km)
1ª	393	10.046,17	25,56	186	4.432,98	23,83
2ª	189	5.308,48	28,09	94	2.317,18	24,65
3ª	114	3.030,08	26,58	65	1.406,40	21,64
4ª	54	1.642,51	30,42	26	834,89	32,11
5ª	35	1.016,27	29,04	-	-	-
Total	785	21.043,52	139,68	371	8.991,45	102,2

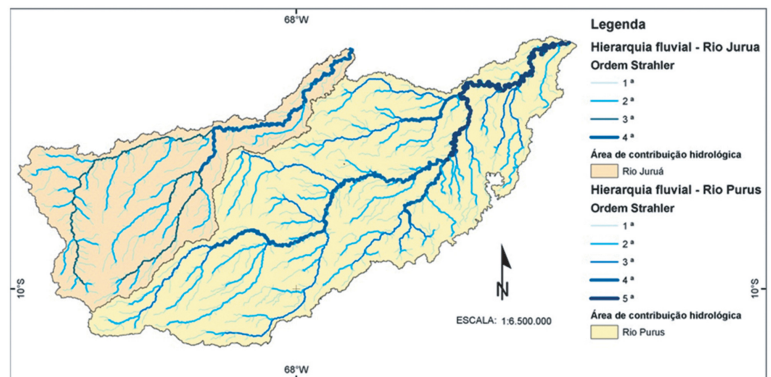


Figura 3: Hierarquia fluvial

⁷ MULLER, C. V. A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area. *Technical Report*, s/n. Department of Geology, Columbia University, 1983.

⁸ VILLELA, S. M. & MATTOS, A. *Op. cit.*

⁹ CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B. & MARTINS, S. V. *Op. cit.*

Utilizando as informações topográficas dos *pixels* e a tabela com a informação da distância dos seguimentos da hidrografia foi possível relacionar, em um gráfico cartesiano, a distância e a altitude do canal principal de cada área de contribuição, expressos nos gráficos da figura 4.

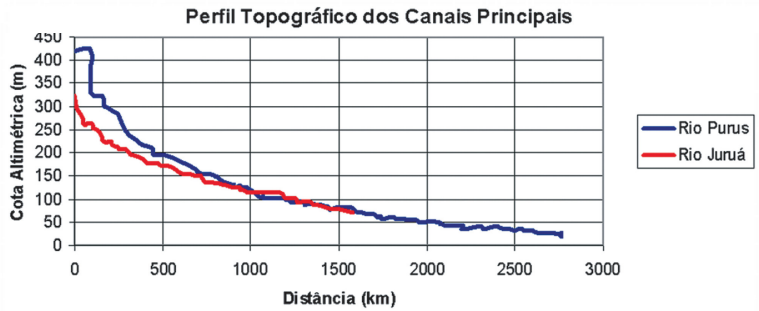


Figura 4: Perfis gerados a partir dos canais principais dos rios Purus e Juruá

Com base nos perfis topográficos dos canais principais dos rios Purus e Juruá (figura 3), verificou-se que o comportamento de ambos é muito semelhante em relação à altitude, diferindo no tamanho da área de drenagem e na extensão. O rio Purus apresenta comprimento de 2.765,65km em uma área de 370.091,13km² e o Juruá uma extensão de 1.579,91km em uma área de 166.469,76.

O mapa hipsométrico (figura 5) demonstra que as duas áreas de contribuição possuem altitudes que vão de 0 a 100 metros, próximo à foz. De 100 a 200 metros, no centro das áreas e, nas suas extremidades, acima de 300 metros. Em uma pequena área à montante, a altitude chega próximo a 500 metros.

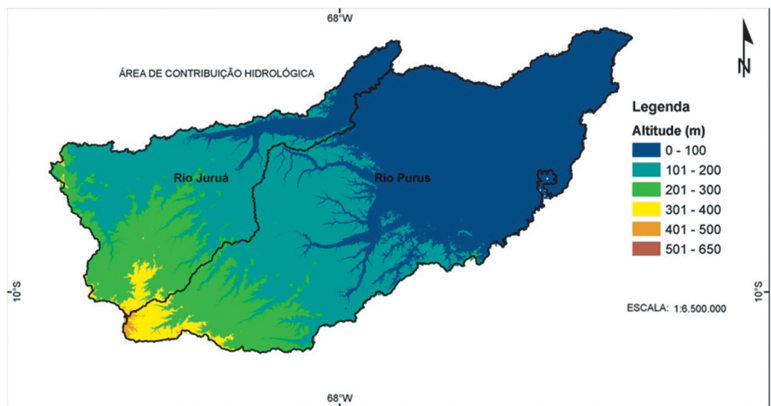


Figura 5: Mapa Hipsométrico

Em uma análise da declividade das duas áreas, os resultados apresentados na tabela 6 e figura 6, mostram a ocorrência de baixa declividade. Na região do rio Purus, em 85,45% da área predominam as declividades de 0 a 2%. Já na região do rio Juruá, em 94,73% da área estão presentes as declividades que vão de 0 a 4%.

Tabela 6: Declividade em área de cada classe, porcentagem e média das áreas de contribuição hidrológica

Áreas de contribuição hidrológica						
Rio Purus				Rio Juruá		
Classes de Declividade	Área (km ²) por classe de declividade	Porcentagem da área de cada classe (%)	Declividade Média (%)	Área (km ²) por classe de declividade	Porcentagem da área de cada classe (%)	Declividade Média (%)
0 - 2	316.229	85,45	85,45	60.395,35	36,28	36,28
2 - 3	48.719	13,16	32,91	63.948,25	38,41	96,0
3 - 4	4.059	1,10	3,84	33.355,10	20,04	70,13
4 - 6	764	0,21	1,03	8.285,02	4,98	24,88
6 - 10	251	0,07	0,54	412,01	0,25	1,98
>10	69	0,02	0,32	74,03	0,04	0,84

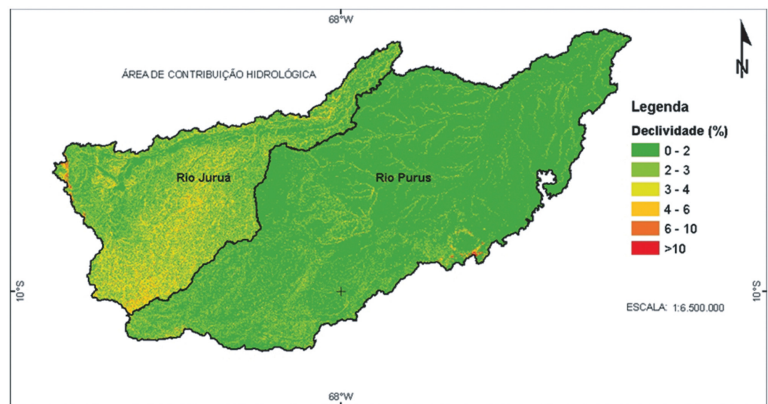


Figura 6: Declividade do terreno

A figura 7 mostra o mapa de orientação do terreno utilizado para indicar o fator de incidência solar na bacia, o que pode afetar as relações de precipitação e deflúvio. Segundo Lima¹⁰, bacias com relevo norte apresentam maiores taxas de deflúvio quando comparadas às de relevo sul, sendo o destaque para orientação norte, no caso das duas áreas.

Para definição das unidades de resposta hidrológica da área de estudo foram utilizados os dados de Solo do projeto RADAM/Embrapa e de Uso do Solo e Cobertura Vegetal disponibilizado pelo RADAM/IBGE. As classes de ambos os mapas foram reclassificadas para facilitar a definição das unidades.

¹⁰ LIMA, W. de P. *Hidrologia Florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas*. 2. ed., Piracicaba, SP: USP-ESALQ, 2008.

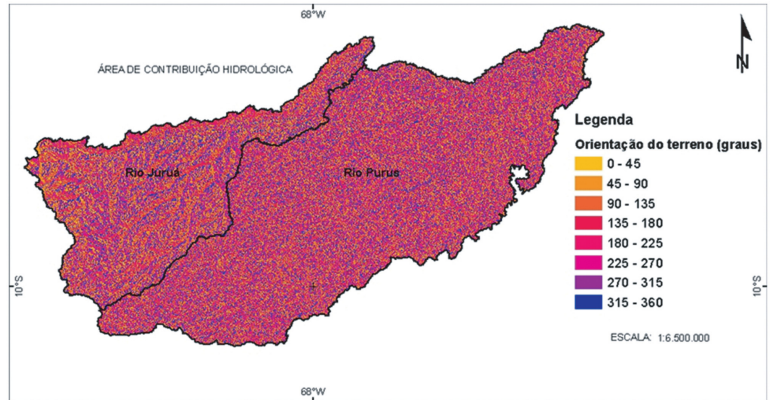


Figura 7: Orientação do terreno

Os solos da área de estudo apresentados na figura 8 são de doze tipos: Cambissolo, Gleissolo, Latossolo, Plintossolo, Podzólico, Solo Aluvial e Solo Litólico. Destes, os mais importantes, em função da área que ocupam, são os Podzólicos (Argissolos) e os Gleissolo/Fluviossolo.

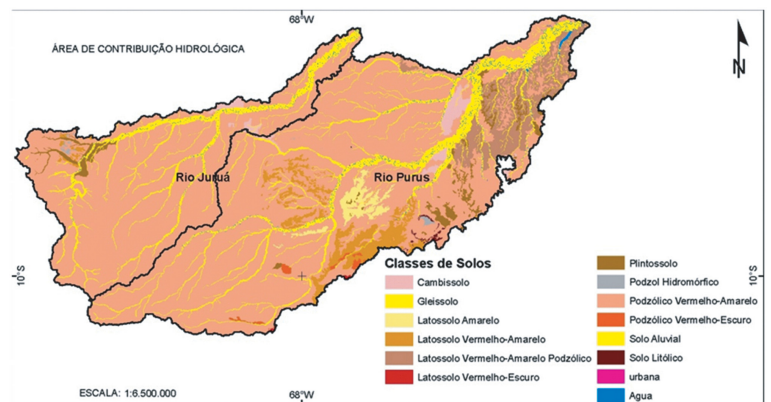


Figura 8: Solos

Também são considerados importantes os Cambissolos/Neossolos, que ocupam uma área menor, mas que exercem um importante papel hidrológico, porque são rasos e tendem a gerar mais escoamento superficial. Foram agrupados na categoria denominada “solos rasos”. Outro que também ocupa uma área pequena é o Latossolo. Este pode ser considerado como uma categoria de solo com tendência a gerar menos escoamento superficial e foi agrupado em uma categoria denominada “solos profundos”.

Os Gleissolos, por sua vez, ocorrem em várzeas e apresentam o lençol freático próximo da superfície. Podem gerar escoamento superficial quando saturados. Pela sua pe-

quena presença na área de estudo, foram agrupados na categoria “solos rasos”.

Os Podzólicos (Argissolos), com tendência a gerar menos escoamento superficial, foram agrupados na categoria denominada “solos profundos”.

A tabela 7 mostra a reclassificação dos tipos de solo que ocorrem na área de estudo.

Tabela 7: Reclassificação de tipos de solos

Solos	Reclassificação 1	Reclassificação 2	Reclassificação 3
Cambissolo	Cambissolo Neossolo	Cambissolo Neossolo	Solos rasos
Gleissolo	Gleissolo Fluviossolo	Gleissolo Fluviossolo	Solos rasos
Latossolo Amarelo	Latossolo	Latossolo	Solos profundos
Latossolo Vermelho-Amarelo	Latossolo	Argissolo	Solos profundos
Latossolo Vermelho-Amarelo Podzólico	Latossolo	–	–
Latossolo Vermelho-Escuro	Latossolo	–	–
Plintossolo	Cambissolo Neossolo	–	–
Podzol Hidromórfico	Argissolo	–	–
Podzólico Vermelho-Amarelo	Argissolo	–	–
Podzólico Vermelho-Escuro	Argissolo	–	–
Solo Aluvial	Cambissolo Neossolo	–	–
Solo Litólico	Cambissolo Neossolo	–	–

Como resultado da reclassificação, a figura 9 mostra as classes de solo agrupadas em duas categorias: solos profundos e solos rasos.

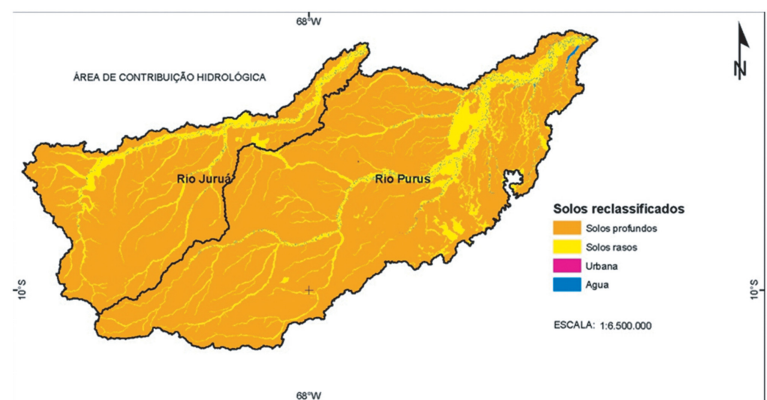


Figura 9: Solos reclassificado

O mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal é apresentado na figura 10. Para reduzir o número de classes, também foi necessário fazer uma reclassificação.

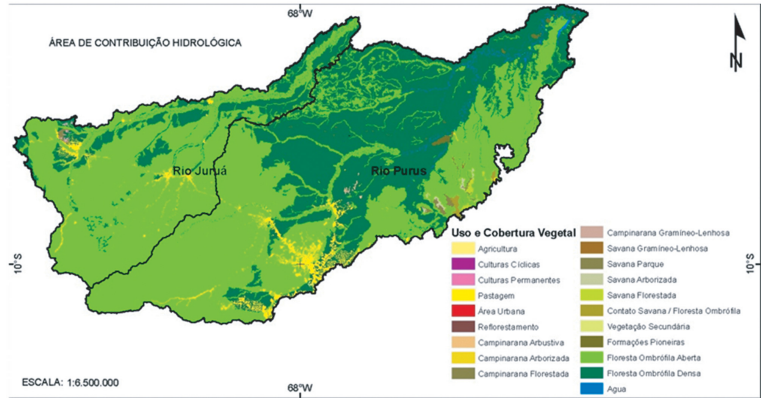


Figura 10: Uso do Solo e Cobertura Vegetal

Na área de estudo, as áreas de agricultura, culturas cíclicas, culturas permanentes, pastagem e de reflorestamento podem ser fundidas em uma única classe, que representará as áreas com baixa densidade de vegetação, onde parâmetros como o albedo podem ser razoavelmente definidos, com base em valores disponíveis em publicações. Assim, estas classes foram reclassificadas como agricultura.

As classes de Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Densa, Formações Pioneiras representam a maior porção da área da bacia, e foram reclassificadas como floresta.

Na tabela 8, estão relacionadas as classes originais e a reclassificação.

Como resultado da reclassificação, a figura 11 mostra as classes de Uso do Solo e Cobertura Vegetal agrupadas nas classes: agricultura, floresta e savana.

Com os mapas reclassificados, realizou-se a combinação de tipos de solos e tipos de uso e cobertura vegetal. A forma utilizada para combinar estas classes foi uma classificação cruzada, em que o mapa resultante mostra todas as combinações possíveis dos mapas de entrada.

As unidades de resposta hidrológica definidas após a combinação das classes reclassificadas podem ser visualizadas na figura 12. A combinação resultou em quatro classes, que foram denominadas de: floresta em solo profundo, floresta em solo raso, savana em solo profundo, savana em solo raso, agricultura em solo profundo e agricultura em solo raso.

Tabela 8: Reclassificação das classes de Uso do Solo e Cobertura Vegetal

Classes de Uso e Cobertura Vegetal	Reclassificação
Agricultura	Agricultura
Campinarana Arborizada	Floresta
Campinarana Arbustiva	Savana
Campinarana Florestada	Urbana
Campinarana Gramíneo-Lenhosa	
Contato Savana / Floresta Ombrófila	
Culturas Cíclicas	
Culturas Permanentes	
Floresta Ombrófila Aberta	
Floresta Ombrófila Densa	
Formações Pioneiras	
Pastagem	
Reflorestamento	
Savana Arborizada	
Savana Florestada	
Savana Gramíneo-Lenhosa	
Savana Parque	
Vegetação Secundária	
Urbana	

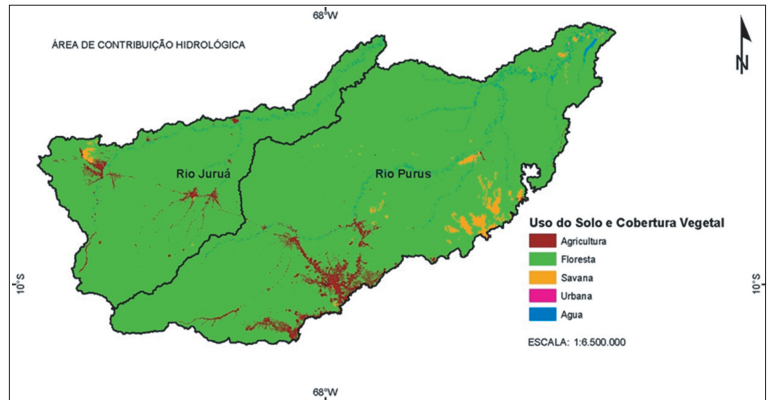


Figura 11: Uso do Solo e Cobertura Vegetal reclassificado

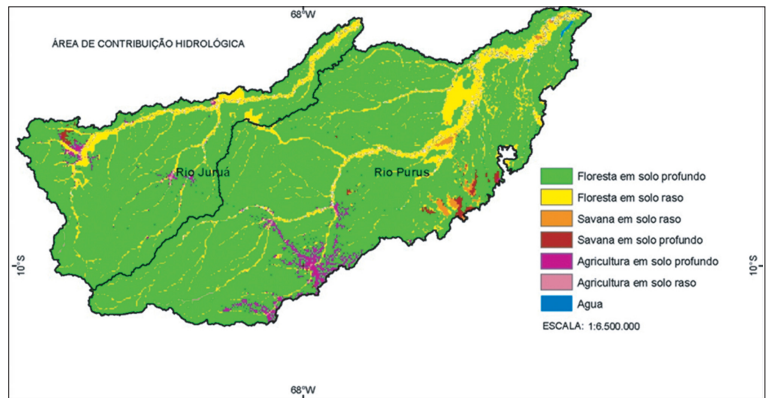


Figura 12: Unidades de resposta hidrológica

A classe de floresta em solo profundo se destaca com maior percentual de ocorrência, tanto para área de contribuição hidrográfica do Purus, quanto do Juruá. Os percentuais de ocorrência das unidades de resposta hidrológica são encontrados na tabela 9.

Conclusões

A análise dos dados e a interpretação dos resultados obtidos para as áreas de contribuição hidrográfica dos rios Purus e Juruá permitem concluir que, em função de sua forma alongada e associados a baixa capacidade de drenagem e ao relevo suave, estas áreas são pouco susceptíveis a inundação quando considerados somente os parâmetros de fator de forma, índice de compactidade e índice de circularidade e com precipitação pluviométrica normal.

Tabela 9: Percentual de ocorrências das unidades de resposta hidrológica

URH	Juruá área (km ²)	%	Purus área (km ²)	%
Floresta em solo profundo	139.772,44	83,96	305.514,50	82,55
Floresta em solo raso	21.414,67	12,86	44.714,23	12,08
Savana em solo raso	9,00	0,01	3.187,73	0,86
Savana em solo profundo	653,61	0,39	2.580,00	0,70
Agricultura em solo profundo	2.290,45	1,38	9.265,66	2,50
Agricultura em solo raso	936,95	0,56	1.194,22	0,32

A utilização de SIG's é uma medida confiável para estudos ambientais, uma vez que o uso de dados georreferenciados garante precisão cartográfica e matemática, visualização de fatores, geração e correlação de temas e ganho de tempo.

As ferramentas para análise de modelos digitais de elevação foram utilizadas para geração de base cartográfica confiável e também para obtenção de informações úteis em hidrologia.

A definição da unidade de resposta hidrológica é importante para ajudar a entender seu comportamento hidrológico, independentemente de sua localização na área de estudo. Estas unidades são resultado da combinação única de tipo de solo e de uso da terra.

Considerando que o assunto abordado faz parte da geomorfologia quantitativa, as técnicas de análise morfométrica são de grande valia para a análise da morfogênese de uma área, sobretudo quando podem ser comparadas com dados obtidos em campo e tratados com técnicas sofisticadas de geoprocessamento.

Tais resultados são parte integrante de um estudo mais abrangente, que busca identificar os principais fatores de controle dos processos erosivos das áreas de contribuição hidrológica dos rios Purus e Juruá.

Edileuza Carlos de Melo é geóloga, aluna de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e Universidade do Estado do Amazonas (UEA) Manaus, Amazonas.
edileuza_melo@hotmail.com

Naziano Pantoja Filizola Jr. é geólogo, doutor em Hidrologia e Geologia e professor do curso de Geografia da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Amazonas.
naziano.filizola@gmail.com

Jean Loup Guyot é doutor em Hidrologia, diretor de pesquisas do Institut de Recherches pour le Développement - IRD.
guyot@ird.fr