**Mapeamento e Caracterização de atributos fisiográficos de uma sub-bacia hidrográfica do rio Pirajibu-Mirim, Sorocaba-SP**

Mapping and characterization of physiographic attributes of a hydrographic sub-basin of the Pirajibu-Mirim River, Sorocaba-SP

Miqueias Lima Duarte

Amazonino Lemos de Castro

Tatiana Acácio da Silva

**Resumo:** A integração dos componentes água, solo, vegetação, fauna e a atuação antrópica desenvolvida ao longo do tempo dentro dos limites de bacias hidrográficas determinam sua capacidade de suporte, nesse caso, o conhecimento dessas condições possibilita o planejamento e gestão adequada dessas áreas. Nesse sentido, esse trabalho caracterizou e mapeou os atributos fisiográficos de uma sub-bacia do rio Pirajubu-Mirim, localiza no município de Sorocaba, São Paulo. Foram utilizados dados do Landsat 5 e 8 obtidos junto ao USGS para classificar o uso e ocupação do solo, bem como dados vetoriais obtidos junto ao DATAGEO e PDA de Sorocaba para caracterizar a morfometria da área, o processamento e confecção de layout de mapas foi realizado no software ArcGIS (versão 10.6.1). Os resultados obtidos mostram baixos percentuais de fragmentos florestais na área de estudo (24,10%), bem como a existência de apenas 35,15% de áreas de APP em situação adequada. Esses números tornam preocupante quando observados que os atributos morfométricos que evidenciam a propensão de enchentes após eventos pluviométricos extremos, além do mais, a associação entre as características pedológicas e o relevo local indica a propensão da área à erosão superficial, o que indicam a necessidade da recuperação das APPs e de adoção de práticas agrícolas adequadas com intuito de evitar a impermeabilização do solo e a ação de processos erosivos de forma acelerada.

**Palavras-Chave:** Geoprocessamento; uso do solo; Degradação ambiental.

**Abstract:** The integration of the components water, soil, vegetation, fauna and anthropic activity developed over time within the boundaries of river basins determine their capacity to support, in this case, the knowledge of these conditions enables the planning and proper management of these areas. In this sense, this work characterized and mapped the physiographic attributes of a sub-basin of the Pirajubu-Mirim river, located in the city of Sorocaba, São Paulo. Data from Landsat 5 and 8 obtained from the USGS were used to classify the use and occupation of the soil, as well as vector data obtained from the DATAGEO and PDA of Sorocaba to characterize the morphometry of the area, the processing and making of layout maps was ArcGIS Software (10.6.1 version). The results obtained show low percentages of forest fragments in the study area (24.10%), as well as the existence of only 35.15% of APP areas in the appropriate situation. These numbers make worrying when observed that the morphometric attributes that evidence the propensity of flooding after extreme rainfall events, moreover, the association between the pedological characteristics and the local relief indicates the propensity of the area to superficial erosion, which indicate the need for recovery of the APPs and the adoption of appropriate agricultural practices in order to avoid soil waterproofing and the action of erosive processes in an accelerated manner.

**Keywords:** Geoprocessing; Soil use; Environmental degradation.

**Introdução**

Compreender os eventos hidrológicos e sua dinâmica com demais componentes da superfície da terra é o ponto de partida em estudos ambientais com vista a gestão de recursos hídricos. No Brasil, a unidade espacial de planejamento adotada para o desenvolvimento de estudos hidrológicos é a bacia hidrográfica, que por sua vez, foi definida como unidade básica de gerenciamento de recursos hídricos pela Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

A definição de bacia hidrográfica como unidade espacial variam de acordo com diferentes abordagens, entretanto, percebe-se grande semelhança e consideração deste recorte espacial, no qual entende-se que uma bacia hidrográfica é constituída por uma área natural de captação da precipitação, tendo o limite marcado por divisores de água que fazem com que a água precipitada conflua para um único ponto de saída, conhecido como foz (NASCIMENTO et al., 2013), e as sub-bacias são as áreas de drenagem dos tributários do curso d’água principal da bacia hidrográfica (TEODORO et al., 2007).

A possibilidade de integração dos componentes água, solo, vegetação e fauna no contexto de bacia hidrográfica justifica a adoção dessas áreas como unidade de planejamento ambiental, uma vez que nesses ambientes, é possível acompanhar a atuação antrópica desenvolvida ao longo do tempo e as respectivas respostas da natureza (GUERRA e JORGE, 2013; CALI et al., 2012).

A avaliação morfométrica de bacias hidrográficas pode ajudar na elaboração de um diagnóstico hidrológico e ambiental primário para prever comportamento de eventos extremos. Essas respostas podem ser compreendidas a partir da integração de características fisiográficas da bacia de drenagem, tais como o tamanho, forma, declividade, densidade de drenagem e comprimento de riachos (VINCY et al., 2012).

Atualmente, a combinação entre dados de sensores orbitais e métodos integrados pelo Sistema de Informações Geográficas (SIGs) tem permitido uma análise de padrões espaço-temporal a partir da extração de informações de fácil compreensão (GONZÁLEZ et al., 2011). De fato, os SIGs são cada vez mais utilizados para apoiar a tomada de decisões no planejamento espacial, além de servir como instrumento para auxiliar na gestão de bacias hidrográficas.

Nesse sentido, esse trabalho tem por objetivo mapear e caracterizar os atributos fisiográficos da sub-bacia do rio Pirajubu-Mirim, a partir do mapeamento de alguns parâmetros físicos (coeficiente de compacidade, densidade de drenagem, índice de circularidade, Fator de forma, elevação, declividade, geologia e solos), e classificar o uso e ocupação do solo nos anos de 2000, 2010 e 2019.

**Materiais e Métodos**

**Caracterização da área de estudo**

A área de estudo compreende a sub-bacia hidrografia do rio Pirajibu-Mirim, entre as coordenadas métricas (UTM) 256800 a 257570 m E, e 7398128 a 7401210 m S, localizado no município de Sorocaba, sudoeste do estado de São Paulo (Figura 1).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo tropical de altitude (Cwa), com período chuvoso no verão (pluviosidade máxima de 230 mm), e secos de inverno (pluviosidade mínima de 40 mm), com precipitação média anual de 1.311 mm, temperatura mínima de 17,0°C e máxima de 23,9°C, com média anual de 20,8°C (ABREU e TONELLO, 2015).

Uma imagem contendo texto, mapa

Descrição gerada automaticamente

**Figura 1.** Localização da área de estudo.

**Base de dados**

A classificação do uso e ocupação do solo foi realizado com base em imagens dos sensores TM Landsat 5 e OLI Landsat 8, ambas com resolução espacial de 30 metros, obtidas no website Earth Explorer do *United States Geological Survey*-USGS (USGS, 2018), sob orbita/ponto 220/76, sendo classificado o uso do solo para os anos de 2000, 2010 e 2019, onde as datas de captura das cenas foram 20/09/2000, 19/11/2010 e 28/01/2019 respectivamente.

A caracterização geológica foi realizada a partir de dados vetoriais do mapa de Geologia do Estado de São Paulo - 2006, cedido pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM (escala 1.750.000), e a caracterização pedológica foi realizada a partir de dados vetoriais do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo - 2017 (escala 1.250.000), ambos obtidos no website de Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo – IDEA-SP (DATAGEO, 2019).

A caracterização morfométrica foi realizado a partir de dados vetoriais (pontos cotados e curvas de nível) disponibilizados pelo Plano Diretor Ambiental de Sorocaba (PDA, 2011) em escala de 1:30.000.

**Processamento de dados**

Os dados obtidos junto ao USGS, DATAGEO e PDA de Sorocaba foram reprojetados para o sistema de coordenadas projetadas UTM (Universal Transversa de Mercator), Datum SIRGAS 2000, fuso 23 Sul.

A classificação de uso do solo foi realizada no software ArcGIS (versão 10.6.1), no qual foi realizado uma composição RGB (5/4/3 - Landsat 5; 6/5/4 - Landsat 8) com intuito de identificar os alvos e coletar amostras de treinamento para a classificação. No total, foram coletados em média 10 amostras (10 polígonos) para cada classe de uso, sendo as dimensões dos polígonos entre 8 e 10 pixels. A classificação supervisionada foi realizada a partir da assinatura espectral das amostras obtidas, o método adotado foi o Maximum Likelihood (MAXVER) que calcula a probabilidade de distribuição para as classes, relacionadas ao teorema de *Bayes*, no qual estima se os pixels avaliados pertence a uma classe de cobertura do solo definida no treinamento (RICHARDS E JIA, 2006). Após a classificação de uso do solo, foi realizado a retificação das classes com base em imagens do Google Earth Pro para os anos de 2000, 2010 e 2019.

O mapa hipsométrico foi elaborado a partir de um Modelo Digital de Elevação-MDE que foi obtido a partir de uma interpolação pelo método *Topo to Raster* dos pontos cotados e curvas de nível. De posse do MDE, obteve-se a declividade do terreno com uso da ferramenta *Slope*, e em seguida, foi realizado a reclassificação da declividade com uso da ferramenta *Reclassify* com base nas classes de declividade estabelecido pela Embrapa (1999).

A classificação e ordenamento dos canais fluviais dos rios foram definidas de acordo com método de Strahler (1952), onde os cursos hídricos foram classificadas da seguinte forma: uma linha de água sem tributários é considerada 1ª ordem; os de 2ª ordem ocorrem quando duas linhas de água da primeira ordem se juntam; os de 3ª ordem ocorrem quando duas linhas de água da segunda ordem se juntam e assim sucessivamente, gerando canais de 4ª, 5ª ordem até o fim da classificação.

Os índices morfométricos avaliados foram: coeficiente de compacidade (Kc) (VILLELA e MATTOS, 1975); densidade de drenagem (Dd) (HORTON 1945); índice de circularidade (Ic); e Fator de forma (Kf) (CHRISTOFOLETTI, 1980). As equações utilizadas estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Índices Morfométricos Avaliados.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Parâmetro** | **Descrição** | **Equação** |  |
| **Coeficiente de compacidade** | Indica à suscetibilidade da bacia para enchentes. | Kc: coeficiente de compacidade  P: perímetro (m)  A: área de drenagem (m2) | (1) |
| **Índice de circularidade** | Relação da área da bacia com a área de uma circunferência | Ic: índice de circularidade  P: perímetro (m)  A: área de drenagem (m2) | (2) |
| **Fator de forma** | Indica a possibilidade de enchentes. | Kf: fator de forma  A: área de drenagem (m2)  L: comprimento do curso principal (m) | (3) |
| **Densidade de drenagem** | É um indicativo que reflete uma maior ou  menor intensidade dos processos erosivos na formação dos canais. | Dd= densidade de drenagem  Lt= Comprimento total dos cursos da Bacia  A: área de drenagem (m2) | (4) |

**Resultados e discussão**

As unidades fisiográficas que foram avaliadas na sub-bacia do rio Pirajibu-Mirim referem-se a geologia, solos, elevação, declividade, uso e ocupação do solo e demais características morfométricas que avaliadas em conjunto, possibilitaram compreender as condições atuais desse recorte espacial.

Em relação a geologia, observou-se que a área de estudo possui três afloramentos geológicos, sendo a Formação Granito Sorocaba, Grupo São Roque e Sedimentos Aluvionares. A Formação Granito Sorocaba é predominante na área (82,33%), sua litologia é constituída por Monzogranito, Sienogranito, Granodiorito e Granito, essa formação fica distribuída na margem esquerda e direita do rio Pirajibu-Mirim. A Formação de Sedimentos Aluvionares (11,39%) ocorre ao longo do curso hídrico principal, e é constituída por Aluviões que incluem areias inconsolidadas de granulação variável, argilas e cascalheiras fluviais subordinados, ambos de origem deposicional. O Grupo São Roque que é constituída principalmente por Filito, Metaconglomerado, Metabalito e Metabrecha possui pequena ocorrência (6,27%) no extremo leste da sub-bacia.

Em relação aos solos, no município de Sorocaba existem a predominância das classes de Latossolos e Argissolo, além de pequenas porções de Cambissolos e Neossolos Litólicos e Quartzarênicos, no entanto, na área de estudo existe apenas a ocorrência da classe Argissolos Vermelho-Amarelo, que Segundo Simonetti et al. (2018), apresenta textura média ou fina, variando de argilosa a muito argilosa com pouca diferenciação entre seus horizontes e camadas, sendo um solo bem profundo e pode ser considerado de média erodibilidade. A Figura 2 apresenta o mapa de geologia e solos na área de estudo.

Uma imagem contendo texto, mapa

Descrição gerada automaticamente

**Figura 2.** Mapa de geologia e solos na área de estudo.

Em relação a topografia local, a área de estudo possui elevação máxima de 758m e mínima de 585m (média de 651m), a declividade predominantemente é fortemente ondulado (41,53%) a ondulado (37,53%) distribuídos em toda sua extensão, restando 13,42% da área ocupada por terreno suavemente ondulado e 5,41% de terreno plano distribuído principalmente em áreas próximo ao rio principal associado a regiões ocupadas pela formação de Sedimentos Aluvionares, e demais 1,92 e 0,19% de terreno montanhoso e escarpado respectivamente.

A Figura 3 apresenta o mapa hipsométrico e de declividade da área de estudo, bem como um perfil de elevação na direção SO/NE.

Uma imagem contendo texto, mapa

Descrição gerada automaticamente

**Figura 3.** Mapa hipsométrico e de declividade na área de estudo.

Quanto ao uso do solo, a partir da classificação supervisionada pelo método MAXVER foi possível identificar seis classes na sub-bacia do rio Pirajibu-Mirim, sendo elas: corpos hídricos, solo exposto, área urbana, rodovias, área de pastagem e fragmentos florestais, no qual predomina-se uso da área por pastagem (61,89%), seguido por fragmentos florestais (24,10%) e área urbana (11,16) no cenário de 2019.

Observou-se forte alteração antrópica na área de estudo, evidenciado pelo pequeno percentual de fragmentos florestais (20,53%) identificados ao longo de todo período avaliado, esses fragmentos correspondem áreas ocupados por formações nativas e áreas de reflorestamento em diferentes estágios, conforme descrito por Marques (2017). De modo geral, observou-se pouca variação em área dos fragmentos florestais ao longo dos períodos avaliados, onde em média essa classe ocupa cerca de 21,9% do total da sub-bacia entre o período de 2000 a 2019.

Por outro lado, observou-se uma expansão de 152% da ocupação urbana na área de estudo entre os anos 2000 a 2019. Além do avanço da área urbana, também foi observado que cerca de 64,85% das Áreas de Proteção Permanente (APP) encontram-se em situação irregular no cenário atual. A Figura 4 apresenta a distribuição espacial do uso do solo para os anos 2000, 2010 e 2019 e a Tabela 2 apresenta os valores em hectares e seus respectivos percentuais.

Uma imagem contendo texto, mapa

Descrição gerada automaticamente

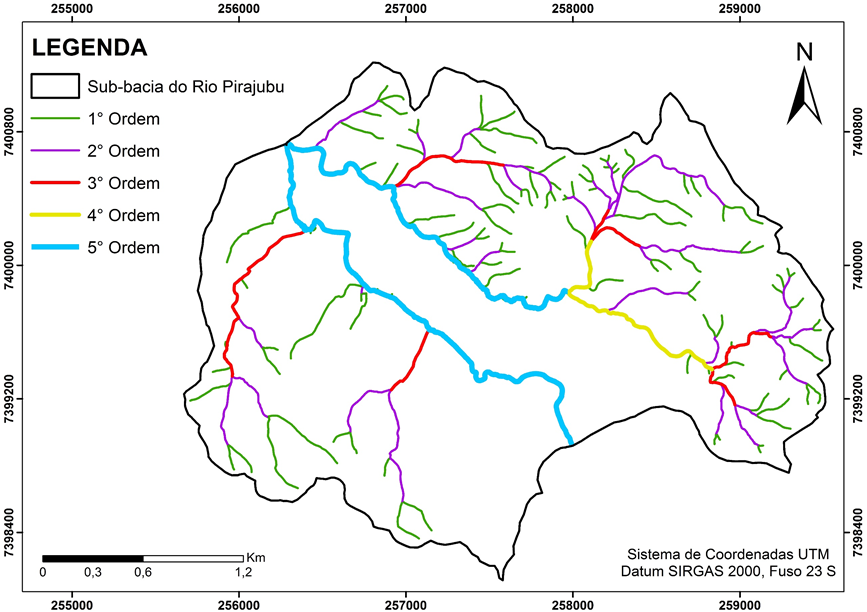
**Figura 4.** Mapa de uso do solo para os anos de 2000, 2010 e 2019 na sub-bacia do rio Pirajibu-Mirim.

**Tabela 2.** Quantificação da cobertura vegetal na sub-bacia do rio Pirajibu-Mirim.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Classes** | **Solo** | | **Água** | | **Urbano** | | **Rodovias** | | **Floresta** | | **Pastagem** | |
|  | ha | % | ha | % | ha | % | ha | % | ha | % | ha | % |
| **2000** | 7,47 | 0,98 | 3,24 | 0,43 | 33,64 | 4,43 | 8,24 | 1,08 | 156,00 | 20,53 | 551,41 | 72,55 |
| **2010** | 11,89 | 1,56 | 7,22 | 0,95 | 58,27 | 7,67 | 8,25 | 1,09 | 160,63 | 21,14 | 513,74 | 67,60 |
| **2019** | 6,70 | 0,88 | 6,80 | 0,89 | 84,78 | 11,16 | 8,24 | 1,08 | 183,13 | 24,10 | 470,35 | 61,89 |

A classificação das ordens dos canais segundo método de Strahler (1952) pode ser observado na Figura 5. Nota-se que, na escala estudada, a maior classificação do corpo hídrico é de 5° ordem. No total, foram classificados 115 canais fluviais de 1° ordem (extensão de 1,7 Km), 28 canais fluviais de 2° ordem (extensão de 1,0 Km), 7 canais fluviais de 3° ordem (extensão de 3,7 Km), 8 canais de 2º ordem (extensão de 1,4 Km) e 2 canais de 5º ordem (extensão de 5,7 Km). Tais resultados indicam que a sub-bacia do rio Pirajubu-Mirim é pouco ramificada diante da área representada no trecho.

A classificação geométrica dos corpos hídricos da sub-bacia é tipo dendrítico em toda extensão, uma vez que sua estrutura assemelha-se com a forma de uma árvore, esse padrão de distribuição geralmente é considerado como sendo um indicador de alto nível de escoamento superficial na bacia hidrográfica (SANTOS et al., 2017), que nesse caso, provavelmente está relacionado à solos com textura fina, e com pouca permeabilidade, como observado pela classe de solo predominante na área de estudo. A Tabela 3 apresenta os parâmetros morfométricos da sub-bacia do Rio Pirajubu-Mirim.



**Figura 5.** Ordenamento dos canais fluviais dos rios da sub-bacia do rio Pirajubu-Mirm de acordo com Strahler (1952).

**Tabela 3.** Parâmetros morfométricos da sub-bacia do Pirajubu-Mirim.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Índices físicos** | **Unidade** | **Resultados** | **Classificação** |
| **Área de drenagem** | Km2 | 7,6 | - |
| **Perímetro** | Km | 13,4 | - |
| **Comprimento do Rio principal** | Km | 3,2 | - |
| **Comprimento total dos canais** | Km | 13,5 | - |
| **Coeficiente de compacidade - Kc** | - | 1,36 | Propensões a sofrer grandes cheias |
| **Índice de circularidade - Ic** | - | 0,53 | Medianamente propensa a enchentes |
| **Fator de forma - Kf** | - | 0,74 | Possibilidade de enchente após uma precipitação |
| **Densidade de drenagem - Dd** | - | 1,77 | Drenagem boa |

A área da sub-bacia no qual esse estudo foi desenvolvido é de 760 hectares, com perímetro de 13,4 Km, e comprimento total dos canais somaram 38,09 Km, sendo que cerca de 80% corpos hídricos possuem menos de 300 metros.

O comprimento do Rio principal neste nesse trecho é de 3,2 Km, que na continuidade da bacia apresenta ordem maior que 5, porém, em razão da delimitação do realizada para o estudo, para fins da classificação nesta pesquisa, permanecera de 5° ordem. O coeficiente de compacidade (Kc) da sub bacia apresentou o valor de 1,36. O Kc é a relação da forma da bacia com um círculo, assim, o valor indicando significa que ela apresenta grande propensões a sofrer cheias, conforme define Villela e Mattos (1975).

O índice de circularidade (Ic) que corresponde a relação entre a área da bacia e a área do círculo do mesmo parâmetro, ambos em km², com o valor máximo de 1,0. Quando o valor desse parâmetro se aproxima de 1, significa que a bacia apresenta maior suscetibilidade a ter enchentes, como observado nesse estudo, onde a o Ic foi igual a 0,53, mostrando-se medianamente propensa a enchentes.

De acordo com Cardoso et al. (2006), o fator de forma (Kf) tem como definição o tempo de concentração da água na bacia hidrográfica após a precipitação, dessa forma, quanto maior a concentração, menor a chance de vazão de enchente (CARDOSO et al, 2006). O Kf da sub bacia apresentou um valor de 0,74, próximo de 1, evidenciando a possibilidade de enchente após eventos pluviométricos extremos.

A densidade de drenagem (Dd) indica maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia e consequentemente interfere nos processos erosivos. Ela correlaciona os canais de escoamento com a área de drenagem da bacia, assim, quando a bacia é altamente eficiente em sua drenagem apresenta Dd ≥3,5 (HORTON 1945). O Dd da bacia estudada apresentou o valor de 1,77 sendo classificada como de drenagem boa.

Levando em consideração as formas de uso do solo, as características do terreno e o tipo de solo, bem como as características morfométricas da sub-bacia, é aconselhável a adoção de práticas agrícolas adequadas, bem como realizar a recomposição da vegetação florestal em áreas de APPs, a afim de evitar problemas de perda de solo por processos erosivos, além de minimizar problemas com enchentes.

**Conclusão**

Os resultados obtidos referente as unidades fisiográficas observadas na área de estudo foram, vegetação: fragmentos florestais ocupados por formações nativas e áreas de reflorestamento em diferentes estágios (24,10%). Geológica: Formação Granito Sorocaba (82,33%), Formação de Sedimentos (11,39%) e Grupo São Roque (6,27%). Solos: Argissolo Vermelho-Amarelo distribuído em toda extensão da bacia hidrográfica.

A codificação de corpos hídricos pelo método de Strahler possibilitou verificar que existe 115 canais fluviais de 1° ordem, com extensão de 1,7 Km, 28 canais fluviais de 2° ordem, com extensão de 1,0 Km, 7 canais fluviais de 3° ordem, com extensão de 3,7 Km, 8 canais de 2º ordem com extensão de 1,4 Km e 2 canais de 5º ordem com extensão de 5,7 Km. A forma de arranjo do tipo dendrítico dos canais fluviais indica o alto nível de escoamento na área de estudo.

Apesar do índice Dd da sub-bacia estudada ter apresentado valor de 1,77 o que a classifica como boa densidade de drenagem, as demais características morfométricas avaliadas, tais como Kc, Ic, Kf evidenciam a propensão em enchente após eventos pluviométricos extremos.

O conhecimento dos componentes fisiográficos e morfometricos na sub-bacia do rio Pirajibu-Mirim possibilitaram identificar que existe uma propensão de enchentes após eventos pluviométricos extremos, além do mais, a associação entre as aspectos geomorfológicos apontam a propensão da área à erosão superficial, o que indicam a necessidade do reestabelecimento das APPs e de adoção de práticas agrícolas adequadas com intuito de evitar a impermeabilização do solo e a ação de processos erosivos de forma acelerada, além de minimizar problemas com enchentes.

**Referências bibliográficas**

ABREU, M. C.; TONELLO, K. C. Estimativa do balanço hídrico climatológico da bacia hidrográfica do rio Sorocaba – São Paulo. Ambiência Guarapuava. v.11 n.3 p. 513-527. 2015. <https://10.5935/ambiencia.2015.03.01>

BRASIL. Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>, Acessado em: 27 de junho de 2019.

CALI, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. A. Caracterização morfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponto, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 16. N. 4. P. 433-442, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000400014>

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.

GONZÁLEZ, A.; GILMER, A.; FOLEY, R.; SWEENEY, J.; FRY, J. Applying geographic information systems to support strategic environmental assessment: Opportunities and limitations in the context of Irish land-use plans. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 31, n. 3, p. 368-381. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2010.12.001>

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas. São Paulo: **Oficina de Textos**, p. 1-192. 2013.

HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basins: hidrophysical approach to quatitative morphology. New York: **Geological Society of American Bulletin,** v.56. p. 807-813, 1945.

MARQUES, V. V. Fragilidade ambiental associado à conectividade do escoamento superficial indireto na bacia do rio Pirajibu-Mirim, Sorocaba/SP. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho -UNESP, Sorocaba, p. 104, 2017.

NASCIMENTO, F. I. C.; SANTOS, W. L.; LIRA, E. M.; ARCOS, F. O. Caracterização morfométrica como base para o manejo da bacia hidrográfica do rio São Francisco – Acre. Revista Brasileira de Geografia Física. v. 6. n. 2. 2013.

Richards, J. A., Jia, X., 2006. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction. Berlin. Germany: **Springer**. 4° Ed, 454p.

SANTOS, L. L. M.; RODRIGUES, R. S. S.; BITTENCOURT, G. M. Morfometria das bacias hidrográficas dos rios Caraparu e Maguari-Açú, Região Metropolitana de Belém, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**. v. 11, n. 01, p. 66-75. 2017.

SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C.; OLIVEIRA, R. A.; SABONARO, D. Z.; ROSA, A. H. Análise da susceptibilidade do solo a processos erosivos do Parque Natural Municipal Corredores de Biodiversidade (PNMCBIO) de Sorocaba (SP). RA’EGA. v. 44. P. 169-180. 2018.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista UNIARA**, n. 20. 2007.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

VINCY, MV.; RAJAN, B.; PRADEEPKUMAR, AP. Geographic information system–based morphometric characterization of sub-watersheds of Meenachil river basin, Kottayam district, Kerala, India. **Geocarto International**. v. 27, n. 8. 2012. <https://doi.org/10.1080/10106049.2012.657694>