

DEFINIÇÃO DE UNIDADES FISIOGRÁFICAS DO RELEVO PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITU – OESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Definition of physiographic relief units for the river basin Itu – West of Rio Grande do Sul

Romario Trentin*
Luís Eduardo de Souza Robaina**

***Universidade Federal de Santa Maria - UFSM / Santa Maria, Rio Grande do Sul**
romario.trentin@gmail.com

****Universidade Federal de Santa Maria - UFSM / Santa Maria, Rio Grande do Sul**
lesrobaina@yahoo.com.br

RESUMO

O presente trabalho apresenta como objetivo, estabelecer uma compartimentação fisiográfica do relevo, da bacia hidrográfica do Rio Itu. Utilizou-se além de parâmetros de relevo, atributos litológicos e de solos combinados em Sistemas de Informações Geográficas e árvores de decisão. Os dados de elevação foram discriminados em duas classes, sendo elas maiores e menores de 186 metros, visto que este valor representa a média da elevação da bacia hidrográfica e representa a transição topográfica do Planalto para a Depressão Periférica. As informações de declividades foram discriminadas em duas classes, sendo elas maiores e menores que 15%, visto que este limite é utilizado para definição de unidades de relevo, bem como em manuais técnicos na orientação de construção com cortes e aterros, limite para implementação de maquinário agrícola, entre outros. As litologias foram discriminadas em duas classes: rochas sedimentares e rochas vulcânicas. Por fim, os solos foram discriminados em três classes: solos hidromórficos, solos rasos e solos profundos. O cruzamento automático definiu 24 unidades, sendo que, as unidades que não representavam espacialmente a configuração de uma unidade fisiográfica, foram reagrupadas em unidades com características semelhantes, o que condicionou a delimitação de 15 unidades fisiográficas para a bacia hidrográfica do Rio Itu. Destas unidades fisiográficas, seis são grandes unidades espaciais que representam o predomínio das áreas da bacia hidrográfica, e as demais unidades, apesar de ocuparem pequenas áreas representam situações específicas da área de estudo.

Palavras-chave: Mapeamento. Cruzamento em SIG. Atributos morfométricos.

ABSTRACT

This work has the objective to establish a physiographic subdivision of relief, the river basin Itu. It was used in addition to relevant parameters, lithological attributes and soil combined with Geographic Information Systems and decision trees. The elevation data were broken down into two classes, these being larger and smaller of 186 meters, as this represents the average elevation of the basin and is the topographic transition from Plateau to the Peripheral Depression. The slope of information was broken down into two classes, these being larger and smaller than 15%, since this limit is used to define relief units, as well as technical manuals on building orientation with cuts and embankments, limit for implementation agricultural machinery, among others. The lithology was broken down into two classes: sedimentary rocks and volcanic rocks. Finally, the soils were broken down into three classes: hydromorphic soils, shallow soils and deep soils. The automatic crossover set 24 units, being that the units not spatially represent the configuration of a physiographic unit were regrouped to units with similar characteristics, which conditioned the delimitation of 15 units physiographic for the river basin Itu. These physiographic units six are large spatial units representing the predominance of areas of river basin, but other units, although they occupy small areas represent specific characteristics in study area.

Keywords: Mapping. Gis Crossings. Morphometric attributes.

1. INTRODUÇÃO

O comportamento natural de uma bacia hidrográfica, está diretamente relacionada às características dos elementos que à compõem. Entender o comportamento desta, demanda a análise integrada dos elementos de modo a estabelecer a interação das variáveis possibilitando o conhecimento do sistema, o que dará suporte ao embasamento de estratégias de planejamentos e tomadas de decisões.

O presente trabalho apresenta como objetivo, estabelecer uma compartimentação fisiográfica do relevo, através de cruzamentos em SIG, da bacia hidrográfica do Rio Itu. O meio físico deve ser analisado com base nos “*landforms*”, entendidos como os elementos do meio que possuem composição litológica e variações das características visuais e físicas definidas, tais como: forma topográfica, modelo de drenagem e morfologia (BELCHER, 1946 apud ZUQUETTE, 1993).

A proposta de classificação segue a fundamentação dos geossistemas (Sistema Geográfico ou Complexo Natural Territorial), proposto inicialmente por Sotchava, na década de 1960, que propõem o estudo da dinâmica e estrutura das paisagens pelo viés sistêmico, através da delimitação e hierarquização de características homogêneas (TROPPMAIR, 2004).

Freitas e Cunha, (2004) abordando sobre a compartimentação espacial através da visão geossistêmica apontam que este método estabelece critérios que buscam a identificação e agrupamento do comportamento das variáveis ambientais, destacando os processos morfodinâmicos da paisagem de origem natural (geologia, geomorfologia, clima, hidrologia e ecossistemas) e antrópica (baseada na ocupação sócio histórica).

Vários são os pesquisadores que definem a bacia hidrográfica como unidade ideal de planejamento ambiental, por ser uma unidade natural de análise da superfície terrestre, onde é possível identificar e caracterizar as relações entre os vários elementos que constituem esta unidade. A bacia hidrográfica é comumente associada a um sistema físico aberto, em que há a atuação de processos naturais ou antrópicos no ambiente, e como respostas podem ser observadas mudanças no meio físico. Essas modificações resultam da busca do equilíbrio dinâmico (CHORLEY et al., 1984); (CUNHA e GUERRA, 1996).

Christofoletti (1999) destaca:

As bacias hidrográficas possuem expressividade espacial, constituindo sistemas ambientais complexos em sua estrutura, funcionamento e evolução. As bacias de drenagem são unidades fundamentais para mensuração dos indicadores geomorfológicos, para a análise da sustentabilidade ambiental baseada nas características do geossistema e o elemento socioeconômico (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Para Pires (2000), a opção de trabalhar com a bacia hidrográfica, como unidade de análise, permite introduzir um aspecto na conceituação que é o planejamento integrado com a comunidade envolvida, ou seja, trabalhar a relação homem/natureza no dia-a-dia de cada cidadão.

Recentemente, com o desenvolvimento de métodos de geoprocessamento e SIGs é possível a representação da superfície terrestre na forma de modelos digitais numéricos, denominado também de Modelos Digitais do Terreno (MDT), os quais possibilitam a análise topográfica de uma zona de interesse, assim como o cálculo automatizado de uma série de variáveis relacionadas (VIDAL-TORRADO et al., 2005).

Neste trabalho utilizou-se além de parâmetros de relevo, atributos litológicos e de solos combinados com Sistemas de Informações Geográficas e árvores de decisão no intuito de descrever, classificar e compartimentar a bacia do rio Itu.

As formas de relevo, as litologias e os solos constituem o substrato físico sobre o qual se desenvolvem as atividades humanas e dessa forma, trabalhos de zoneamentos que determinam

unidades homogêneas são fundamentais para entendimento dos processos geomorfológicos e como as ações humanas podem interferir no meio.

2. ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio Itu (BHRI), localizada no oeste do Rio Grande do Sul (RS), se caracteriza pelo predomínio de áreas de campos, regionalmente conhecido como campanha, tradicionalmente utilizado para a criação de gado de forma extensiva. Porém nas últimas décadas e mais constantemente nos últimos anos, observa-se significativas mudanças na dinâmica da região, onde os campos passam a ser explorados por culturas agrícolas e espécies exóticas em grandes áreas de florestamento.

Outra característica bastante marcante da região é o desenvolvimento de processos de dinâmica superficiais bastante acentuados, como é o caso da arenização (formação de campo de areia) e formação de voçorocas, associados aos arenitos fluviais com grânulos, um substrato geológico muito friável.

Suertegaray (1995) considera que o Sudoeste do Rio Grande do Sul apresenta grande fragilidade na sua paisagem, decorrente de um paleoambiente semiárido ou semiúmido estepário que, mais recentemente, sofreu umidificação. Com esta umidificação, possibilitou-se a instalação, nas áreas mais úmidas (vales e vertentes de encostas abrigadas) de vegetações arbóreas: mata de galeria, ou mata de encosta, insuficiente para eliminar ou mascarar os vestígios da paisagem pré-moderna.

O Rio Itu é afluente da margem direita do Rio Ibicuí, estendendo-se pelos municípios de São Francisco de Assis, Manuel Viana, Itaqui, Unistalda, Maçambará, São Borja e Santiago. Os municípios que abrangem a bacia hidrográfica do Rio Itu, de forma geral tiveram suas origens ligadas ao povoamento das Missões, pelos jesuítas que formavam povoados e reduções. Os grandes rios da região serviam de meio de deslocamento destes povos, por isso da localização inicial destes povos junto às margens destes rios. A tradição pela pecuária também teve sua origem com os jesuítas nos processos de ocupação territorial junto aos campos que se estendiam pelo oeste do (SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO, 2002).

Segundo Suertegaray et al. (2001), por ser uma região onde predominava os campos de pecuária extensiva, a mecanização tornava-se menos necessária, mas a partir as décadas de 1970 e 1980, com a introdução do cultivo da soja e a modernização da lavoura de arroz, é que se inicia a incorporação de tratores e automatização das lavouras, sendo que os censos de 1970 e 1985 registraram aumento de 166% de número de tratores na região.

Hoje o Sudoeste e Oeste do Rio Grande do Sul vêm sofrendo a maciça implantação de *Pinus sp* e *Eucalyptus sp*, em decorrência de transferência de indústrias de celulose para a região, onde o forte investimento internacional vem contribuindo para a implantação destas espécies. Já se observa áreas com total florestamento da espécie, com poucos estudos ambientais mais detalhados da área.

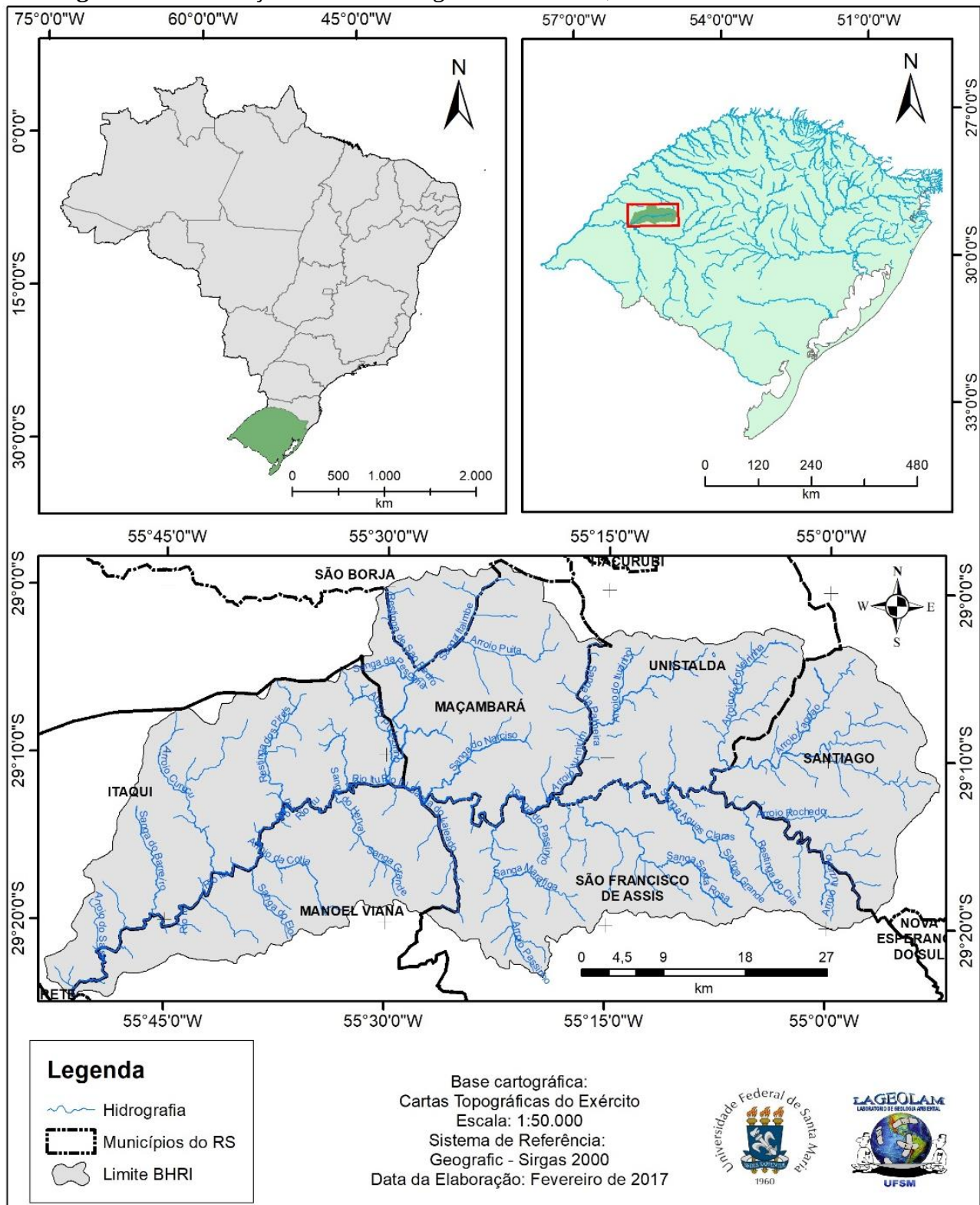
Geomorfologicamente, a BHRI encontra-se inserida nas unidades geomorfológicas do Planalto da Serra Geral, compreendendo aproximadamente 20% de sua área territorial associada às nascentes do alto curso e, da Depressão Periférica do Rio Grande do Sul compreendendo a maior área da bacia associado ao médio e baixo curso (ROBAINA et al., 2010).

Com uma área de 2.809,61 km², esta bacia hidrográfica está inserida entre as coordenadas geográficas 54° 52' 20" a 55° 53' 15" de longitude oeste em relação ao meridiano de Greenwich, e 28° 58' 00" a 29° 24' 40" de latitude sul em relação à linha do Equador (Figura 1).

A bacia hidrográfica do Rio Itu (BHRI), possui uma, hierarquia fluvial de 7ª ordem com comprimento total dos cursos d'água de 4.834,4 km. A magnitude da bacia, ou seja, o número de nascentes, canais de 1ª ordem, é de 3.266 canais. A densidade de drenagem total da bacia é de 1,72 km/km².

O padrão de drenagem predominantemente retangular-dendrítico, demonstra o significativo controle estrutural que a disposição das camadas geológicas estabelece junto aos cursos d'água, pois suas drenagens obedecem às linhas das falhas e fraturas geológicas da região.

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Itu, no estado do Rio Grande do Sul



Organização: Os autores (2017).

As formas de relevo mais comuns são as colinas com amplitudes próximas de 100 metros e declividades variando de 5 a 15 %, ocupando grande parte do baixo curso da BHRI e algumas áreas de divisores de água no alto curso, formando o relevo regionalmente conhecido de coxilhas. As rampas de fundo de vale com características de baixas declividades, inferiores a 5%, e amplitudes variando de 20 a 80 metros são localizadas ao longo do canal principal em alguns interflúvios, principalmente no baixo curso da bacia hidrográfica.

Os morrotes e morros ocorrem associados principalmente às porções de Rebordo do Planalto (faixa de transição entre o Planalto e a Depressão Periférica) onde as amplitudes variam de 100 a 200 metros e as declividades são superiores a 15%.

A dinâmica da esculturação da topografia e controle da rede de drenagem tem forte interferência da tectônica de falhamentos da área. Na Bacia do Rio Itu a ocorrência de eventos tectônicos foi inferida através da interpretação dos padrões de drenagem identificando-se longos segmentos fluviais expressivamente retilinizados, com flexões retangulares e radiais e ainda constatada em campo através de medidas de fraturas com três subconjuntos mais frequentes: a) alinhamentos com orientação compreendida entre N 30° a N 50°; b) alinhamentos com variação entre N 110° e N 140°; e c) alinhamentos sensivelmente orientados na direção N-S.

Trabalhos anteriores corroboram com esta interpretação. Os autores Carraro et al. (1975), identificaram na região uma feição dômica denominada Domo de Itu, já os autores Maciel Filho e Sartori (1979), caracterizam a região como uma sequência de soerguimentos crustais que estão associadas a falhamentos herdados do embasamento e gerados durante a separação continental, além de zonas de falhas coincidentes com a direção do Arco de Rio Grande.

Quanto as litologias encontradas na área foram definidas como rochas vulcânicas e sedimentares, pertencentes à Bacia do Paraná e depósitos recentes do Rio Itu. Segundo Milani (2002), a Bacia do Paraná é uma vasta região sedimentar da América do Sul, abrigando um conjunto de rochas com idade entre o Neo-Ordoviciano e o Neocretáceo.

A ocorrência das rochas vulcânicas estende-se em todas as porções da bacia hidrográfica, com exceção de duas grandes áreas no médio e baixo curso, onde devido aos grandes falhamentos que causaram movimentação tectônica e soerguimento da área o que condiciona os afloramentos de rochas sedimentares.

Os derrames apresentam diferentes característica em função da porção observada. Na parte superior dos derrames é encontrada uma porção rica em vesículas e amígdalas que são facilmente afetados pelos processos de alteração, gerando solos bem desenvolvidos. A porção de base apresenta juntas horizontais, o que deve ser resultado, pelo menos em parte, do escoamento laminar da lava no seu interior. Já a porção central do derrame apresenta um conjunto de juntas verticais e textura cristalina, apresentando maior resistência aos processos de alteração, condicionando solos menos desenvolvidos.

Em nível abaixo dos derrames e por vezes intercalado ocorrem arenitos bem classificado, avermelhados (por vezes róseos a esbranquiçados) de granulação fina a média, com grãos bem selecionados e bem arredondados, em geral foscos e apresentando boa esfericidade. A estrutura predominante é de estratos cruzados de alto ângulo formando “sets” bastante longos. As características permitem definir como rochas pertencentes à Formação Botucatu. Essa formação é composta por arenitos essencialmente quartzosos, contendo ainda feldspatos alterados cimentados predominantemente por sílica, mas em alguns casos por óxido de ferro, com estratificações cruzadas de grande porte, sendo as antigas dunas de origem eólica.

A superfície de contato entre as formações Botucatu subjacente e Serra Geral, não constituem um plano uniforme, mas apresenta ondulações e inclinação que dificultam definir um plano de contato na área.

A designação Arenito Botucatu foi dada por Gonzaga de Campos (1889) para os arenitos que apresentam estratificação cruzada de larga escala e que se encontram sotopostos ou intercalados nas lavas basálticas da Formação Serra Geral. O critério de identificação da formação seguiu a

orientação dos autores, ou seja, a partir do momento em que os arenitos mostram características nitidamente eólicas.

Os arenitos fluviais da Formação Guará são os que ocupam a segunda maior área e devido a ser um substrato muito friável condicionam a bacia hidrográfica a uma grande fragilidade frente aos processos de dinâmica superficiais. Essas rochas caracterizam-se por sua textura de areia com grânulos silicosos dispersos, estrutura, por vezes bem definida, de estratos cruzados acanalados e planares com “sets” curtos e médios, e plano-paralelas, indicando, junto a outras feições, um ambiente deposicional de características fluviais.

Com base em Scherer et al. (2002), essa sequência sedimentar, constituída por arenitos finos e conglomeráticos, de origem fluvial, pertencem à Formação Guará de idade Mesozóica. A Formação Guará, segundo os autores, aflora na região oeste da Depressão Periférica, em uma faixa que se estende do município de Jaguari até Santana do Livramento. O mais provável é que esta sedimentação tenha ocorrido no final do Jurássico e segundo os autores, são correlacionáveis às da Formação Tacuarembó no Uruguai (Jurássico Superior/Cretáceo Inferior).

O substrato mais recente é constituído por depósitos do Rio Itu, que devido ao tamanho da bacia hidrográfica e sua magnitude apresenta uma significativa área de depósito sedimentar, principalmente ao longo do curso principal.

Os solos da bacia hidrográfica do Rio Itu apresentam uma grande diversidade quanto aos tipos, influenciados diretamente para grande variação do relevo e das características geológicas da bacia hidrográfica que influenciam na formação e diferenciação dos tipos de solos, ou mesmos nas características de determinado solo, visto que as rochas, material base do desenvolvimento dos solos, apresentam também grande variação quanto as suas características de textura, estrutura e grau de dureza frente aos processos de intemperismo.

De maneira geral, junto ao relevo suavemente ondulado a ondulado formam solos profundos, relevos planos em áreas junto à drenagem associam-se solos hidromórficos e áreas com relevo declivoso geram solos pouco desenvolvidos.

Conforme a classificação dos solos do Rio Grande do Sul (STRECK et al., 2008) os solos rasos, mal desenvolvidos estão representados por Cambissolos e Neossolos litólicos. Os Cambissolos são solos em processo incipiente de formação, rasos, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-Bi-C ou O-A-Bi-C, onde o horizonte Bi é do tipo B incipiente. Os Neossolos litólicos encontrados nesta classe são solos rasos sobre um substrato de rocha vulcânica. A sequência de horizontes no perfil é A/R, e raramente A/C, com horizonte A pouco espesso (em torno de 20 cm), poroso, friável e com transição abrupta para o R.

Os solos presentes sobre as colinas arenosas em geral são solos profundos de cor avermelhado, muito arenoso, podendo apresentar porções mais rasas quando associados ao arenito mais coeso. Segundo Streck et al. (2008) ocorrem solos do tipo Latossolos Arenosos quando profundos e com teor de argila superior a 15% e Neossolos Quartzarênicos com teor de argila inferior a 15%. Em áreas com maior teor de argila formam-se Nitossolos, Latossolos Argilosos e Argissolos.

Os Nitossolos são os solos mais frequentes nesta classe e ocupam a maior parte das áreas próximas ao baixo curso. Estes solos são profundos, bem drenados, vermelhos, argilosos em toda extensão do perfil e derivados de basalto. O que distingue os Nitossolos é o horizonte B com uma estrutura mais desenvolvida (na forma de blocos angulares e/ou subangulares) com revestimento brilhante (cerosidade), que é característico do horizonte B nítico.

Os Argissolos localizam-se principalmente na porção de médio curso da bacia hidrográfica. Estes solos apresentam uma profundidade média (em torno de 150 cm), apresentando como sequência de horizontes no perfil, A, Bt e C, ou A, E, Bt e C com nítido contraste entre si.

Os solos hidromórficos, ocorrem principalmente associados aos cursos de água, junto a planície de inundação. Geralmente estes solos apresentam coloração escura com grande presença de matéria orgânica. Por característica geral estes solos são mal ou imperfeitamente drenados e estão identificados como Plintossolos e Planossolos na área (STRECK et al., 2008).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Antes de discriminar as etapas e procedimentos realizados para a definição das unidades fisiográficas da bacia hidrografia do rio Itu, cabe apresentar as bases cartográficas e materiais utilizados.

A base digital para a análise e discriminação hipsometria e elevação da bacia hidrográfica, o Modelo Digital de Elevação obtidos dos dados do Radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) disponíveis no site do Serviço Geológico Americano com resolução espacial de 3 Arc second (aproximadamente 90 metros) (KRETSCH, 2000).

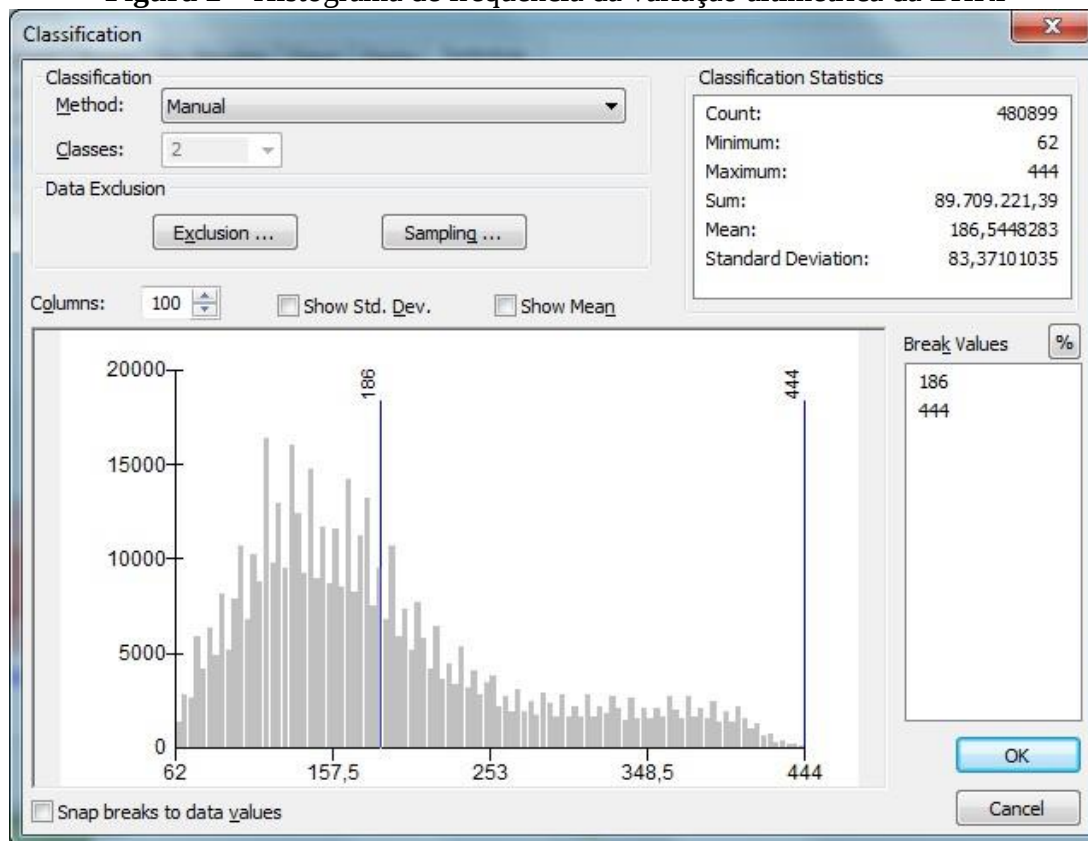
A base litológica da área, foi utilizado de Trentin (2011), que é um levantamento realizado com base no mapeamento geológico do estado do Rio Grande do Sul (WILDNER et al., 2006) e em trabalhos de campo com descrições e análises de amostras de rocha.

A base de solos da área, foi utilizado de Trentin (2011), que é um levantamento realizado com base no mapeamento de solos do estado do Rio Grande do Sul (STRECK et al., 2008), e em trabalhos de campo com descrições e análises de amostras de solo.

Os dados foram editados e processados no SIG, ArcGIS versão 10.1, utilizando-se as ferramentas de análise espacial, com cruzamentos de raster que possibilitaram os agrupamentos das classes de cada tema, bem como o cruzamento espacial dos temas, definindo as unidades fisiográficas, que tem seus procedimentos discriminados a seguir.

A definição das unidades fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Itu, levou em consideração quatro temas básicos: altitude; declividade; litologia e solos. Quanto aos parâmetros de altitude, os mesmos foram classificados em duas classes, utilizando-se como limite das classes, a média da altitude da bacia hidrográfica (186 metros), sendo que mesma possui uma amplitude altimétrica de 382 metros, com a altitude máxima 444 metros e a altitude mínima de 62 metros, figura 2. Os dados de elevação foram extraídos diretamente da base SRTM, versão 4.1.

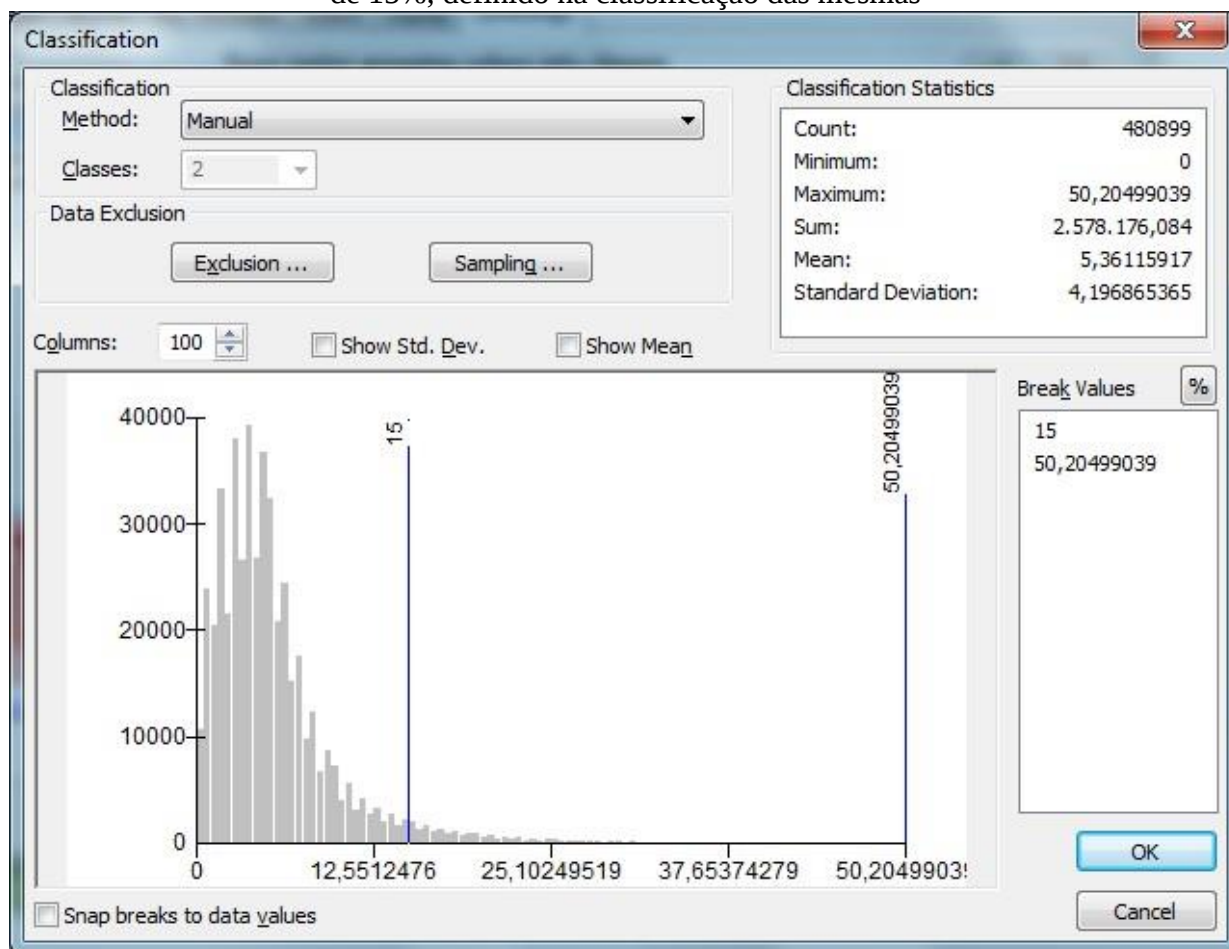
Figura 2 – Histograma de frequência da variação altimétrica da BHRI



Organização: Os autores (2017).

Quanto aos parâmetros de declividade, gerou-se estes dados através da ferramenta de análise espacial denominada “*slope*”, com parâmetros de elevação do SRTM e unidade de medida “*percentages*”. Os dados de declividade foram classificados em duas unidades, figura 3, tendo como limite das classes a declividade de 15%, limite este, utilizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (1981) bem como nos trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Geologia Ambiental (ROBAINA et al., 2010; TRENTIN, 2011; TRENTIN, et al., 2012), entre outros, para definição de classes de relevo, visto que este limite é o máximo possível para aplicação de maquinário agrícola, em construções necessita-se de cortes e aterros planejados.

Figura 3 – Histograma de frequência mostrando a distribuição da declividade na BHRI e o limite de 15%, definido na classificação das mesmas



Organização: Os autores (2017).

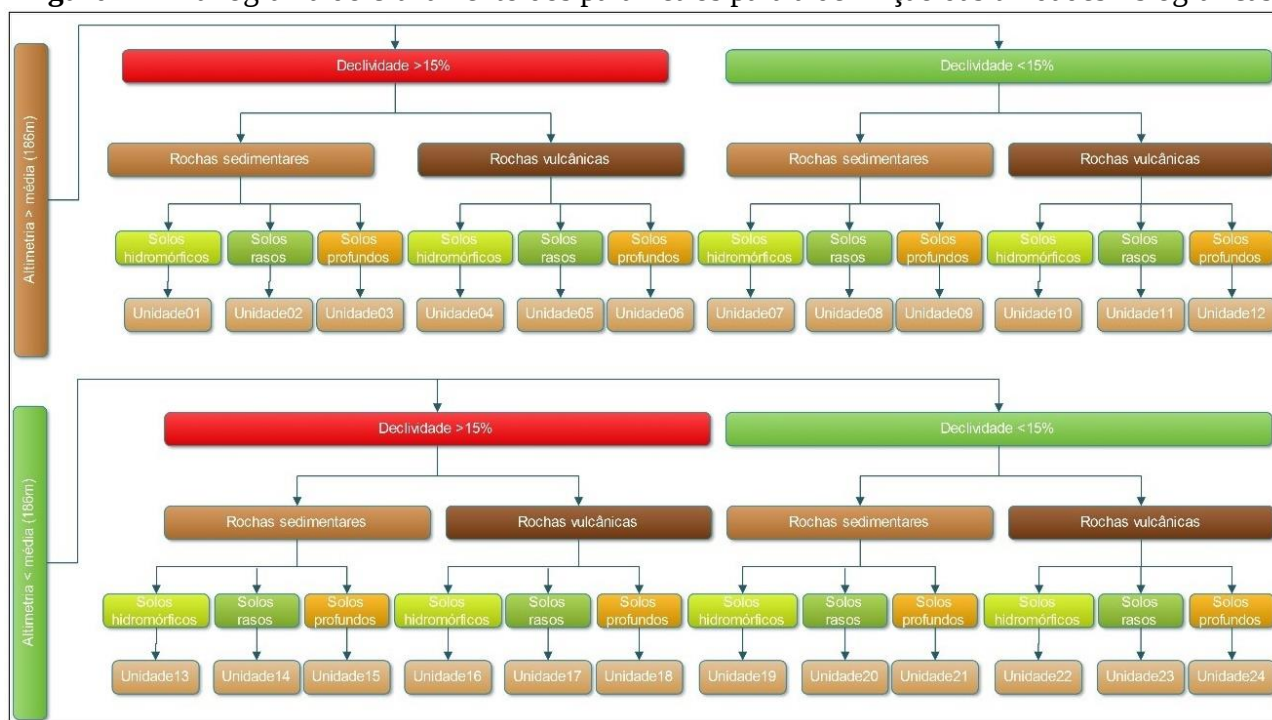
Para os parâmetros de litologia, os dados foram classificados em duas classes. A primeira compreende os depósitos e sedimentos recentes e as rochas sedimentares, sendo estas definidas como arenitos fluviais da Formação Guará (SCHERER; et al., 2002) e da Formação Botucatu (GONZAGA DE CAMPOS, 1889). Já a segunda classe compreende as rochas vulcânicas, sendo incorporados diversos derrames de rochas da Formação Serra Geral (WILDNER et al., 2006) que se encontra na área de estudo.

Os dados de solos são procedentes do mapa de solos simplificado elaborado por Trentin (2011), que possui como base de elaboração o mapa de solos do estado do Rio Grande do Sul (STRECK et al., 2008) e em descrições e análises de amostras de solo em campo e laboratoriais. Os solos foram agrupados em três classes sendo estas definidas como solos hidromórficos, solos rasos e solos profundos. Na classe de solos hidromórficos foram incorporados os Planossolos e os Plintossolos que ocorrem exclusivamente associados aos cursos d'água. Na classe dos solos rasos

foram incorporados os Neossolos, os Cambissolos e as associações de Cambissolos e Neossolos. Na classe dos solos profundos foram incorporados os Nitossolos, os Argissolos, os Latossolos e os Neossolos quartzarênicos.

Após a definição e agrupamento dos quatro temas centrais (altitude, declividade, litologia e solos) a serem utilizados na definição das unidades fisiográficas, as camadas, em modelo raster, foram cruzadas em ambiente SIG, com uso da ferramenta “combine”, sendo definidas 24 unidades fisiográficas, conforme pode-se observar no fluxograma da figura 4.

Figura 4 – Fluxograma do cruzamento dos parâmetros para a definição das unidades fisiográficas



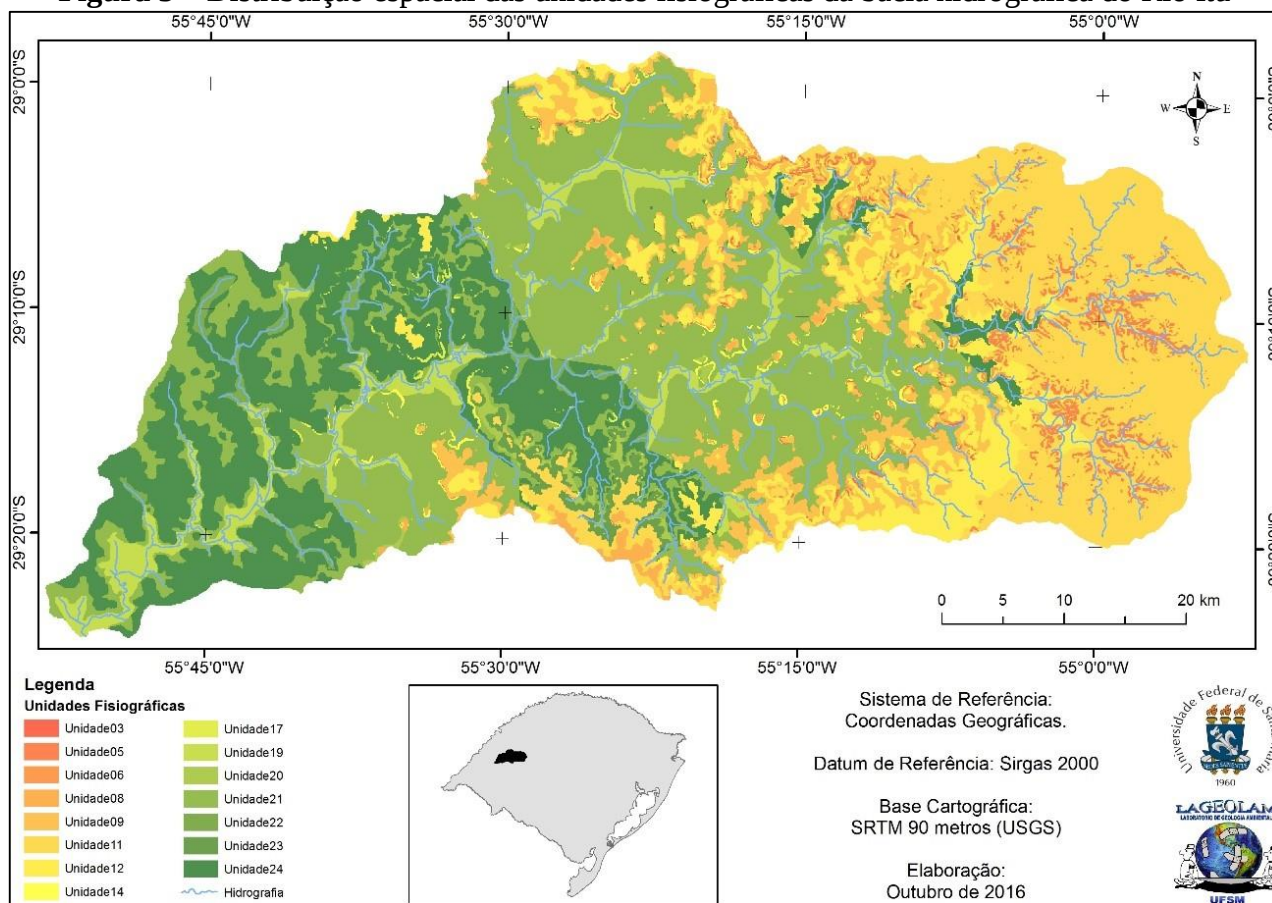
Organização: Os autores (2016).

As unidades 01, 02, 04, 07, 10, 13, 15, 16 e 18, não apresentam representatividade em área ocupada na bacia hidrográfica e/ou não apresentam continuidade na representação espacial, sendo desta forma agrupadas às unidades com características semelhantes.

Através da análise estatística e da distribuição espacial de cada uma das classes definidas, as mesmas foram reagrupadas para um total de 15 unidades, ou seja, as unidades que apresentaram menos que 0,5% da área total da bacia hidrográfica, ou que não apresentavam continuidade espacial de ocorrência, foram incluídas nas classes próximas e/ou representativas a um dos atributos de análise. Algumas classes, nem se quer apresentaram ocorrência, devido aos cruzamentos das variáveis, como é o caso da unidade 01, que representaria solos hidromórficos em declividades superiores à 15%, o que naturalmente é inviável à ocorrência desta unidade.

4. COMPARTIMENTAÇÃO FISIAGRÁFICA

A figura 5 apresenta a distribuição espacial das unidades fisiográficas definidas para a bacia hidrográfica do Rio Itu. São apresentadas e especializadas 15 unidades que representam as características dos cruzamentos das informações das altitudes, declividade; litologia e solos, descritas e contextualizadas a seguir.

Figura 5 – Distribuição espacial das unidades fisiográficas da bacia hidrográfica do Rio Itu

Organização: Os autores (2016).

Unidade de escarpas em Arenito no alto curso (03)

Esta unidade ocorre em uma área de 10,13 km², que corresponde a 0,36% do total da bacia. Apesar de pouco expressiva, ocorre concentrada em pequenas faixas, representando depósitos de encosta de altitude, com declives superiores a 15% sobre substrato de arenitos. A Figura 6 mostra porção de escarpa de arenitos na BHRI. Espacialmente distribui-se por uma faixa norte-sul no terço superior da bacia hidrográfica associado aos morros e morrotes de arenito. A figura 7 mostra a distribuição desta unidade ao longo da bacia.

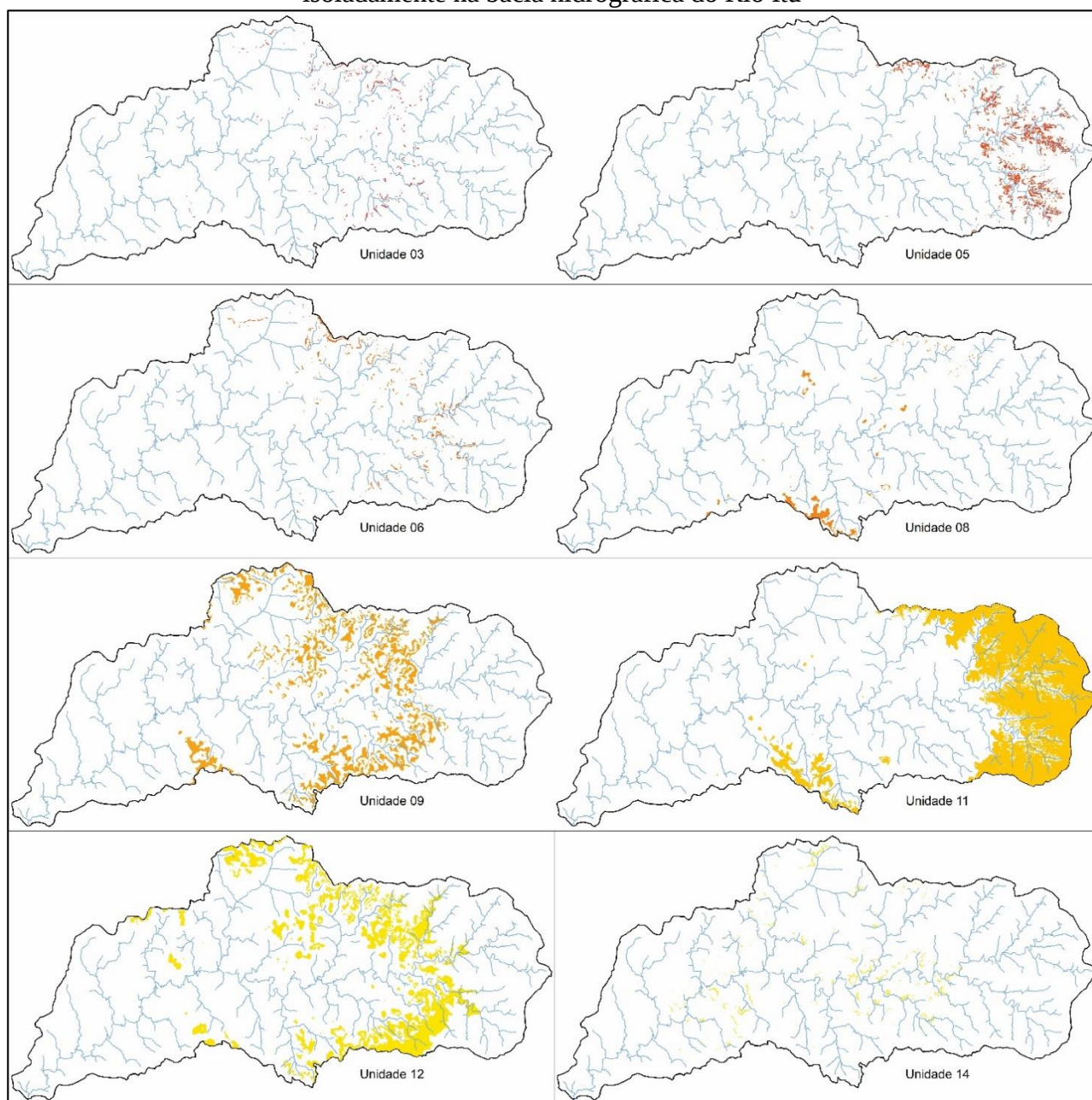
Figura 6 – Escarpa de arenito no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Itu

Fonte: Os autores em trabalho de campo realizado em 21 outubro de 2016.

Unidade de escarpas vulcânicas no alto curso (05)

A unidade 05 ocupa uma área de 52,83 km² correspondendo a 1,89% do total. Representam áreas de encostas inclinadas seguindo os vales encaixados das drenagens do alto curso, com solos rasos sobre rocha vulcânica, conforme mostra a Figura 8. Especialmente esta unidade estende-se no alto curso da bacia hidrográfica, associado à porção do Rebordo do Planalto (Figura 7).

Figura 7 – Distribuição espacial das unidades fisiográficas 03, 05, 06, 08, 09, 11, 12 e 14 isoladamente na bacia hidrográfica do Rio Itu



Organização: Os autores (2017).

Figura 8 – Escarpa de vulcânica no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Itu

Fonte: Os autores em trabalho de campo realizado em 21 outubro de 2016.

Unidade de Patamares entre escarpas (06)

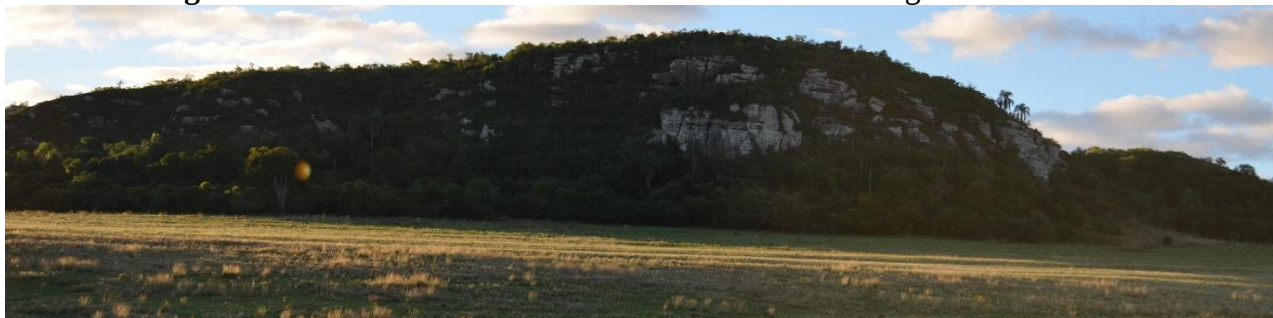
Representam porções pouco significativas com área de 18,34 km², correspondendo 0,65% do total da bacia. Está representada por relevo, relativamente, inclinado (Figura 9), mas que formam pequenos patamares com solos bem desenvolvidos, especialmente em áreas de contato entre derrames. Espacialmente ocupa uma faixa norte sul, marcando a transição do médio para o alto curso (Figura 7).

Figura 9 – Patamares entre escarpas da bacia hidrográfica do Rio Itu

Fonte: Os autores em trabalho de campo realizado em 22 outubro de 2016.

Unidade de Morros e Morrotes em Arenitos (08)

Formam compartimentos isolados no médio curso associado a elevações de arenitos resistentes (Figura 10) com área de 19,02 km², correspondendo a 0,68% da bacia. Ocorrem com maior importância nas nascentes do arroio Passinho e sanga do Lajeado associadas a um relevo de morros e morrotes de arenitos com solos rasos associados com blocos e matacões. Espacialmente ocupa a porção central da bacia hidrográfica, associada aos divisores d'água (Figura 7).

Figura 10 – Morros e morrotes em arenitos da bacia hidrográfica do Rio Itu

Fonte: Os autores em trabalho de campo realizado em 17 junho de 2016.

Unidade de colinas arenosas (09)

Correspondem a áreas onduladas, com substrato de rocha arenítica e solos profundos arenosos que marcam a passagem das áreas do Planalto para a Depressão periférica (Figura 11). Ocorrem em uma área de 200,3 km², correspondendo a 7,15% da bacia. Espacialmente distribui-se pela porção central da bacia hidrográfica em uma porção que se estende de norte a sul da mesma (Figura 7).

Figura 11 – Colinas de arenitos da bacia hidrográfica do Rio Itu

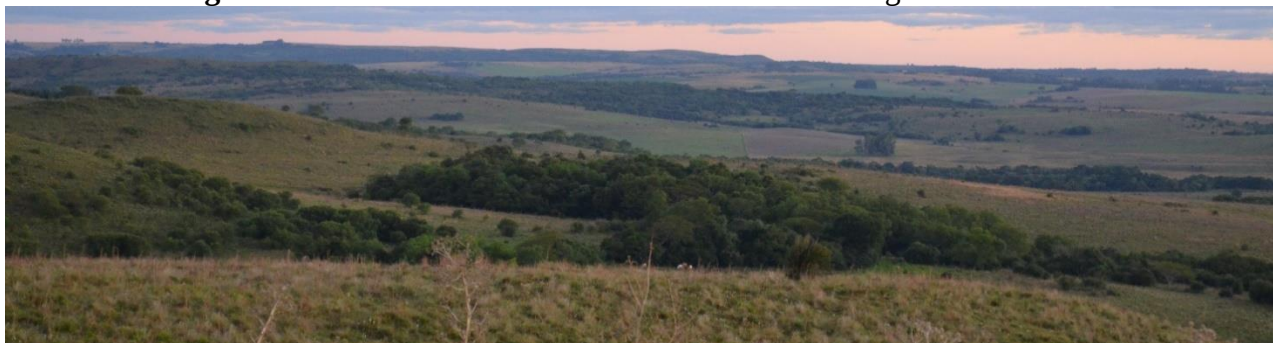


Fonte: Os autores em trabalho de campo realizado em 17 junho de 2016.

Unidade de colinas em vulcânicas do alto curso (11)

Esta unidade ocorre na porção leste da bacia, alto curso, e em menor concentração na porção centro sul (Figura 7), com área total de 504,83 km², representando 18,03% da área total da bacia. Constituem as porções associadas a um relevo ondulado com substrato de rochas vulcânicas (Figura 12). Os solos são rasos devido a maior resistência e a estrutura em fraturas horizontais das rochas do substrato. Espacialmente esta unidade ocupa a terceira maior área da bacia hidrográfica.

Figura 12 – Colinas em rocha vulcânica da bacia hidrográfica do Rio Itu



Fonte: Os autores em trabalho de campo realizado em 22 outubro de 2016.

Unidade de colinas entre Morros (12)

Unidade formada por um relevo ondulado representando áreas de colinas entre morros, com área de 271,89 km², representando 9,71% da bacia. Os solos são bem desenvolvidos sobre substrato de rochas vulcânicas devido a maior infiltração favorecendo os processos de pedogênese (Figura 13). Espacialmente, estende-se pela porção central da bacia (Figura 7) representando a quarta maior área da bacia.

Figura 13 – Colinas entre morros em rocha vulcânica da bacia hidrográfica do Rio Itu

Fonte: Os autores em trabalho de campo realizado em 21 outubro de 2016.

Unidade de escarpa em arenitos de baixo-médio curso (14)

Esta unidade representa as áreas de encostas inclinadas (morros e morrotes) que ocorrem em elevações de arenitos (Figura 14). Formam uma área restrita na bacia com 18,11 km² que corresponde a 0,65%. Os solos são rasos devido à resistência da litologia arenítica e a inclinação da encosta. Espacialmente ocorrem no médio e baixo curso da bacia (Figura 7).

Figura 14 – Escarpas de arenito da bacia hidrográfica do Rio Itu

Fonte: Os autores em trabalho de campo realizado em 22 outubro de 2016.

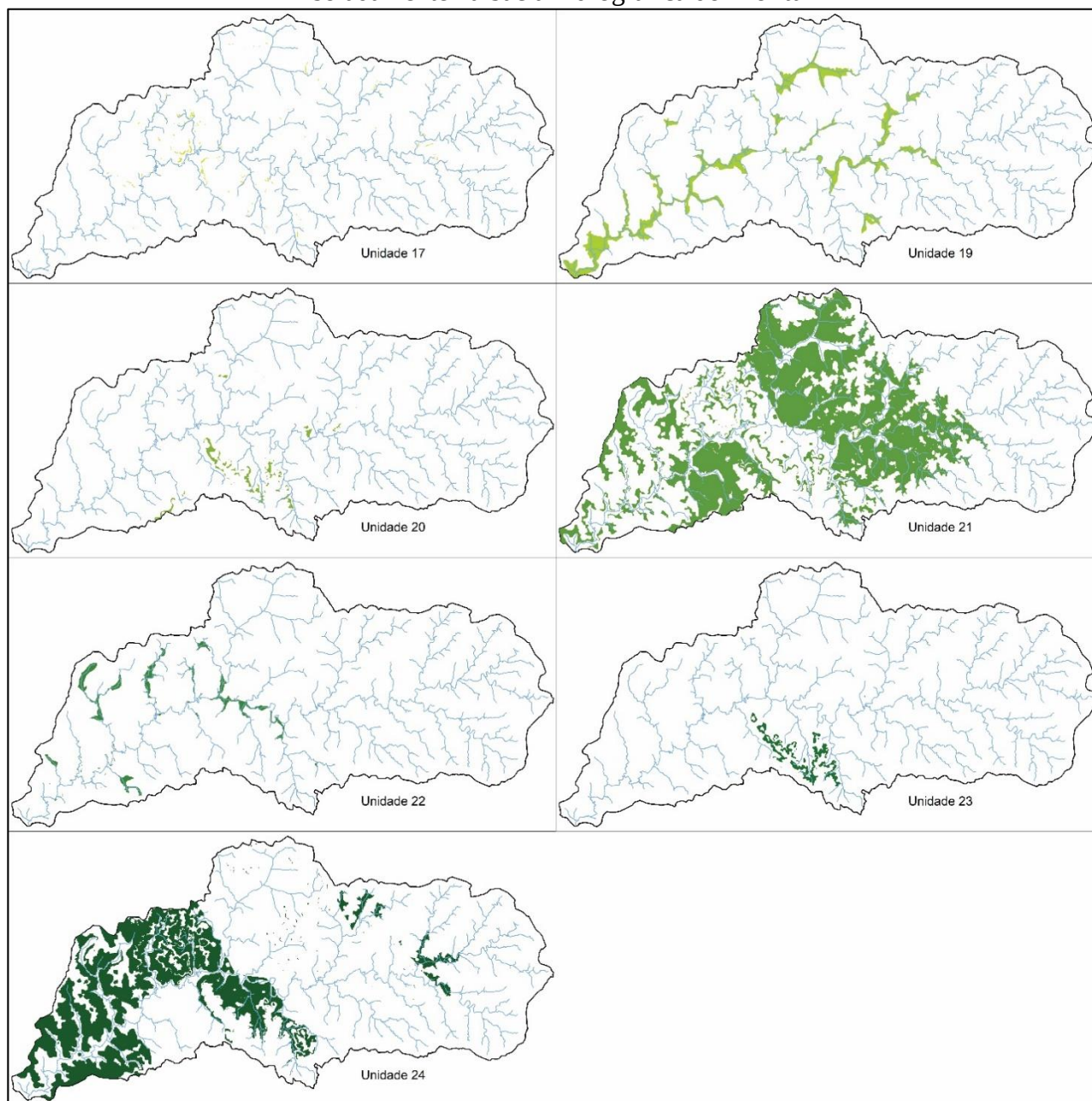
Unidade de escarpas em vulcânicas no baixo curso (17)

Unidade caracterizada por porções de encosta sobre um substrato de rochas vulcânicas (Figura 15), com área de 6 km², que representa 0,21% da bacia. Marcam as encostas dos morros testemunhos formados no recuo erosivo do Planalto. Espacialmente ocorrem em pequenas áreas junto ao baixo curso (Figura 16). A figura 16 apresenta a espacialização das unidades 17, 19, 20, 21, 22, 23 e 24 de forma individualizadas ao longo da bacia hidrográfica do Rio Itu.

Figura 15 – Escarpas de vulcânica da bacia hidrográfica do Rio Itu

Fonte: Os autores em trabalho de campo realizado em 21 outubro de 2016.

Figura 16 – Distribuição espacial das unidades fisiográficas 17, 19, 20, 21, 22, 23 e 24 isoladamente na bacia hidrográfica do Rio Itu



Organização: Os autores (2017).

Unidade de Planície de Inundação (19)

Unidade associada a planície de inundação do rio Itu e de seus afluentes principais (Figura 17) com área de 157,09 km², representando 5,61% da bacia. Constituem áreas com baixa inclinação formadas por depósitos dos rios e solos hidromórficos. Espacialmente ocupam áreas do baixo e médio curso (Figura 16), representando a quinta maior área da bacia hidrográfica.

Figura 17 – Planície de inundação da bacia hidrográfica do Rio Itu

Fonte: Os autores em trabalho de campo realizado em 18 de junho de 2016.

Unidade de Cornijas areníticas (20)

Esta unidade é pouco representativa, ocorrendo em área de 16,62 km² com 0,59% da bacia (Figura 18), mas é suma importância pois marca os degraus de rochas sedimentares resistentes com solos rasos que ocorre na meia encosta. Especialmente ocorrem associados ao médio curso da bacia hidrográfica (Figura 16).

Figura 18 – Cornija de arenito na bacia hidrográfica do Rio Itu

Fonte: Os autores em trabalho de campo realizado em 22 outubro de 2016.

Unidade de colinas arenosas do médio-baixo curso (21)

Unidade importante em área, com 915,49 km² que corresponde a 32,69% da bacia. Constituem o relevo ondulado de colinas sobre um substrato de arenitos (Figura 19). Os solos nessa área são profundos e arenosos. Especialmente é a maior área da bacia hidrográfica e ocorre concentrada em grandes áreas do médio e baixo curso (Figura 16).

Figura 19 – Colinas arenosas no médio curso da bacia hidrográfica do Rio Itu

Fonte: Os autores em trabalho de campo realizado em 18 de junho de 2016.

Unidade Planície de Inundação sobre vulcânicas (22)

Unidade de solos hidromórficos (Figura 20) com substrato de rocha vulcânica, ocorrendo com área de 44,47 km², que corresponde a 1,59%, associada a planície de inundação do rio Itu e de afluentes. Especialmente ocorrem no baixo curso da bacia hidrográfica (Figura 16).

Figura 20 – Planície de inundação com solos hidromórficos na bacia hidrográfica do Rio Itu



Fonte: Os autores em trabalho de campo com voo de baixa altitude realizado em 13 março de 2016.

Unidade de colinas vulcânicas com solos rasos (23)

Unidade com pequena área na bacia com 28,45 km² (1,02% da área total), mas concentrado nas sub bacias do arroio Passinho, sanga do Lajeado e sanga do Herval, afluente do médio curso do rio Itu (figura 16). Forma um relevo ondulado de colinas sobre rocha vulcânica com solos rasos (Figura 21).

Figura 21 – Colinas com solos rasos na bacia hidrográfica do Rio Itu



Fonte: Os autores em trabalho de campo realizado em 21 outubro de 2016.

Unidade de colinas vulcânicas com solos profundos (24)

Unidade predominante no baixo curso (Figura 16), com área de 53,89 km² que representa 19,17% da bacia. A unidade forma um relevo ondulado sobre um substrato de rochas vulcânicas e com predomínio de solos bem desenvolvidos (Figura 22). Especialmente ocupa a segunda maior área da bacia hidrográfica.

Figura 22 – Colinas com solos bem desenvolvidos na bacia hidrográfica do Rio Itu



Fonte: Os autores em trabalho de campo realizado em 17 de junho de 2016.

Das quinze unidades fisiográficas definidas as unidades 21, 24, 11, 12, 09 e 19, são as que ocupam sucessivamente as maiores áreas na bacia hidrográfica do Rio Itu e, juntas respondendo por 92,35 % da área total, isso sendo resultado principalmente da combinação dos atributos utilizados no cruzamento de mapas, porém todas estas classes associadas às declividades inferiores à 15% que são as declividades predominantes na área de estudo. Destas seis unidades, as unidades 21, 24, 12 e 09 possuem características de solos profundos, as 11 em solo raso e a 19 em solos hidromórficos. Destas unidades, a 21, a 24, a 11 e a 12 encontram-se em substratos de rocha vulcânica e as unidades 09 e 19 em substratos de rochas sedimentares.

5. CONCLUSÕES

A compartimentação fisiográfica de uma bacia hidrográfica possibilita a compreensão da organização espacial dos elementos do meio, permitindo que trabalhos futuros possam indicar as possíveis fragilidades ambientais, podem auxiliar no planejamento e manejo eficiente do uso do espaço.

As variáveis de altitude, declividade, litologias e solos, são as variáveis ambientais que de forma geral possibilitam a caracterização do meio, sobre a qual desenvolvem-se as atividades humanas e, desta forma os trabalhos de compartimentação do relevo são fundamentais para o entendimento dos processos geomorfológicos e de que forma as ações antrópicas podem interagir com este meio.

O cruzamento automático dos temas agiliza o processamentos das informações e possibilita a determinação precisa das unidades com as características definidas no cruzamento, porém condiciona a formação de unidades que espacialmente ou tematicamente não são possíveis de serem representadas, como é o caso de unidade com solos hidromórficos em declividades acima de 15%, o que, requer do interprete, o bom senso de intervenções junto à determinadas áreas, conforme as especificidades de cada área de estudo.

Na bacia hidrográfica do Rio Itu, foi realizado o cruzamento das variáveis altitude, declividade, litologia e solos, de forma a diferenciar 24 unidades fisiográficas. Após análise da representação espacial algumas unidades foram reagrupadas às unidades com características semelhantes o que condicionou a delimitação de 15 unidades fisiográficas representativas.

Das 15 unidades fisiográficas seis são grandes unidades espaciais que representam as características predominantes na bacia hidrográfica, porém as nove demais unidades, apesar de ocuparem pequenas áreas, representam situações específicas na área de estudo. Assim sendo, pode-se definir que a metodologia aplicada resultou em uma compartimentação da bacia hidrográfica do Rio Itu de forma bastante satisfatória e o mapeamento desenvolvido pode servir de subsídio ao planejamento dos municípios envolvidos, bem como, servir de base para novos estudos, como é o caso do zoneamento geoambiental que define potencialidades e restrições frente ao uso e ocupação do meio.

REFERÊNCIAS

- CARRARO, C. C.; LIU, C. C.; YAMAGATA, S. K. Interpretação geológica da região do Alto e Médio São Francisco baseada nas imagens MSS do ERTS-1. **INPE TPT**, v. 790, p. 1–115, 1975.
- CHORLEY, R. J.; SCHUMM, S. A.; SUGDEN, D. E. Geomorphology. **Geomorphology**, 1984.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1999.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. . **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- FREITAS, M. W. D.; CUNHA, S. B. **Geossistemas e Gestão Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio São João-RJ**. Anais do 5º Simpósio de Nacional de Geomorfologia e 1º Encontro Sul-Americano de Geomorfologia. **Anais...** Santa Maria: 2004.
- GONZAGA DE CAMPOS, L. F. **Secção geológica**. São Paulo: [s.n.]. 1889.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo. Escala 1:500.000, v. 2, 1981.
- KRETSCH, J. L. **Shuttle radar topography mission overview**. Proceedings - Applied Imagery Pattern Recognition Workshop. **Anais...** Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2000.
- MACIEL FILHO, C. L.; SARTORI, P. L. P. Aspectos Estruturais da Região de São Francisco de Assis, RS. **Ciência e Natura**, v. 1, p. 53–65, 1979.
- MILANI, E. J. Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental e a Evolução Geológica da Bacia do Paraná. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. V. (Eds.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2002. p. 275–302.
- PIRES, J. L. **O planejamento das atividades de mineração para a área conurbada de Florianópolis**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.
- ROBAINA, L. E. DE S. et al. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IBICUÍ, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL: PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 2, p. 11–23, 2010.
- SCHERER, C. M. S.; FACCINI, U. F.; LAVINA, E. Arcabouço Estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. V.; L.V. (Eds.). . **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2002. p. 335–354.
- SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: SCP, 2002.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: Emater/RS, 2008.

SUERTEGARAY, D. M. A. O Rio Grande do Sul descobre seus “desertos”. **Ciência & Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 34–52, 1995.

SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A.; VERDUM, R. **Atlas da arenização**: Sudoeste do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento do Rio Grande do Sul, 2001.

TRENTIN, ROMARIO; SANTOS, LEONARDO JOSÉ CORDEIRO; ROBAINA, L. E. DE S. Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Itu – Oeste do Rio Grande do Sul - Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 1, p. 127–142, 2012.

TRENTIN, R. **Mapeamento geomorfológico e caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Itu - oeste do Rio Grande do Sul - Brasil**. [s.l.] Universidade Federal do Paraná, 2011.

TROPPMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 6. ed. Rio Claro: [s.n.], 2004.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. In: **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. p. 145–192.

WILDNER, W. et al. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul - Escala 1:750000**. Porto Alegre. CPRM, Serviço Geológico do Brasil, 2006.

ZUQUETTE, L. V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração**. [s.l.] Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

Data de submissão: 22.03.2017

Data de aceite: 05.06.2018

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.