

Meio Ambiente, Paisagem e Qualidade Ambiental

## Mapeamento e caracterização geomorfológica da bacia do rio Apuaê-Mirim/RS com base na distinção de patamares a partir das discontinuidades no relevo

Mapping and geomorphological characterization of Apuaê-Mirim river basin based on the distinction of level from the discontinuities in the relief

José Mario Leal Martins Costa<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, RS, Brasil

### RESUMO

O artigo em pauta trata do mapeamento geomorfológico e da caracterização do relevo na bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim, norte do estado do Rio Grande do Sul. O mapeamento foi pautado na identificação das discontinuidades topográficas para a delimitação dos compartimentos do relevo, sendo estes conformados por conjuntos de patamares estruturais resultantes, sobretudo, da dissecação fluvial sobre um embasamento geológico orientado estratigraficamente pelas sucessivas camadas de derrames efusivos da Formação Serra Geral. Sobre os compartimentos, das aqui denominadas Unidades Geomórficas, foram especificadas as morfologias do relevo, associando as classes do relevo com os tipos de formas ocorrentes. A análise geomorfológica foi balizada na perspectiva da relação processo-forma, considerando a oposição entre a atuação das forças exógenas e as resistências das litologias, bem como, o papel condicionante dos alinhamentos de sistemas de falhas no desenvolvimento das formas durante o embutimento da rede hidrográfica. De um modo geral, os procedimentos de mapeamento geomorfológico aqui empregados, bem como o produto deles gerados, apresentaram resultados satisfatórios aos interesses da pesquisa, e podem ser igualmente aproveitados em contextos regionais similares para futuros trabalhos de pesquisas.

**Palavras-chave:** Mapeamento geomorfológico; Descontinuidades topográficas; Bacia do rio Apuaê-Mirim

### ABSTRACT

The article in question deals with the geomorphological mapping and the characterization of the relief in the Apuaê-Mirim river basin, in the north of the State of Rio Grande do Sul. The mapping was based on the identification of topographic discontinuities for the delimitation of the relief compartments, formed

by sets of structural levels resulting, above all, from fluvial dissection on a geological basement stratigraphically oriented by successive layers of effusive flows of the Serra Geral Formation. About the compartments, of the here named Geomorphics Units, the relief morphologies were specified, associating the relief classes with the types of forms that occur. The geomorphological analysis was based on the perspective of the process-form relationship, considering the opposition between the action of exogenous forces and the resistance of the lithologies, as well as the conditioning role of fault system alignments in the development of forms during the embedding of the hydrographic network. In general, the geomorphological mapping procedures employed here, as well as the product generated from them, presented satisfactory results for the research interests, and can also be used in similar regional contexts for future research work.

**Keywords:** Geomorphological mapping; Topographic discontinuities; Apuaê-Mirim river basin

## 1 INTRODUÇÃO

Nos estudos de geomorfologia, são de praxe as etapas relacionadas à identificação, à caracterização, à classificação, e ao delineamento genético das formas do relevo. Estes procedimentos mormente dão-se através de técnicas descritivas e/ou morfométricas, buscando melhor especificar às geometrias das formas e estabelecer padrões de ocorrência em conformidade com a natureza dos processos atuantes (atuais e pretéritas) para o local de análise, sejam de natureza endógena ou exógena. Trata-se de elucidar a origem e a evolução das formas resultantes em função das influências exercidas por fatores geológicos, climáticos e até biológicos.

Em meio aos estudos desta natureza, a escala espaço temporal de análise remete a uma questão metodológica que deve ser observada, uma vez que para diferentes escalas espaciais é possível distinguir agrupamentos de relevo diversos, onde percebe-se mais a influência do estrutural ou do climático, e onde a profundidade do tempo faz-se maior ou menor. Kohler (2001) trata bem deste assunto ao explicar que quanto menor a escala espacial, mais se observa o fator estrutural e a longinquidade do tempo geológico, ao passo que as grandes escalas demonstram maior influência da atuação climática e o tempo mais próximo do recente.

As sucessões dos distintos conjuntos de formas que são verificadas ao longo da variação escalar espaço-temporal, demonstra a ocorrência de formas

compartimentadas em formas dentro de um contexto hierárquico. Como cada conjunto de forma é observável para uma escala espacial, reflete algum nível de influência entre o estrutural e o climático, e remete a uma cronologia na escala temporal (associada à sua gênese), torna-se bastante difícil estabelecer uma metodologia universal de mapeamento geomorfológico.

Sendo um produto frequente dos estudos geomorfológicos, a prática do mapeamento reflete uma influência da escola germânica (e centro-oriental europeia), que ganhou grande aceitação no Brasil por intermédio da geomorfologia francesa (sobretudo pelos trabalhos de Emmanuel de Martonne e Jean Tricart), que balizou grande parte das pesquisas nacionais a partir da década de 1940 (ABREU, 2003; MARQUES, 2003; ROSS, 2007).

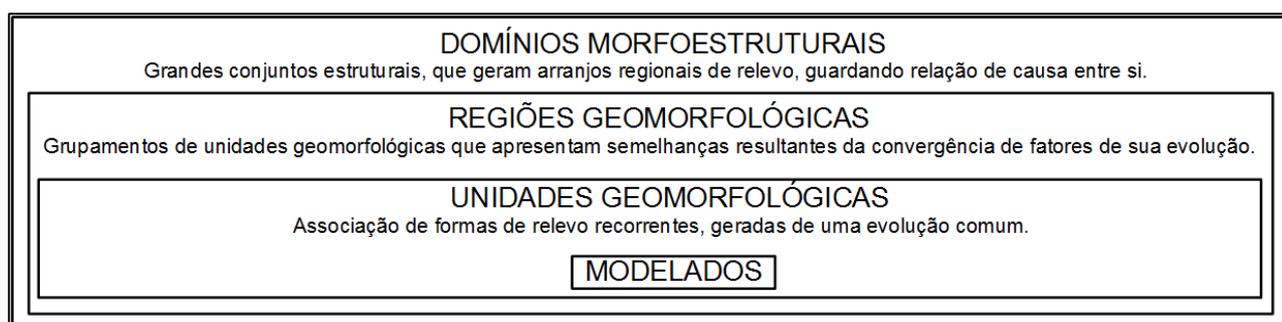
Igualmente derivativo do pensamento geomorfológico alemão (sobretudo dos princípios teóricos de Walter Penck), a geomorfologia soviética também enveredou nos trabalhos de mapeamento ampliando-a consideravelmente, sobretudo após a II Guerra Mundial. Neste processo, teve nas propostas de morfoestrutura e de morfoescultura de J. P. Gerasimov em meados da década de 1940, uma adequada solução para as relações de tratamentos das formas de relevo para as pequenas e médias escalas, donde havia até então grande dificuldade de representação decorrente do frequente impasse na ênfase entre o estrutural e o escultural (CASSETI, 2005; ROSS, 2007; VITTE, 2008).

No Brasil, conforme descreve Barbosa *et al.* (1984), acumulou-se uma pequena experiência sobre mapeamento geomorfológico até o ano de 1968, cabendo a Aziz N. Ab'Saber e a Amélia A. N. Moreira praticamente lançarem as suas bases e princípios no país, nas respectivas obras "Problemas do mapeamento geomorfológico no Brasil" e "Cartas geomorfológicas", publicadas em 1969. Estas últimas balizaram a metodologia de classificação e de mapeamento geomorfológico nos trabalhos do Projeto RADAMBRASIL, responsável pelo mapeamento sistemático dos recursos naturais de todo o território nacional no período de 1976 a 1985, sendo fruto da expansão dos trabalhos iniciados em 1972

com o Projeto RADAM para a Amazônia e parte do Centro Oeste brasileiros (BARBOSA *et al.*, 1984; DEL'ARCO e NATALI FILHO, 1984; VITTE, 2008).

Embora o mapeamento geomorfológico procedido pelo Projeto RADAMBRASIL não tenha se pautado nos postulados de Gerasimov – esta linha de atuação no Brasil praticamente inexistia até o trabalho de A. A. Abreu, em 1982, na região de Diamantina/MG (ROSS, 2007) – ele considerou as influências do estrutural e do climático em sua metodologia, remetendo a definição das províncias estruturais e dos domínios morfoclimáticos discutidas por Ab'Saber (1967; 1970). Estas bases conceituais foram mantidas em todos os esquemas metodológicos produzidos, tornando-se nitidamente mais expressivas na sua quarta fase, quando, de acordo com Barbosa *et al.* (1984), o início dos trabalhos de mapeamento nas regiões sul e sudeste brasileiros revelaram a necessidade de ordenar os fatos geomorfológicos em uma taxonomia que os hierarquizasse (Figura 1).

Figura 1 – Sistematização dos Táxons de mapeamento geomorfológico do Projeto RADAMBRASIL



Fonte: Adaptado de IBGE, 1994

Entretanto, deve-se conceber que a importância do fator estrutural não se resume apenas aos grandes domínios geológicos, sobre os quais as formas são modeladas sob a regência dos elementos climáticos, e cujo mapeamento remete ao macorelevo, referente às morfoestruturas e às morfoesculturas observáveis em pequena escala. Mas remete também à influência dos aspectos litotectônicos, seja pelo fator de resistência conferido pelas distintas litologias no jogo de forças

com os processos exogenéticos, seja pelo delineamento dos sistemas de falhas e dos demais efeitos de natureza diastróficas, que orientam os trabalhos de modelagem erosiva, responsáveis pela elaboração das formas observáveis em médias e grandes escalas.

Conforme Marques (2003), as formas de relevo resultantes do binômio “ações exógenas/materiais da superfície terrestre” refletem os níveis de resistência destes materiais, os quais denotam os condicionantes que podem orientar os processos e estabelecer os controles definidores das características das formas. Deste modo, “[...] o estudo do material com o qual está sendo modelado o relevo não pode ser omitido, porque a composição e a estrutura do conteúdo da forma estarão, de maneira ativa ou passiva, participando do desenvolvimento do processo” (MARQUES, 2003, p. 26).

Esta concepção foi retratada nos trabalhos pioneiros de Grove Karl Gilbert durante a segunda metade do século XIX, os quais conduziram frente para a elaboração da Teoria do Equilíbrio Dinâmico emergente a partir dos anos 1950/60 (CHRISTOFOLETTI, 1980; MARQUES, 2003). Este mesmo princípio foi aqui concebido para a caracterização geomorfológica da área estudada, procedendo-se a análise interpretativa dos fatos apoiada na perspectiva da relação processo / forma.

Ross (2007) coloca que, a realização de um mapeamento geomorfológico depende dos objetivos do que se quer mapear. Além destes, conforme o autor, é preciso ainda clareza sobre a metodologia e a escala de representação.

No trabalho ora desenvolvido, fruto da pesquisa de doutoramento no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tomou-se por objetivo o mapeamento e a caracterização geomorfológica da bacia do rio Apuaê-Mirim, no norte do estado do Rio Grande do Sul, com vistas à identificação dos agrupamentos de formas do relevo compartimentados nas sequências de patamares escalonados observados regionalmente entre os cimos planálticos e os ambientes de dissecação fluvial regidos pelo nível de base do rio Uruguai.

A caracterização dos tipos de relevos formados na área de estudo, com vistas à explicação genética dos tipos de vales e dos modelados consolidados ao fundo destes, tomou por referência: os acamamentos litoestratigráficos subhorizontalizados dos sucessivos derrames efusivos da Formação Serra Geral; e, as diferenças nas resistências litológicas perante a atuação dos processos intempéricos e erosivos. Para esta última, tem-se considerável foco na atuação exercida pela instalação da rede fluvial, a qual seguiu orientada estruturalmente por um intrincado sistema de falhas regional. Assim, desta integralidade de processos, resultaram os conjuntos de morfologias dispostos em patamares.

Durante a pesquisa de doutorado, esta etapa foi crucialmente importante, na medida em que permitiu estabelecer a influência do relevo no condicionamento de ambientes fluviais de fundo de vale na área de estudo.

O trabalho de mapeamento geomorfológico foi efetuado empregando escalas médias para grandes, articuladamente (1:160.000 a maiores), de forma que fosse possível abarcar toda a extensão da bacia do rio Apuaê-Mirim, visualizar os conjuntos de patamares que constituem as Unidades Geomórficas (incluindo os seus limitantes topográficos), e distinguir com nitidez os conjuntos de formas de relevo ocorrentes em cada qual (denunciadas pelos níveis das rugosidades das superfícies), especificadas pelas classes de relevo utilizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979).

O termo Unidades Geomórficas aqui adotado, provém do equivalente em língua inglesa (*Geomorphics Units*), frequentemente utilizado nas obras da literatura estrangeira para os estudos em geomorfologia. O intuito foi o de diferenciar a classificação das unidades de relevo empregado na pesquisa, daquela referente às “Unidades Geomorfológicas” que constitui um táxon do sistema hierarquizado de classificação proveniente do Projeto RADAMBRASIL, e adotado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Até porque o estabelecimento das Unidades Geomórficas toma por referência táxons anteriores do IBGE (até o terceiro táxon – as “Unidades Geomorfológicas”), considerando as

influências exercidas na consolidação das morfologias do relevo por fatores estruturais e climáticos.

O diferencial é que, as Unidades Geomórficas passariam a delimitar as características de relevos decorrentes de sucessivas superfícies horizontalizadas delineadas por aspectos litoestratigráficos trabalhadas pelas forças exógenas, principalmente pelos processos de entalhamento da rede hidrográfica e de evolução das vertentes.

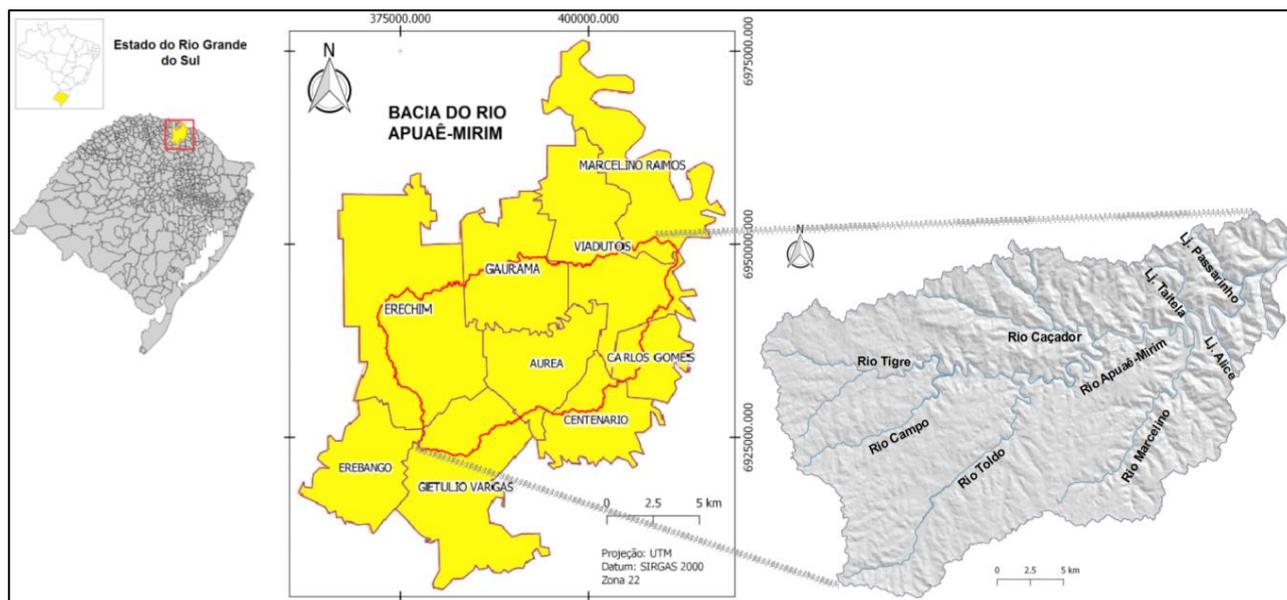
Para a definição das referidas Unidades Geomórficas, visando a diferenciação e a identificação das sucessivas superfícies de extensões mais expressivas, bem como o agrupamento dos sistemas de patamares ocorrentes nos mesmos conjuntos de intervalos altimétricos, foi adotada a perspectiva da Savigear (1965), acusando pontos de descontinuidades do relevo, dados por rupturas ou mudanças nos declives. Neste contexto, compreende-se como “rupturas”, as junções nítidas entre duas unidades morfológicas de declividade diferente, ao passo que as “mudanças” correspondem às junções graduais que ocupam uma faixa da superfície.

O mapa geomorfológico resultante serviu de base para a análise do relevo da bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim, tomando por referência os atributos das Unidades Geomórficas definidas, permitindo a caracterização descritiva das mesmas, envolvendo os indicativos morfológicos associados aos seus respectivos processos morfogenéticos.

## **2 A ÁREA DE ESTUDO: ASPECTOS GEOLÓGICOS GEOMORFOLÓGICOS**

A bacia do rio Apuaê-Mirim encontra-se na região norte do estado do Rio Grande do Sul, e drena extensões de áreas dos municípios de Erechim, Getúlio Vargas, Gaurama, Viadutos e Áurea (Figura 02). O rio Apuaê-Mirim surge da confluência dos rios Toldo e Tigre, e constitui um afluente do rio Apuaê que, por sua vez, é um contribuinte do rio Uruguai.

Figura 2 – Localização da bacia do rio Apuaê-Mirim



Fonte: Adaptado de Costa, 2020

As litologias regionais reportam aos eventos de sucessivos derrames efusivos Juro-Cretáceos que originaram à Formação Serra Geral, predominando na área de estudo as rochas efusivas básicas (do tipo basálticas), com segmentos de cobertura de derrames ácidos, havendo distinções nos litotipos devido às diferenças na mineralogia e no processo de consolidação, influenciando na composição e na estrutura de cada qual.

O magmatismo ocorreu no intervalo entre 137 e 127 milhões de anos (conforme datações pelo método Ar-Ar), com uma duração de 10 milhões de anos, situando-se as rochas mais antigas (tipos Pitanga e Paranapanema) a noroeste da Bacia do Paraná, e as mais jovens (tipos Gramado e Esmeralda) a sudeste (JUCHEM, 1999).

As espessuras dos derrames efusivos variam ao longo da Formação Serra Geral, alcançando mais de 1000 metros na borda oriental, nos limites entre os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, diminuindo para oeste, norte e sul, atingindo valores um pouco maiores que 100 metros no norte do estado de São Paulo e no extremo sul da fronteira do Rio Grande do Sul com o Uruguai (LEINZ, 1949; ALMEIDA, 1956).

No que tange às litologias da região que abarca a área de estudo, com base no mapeamento geológico do estado do Rio Grande do Sul produzido na escala 1:750.000 pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (2008), tem-se na Formação Serra Geral (integrada ao Grupo São Bento, situado na Província Paraná), a ocorrência das Fácies Paranapanema (de +/- 136,2 Milhões de anos) e Chapecó (de +/- 132,1 Milhões de anos), ambos do Cretáceo, cujas características são descritas no Quadro 01 e extensões de ocorrência apresentadas no mapa da Figura 03.

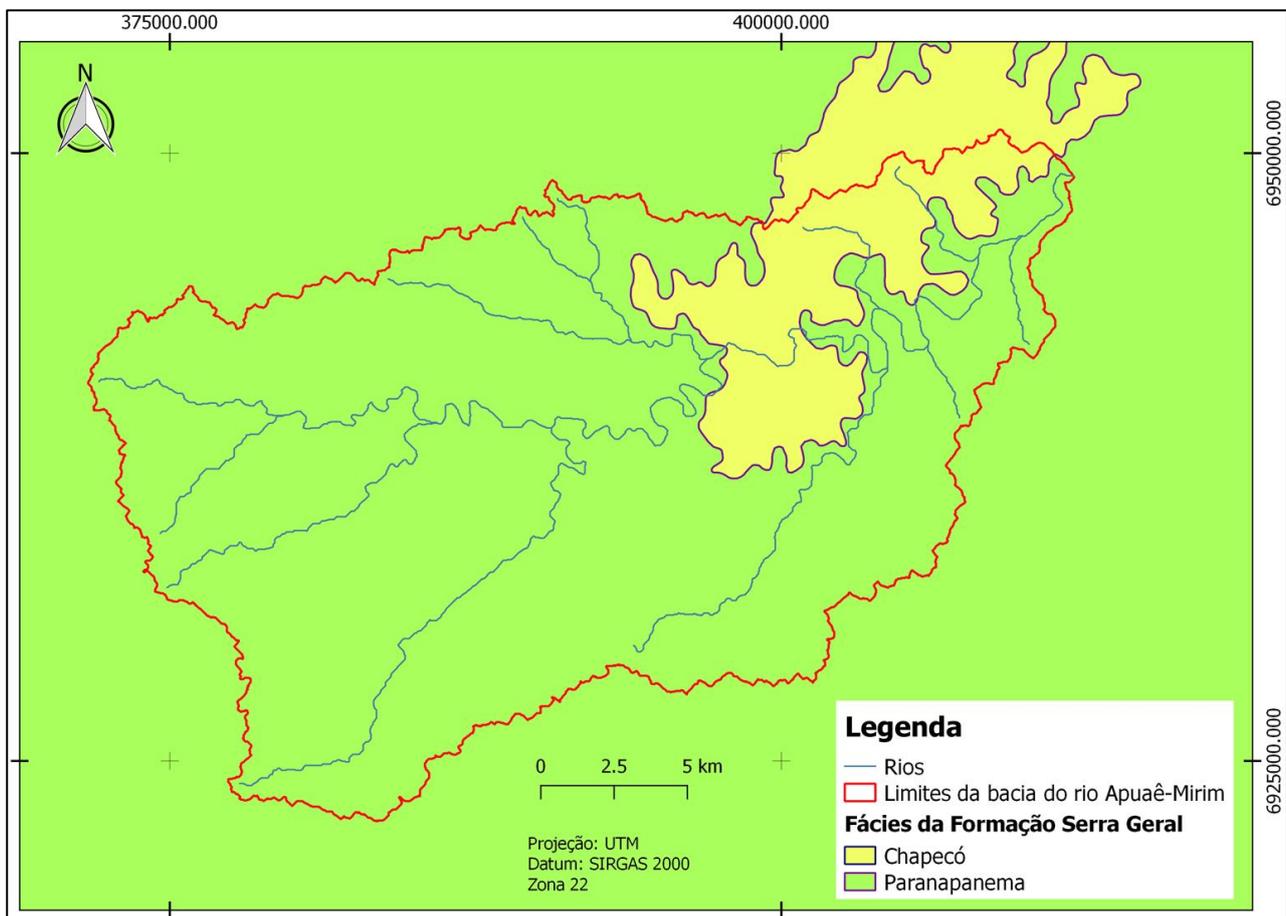
Quadro 1 – Caracterização geológica da Formação Serra Geral e das Fácies que ocorrem na área de estudo com base no Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, na escala 1:750.000

<p><b>Formação Serra Geral</b> – derrames de basalto andesitos, riocacitos e riolito, de filiação toleítica, onde intercalam-se arenitos intertrápicos Botucatu na base e litarenitos e sedimentos vulcanogênicos da porção mediana ao topo da sequência.</p>	<p><b>FÁCIE Paranapanema (K1βpr)</b> – derrames basálticos granulares finos, melanocráticos, contendo horizontes vesiculares espessos preenchidos por quartzo (ametista), zeolitas, carbonatos, seladonita, Cu nativo e barita, compreende a maior concentração das jazidas de ametista do estado.</p>
	<p><b>FÁCIE Chapecó (k1ach)</b> – derrames ácidos variando entre riocacitos a riolitos, matriz vitrofírica contendo pórfiros.</p>

Fonte: CPRM, 2008

Na área de estudo especificamente, pode-se aferir características litoloestratigráficas aproximadas, a partir das informações sobre os poços perfurados localmente, contidas na base de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico do Brasil (2019). Não há, porém, a possibilidade em se precisar um perfil estratigráfico geral a partir de tais informações, visto que para cada registro de poço, tem-se distinções descritivas que em sua maioria é pobre em detalhes e bastante incompleta.

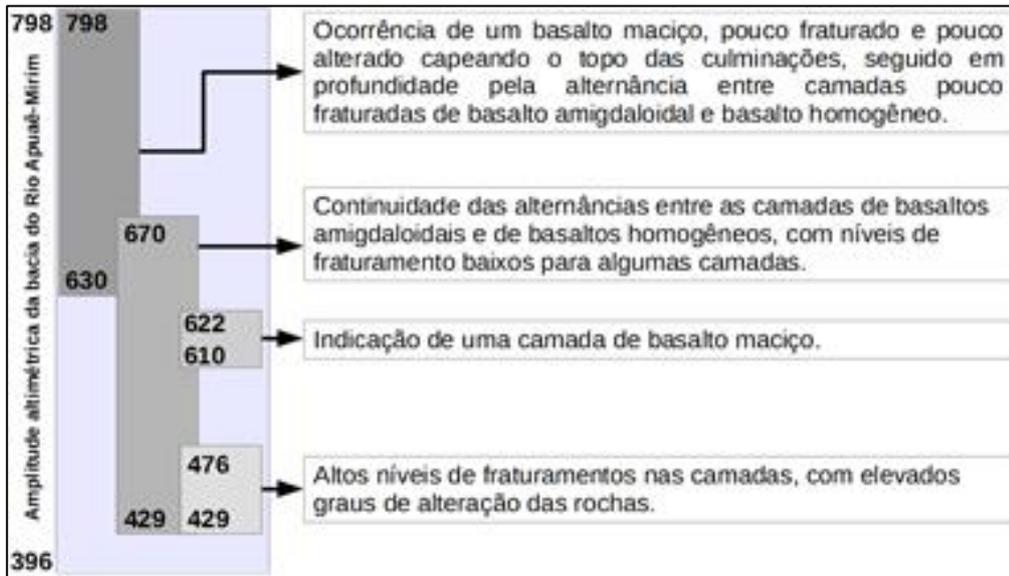
Figura 3 – Recorte da área de estudo em Mapa Geológico a partir de levantamento realizado na escala 1:750.000, apresentando as Fácies da Formação Serra Geral que abarcam a bacia do rio Apuaê-Mirim



Fonte: CPRM, 2008

Entretanto, uma análise generalista apoiada na sistematização das informações ofertadas permite o delineamento de aspectos característico entre as cotas altimétricas de 798 m até 396 m, que corresponde a um intervalo aproximado da amplitude altimétrica da bacia do Apuaê-Mirim (Quadro 02). Deste modo, a litologia descrita é do tipo basalto, sendo comum a alternância entre aqueles de coloração cinza (que pode variar entre tonalidades esverdeadas, avermelhadas ou escuras), e marrom (com variações para tons escuros).

Quadro 2 – Características litoestratigráficas estimadas para a área de estudo com base na sistematização de informações sobre poços perfurados contidas no SIAGAS



Fonte: Adaptado de Costa, 2020

Pela natureza das informações disponíveis, não é possível estabelecer as delimitações entre os derrames basálticos, e, por conseguinte, do número de derrames existentes. Porém, as descrições litológicas de alguns poços permitem verificar disposições características na consolidação dos derrames, tal como as indicadas por Hartmann (2014), como a ocorrência de níveis basais amigdaloidais, seguidos por um núcleo homogêneo, e topos amigdaloidais, podendo dar-se camadas de brechas que marcariam o contato entre os derrames, aproximando-se das observações de Gomes (1996 *apud* JUCHEM, 1999) para a região de Frederico Westphalen/RS, cujos derrames, assim como as da área de estudo, também integram a Fácies Paranapanema indicada por CPRM (2008).

No tocante a geomorfologia, Suertegaray (1996) descreve a morfogênese no âmbito estadual (Rio Grande do Sul), explicando que até a fase anterior a formação do deserto Botucatu (Período Triássico), a paleogeografia estadual era constituído de uma massa antiga de terrenos cristalinos (Pré-cambrianos) referente ao Escudo Sul-Riograndense, articulada a uma vasta área de planície composta pelos sedimentos gondwânicos da Bacia do Paraná. Ao final da Era Mesozóica ocorrem derrames de lava fissurais que passaram a encobrir o deserto Botucatu. Por meio da fragmentação Gondwânica e abertura do Oceano Atlântico, se iniciaram os

processos diastróficos responsáveis pelas reativações de zonas de falhas e por uma série de alinhamentos, com soerguimentos, basculamentos e abatimentos de blocos dos derrames basálticos. Tais processos promoveram a reordenação da drenagem, com o desenvolvimento do processo erosivo que permitiu a formação inicial da Depressão Periférica, bem como a erosão e o recuo das escarpas do Planalto Basáltico, assim como o aporte de material que, em parte, constituiria no Cenozóico a atual Planície Litorânea.

Para a área de estudo, a classificação geomorfológica derivada dos levantamentos efetuados pelo Projeto RADAMBRASIL para o estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 1986), focada no recorte espacial da bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim, está sumarizada no Quadro 03, e está mapeada de acordo com a Figura 04.

#### Quadro 3 – Classificação geomorfológica para a área de estudo de acordo com o RADAMBRASIL

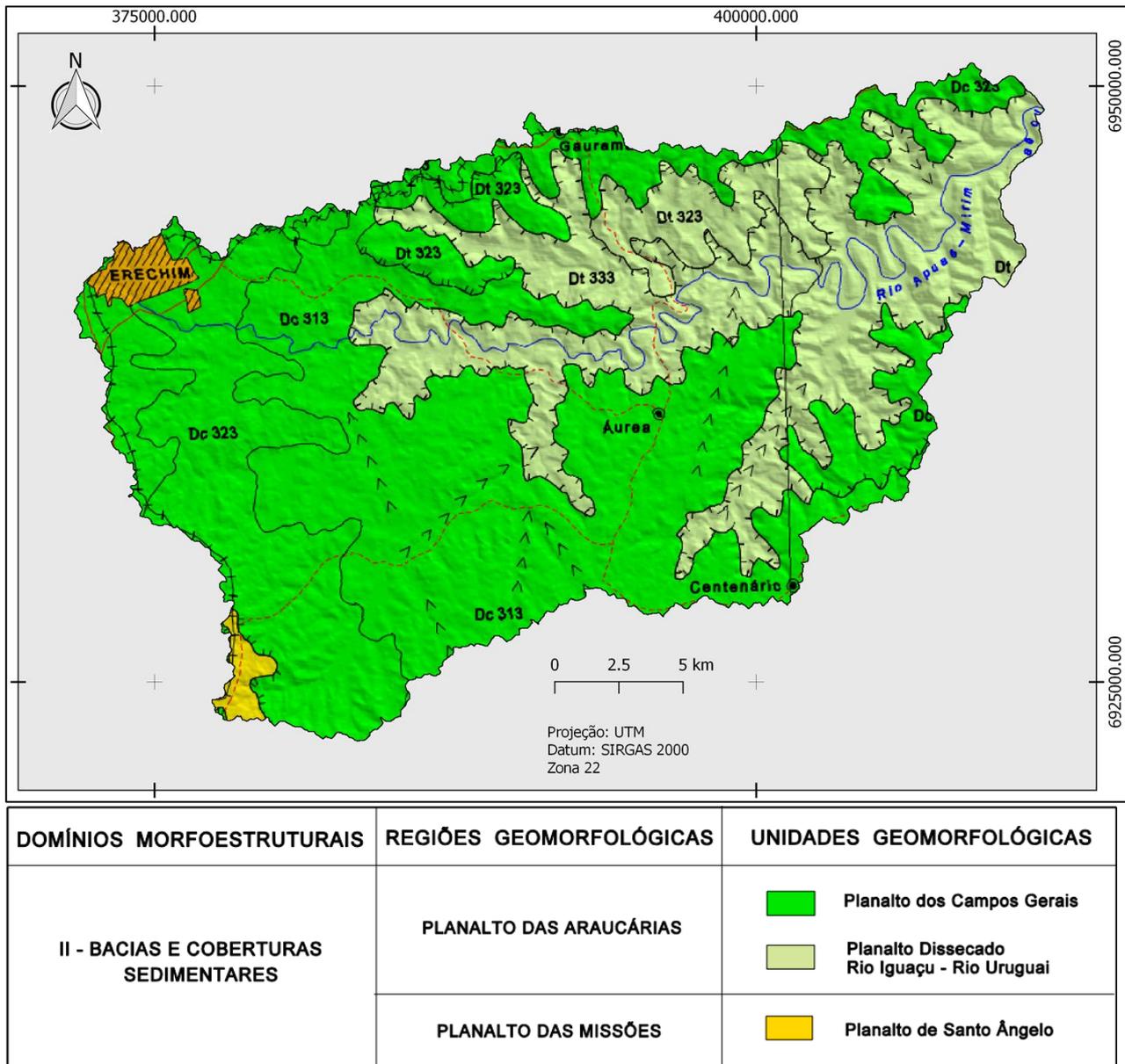
Domínio Morfoestrutural:	Bacias e Coberturas Sedimentares
Região Geomorfológica:	Planalto das Araucárias
Unidades Geomorfológicas:	Planalto Dissecado Rio Iguaçu-Uruguaí Planalto dos Campos Gerais.
Tipos de Modelados:	Modelado de Dissecação (Estrutural ou Diferencial).

Fonte: IBGE, 1986

Conforme IBGE (1986), o Planalto dos Campos Gerais caracteriza-se: a) a oeste por um relevo relativamente plano e conservado, representado por superfícies de aplanamento desnudadas, retocadas e degradadas, muitas vezes indicando estágios de degradação separadas por ressaltos topográficos (ou escarpados) de modelados dos sistemas morfogenéticos subsequentes. Os tipos de relevos apresentam-se em uma sucessão de colinas de topos planos (geralmente), com rupturas de declive nas encostas, que se encontram isoladas entre si por amplos vales de fundo chato; b) ao leste, as formas de relevo são caracterizadas pela dissecação diferencial, com profundos entalhamentos fluviais embutidos em linhas estruturais, ocorrendo em alguns trechos, formas de relevo

que conservam remanescentes da antiga superfície de aplanamento retocada pela ação erosiva, em meio a relevos dissecados, sendo observadas rupturas de declive no contato entre ambos.

Figura 4 – Mapa geomorfológico segundo a classificação do IBGE (1986), com recorte relativo à área de estudo



Fonte: IBGE, 2003b

Ao seu turno, o Planalto Dissecado Rio Iguaçu - Rio Uruguai, desenvolveu-se em rochas efusivas básicas continentais toleíticas (comumente basaltos e fenobasaltos), sendo referente a manchas de maior energia do relevo, onde se

processaram dissecações mais intensas. Pela proximidade, a área de estudo está mais relacionada ao tipo de dissecação descrita para o rio Pelotas, onde se registra uma área de maior dissecação do relevo, incrustada em meio às formas mais conservadas da Unidade Geomorfológica do Planalto dos Campos Gerais, e onde a rede hidrográfica evidencia um forte controle estrutural exercido pelas linhas de diaclasamento. Decorrente das formas sinuosas delineadas pelos vales, reflexo da concordância da drenagem com a estrutura, resultam relevos de modelado predominantemente de dissecação diferencial, que se apresentam em forma de colinas alongadas (de topos planos por vezes), com desníveis acentuados para os vales dos rios. Por vezes, o vale é profundo, apresentando vertentes de encostas íngremes com patamares estruturais.

De acordo com IBGE (1994), os modelados de dissecação do tipo estrutural ou diferencial são marcados pelo controle estrutural, indicando apenas o aprofundamento da drenagem, já que o padrão de drenagem e a sua densidade são controlados pela tectônica e pela litologia. Disto, convém lembrar que grande parte da rede fluvial é regida por estruturas geológicas, seja por lineamentos de ordem estrutural (falhas e/ou fraturas), ou pela presença de rochas que apresentam maior ou menor resistências à incisão pela linha de talvegue (SUGUIO e BIGARELLA, 1979 *apud* CURCIO *et al.*, 2006).

No entendimento de Thomaz (2008), as camadas efusivas da Serra Geral cederam lugar às plataformas estruturais que regulam a progressão da erosão, de modo que pode ser dado um grande nível de importância à influência da estrutura geológica sobre a ação erosiva dos leitos fluviais.

Por sua vez, Corrêa (2004) expõe que após os derrames de lava na região houve muita influência climática a partir das variações glaciais e interglaciais. Diante disto, os processos pedogenéticos nas encostas também sofreram muita influência destas oscilações climáticas durante todo o Quaternário, condicionando maior atuação do intemperismo físico nas épocas de maior seca, e a maior

predominância do intemperismo químico nas épocas úmidas (com o carreamento de sedimentos e de fragmentos de rochas em diferentes tamanhos “vale abaixo”).

### **3 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E OPERACIONAIS**

Para os trabalhos de mapeamentos da área de estudo foram empregados os *softwares* Quantum GIS, versão 2.18.7, e SAGA GIS 2.3.1. Como base para a geração de dados de altimetria, de hidrografia e de declividade, foi utilizada uma imagem SRTM – Modelo Digital de Elevação do Projeto TOPODATA, com resolução de 30 metros, obtido no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Esta imagem foi reprojeta para o Sistema de Coordenadas UTM (*Universal Transversa Mercator*), *datum* SIRGAS 2000, zona 22S, e convertida para o formato 16 bits (para evitar os pontos flutuantes dos arquivos de 32 bits). Posteriormente, a imagem TOPODATA foi corrigida hidrologicamente com o uso do algoritmo “*Fill sinks* (Wang & Liu)” do *software* SAGA GIS 2.3.1. A rede de drenagem e a delimitação da bacia foram obtidos através desta imagem corrigida com o uso do algoritmo “*Channel network and drainage basins*” também do *software* SAGA GIS.

Arquivos vetoriais, no formato *shapefile*, referentes aos limites municipais do estado do Rio Grande do Sul (segundo a base de dados do IBGE), e ao mapeamento geológico do estado do Rio Grande do Sul (na escala 1:750.000), foram obtidos nos sites da Fundação Estadual de Proteção Ambiental, Henrique Luiz Roessler / RS (FEPAM) e da CPRM, respectivamente.

A classificação geomorfológica adotada para o mapeamento da bacia, foi baseada na combinação de dados hipsométricos e de declividade para a identificação das discontinuidades topográficas e dos compartimentos do relevo. Mediante a visualização da combinação referida no Quantum GIS, foram traçados alguns perfis seccionais sobre a bacia hidrográfica (com o *plugin* “*Profile Tool*”), delineados em forma de rede (dando-se ao longo dos alinhamentos interfluviais)

nos sentidos longitudinais e transversais, para a identificação e o registro das descontinuidades.

Os perfis longitudinais interfluviais e os perfis transversais da bacia foram analisados em seus conjuntos, sendo registrados e tabelados os pontos de descontinuidades topográficas observados nos mesmos. Os tipos de descontinuidades foram definidos com base em Savigear (1965 *apud* COLTRINARI, 2011), que distingue as rupturas e as mudanças de declividade que limitam as unidades morfológicas.

Os procedimentos de análise dos perfis permitiram constatar diferentes níveis topográficos constituídos por rupturas e mudanças nas declividades, com a ocorrência de patamares de extensões variáveis para cada perfil individualizado de cada grupo (longitudinal e transversal). Os valores de descontinuidades e continuidades (patamares) topográficas dos perfis, foram comparados (inicialmente dentro de cada grupo, e posteriormente entre estes), visando identificar contrastes e similaridades entre os níveis identificados, e assim definir a melhor representatividade para a compartimentação do relevo, sendo estabelecido, inicialmente, 13 níveis topográficos. Para facilitar os procedimentos para o estudo, os compartimentos que apresentaram correspondência morfogenética ou alguma associação geomorfológica direta foram agrupados, passando a constituir 07 compartimentações, que constituem as Unidades Geomórficas adotadas para o estudo.

Posteriormente, procedeu-se a associação das características litológicas com as Unidades Geomórficas definidas, visando identificar as influências exercidas pela geologia local sobre estas, bem como a conferência de propriedades peculiares que expliquem ou atribuam particularidades específicas àquelas unidades.

Neste aspecto, foram extraídas informações litoestratigráficas dos relatórios hidrogeológicos associados às perfurações de poços na área de estudo, e disponíveis no Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço

Geológico do Brasil (2019). Para tanto, foram consultadas e sistematizadas as informações de 10 poços distribuídos na área de estudo (Tabela 01).

Tabela 1 – Informações dos pontos consultados no SIAGAS em torno da estratigrafia local

Poço (Nº SIAGAS)	Localização	Responsável	Cota do terreno	Produtividade (m)	Coordenadas	
					X (E)	Y (N)
4300001699	Áurea/RS	CORSAN	590	161,8	395750	6935625
4300002624	Erechim/RS	CORSAN	677	60	377909	6937954
4300002625	Erechim/RS	CORSAN	798	153	375559	6944243
4300002626	Erechim/RS	Ervateira Ouro Verde	670	150	377481	6938102
4300013324	Áurea/RS	P.M. de Erechim	480	468	395156	6939857
4300014953	Erechim/RS	P.M. de Erechim	610	96	384251	6938188
4300015167	Erechim/RS	CORSAN	778	280	372985	6940045
4300015170	Erechim/RS	CORSAN	722	200	377772	6943920
4300015171	Erechim/RS	CORSAN	702	250	375551	6939611
4300015175	Erechim/RS	CORSAN	792	162	374950	6942249

Fonte: SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2019

As referidas Unidades Geomórficas apresentam correspondência, tanto descritivas como morfogênicas, com as Unidades Geomorfológicas da classificação do RADAMBRASIL (IBGE, 1986), equivalentes ao Planalto dos Campos Gerais e ao Planalto Dissecado Rio Iguaçu – Rio Uruguai, principalmente porque constituem conjuntos de patamares compartimentados dentro destes. Portanto, na classificação adotada, foi efetuada a associação entre as características geomorfológicas das Unidades Geomórficas delineadas, com as Unidades Geomorfológicas do RADAMBRASIL.

Após a definição dos compartimentos, buscou-se identificar e descrever as morfologias ocorrentes sobre cada qual, fazendo menção aos processos morfogenéticos responsáveis pelas mesmas. A caracterização das morfologias que compõem cada compartimento delineado (aqui denominados de Unidades

Geomórficas), foi balizado em Florenzano (2008), que estabelece uma associação entre as formas de relevo e as classes de relevo definidas pela EMBRAPA (1979), conforme apresentado no Quadro 04.

Quadro 4 – Relação entre as classes e as formas de relevo

Classes de relevo	Formas associadas	Características dos interflúvios	
		Topos	Vertentes
Plano	Planícies, terraços, tabuleiros, chapadas.	Planos	Tecnicamente inexistentes, quase não se pronunciando qualquer elevação, de modo que a declividade do vale, transversalmente, é o da própria planície, sendo inferior a 3%.
Suave Ondulado	Colinas.	Arredondados e/ou planos.	Interflúvios muito baixos; formas planas a convexas, de declividade entre 3 a 8%.
Ondulado	Morros e morrotes.	Arredondados.	Interflúvios médios; formas convexas, de declividade entre 8 e 20%.
Forte Ondulado	Morros e serras.	Arredondados e/ou angulosos.	Interflúvios altos; formas convexas a côncavas, de declividade entre 20 e 45%.
Montanhoso e Escarpado	Montanhas, serras e escarpas.	Angulosos.	Interflúvios muito altos; formas côncavas, de declividade superior a 45%

Fonte: Adaptado de Florenzano, 2008

Complementar ao mapeamento por identificação dos patamares, segundo descontinuidades topográficas, foi adotado também o procedimento de mapeamento de declividades para toda a extensão da bacia hidrográfica, utilizando intervalos de classes, segundo EMBRAPA (1979). Neste mapeamento foram destacados os intervalos essenciais à definição de dois conjuntos de modelados: os das planícies, identificados por terrenos planos de declividade inferior a 3%; e, os das rampas em declividade superior a 20%.

A inclusão destes últimos aspectos ao mapeamento remete à agregação do fator declividade combinadamente às indicações de descontinuidades topográficas, e conferem uma melhor compreensão do relevo da área de estudo, associando as conformações em superfícies e patamares, sob a influência

litoestrutural, com os conjuntos de modelados que refletem a atuação dos agentes exógenos, expressa nos processos erosivo-deposicionais.

Por este, meio são representadas as áreas planas de fundo de vale (com declividade inferior a 3%), que indicam trechos de planícies e de pequenas acumulações aluviais, e as rampas com declividades superiores a 20%, que destacam em muitos alinhamentos as discontinuidades topográficas que limitam as Unidades Geomórficas (principalmente as bordas das frentes de dissecação entre os planaltos “dos Campos Gerais” e “Dissecados dos Rios Iguaçu-Uruguaí”), e que também associam as feições relativas aos processos denudacionais, aos depósitos coluviais, e aos afloramentos de rochas. Estas rampas constituem em muitas extensões de área os complexos de rampa de colúvio descritos por Moura e Silva (2006, p. 160), sendo entendidas como “feições deposicionais inclinadas, associadas à coalescência de depósitos coluviais que se desenvolvem em direção às reentrâncias (*hollows*) e fundos de vale”.

## 4 RESULTADOS

A bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim apresenta uma extensão de área de 679,85 Km<sup>2</sup>, constituindo uma rede de drenagem cuja hierarquia fluvial indica um rio de 6<sup>a</sup> ordem para o tronco principal (conforme a classificação de Strahler). O comprimento do rio principal (maior extensão), dado pela sucessão dos rios Tigre e Apuaê-Mirim, é de 77,98 Km.

O perfil longitudinal apresentado pelo rio principal, indica o formato clássico côncavo, indicado por Guglielmi (CHRISTOFOLETTI, 1980) para rios em equilíbrio, entretanto, também demonstram características similares ao descrito por Lima (2012), apresentando segmentos côncavos diferenciados no perfil em decorrência dos diferenciais erosivos para distintas litologias. Este mesmo fator estrutural explica o padrão de leitos em ressaltos verificados ao longo da extensão dos perfis de todos os rios da bacia hidrográfica, particularmente do tronco principal.

Os segmentos de rio da bacia do rio Apuaê-Mirim apresentam-se orientados por forte controle estrutural, reflexos da influência geológica da Formação Serra Geral sobre a rede de drenagem. IBGE (1986) expõe que, a drenagem regional instalou-se inicialmente sobre uma superfície plana, sem desníveis acentuados, mas obedecendo em sua instalação às feições tectônicas e litológicas, que exerceram as suas influências a partir da diferença de resistência das rochas, ou pela presença de feições estruturais (como lineações e fraturas) que facilitaram o aprofundamento linear.

Devido à ocorrência dos derrames efusivos que compõem a Formação Serra Geral, com orientação sub horizontalizada, toda a região apresenta os conjuntos de formas superficiais estruturadas por patamares que se estabelecem pelo processo de erosão diferencial, seja pelas distintas resistências ofertadas pelas litologias (considerando as suas estruturas internas e sistemas de diaclasamento), seja pela orientação estrutural da geologia local, dada mais especificamente pelas linhas de falha.

Assim, os alinhamentos estruturais conduzidos pelos sistemas de falhas dão as orientações à rede hidrográfica e ao delineamento dos vales, e tiveram um importante papel na morfogênese da bacia do Apuaê-Mirim. Através destas redes de lineações (de falhas), houve o encaixamento da drenagem durante as fases de dissecação (nos períodos climáticos úmidos), que, alternadas com fases de degradação lateral, propiciaram o aparecimento de patamares escalonados (IBGE, 1986).

Guerra e Paisani (2010) verificaram no sudoeste do estado do Paraná uma baixa influência das estruturas litológicas dos derrames vulcânicos da Formação Serra Geral no estabelecimento dos patamares tipicamente observados nos vales da região. Entretanto, compreende-se na área de estudo (na bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim), que as sucessões de patamares principais identificados parecem seguir uma associação entre as características das litologias quanto às suas resistências à erosão e ao grau de entalhamento/dissecação.

Desta forma, conforme as informações contidas no SIAGAS (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2019), tem-se a ocorrência de uma camada de basalto maciço e pouco fraturado, com cerca de 40 metros de espessura, nas proximidades da cota altimétrica de 798 m, capeando as culminações da área de estudo. No intervalo entre a base desta última camada e aquelas que encimam a cota altimétrica de 640 m, ocorrem grandes pacotes de basaltos homogêneos (intercaladas por algumas camadas de basalto amigdaloidal), pouco fraturados e pouco alterados, sendo observado, no contexto geomorfológico, extensos alinhamentos interfluviais em patamares e amplas superfícies aplanadas, com pequena incisão da rede hidrográfica.

À base daquelas formações, abrangendo as entre cotas altimétricas de 640 m e de 610 m, a ocorrência de um patamar intermediário, relativamente plano e pouco incisivo, denuncia a presença de uma litologia mais resistente, onde, a julgar pelas extensas áreas constituídas por planícies delgadas e alongadas, com grandes trechos de banhados, parece também constituir um substrato pouco diaclasado, com baixa taxa de transmissividade hidrológica. Neste aspecto, há a indicação de uma camada de basalto maciço com cerca de 12 metros de espessura, situado entre as cotas de 622 m e de 610, que corrobora com os resultados do mapeamento geomórfico, e com as propriedades hidrogeomorfológicas / hidrogeológicas observadas neste nível.

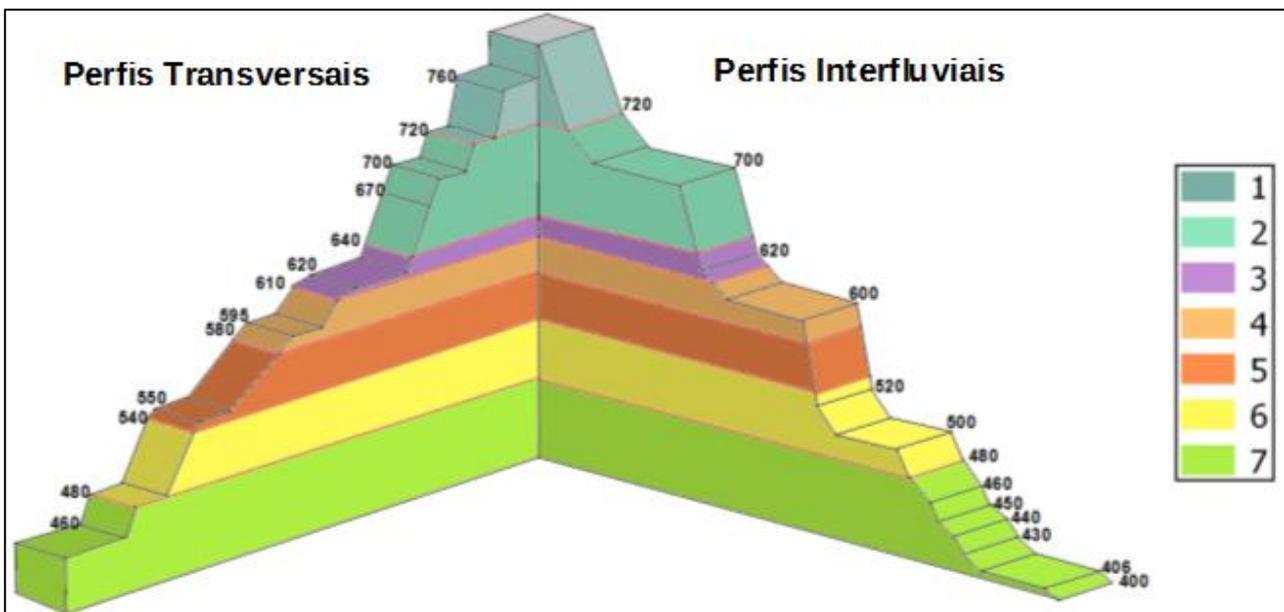
A partir da cota altimétrica de 595 m, aproximadamente, verifica-se uma dissecação mais intensa da rede de drenagem, constituindo vales mais profundos e encaixados, onde se constata, com base nas informações dos poços registrados no SIAGAS (2019), uma maior ocorrência das litologias de basaltos vesiculares em associação a um sistema de diaclasamento nas sucessões de camadas, que passa paulatinamente de pouco fraturadas a muito fraturadas.

Em um contexto mais amplo, entretanto, referente ao aspecto comparativo entre as litoestruturas e as conformações geomorfológicas regionalmente, há concordância com Guerra e Paisani (2010), de que não há uma correlação direta

entre as cotas altimétricas relativas aos limites de derrames e às rupturas de declive que delimitam os patamares. Portanto, as observações da influência estrutural sobre grandes conjuntos de patamares, ou sobre cada qual destes em particular, não coincidem necessariamente com os valores de cotas altimétricas identificadas pelas rupturas de declives na área de estudo.

Por esta característica das formas da área de estudo se apresentarem em patamares, seja sob influência estrutural ou pela associação desta com a atuação de agentes exógenos na evolução do relevo, é que foi adotado o método de mapeamento geomorfológico a partir da identificação das discontinuidades topográficas, de acordo com Savigear (1965). A partir da execução dos procedimentos balizados nas indicações deste autor, foram identificadas as discontinuidades apresentadas na Figura 05, que resultaram na identificação das Unidades Geomórficas na bacia hidrográfica.

Figura 5 – Croqui com as discontinuidades principais registradas nos levantamentos dos perfis transversais e interfluviais



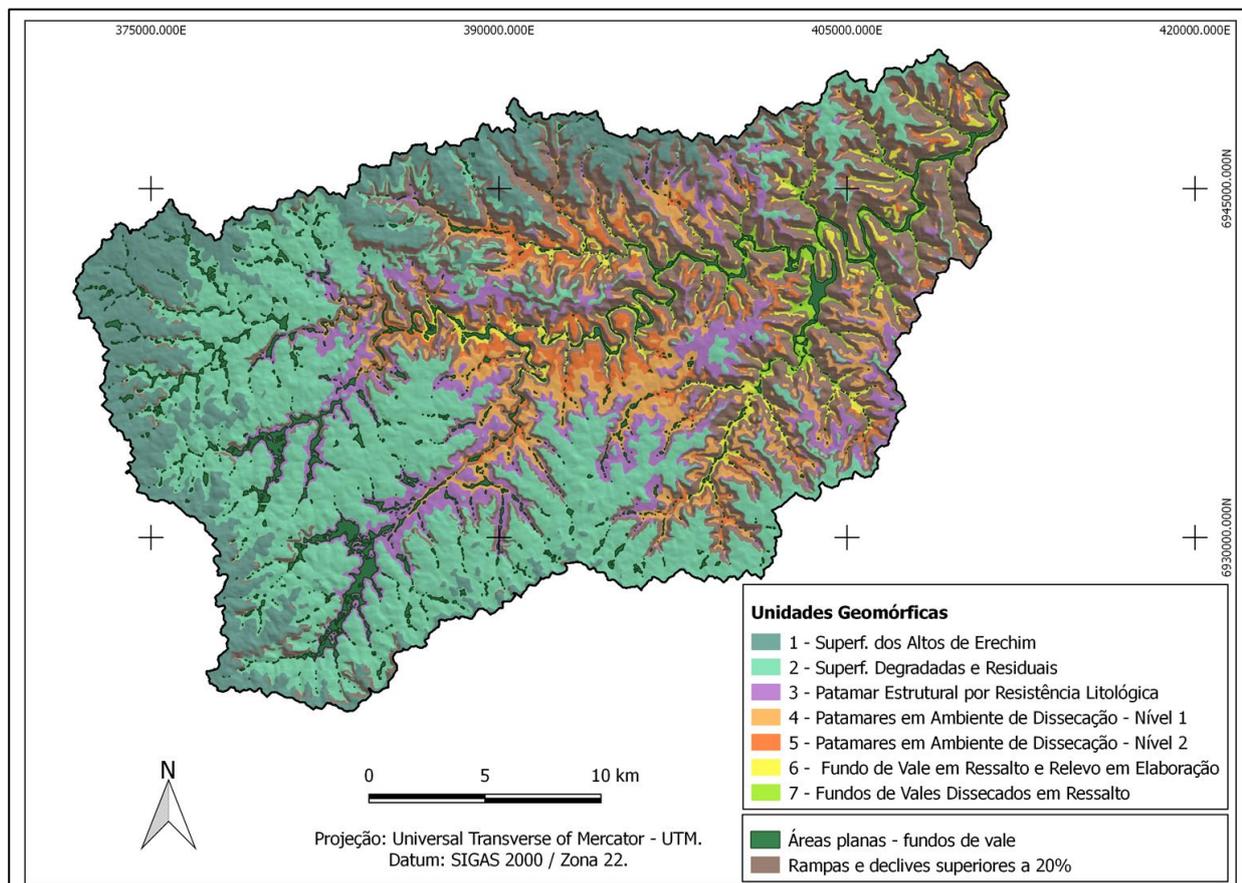
Fonte: Organização do autor

Quadro 5 – Designação das Unidades Geomórficas estabelecidas no mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do Apuaê-Mirim

COD	UNIDADES GEOMÓRFICAS	INTERVALO DE COTAS
1	Superfícies dos Altos de Erechim	840-720
2	Superfícies Degradadas e Residuais	720-640
3	Patamar Estrutural por Resistência Litológica	640-610
4	Patamares em Ambiente de Dissecação – Nível 1	610-580
5	Patamares em Ambiente de Dissecação – Nível 2	580-540
6	Fundo de vale em Ressalto e Relevo em Elaboração	540-480
7	Fundos de Vales Dissecados em Ressalto	480-390

Fonte: Organização do autor

Figura 6 – Mapeamento das Unidades Geomórficas da bacia do rio Apuaê-Mirim, com elementos de declividade



Fonte: Organização do autor

Os procedimentos de mapeamento geomorfológico permitiram identificar 7 compartimentos, de onde se pode aferir, a partir das suas características topográficas, as suas gêneses e os processos responsáveis pela constituição de suas formas. Estes compartimentos constituem as Unidades Geomórficas

estabelecidas no mapeamento da bacia do Apuaê-Mirim (Figura 06), sendo denominadas conforme apresentado no Quadro 05, e descritas subsequentemente.

#### **4.1 Superfícies dos Altos de Erechim**

Constituem superfícies remanescentes da Unidade Geomorfológica do Planalto dos Campos Gerais (conforme a Classificação do IBGE, 1986), fracamente dissecadas pela rede hidrográfica, sendo compostos pelos pontos de maior elevação na bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim. Estes cimos, no aqui denominado “Altos de Erechim” (referente à superfície que agrupa os pontos culminantes das imediações da área de estudo, e sob a qual está a sede municipal de Erechim), compõem os divisores de águas das principais bacias hidrográficas, cujas nascentes principais situam-se sobre esta superfície. Os cursos d'água originados a partir destas últimas, drenam para o rebordo com o Planalto Dissecado dos Rio Iguaçu – Rio Uruguai, fluindo através desde descendentemente com rápido acréscimo nos gradientes altimétricos em direção às confluências com o rio Uruguai, tendo a oeste o rio Henrique (integrante da bacia do rio Passo Fundo), ao Norte as bacias dos rios Dourado e Suzano, e ao leste as bacias dos rios Tigre, Campo e Toldo (integrantes da bacia do rio Apuaê-Mirim). Ao sul, as altitudes decrescem gradualmente no contato com o Planalto de Santo Ângelo.

Tais superfícies apresentam-se suavemente onduladas nos conjuntos interfluviais, caracterizando colinas amplas de baixa amplitude altimétrica, com topos planos ou levemente convexados, e relevos ondulados nos fundos de vales, caracterizando-os como pouco dissecados, com baixas incisões fluviais (Figura 07).

Figura 7 – Fotos do relevo nos “Altos de Erechim”, onde está assentada a cidade de Erechim



Fonte: Acervo particular do autor (Setembro 2017)

#### 4.2 Superfícies Degradadas e Residuais

Apresentam-se como superfícies degradadas e residuais sobre o Planalto dos Campos Gerais na área de estudo, trabalhadas pela rede hidrográfica, com leve aprofundamento das incisões fluviais. Suas cotas superiores constituem extensos alinhamentos interfluviais que dividem as sub bacias dos rios principais da bacia do Apuaê-Mirim. Estes alinhamentos basicamente constituem um conjunto em patamar com linhas de cumeada, próximos à cota 700 m, tendo na base deste conjunto as áreas mais rebaixadas dos substratos que sustentam os leitos fluviais.

Estas superfícies apresentam-se predominantemente onduladas nos patamares de topo dos grandes alinhamentos interfluviais, constituindo colinas de amplitude altimétrica pequena a média, e de topos convexados (Figura 08). Estes patamares de alinhamentos interfluviais apresentam-se mais extensos nas divisas de água das sub-bacias dos rios Tigre, Campo, Toldo e Marcelino, e possuem uma pequena diferença altimétrica em relação à Unidade Geomórfica subsequente, marcada pelas rampas de declive, superior a 20% nas suas bordas. Esta ruptura com as Unidades Geomórficas posteriores, porém, torna-se mais pronunciada nos

divisores do agrupamento de sub-bacias do rio Caçador, onde o relevo se apresenta forte ondulado a montanhoso, estando associado ao conjunto de maior amplitude altimétrica ao norte da bacia.

Figura 8 – Foto das formas de relevo sobre as superfícies dos grandes alinhamentos interfluviais



Fonte: Acervo particular do autor (Agosto de 2018)

### **4.3 Patamar Estrutural por Resistência Litológica**

Constitui um patamar que surge à base da unidade anterior, e que se apresenta pouco entalhado pelas redes fluviais, em situação de maior planura, e, por isso, agrupando muitos segmentos de planícies do médio curso dos rios Tigre, Campo e Toldo. Por sua configuração, quando comparadas às unidades precedentes e às posteriores, aparenta possuir como substrato uma litologia mais resistente à erosão, apresentando baixa dissecação. Excetua-se desta última característica a incisão fluvial de significativo aprofundamento ocorrente no rio Toldo, decorrente de um alinhamento de falha, limitando-se com a unidade posterior.

Entre as morfologias encontradas, tem-se colinas baixas no seu interior, podendo ocorrer amplitudes altimétricas maiores no contato com a unidade anterior. Apresenta muitos segmentos de áreas planas nos fundos de vale dos rios

Tigre, Campo e Toldo, constituindo planícies, em cujas áreas se destacam porções de banhados e de solos altamente saturados, com a ocorrência de hidromorfismo (Figura 09).

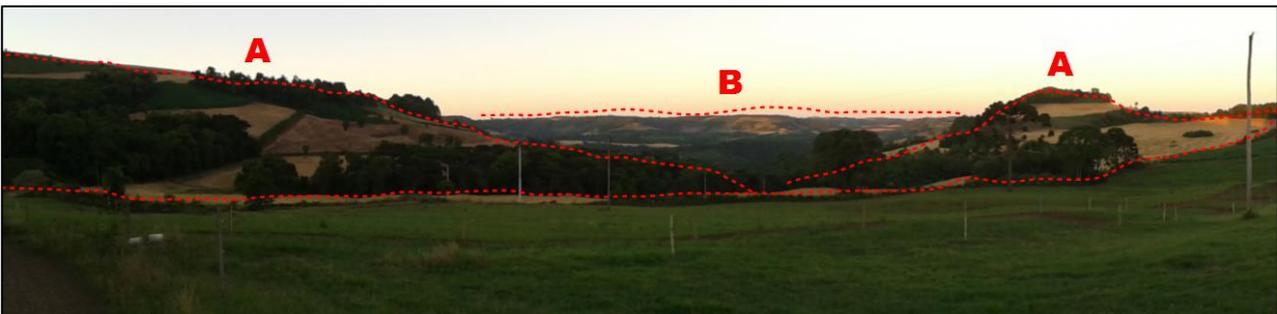
Estas características dão o indicativo de ambientes de acumulação fluvial, sobre uma litologia pouco diaclasada e com baixa transmissividade hidrológica, tal qual, descrito anteriormente com base nos registros do SIAGAS, estando associado à ocorrência de uma camada de basalto maciço no mesmo intervalo altimétrico desta Unidade Geomórfica.

Figura 9 – Forma de relevo plano, constituindo acumulações aluviais nos fundos de vales do rio Toldo



Fonte: Acervo particular do autor (Dezembro de 2018)

Figura 10 – Foto panorâmica apresentando, à esquerda e à direita, formas de relevo relativas às remanescências das Superfícies Degradadas e Residuais (A), tendo ao fundo, após os vales dissecados do rio Caçador, as elevações dos conjuntos de maior amplitude altimétrica e com fortes desníveis ao norte da bacia do Apuaê-Mirim (B)



Fonte: Acervo particular do autor (Novembro de 2018)

Nas demais extensões da bacia, principalmente da porção central para leste, acompanha as bordas da unidade anterior, ficando à base desta, estabelecendo patamares por vezes alongados que aparentam sustentar os alinhamentos dos conjuntos residuais daquela unidade, principalmente na divisa entre os rios Caçador e Apuaê-Mirim (Figura 10), e na elevação isolada central (correspondente às rochas ácidas da fácies Chapecó).

#### **4.4 Patamares em Ambiente de Dissecação – Níveis 1 e 2**

Unidades onde se iniciam grandes desníveis em relação à anterior, apresentando rápido decréscimo altimétrico. Constituem os ambientes de dissecação fluvial pertencentes ao Planalto Dissecado Rio Iguaçu – Rio Uruguai (IBGE, 1986), nitidamente limitados na bacia por um alinhamento da borda de dissecação no contato com as unidades anteriores (Figura 11), tornando sobressaltadas algumas elevações residuais isoladas (que se destacam a partir dos patamares do primeiro nível destas unidades), e um conjunto de forte gradiente altimétrico, com frentes mais abruptas, ao longo do limite norte.

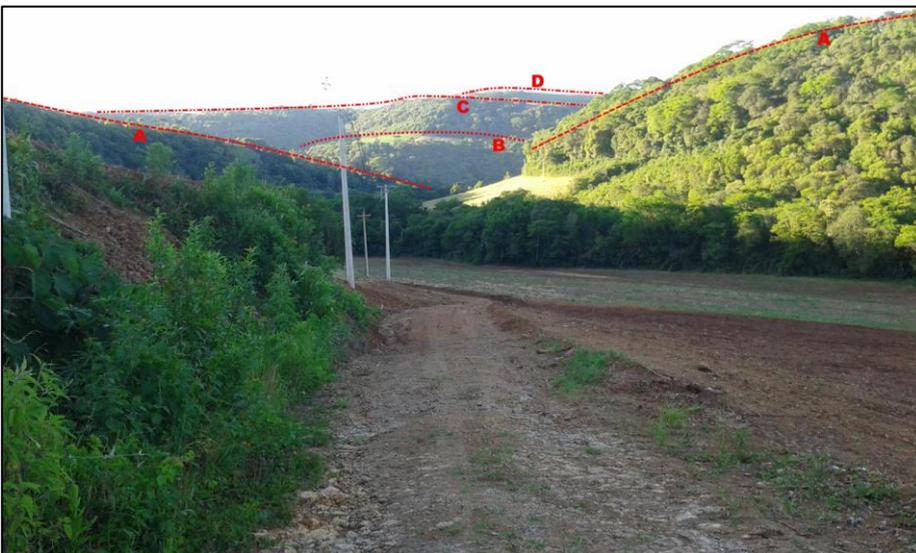
Estas unidades apresentam morfologias de patamares escalonados, tendo sobre as suas superfícies a ocorrência de relevos ondulados a suave ondulados, sendo a transição com as unidades subsequentes frequentemente marcada por descontinuidades topográficas caracterizadas por rampas com declives superiores a 20%. Nas áreas constituídas por extensos conjuntos de vertentes declivosas, apresentam sucessões de patamares curtos ou de ombreiras. Na porção central da bacia, principalmente ao longo do rio principal, seus patamares frequentemente conformam os interflúvios de vales embutidos, sendo esta característica observada até as proximidades da confluência com o rio Marcelino.

Figura 11 – Borda da frente de dissecação, tendo ao centro o vale dissecado pelo rio Apuaê-Mirim



Fonte: Acervo particular do autor (Novembro de 2018)

Figura 12 – Foto interna ao vale do rio Apuaê-Mirim, apresentando os Patamares em Ambiente de Dissecação Nível 1 (A) e Nível 2 (B), tendo ao fundo os patamares das Unidades “Patamar Estrutural por Resistência Litológica” (C), e “Superfícies Degradadas e Residuais” (D)



Fonte: Acervo particular do autor (Novembro de 2018)

#### 4.5 Fundo de Vale em Ressalto e Relevo em Elaboração

Interna a um ambiente de dissecação fluvial, esta unidade apresenta alguma semelhança com as unidades anteriores, apresentando patamares estreitos e

curtos como divisores no transcurso do rio principal, além de ombreiras laterais, que passam a se tornar bastante frequentes a partir da confluência com o rio Caçador.

Mas também, apresenta semelhança com a unidade posterior ao constituir, no curso médio do rio principal, o ambiente de fundo de vale disposto em ressaltos (oriundos das diferenças à resistência erosiva das litologias, acamadas subhorizontalmente).

Por estas características, apresenta-se como uma unidade transicional entre aquelas outras, apresentando-se inicialmente como o substrato onde se desenvolvem as conformações dos fundos de vale dissecados, mas que também apresenta, mais para jusante, o resultado do trabalho de dissecação fluvial na elaboração de novos conjuntos de formas, o que remete a denominação ora recebida, cujo termo foi tomado emprestado de Paisani et al. (2008), a partir de descrições semelhantes efetuadas pelo autor para o sudoeste do Paraná e o noroeste de Santa Catarina.

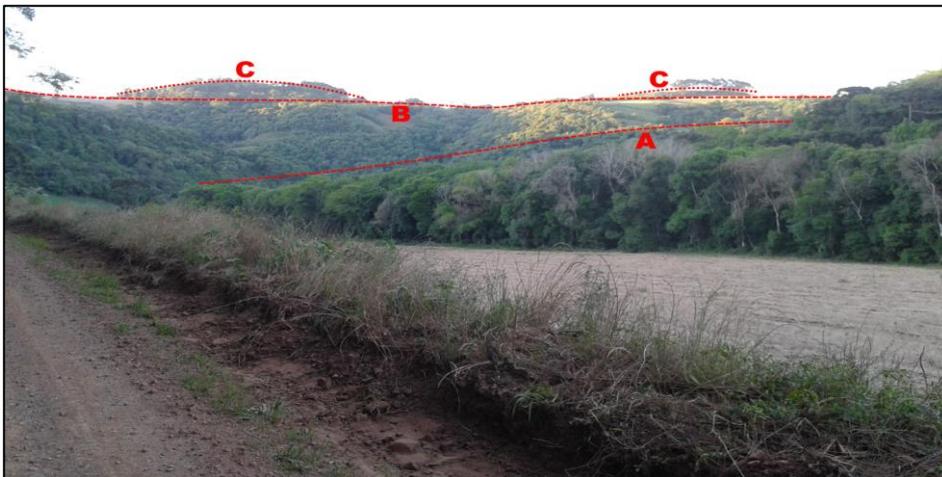
Nos segmentos de rios em que se apresenta com características de fundo de vale em ressaltos, sobretudo no segmento entre a confluência do rio Campo com o rio Tigre, até a confluência deste último com o rio Toldo, bem como nos médios cursos dos rios Caçador e Marcelino, demonstra um relevo suave ondulado a ondulado nas bases das vertentes, com manchas alongadas e delgadas de relevo plano ao longo dos cursos d'água.

Por encontrar-se ao fundo de um ambiente de dissecação, apresenta paulatinamente, no sentido para jusante, um incremento na declividade das vertentes que acompanham lateralmente o transcurso do rio principal, passando a demonstrar vales delineados por relevos ondulados a forte ondulados (mais intensivamente após a cota altimétrica de 500 metros), mantendo esta característica até a confluência com o rio Apuaê.

A partir da cota 480, acompanhando marginalmente a unidade subsequente, começa a apresentar as características de relevos em elaboração, com a ocorrência

de patamares estreitos e assentadas com topos suave ondulados (em meio aos conjuntos de vertentes dos relevos ondulados a forte ondulados), e conjuntos de morrotes e morros alongados horizontalmente de topos convexados que constituem divisores de águas por entre as curvas sinuosas desenhadas pelos vales do rio Apuaê-Mirim (Figura 13).

Figura 13 – Relevo em elaboração constituindo interflúvio do rio Apuaê-Mirim (A), tendo ao fundo os Patamares em Ambiente de Dissecação Níveis 1 (B) e 2 (C)



Fonte: Acervo particular do autor (Novembro de 2018)

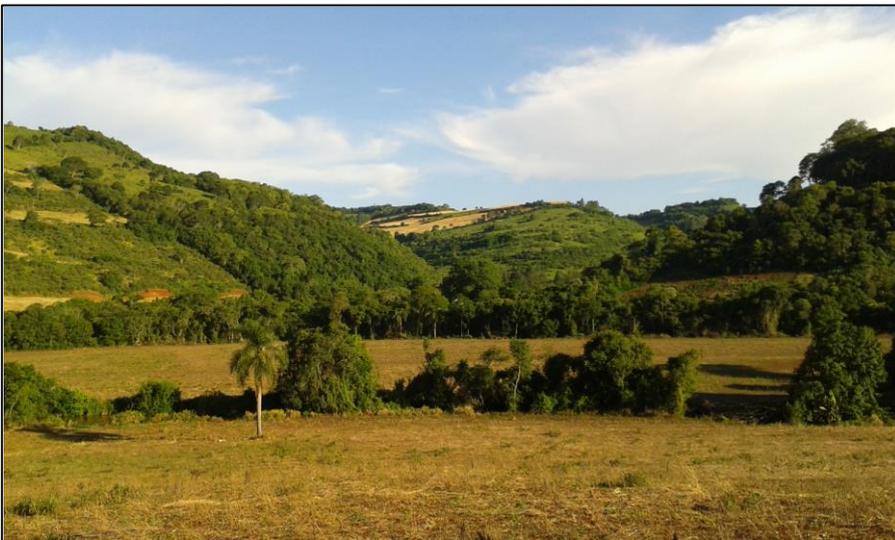
#### 4.6 Fundos de Vales em Ressalto

Esta unidade apresenta-se como o substrato no qual ocorrem os elementos típicos de fundo de vale, conformados por bases de encostas, planícies e canais fluviais.

No aspecto litológico e estrutural da geologia regional, os litotipos derivam de derrames vulcânicos acamados em uma superfície subhorizontalizada. Destes, cada qual sofreu processos específicos de consolidação e diaclasamento, com diferentes resistências à ação do processo erosivo desempenhado, sobretudo, pelo trabalho fluvial. Por tais características, esta unidade apresenta o perfil longitudinal do rio principal demarcado por diversos desníveis, caracterizando uma sucessão de leitos em ressalto.

Embora a unidade do Patamar Estrutural por Resistência Litológica concentre a maior extensão de planícies da bacia, a presente unidade (não obstante a ocorrência predominante de vales entrincheirados) apresenta uma planície ampla, de caráter alveolar, na confluência dos rios Apuaê-Mirim e Marcelino. Esta é a planície de maior expressão na unidade, sendo as demais um pouco mais estreitas, compartimentadas em alvéolos e pequenas reentrâncias por entre os vales (Figura 14).

Figura 14 – Planície alveolar embutida em ambiente de dissecação, situada no fundo de vale do rio Apuaê-Mirim



Fonte: Acervo particular do autor (Novembro de 2018)

#### **4.7 Outros aspectos geomorfológicos complementares**

Mesmo no mapeamento geomorfológico baseado na individualização de conjuntos de patamares de maiores similaridades, sobressaem elevações e delineações de formas notáveis, que se destacam e se distinguem dos padrões gerais resultantes da classificação adotada, denunciando morfologias associadas a orientações estruturais peculiares.

Neste caso, foram indicados o conjunto sobrepujante com fortes desníveis ao norte da bacia, e os conjuntos de elevações residuais que remanesceram sobre a litologia da FÁCIE Chapecó (conforme CPRM, 2008). Para este último, observa-se

um conjunto de relevo em remanescência que sobressai isoladamente no centro da bacia, e outro que se mantêm altimetricamente contínuo ao longo do limite nordeste da mesma, conformado por um modelado plano no topo, que constitui um platô sustentado por rochas mais resistentes à erosão, similar à descrição de Amaral e Costa (1983 *apud* TRATZ, 2009) para as formas de relevo observadas no município de Guarapuava (PR) sobre rochas Tipo Chapecó.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Convém observar que o presente trabalho não constitui uma proposta metodológica de mapeamento geomorfológico, tampouco o mapeamento definitivo da geomorfologia para a área de estudo. Deriva, porém, do reconhecimento de que o mapeamento geomorfológico pode concretizar-se sob tantas formas possíveis de representação dos fatos/fenômenos tratados, em proporcionalidade à diversidade de objetivos e de interesses de pesquisas passíveis de realização, cuja amplitude cresce imensamente ao considerar-se as múltiplas articulações das escalas espaciais empregadas.

Assim, o mapeamento geomorfológico aqui apresentado foi desenvolvido no intuito de auxiliar o objeto da pesquisa de doutoramento realizada na área de estudo, sendo concebida pela dificuldade de caracterização dos conjuntos relacionados aos tipos de formas no contexto de um relevo em sucessão planáltica com progressões nos níveis de dissecação.

Refere-se tão somente ao instrumento que permitiu ordenar os conjuntos de formas a partir da disposição em patamares estruturais, possibilitando as análises geomorfológicas para o estabelecimento das relações entre as conformações do relevo regional e os ambientes fluviais constituídos nos fundos de vale da bacia do rio Apuaê-Mirim.

Entrementes, dentro das possibilidades cabíveis aos objetivos de futuras pesquisas e trabalhos acadêmicos inseridos neste contexto regional, os

procedimentos aqui empregados podem ser aproveitados (quando relativos ao mesmo sítio), ou reproduzidos em mapeamento geomorfológico para relevos regionais similares.

Convém também ressaltar que, além dos interesses da pesquisa, e de quaisquer outros de cunho acadêmico, os resultados obtidos podem subsidiar as ações de planejamento e demais intervenções de distintas naturezas socioespaciais na bacia em questão. Visto que delineia a disposição do relevo em conformidade com a sua disposição litoestratigráfica e litoestrutural, pode auxiliar no direcionamento das indicações e das limitações de usos em cada parcela espacial.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, A. A. A Teoria Geomorfológica e sua edificação: análise crítica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 2, p. 51-67, 2003.
- AB,SABER, A. N. Províncias Geológicas e Domínios Morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 20, p. 01-26, 1970.
- ALMEIDA, F. F. M. O Planalto Basáltico da Bacia do Paraná. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 24, p. 03-34, out. 1956.
- BARBOSA, G. V.; SILVA, T. C.; NATALI FILHO, T.; DEL'ARCO, D. M.; COSTA, R. C. R. Evolução da metodologia para mapeamento geomorfológico do Projeto RADAMBRASIL. **Boletim Técnico do Projeto RADAMBRASIL**, Salvador, n. 1, p. 03-26, out. 1984.
- CASSETI, Valter. **Geomorfologia**. [S.l.]: 2005. Disponível em: [www.funape.org.br/geomorfologia](http://www.funape.org.br/geomorfologia). Acesso em: 08 set. 2007.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blücher, 1980.
- COLTRINARI, L. Geomorfologia e dinâmica quaternária no sudeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, v. 6, p. 7-16, 2011.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Mapa do Estado do Rio Grande do Sul: **Geologia**. Porto Alegre, RS: CPRM, 2008. Escala 1:750.000. Disponível em: [www.cprm.gov.br/publique/media/geologia\\_basica/cartografia\\_regional/mapa\\_rio\\_grande\\_sul.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_rio_grande_sul.pdf). Acesso em: 15 jan. 2017.

CORRÊA, J. **Mineralogia e gênese das principais classes de solos de encostas basálticas do Estado de Santa Catarina**. 2004. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2004.

COSTA, J. M. L. M. **A importância da geomorfologia nos estudos ripários**: Estudo de caso da bacia do rio Apuaê-Mirim, norte do Estado do Rio Grande do Sul. 2020. 208 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

CURCIO, G. R.; UHLMANN, A.; SEVEGNANI, L. A geopedologia e sua influência sobre espécies arbóreas de florestas fluviais. **Colombo: Embrapa Florestas**, 2006. (Embrapa Florestas: Documentos, 135).

DEL'ARCO, D. M.; NATALI FILHO, T. Evolução da pesquisa geomorfológica aplicada no Projeto RADAMBRASIL. **Boletim Técnico do Projeto RADAMBRASIL**, Salvador, n. 1, p. 27-44, out. 1984.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Súmula da X Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979.

FLORENZANO, Teresa G. Introdução à geomorfologia. *In*: FLORENZANO, Teresa Gallotti (org.). **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 11-30.

GUERRA, S.; PAISANI, J. C. Verificação da influência dos derrames vulcânicos da Formação Serra Geral na origem de patamares na área drenada pelo rio Tamanduá – SW PR. **Geografia**, Londrina, v. 19, n. 2, p. 163-173, 2010.

HARTMANN, L. A. A história natural do Grupo Serra Geral desde o Cretáceo até o Recente. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, p. 173-182, 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 **Lagoa Mirim**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. (Projeto RADAMBRASIL)

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1994.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Folhas Erechim/Lajes**: Geomorfologia, 2003. Escala 1:250.000. Disponível em: [https://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm). Acesso em: 21 set. 2017.

INPE. **Projeto TOPODATA**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 26 jul. 2017.

JUCHEM, P. L. **Mineralogia, geologia e gênese dos depósitos de ametista da região do Alto Uruguai, Rio Grande do Sul**. 1999. 239 f. Tese (Doutorado em Mineralogia e Petrologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

KOHLER, H. C. A escala na análise geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 21-33, 2001.

LEINZ, V. **Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil**. In: Boletim CIII. São Paulo: USP, 1949. (Geologia nº. 5).

LIMA, A. G. Erosão fluvial sobre rochas vulcânicas: algumas inferências a partir de segmentos côncavos de perfis longitudinais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, p. 34-41, dez. 2012.

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

MOURA, J. R. da S.; SILVA, T. M. da. Complexo de rampas de colúvio. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia do Brasil**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; ANDRES, J. Superfícies aplainadas em zona morfoclimática subtropical úmida no planalto basáltico da Bacia do Paraná (SW Paraná / NW Santa Catarina): primeira aproximação. **Geociências**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 541-553, 2008.

PASSOS, E.; BIGARELLA, J. J. Superfícies de erosão. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia do Brasil**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

QGIS Development Team, 2019. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 8. ed. São Paulo: Contexto, 2007.

SAVIGEAR, R. A. G. A technique of morphological mapping. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 55, n. 03, p. 514-538, 1965.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas** – SIAGAS. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/index.php>. Acesso em: 26 ago. 2019.

SUERTEGARAY, D. M. A. Rio Grande do Sul: morfogênese da paisagem - questões para sala de aula. **Boletim Gaúcho de Geografia**, n. 21, p. 117-132, ago. 1996.

THOMAZ, E. L. Aspectos Geomorfopedológicos de uma vertente em área de basalto no município de Guarapuava – PR. **Mercator**, v. 07, n. 14, p. 67-85, 2008.

TRATZ, E. do B. **As rochas vulcânicas da Província Magmática do Paraná, suas características de relevo e sua utilização como recurso mineral no município de Guarapuava-PR**. 2009. 199 f. Dissertação (Mestrado de Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

VITTE, A. C. A construção da geomorfologia brasileira: as transformações paradigmáticas e o estudo do relevo. **Geografia: Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 36-45, 2008.

## CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

### 1 – José Mario Leal Martins Costa

Bacharel e Licenciado em Geografia, Doutor em Geografia  
<https://orcid.org/0000-0002-5822-6390> • [jose.costa@uffs.edu.br](mailto:jose.costa@uffs.edu.br)

Contribuição: Concepção, Análise de dados, Elaboração do manuscrito, revisão e aprovação da versão final do trabalho

## Como citar este artigo

Costa, J. M. L. M. Mapeamento e caracterização geomorfológica da bacia do rio Apuaê-Mirim/RS com base na distinção de patamares a partir das discontinuidades no relevo. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 26, e38, 2022. DOI 10.5902/2236499468383. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2236499468383>. Acesso em: dia mês abreviado. ano.