

*Mapeamento geomorfológico da bacia do rio  
Água Limpa (GO) com base em parâmetros  
morfométricos e morfográficos*

*Geomorphological mapping of Água Limpa river  
watershed (GO) based on morphometrics and  
morphographics parameters*

*Cartografía geomorfológica de la cuenca del río Água  
Limpia (GO) con base en parámetros morfométricos y  
morfográficos*

Luiz Eduardo Giacomolli Machado

Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado de Goiás  
luizeduardo\_machado@hotmail.com

Claudia Valéria de Lima  
Universidade Federal de Goiás  
claudia@iesa.ufg.br

---

**Resumo**

O presente trabalho propõe o mapeamento geomorfológico da bacia do rio Água Limpa com base em parâmetros morfométricos e morfográficos, extraídos do modelo de elevação TOPODATA. As informações utilizadas foram: altitude, declividade, orientação das vertentes, curvas de nível, perfis topográficos, curvatura vertical e horizontal, formas do relevo, sombreamento do relevo, índice de densidade de drenagem e índice de concentração da rugosidade. Estes itens combinados possibilitaram verificar a organização das unidades da paisagem dessa bacia. O mapeamento seguiu a metodologia proposta Ross (1992) para a classificação e interpretação do relevo segundo níveis taxonômicos. Classificou-se até o quarto nível, referente ao padrão das formas semelhantes, descrevendo e delimitando tais feições a partir dos parâmetros supracitados. As formas semelhantes identificadas foram: Formas de Agradação (Planícies e Terraços Fluviais e Planícies Fluvioacustres); Formas de Degradação (Superfícies de Aplainamento I, II e III associadas à Formação Araguaia); e Formas Estruturais

(Serras e Morros residuais associados ao Arco Magmático e ao Complexo Alcalino).

**Palavras-chave:** mapeamento geomorfológico, parâmetros morfométricos e morfográficos, modelos de elevação, taxonomia do relevo.

---

### Abstract

This paper proposes the geomorphological mapping of Agua Limpa river watershed based on morphometric and morphographic parameters, extracted from elevation models TOPODATA. The information used were: height, slope, orientation of strands, contours, topographic profiles, vertical and horizontal curvature, forms of relief, hillshade, drainage density index and concentration of the roughness index. These items combined possibility to observe the organization of landscape units in this watershed. The mapping followed the methodology proposed Ross (1992) for the classification and interpretation of the relief according taxonomic levels. It was qualified until the fourth level, relative the pattern of similar forms, describing and defining these features based in the aforementioned parameters. The similar forms identified were: Aggradation Forms (Fluvial Plains and Terraces and Fluviallacustrine Plains); Degradation Forms (Planing Surfaces I, II and III associated with Araguaia Formation) and Structural Forms (Mountains and hills associated with Magmatic Arc and Alkaline Complex).

**Keywords:** geomorphological mapping, morphometric and morphographics parameters, elevation models, relief taxonomy.

---

### Resumen

Este estudio propone la cartografía geomorfológica de la cuenca del río Agua Limpa sobre la base de parámetros morfométricos y morfográficos, retirados del modelo de elevación TOPODATA. Las informaciones utilizadas fueron: altura, pendiente, la orientación de las vertientes, contornos, perfiles topográficos, curvatura vertical y horizontal, formas del relieve, el sombreado del relieve, el índice de densidad de drenaje y la relación de concentración de la rugosidad. Estos elementos combinados permitió observar la organización de las unidades de paisaje de la cuenca. La cartografía siguió la metodología propuesta por Ross (1992) para la clasificación e interpretación del relieve por niveles taxonómicos. Fue clasificado para el cuarto nivel, en relación con el estándar de las formas similares, describiendo y delimitando las fisonomías a partir de los parámetros antes mencionados. Las formas similares identificadas fueron: las Formas de Agradación (Llanuras y Terrazas Fluviales y Llanuras Fluviallacustres), las Formas de Degradación (Superficies de Aplanamiento I, II y III asociados con la formación Araguaia) y las Formas Estructurales (Sierras y Morros residuales asociados con Arco Magmático y Complejo Alcalino).

**Palabras clave:** cartografía geomorfológica, parámetros morfométricos y morfográficos, modelos de elevación, taxonomia del relieve.

---

## Introdução

A ciência cartográfica constitui-se numa importante ferramenta para as Ciências da Terra (Geociências), pois compreende a representação do espaço, das diversas variáveis que compõem a superfície terrestre, enfocando múltiplos aspectos tal qual a necessidade do pesquisador (SILVA; RODRIGUES, 2009).

No caso da Geomorfologia, que, de acordo com Guerra e Guerra (1997) é a ciência que estuda as formas do relevo, a sua gênese, estrutura, a natureza das rochas, o clima da região e as diferentes forças endógenas e exógenas que, de forma geral, entram como fatores modeladores do relevo terrestre; a Cartografia Geomorfológica torna-se um dos mais importantes meios de comunicação e análise dos resultados obtidos para essa ciência. A análise geomorfológica torna-se muito mais rica, lógica e melhor entendida quando acompanhada de documentos cartográficos nos quais estejam espacializadas (SILVA; RODRIGUES, 2009).

Segundo Casseti (2005), a Cartografia Geomorfológica se constitui em importante instrumento na espacialização dos fatos geomorfológicos, permitindo representar a gênese das formas do relevo e suas relações com a estrutura e processos, bem como com a própria dinâmica dos processos, considerando suas particularidades. Demek (1967) afirma que o mapeamento geomorfológico tem se tornado o principal método para o estudo e a pesquisa geomorfológica.

Para Souza (2006), a Cartografia Geomorfologia atual tem se ajustado à evolução tecnológica. Assim como acontece com as outras ciências, vêm se desenvolvendo ações no sentido de investir na obtenção de diagnósticos, prognósticos ou controle de determinados fenômenos. O desenvolvimento da informática viabilizando interfaces com o Sensoriamento Remoto, o Geoprocessamento, a Cartografia Digital e a utilização de SIG (Sistemas de Informações Geográficas), tem oferecido à Geomorfologia recursos indispensáveis para o sucesso de várias pesquisas.

O advento dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) promoveu uma revolução na geração e difusão de informações morfométricas e morfográficas com maior rapidez e menor subjetividade (SCHIMIDT; DIKAU, 1999). Em termos gerais, os MDE são arquivos que contêm registros altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas, como uma imagem com um valor de elevação em cada pixel (VALERIANO, 2004). Para Silva e Rodrigues (2009), o estudo morfométrico engloba análises referentes aos aspectos quantitativos do relevo da bacia, permitindo o entendimento e a classificação das feições geomorfológicas.

Os MDE estão relacionados à representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. A sua manipulação possibilita identificar a distribuição espacial dos padrões do relevo (formas e inclinação das vertentes-classificação textural), além do cálculo de variáveis topográficas com rapidez, como declividade, curvatura vertical, curvatura horizontal, orientação das vertentes, altimetria, delineamento dos talwegues e divisores de

água, além da identificação de formas, rugosidade e estruturas do relevo (GROHMANN et al., 2008).

Um grande avanço vem ocorrendo com o emprego dos SIG, nos quais as informações morfométricas de bacias hidrográficas baseadas em MDE estão arrançadas de modo a interagir e subsidiar análises de padrões da paisagem. A complexidade dos processos pode ser modelada em ambiente SIG em certos níveis de relação, simplificação, generalização e abstração (PAREDES, 1994).

A distribuição dos elementos quantificados que descrevem o relevo da bacia apresenta propriedades que se agrupam em padrões homogêneos que caracterizam unidades fisiográficas e geomorfológicas. A espacialização das classes do relevo apresenta-se ordenada nas paisagens com forte influência das variações morfométricas ao longo das vertentes (HERMUCHE et al., 2003).

Nessa perspectiva, propõe-se nesse artigo um caminho metodológico com base em parâmetros morfométricos e morfográficos da paisagem extraídos do MDE TOPODATA para o mapeamento geomorfológico da bacia do rio Água Limpa. As informações utilizadas foram: altitude, declividade, curvas de nível, perfis topográficos, orientação das vertentes, curvatura vertical e horizontal, formas do relevo, sombreamento do relevo, índice de densidade de drenagem (IDD) e índice de concentração da rugosidade (ICR). Estes itens combinados possibilitaram verificar a organização das unidades da paisagem dessa bacia.

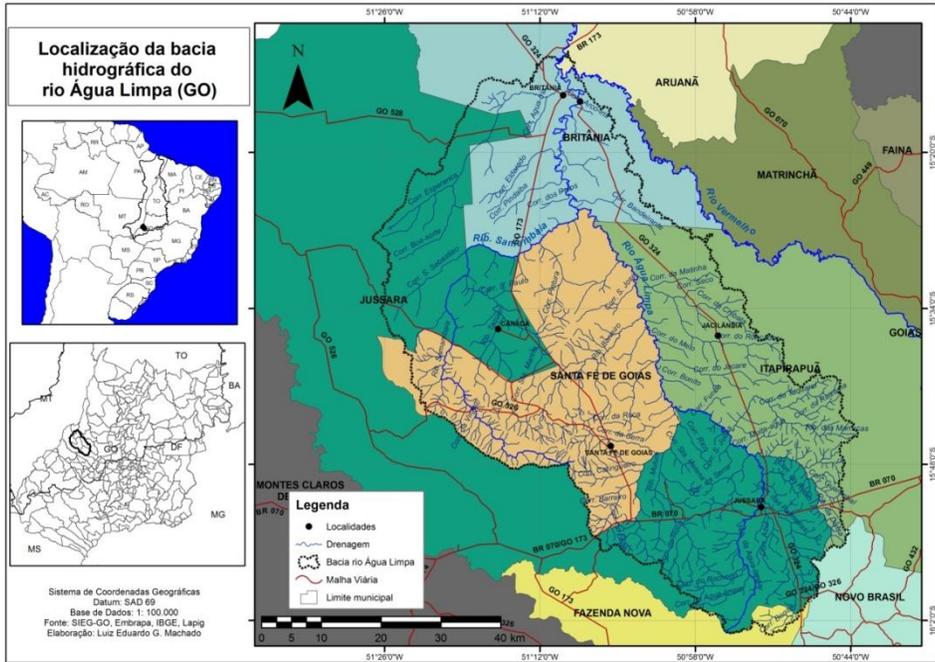
O mapeamento geomorfológico seguiu a metodologia proposta Ross (1992) para a classificação e interpretação do relevo segundo níveis taxonômicos. Classificou-se até o quarto nível taxonômico, referente ao padrão das formas semelhantes, descrevendo e delimitando tais feições a partir de dados morfométricos e morfográficos.

As formas semelhantes identificadas foram: a) Formas de Agradação (acumulação), representadas pela unidade Planícies e Terraços Fluviais e Planícies Fluviolacustres; b) Formas de Degradação, representadas pela unidade Depressões Aplainadas ou Superfícies de Aplainamento, associadas à Formação Araguaia; e c) Formas Estruturais, representadas pela unidade Serras e Morros residuais associados ao Arco Magmático e ao Complexo Alcalino.

## **Caracterização da área de estudo**

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Água Limpa, localizado na região oeste do Estado de Goiás, nos municípios de Britânia, Jussara, Itapirapuã, Fazenda Nova e Santa Fé de Goiás, conforme figura 01. O rio Água Limpa é o maior contribuinte da bacia do rio Vermelho pela margem

esquerda, que por sua vez deságua no rio Araguaia. A bacia do rio Vermelho é uma das maiores e mais importantes bacias do lado goiano da bacia do Araguaia. O rio Água Limpa drena uma área de aproximadamente 3.936 km<sup>2</sup>, ou 36% do total da bacia do rio Vermelho, e tem vazão média histórica estimada em 38.700 L/s (ANA, 2012).



**Figura 01** - Localização da bacia hidrográfica do rio Água Limpa (GO).  
Fonte: elaborado pelos autores

A região apresenta clima predominantemente Tropical Semi-úmido, com temperaturas médias entre 24 a 26°, com mínimas entre 18 e 21°, e máximas entre 28 e 34°. A pluviosidade anual dessa região varia de 1500 a 1800 mm, com insolação solar total anual de 2200 a 2500 horas, e umidade média relativa do ar entre 70 e 75 %, entretanto alcançando valores muito baixos nos meses de seca (INMET, 1990).

A área de estudo está inserida na província estrutural Tocantins (VALENTE, 2007). Na bacia do rio Água Limpa sua arquitetura compreende o Arco Magmático de Goiás. Esta unidade está parcialmente capeada por sedimentos da bacia cenozóica do Bananal (ALMEIDA et al., 1977).

O Arco Magmático de Goiás constitui-se de uma série de arcos magmáticos juvenis orogênicos brasileiros, representados na bacia pela unidade Ortognaisses do Oeste de Goiás (conjunto de ortognaisses tonalíticos a granodioríticos bandados, cinza a róseos, médios a grossos, com idade entre 900 e 630 Ma) e pela unidade Suíte Granito Serra do Impertinente (série de intrusões graníticas pós-tectônicas formando massas batólitas expostas representadas essencialmente por biotita monzogranito porfirítico, de cor rósea, granulação fina a média, a exemplo da Serra do Impertinente. A idade pode variar entre 485 e 576 Ma (GOIÁS, 2008).

O Complexo Alcalino Iporá representa pequenas intrusões no Arco Magmático de Goiás. Constitui-se de um conjunto de corpos ígneos de filiação alcalina e natureza plutono-vulcânica. Destaca-se o Maciço de Santa Fé, composto de núcleo de dunito com bordas de peridotito alcalino, clinopiroxenito, gabro e sienito (BRASIL, 1981). Tais formas têm idade por volta de 85 Ma (GOIÁS, 2008).

O Complexo da Bacia do Bananal é representado por sedimentos aluviais da Formação Araguaia. Esta formação, definida por Barbosa et al. (1966), compreende uma sucessão de sedimentos mal selecionados do sistema fluviolacustre da bacia do rio Araguaia, de idade Pliocênicas-Pleistocênicas, iniciada por conglomerado basal com seixos poligênicos em matriz areno-argilosa, seguidos de arenitos vermelhos pouco compactos capeados por siltes e areias siltosas, inconsolidadas, mal selecionadas, de granulometria e colorações variadas. A formação sustenta ampla superfície denominada Superfície do Araguaia, elaborada por processo de etchplanação (GOIÁS, 2006).

Coberturas ferruginosas, supostamente do Terciário-Quaternário, têm ampla distribuição na bacia do rio Água Limpa e atapetam superfícies de aplainamento antigas e, atualmente, estão sob efeito de dissecação marginal por erosão (GOIÁS, 2008). Ocorrem em várias localidades da Formação Araguaia como produto de intenso intemperismo e são compostas por concreções minerais ricas em ferro e alumínio. Valente (2007) sugere que estas coberturas ferruginosas foram desenvolvidas em um ambiente climático mais seco do que o atual.

Depósitos aluvionares holocênicos associam-se à rede de drenagem, notadamente no rio Água Limpa e ribeirão Samambaia. Estes compreendem as acumulações de sedimentos de calha e de planície de inundação, compostos por areias finas a grossas, cascalhos e lentes de material silto-argiloso e turfa (GOIÁS, 2008).

Quanto às classes de solos, toda a região apresenta solos predominantemente profundos. Verifica-se a ocorrência de Latossolos Vermelhos limitados à porção central da bacia do rio Água Limpa, localizados

principalmente no município de Santa Fé de Goiás, e em algumas manchas isoladas no município de Itapirapuã (IBGE, 1999). A ocorrência de coberturas lateríticas está estreitamente associada às regiões onde há o predomínio de solos do tipo Latossolo Vermelho. Em geral nesses locais tal solo apresenta elevada quantidade de concreções ferruginosas ao longo do perfil, muitas vezes acima de 50% do volume (MACHADO; LIMA, 2011).

Latossolos Vermelho-Amarelos desenvolvem-se principalmente nos municípios de Britânia, Itapirapuã e Jussara (IBGE, 1999). Ocupam relevos mais aplainados da Formação Araguaia, e apresentam cores mais claras (amareladas) e teores mais baixos de hematita. Neossolos Quartzarênicos ocorrem em associação com os Latossolos Vermelho-Amarelos. São essencialmente quartzosos, com 95% ou mais de quartzo nas frações areia grossa e areia fina (MACHADO; LIMA, 2011).

Ao longo das planícies fluviais dos principais rios da bacia do rio Água Limpa verifica-se a ocorrência de Gleissolos (GOIÁS, 2006). Neossolos Litólicos ocorrem em áreas de declives mais acentuados, a exemplo da região da Serra do Impertinente. Argissolos Vermelho-Amarelos ocorrem restritamente a uma mancha localizada no município de Santa Fé de Goiás (IBGE, 1999).

Quanto aos tipos fitofisionômicos, a bacia em questão apresenta variações que vão desde o extrato herbáceo-arbustivo ao arbóreo, característica típica das áreas de Cerrado. A fitofisionomia remanescente de maior representatividade na bacia é a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial. Esta ocupa os terraços e planícies holocênicas ao longo do rio Água Limpa, principalmente no seu exutório junto ao rio Vermelho, e em trechos do ribeirão Samambaia (IBGE, 1992).

Em algumas áreas ou regiões de vegetações próximas às margens do rio da Água Limpa e do ribeirão Samambaia desenvolve-se a chamada Floresta Estacional Semidecidual Aluvial-Vegetação Pioneira com influência fluvial (comunidades aluviais). Outra fitofisionomia com grande destaque na bacia é a Savana Florestada (Cerradão) (IBGE, 1992), ocorrendo em áreas areníticas lixiviadas da Formação Araguaia e em algumas áreas com sedimentos ferruginosos.

O subgrupo Savana Arborizada (Campo Cerrado, Cerrado “*stricto sensu*”) ocorre em pequenos fragmentos isolados na região da Formação Araguaia e em algumas áreas com sedimentos ferruginosos. A formação Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas situa-se intermediariamente entre a das planícies fluviais e os terrenos mais altos. Ainda encontram-se fragmentos de Savana Parque em áreas encharcadas de depressões periodicamente inundadas, caracterizadas pela presença de

“murunduns”. São árvores agrupadas em pequenas elevações do terreno, algumas vezes imperceptíveis. Regiões litólicas como a Serra do Impertinente propiciam a ocorrência do Cerrado tipo Rupestre - subtipo de vegetação arbóreo-arbustiva (IBGE, 1992).

Quanto ao uso das terras, Machado e Lima (2011) sustentam que as pastagens dominam a paisagem da bacia, perfazendo 72,14 % de toda a área, ou aproximadamente 2.839 km<sup>2</sup>. A área de agricultura existente está localizada na porção de ocorrência de Latossolo Vermelho, nos municípios de Britânia, Santa Fé e Jussara, em áreas de coberturas lateríticas. Além de ser constituída de um solo mais fértil, esta mancha localiza-se próxima ao rio Água Limpa e o ribeirão Samambaia, o que facilita o uso da água em pelo menos 50 pivôs centrais. A vegetação remanescente corresponde a 23,14 % da bacia.

## Metodologia

O presente trabalho utilizou-se de parâmetros morfométricos e morfográficos extraídos do MDE TOPODATA para mapeamento das unidades geomorfológicas da bacia do rio Água Limpa.

Os dados TOPODATA utilizados são o resultado do refinamento dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) originalmente com 90 metros de resolução espacial, para 30 metros, através da interpolação dos dados de MDE segundo o método de krigagem, realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (VALERIANO, 2004) para todo o território nacional.

Os parâmetros utilizados foram: altitude, declividade e orientação das vertentes; curvatura vertical, curvatura horizontal e formas de relevo (parâmetros de segunda ordem). Os parâmetros de terceira ordem trabalhados foram o índice de densidade de drenagem (IDD), o índice de concentração da rugosidade (ICR) e o sombreamento do relevo (*hillshade*). Todos eles foram derivados do MDE TOPODATA através da sua manipulação em ambiente ArcGis 9.3, numa escala de trabalho de 1:150.000.

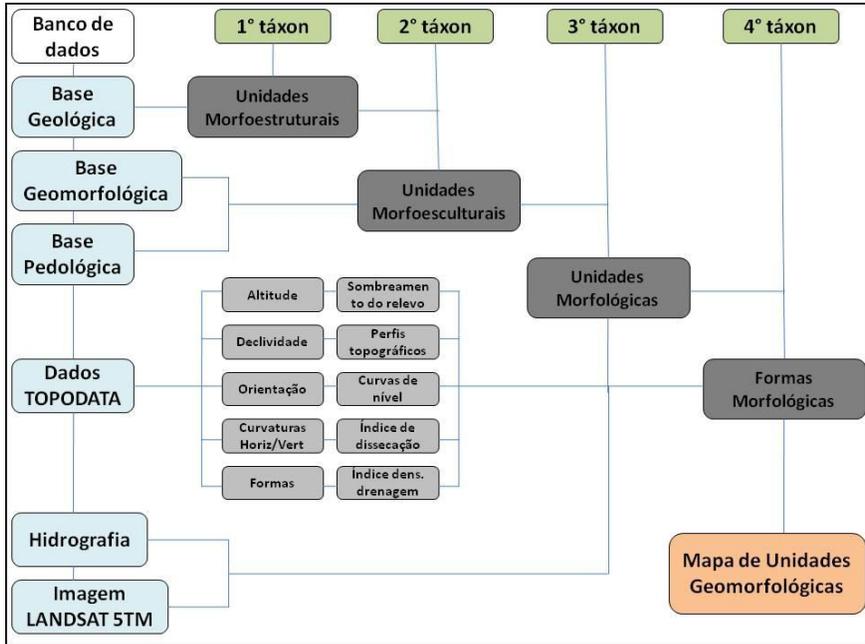
O ICR foi elaborado conforme a metodologia apresentada por Sampaio (2008), utilizando a ferramenta estatística “Estimador de Densidade de *Kernel*” do ArcGis 9.3, tendo como referencial de análise a distribuição espacial (dispersão/concentração) da declividade. O índice de densidade de drenagem foi elaborado para cada microbacia da bacia do rio Água Limpa, utilizando os softwares ArcGis 9.3 e BASINS 4. O índice varia de 0,16 a 1,21 km/km<sup>2</sup>. O *hillshade* foi elaborado através da manipulação do MDE TOPODATA e associado por transparência em todas as cartas do trabalho. A interpretação visual do *hillshade* permitiu visualizar o grau de dissecação do relevo e

identificação dos padrões do relevo na imagem de radar, facilitando na identificação dos compartimentos do relevo.

A identificação dos sistemas fluviolacustres *passou pela delimitação de todos os lagos naturais arredondados verificados na imagem LANDSAT 5TM de agosto de 2011. Posteriormente, o shapefile foi alvo do “Estimador de Densidade de Kernel”* a fim de se criar um polígono com distribuição areal dos eventos através da repetição de lagos por unidade de área. Assim, chegou-se ao limite das Planícies Fluviolacustres.

*Os dados TOPODATA também proporcionaram extrair outros dois parâmetros morfométricos importantes ao mapeamento: as curvas de nível e os perfis topográficos. Embora não cartografados, as curvas e os perfis foram dados essenciais na exploração geomorfológica da área por representar as quebras e irregularidades do relevo, a distribuição altimétrica dos compartimentos, a relação entre a declividade, a altimetria e comprimentos dos cursos d’água, entre outros. Corroboram com as outras variáveis apresentadas anteriormente.*

O passo seguinte foi realizar associações do tipo *intersect* no ambiente ArcGis 9.3 entre todos os parâmetros gerados. O produto desse processo é um arquivo vetorial com os compartimentos do relevo. Soma-se ao resultado o levantamento de pontos georreferenciados e fotografias de quatro visitas à área de estudo, que permitiram ter uma visão geral da complexidade da paisagem nessa porção geográfica e da distribuição dos compartimentos do relevo. A metodologia para a elaboração do mapa de unidades geomorfológicas da bacia do rio Água Limpa é sintetizada na figura 02.



**Figura 02** - Fluxograma esquemático e metodológico utilizado para o mapeamento.  
Fonte: elaborado pelos autores

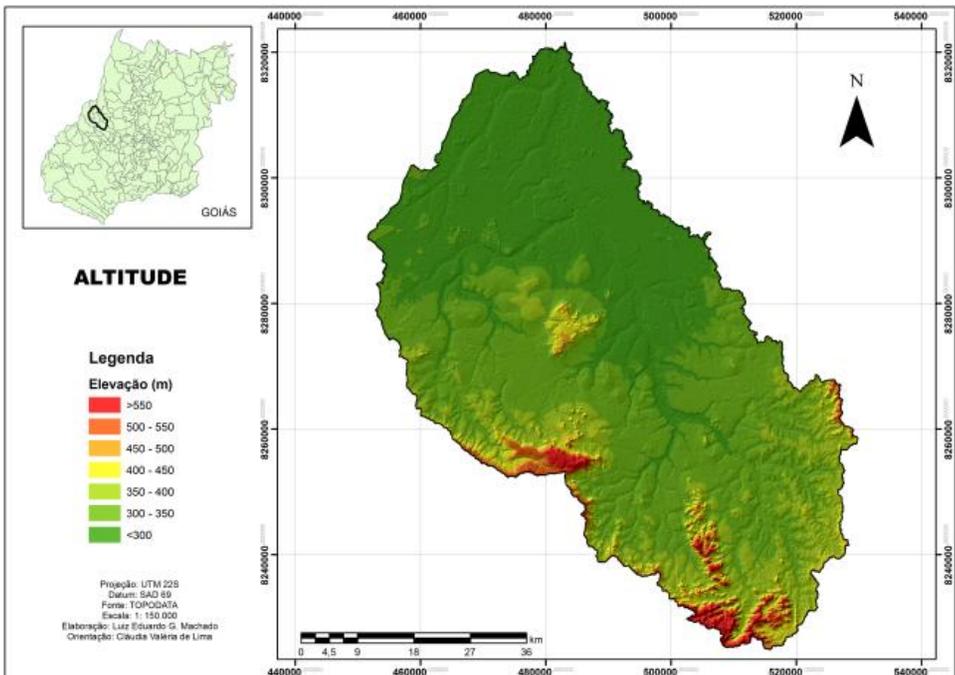
## Aspectos morfométricos da bacia

### Dados de primeira ordem

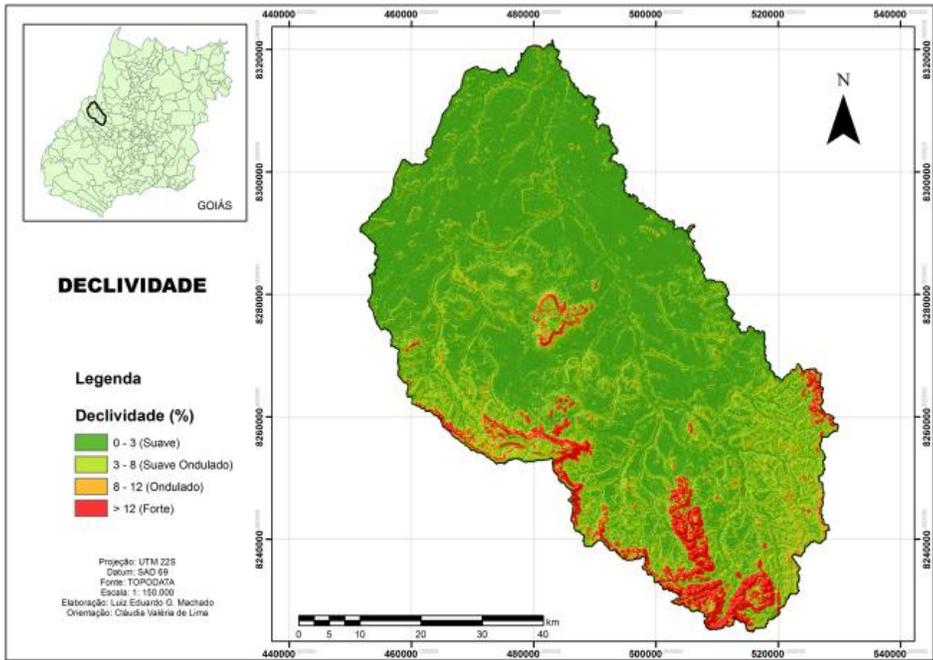
Os dados morfométricos de primeira ordem representados foram a altitude, a declividade e a orientação das vertentes. A observação dos dados de altimetria indica que mais de 75% da área da bacia do rio Água Limpa apresenta cotas inferiores a 350 metros, elucidando o desenvolvimento das superfícies de aplainamento e demonstrando o contexto regional da Depressão do Araguaia. Verificar a figura 03.

Os maiores valores de elevação, acima de 500 metros, associam-se aos morros residuais do Arco Magmático e do Complexo Alcalino e correspondem aos principais divisores de água da bacia, a exemplo da Serra do Impertinente, próximo à cidade de Jussara. Os menores valores (> 300 metros) representam 38% da bacia e englobam as planícies de inundação dos principais rios da bacia.

Quanto à declividade, verifica-se que mais de 90% da área da bacia do rio Água Limpa está limitada a 8% de declividade, fato que elucida a imensa área plana pouco inclinada da região (figura 04). O mapa de declividade realça os patamares acidentados associados aos morros residuais acima descritos, cuja declividade supera 8%. Naturalmente, os maiores declives localizam-se nos divisores de água, representados principalmente por rochas do Arco Magmático. Verifica-se que a classe Suave Ondulado (3-8%) concentra-se nas áreas dissecadas que margeiam os morros residuais.

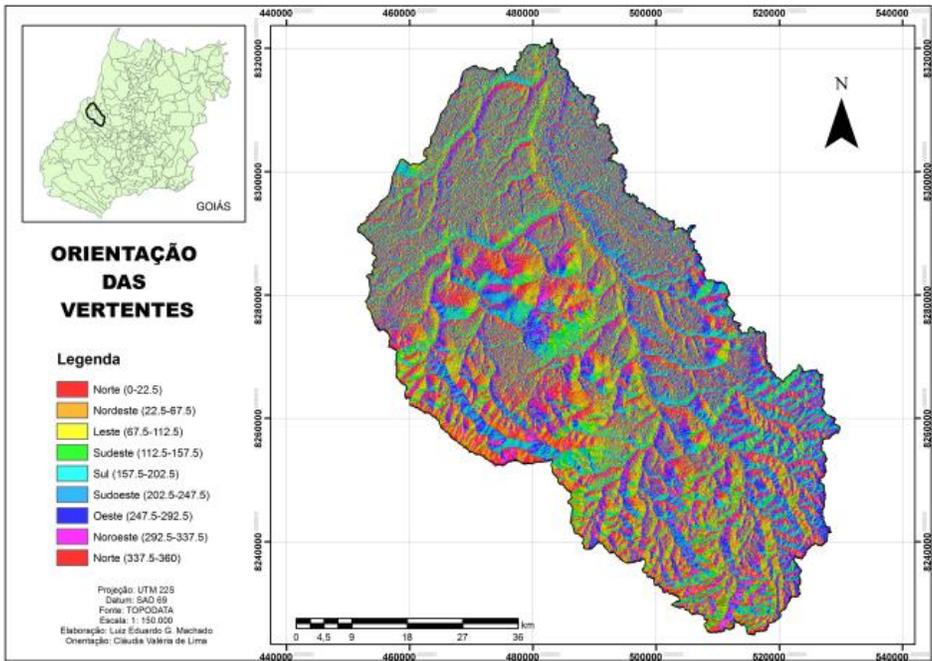


**Figura 03** - Mapa de altimetria da área de estudo.  
Fonte: elaborado pelos autores



**Figura 04** - Mapa de declividade da área de estudo.  
Fonte: elaborado pelos autores

Particularmente em áreas planas observa-se que a orientação das vertentes varia em padrão desorganizado, sugerindo uma extrema granulação da superfície. Isso acontece porque em relevos planos a determinação do padrão da orientação é difícil, uma vez que, nessa situação, o módulo da declividade é nulo ou quase nulo e a orientação das vertentes não determina um caminhamento esperado de escoamento. Todavia, a visão macro do padrão desorganizado facilita verificar e delimitar a ocorrência de relevos planos, assim como visualizado na figura 05.



**Figura 05** - Mapa de orientação das vertentes da área de estudo.  
Fonte: elaborado pelos autores.

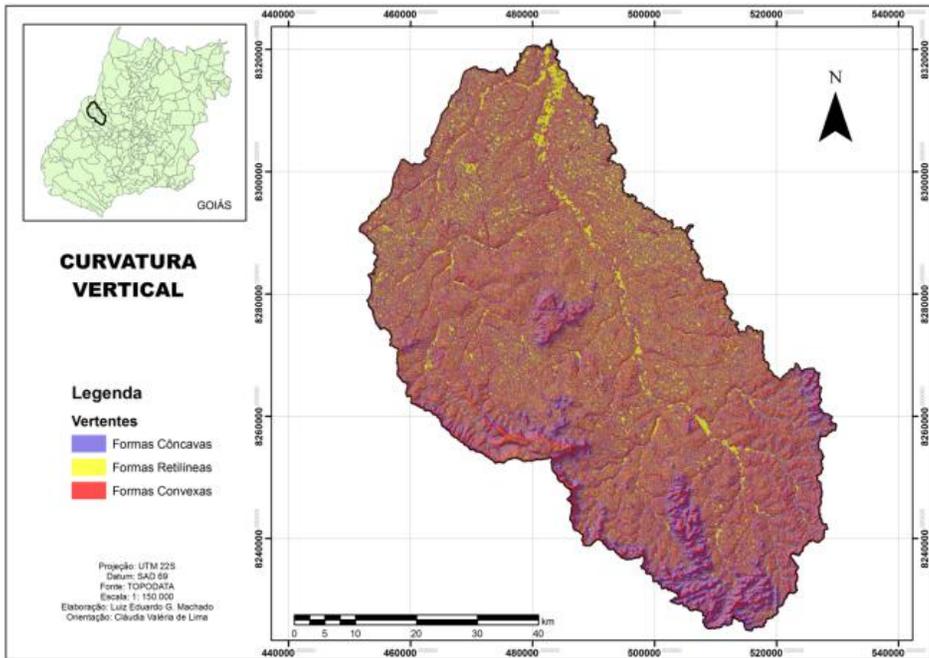
### Dados de segunda ordem

Os dados morfométricos de segunda ordem representados foram a curvatura vertical, a curvatura horizontal e as formas das vertentes.

A curvatura vertical expressa o formato da vertente quando observada em perfil. Refere-se ao caráter convexo/retilíneo/côncavo do terreno. Os estudos de compartimentação da topografia apontam a curvatura vertical das vertentes como uma das variáveis de alto poder de identificação de unidades homogêneas do relevo (DOOMKAMP; KING, 1971).

Na região dos morros residuais associados ao Arco Magmático e ao Complexo Alcalino, notadamente na Serra do Impertinente, verifica-se o domínio de formas côncavas das vertentes quando observadas verticalmente, fator que favorece a aceleração do fluxo e o processo de erosão (consequentemente dissecação acelerada). Estas formas bordejam os morros residuais, que também têm grande ocorrência de formas convexas, em concomitância com as formas côncavas, principalmente em seus topos. As áreas planas e as planícies fluviais são delimitadas de maneira bem evidente

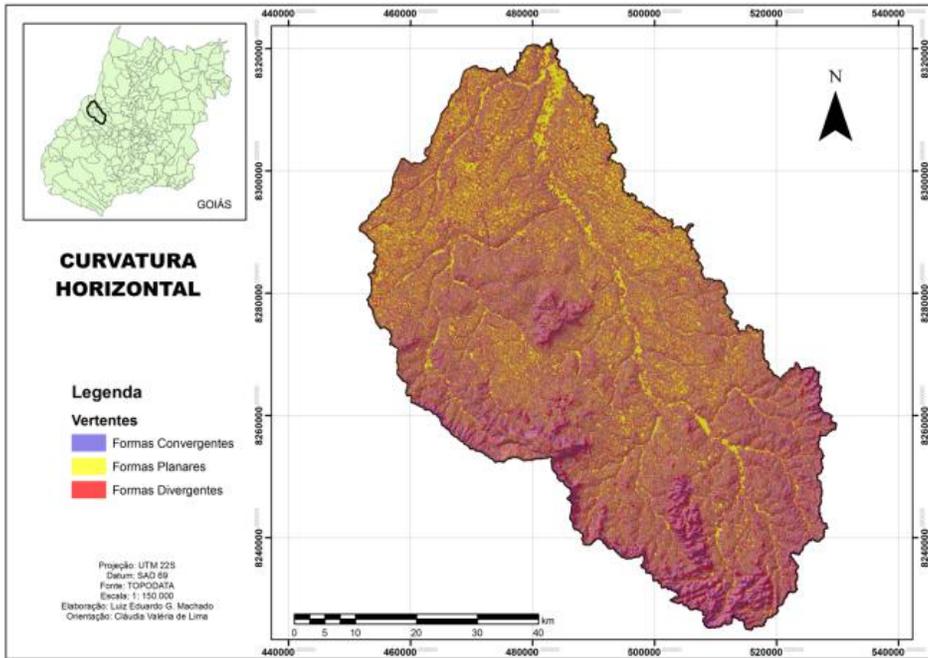
pelas formas retilíneas, indicando áreas de acumulação de sedimentos (figura 06).



**Figura 06** - Mapa de curvatura vertical da área de estudo.  
Fonte: elaborado pelos autores.

Verifica-se o domínio de formas divergentes das vertentes quando observadas horizontalmente, fator que favorece o processo de erosão. Estas formas estão presentes principalmente nos divisores de água associados ao Arco Magmático e ao Complexo Alcalino, constituindo frentes de dissecação. Verifica-se que os valores da curvatura horizontal são bastante semelhantes aos valores da curvatura vertical nessa porção do relevo, sendo que as áreas convergentes e divergentes dispõem-se intercaladas entre si, em curtas distâncias (figura 07).

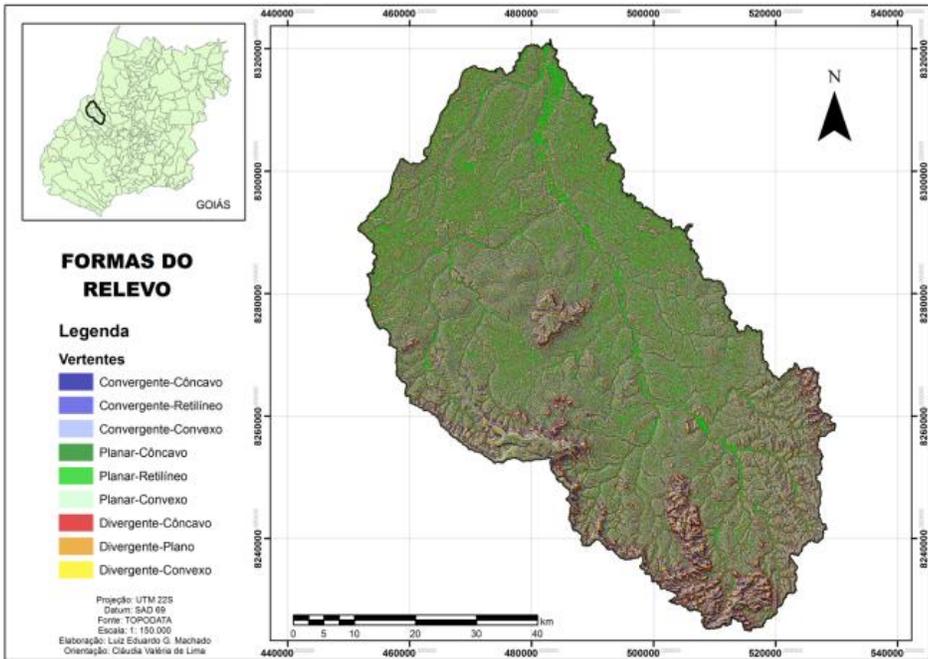
Assim como o observado na curvatura vertical, os patamares das superfícies de aplainamento e as planícies fluviais são delimitados de maneira bem evidente pelas formas planares, indicando áreas de acumulação de sedimentos.



**Figura 07** - Mapa de curvatura horizontal da área de estudo.  
Fonte: Elaborado pelos autores.

Da associação entre a curvatura plana e a curvatura do perfil das vertentes obtêm-se as formas do relevo, ou curvatura geral. Assim, pode-se, por meio da representação em um só mapa, fazer interpretações acerca da tendência de convergência ou divergência de fluxo, bem como da direção do mesmo (NUNES, 2011). As formas corroboram com as observações descritas anteriormente no que se refere às curvaturas (figura 08).

As formas Convergente/Côncava e Divergente/Convexa prevalecem nas partes mais movimentadas e elevadas do terreno da bacia, correspondendo aos morros residuais associados ao Arco Magmático e ao Complexo Alcalino (divisores de água, frente de dissecação). Tais formas são ditas extremas por apresentar máxima concentração e acúmulo do escoamento – forma Convergente/Côncava – e máxima dispersão do escoamento – forma Divergente/Convexa. Essa configuração favorece a convergência e divergência dos fluxos e, conseqüentemente, à erosão acelerada. Ao mesmo tempo, destaca-se a configuração Planar/Retilíneo nas planícies fluviais, favorecendo a formação de ambientes de acumulação, bem como em áreas aplainadas.



**Figura 08** - Mapa de formas do relevo da área de estudo.  
Fonte: elaborado pelos autores.

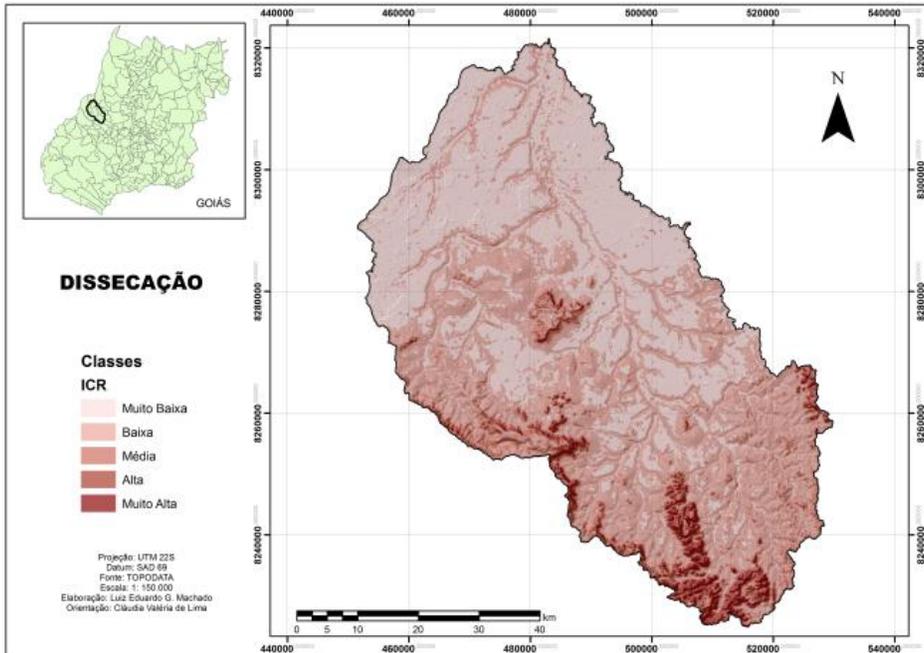
### Dados de terceira ordem

Os dados morfométricos e morfográficos de terceira ordem trabalhados e representados foram o índice de concentração de rugosidade (ICR), o índice de densidade de drenagem (IDD), e o sombreamento do relevo (*hillshade*). Através da integração desses dados com os de primeira e segunda ordem torna-se possível caracterizar os elementos morfológicos da área de estudo.

O ICR é uma ferramenta de análise espacial, permitindo a análise da dispersão ou concentração de um dado fenômeno no espaço, sendo neste caso analisado a declividade. O processo de geração do ICR se deu pela aplicação do estimador *Kernel*, sobre os valores de declividade, assim como o indicado por Sampaio (2008) e por Souza e Sampaio (2010). Foi necessária a transformação da matriz de declividade em um arquivo vetorial de pontos, onde cada ponto detém o valor da respectiva matriz de declividade.

Durante a etapa de aplicação do estimador *Kernel* dois parâmetros são exigidos e podem afetar os valores de ICR: a resolução da grade regular dos arquivos de entrada e saída (pixel) e o raio de abrangência do estimador *Kernel*.

A resolução do MDE TOPODATA utilizado é de 30 metros, e para o raio de abrangência diferentes valores foram utilizados, sendo encontrado como mais adequado o valor de 270 metros, ou 0,95 km<sup>2</sup>. O fatiamento da matriz resultante se deu segundo cinco classes de ICR, visualizado na figura 9, sendo: muito baixa (1); baixa (2); média (3); alta (4); muito alta (5).

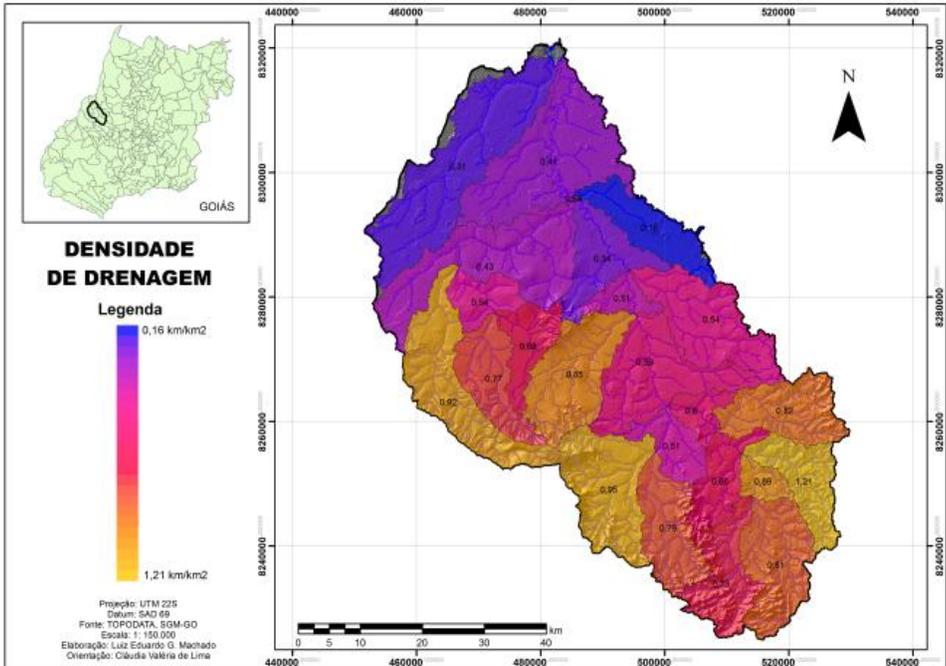


**Figura 9** - Mapa com as classes do ICR para a área de estudo.  
Fonte: elaborado pelo autores.

Verifica-se que mais de 87% da bacia apresenta dissecação ou concentração de rugosidade baixa ou muito baixa. Tais valores estão em associação com os compartimentos rebaixados e aplainados. Os valores mais altos do índice ocorrem nas encostas dos morros residuais, bem como nas rampas próximas às planícies fluviais dos principais rios.

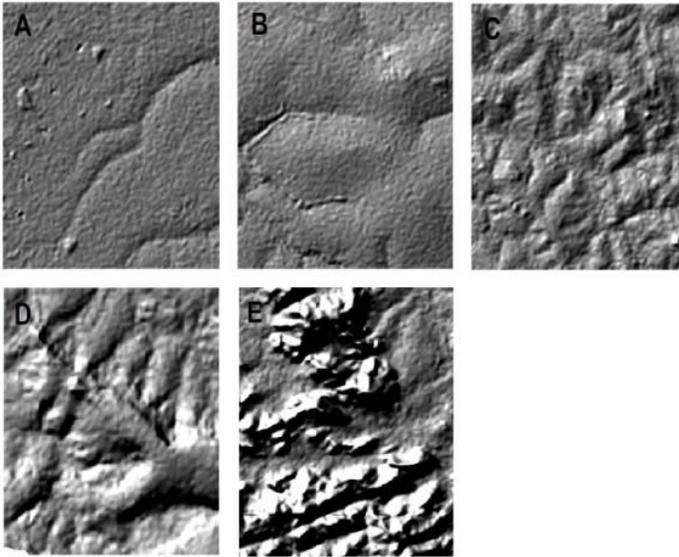
A densidade de drenagem representa um excelente indicativo para o mapeamento geomorfológico, pois reflete a influência da geologia, topografia, do solo e da vegetação da bacia hidrográfica, e está relacionado com o tempo de concentração ou tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia. É vista visto como a relação entre o comprimento total dos canais fluviais de uma sub-bacia e a área da sub-bacia.

Nesse trabalho a densidade de drenagem foi trabalhada para suas micro-bacias, apresentando um índice que varia de 0,16 a 1,21 km/km<sup>2</sup>. Com base no índice, percebe-se que os menores valores da IDD estão em áreas rebaixadas e aplainadas, com baixo declive e com cotas inferiores a 350 metros. Os maiores valores do índice acompanham as áreas com intensa dissecação, próximo às cabeceiras de drenagem e em relevos ondulados à forte ondulado (figura 10).



**Figura 10** - Mapa de densidade de drenagem da bacia do rio Água Limpa.  
Fonte: elaborado pelos autores.

A visualização do *hillshade* ou do sombreado do relevo, derivado do MDE, corrobora com a distribuição espacial dos valores de ICR, bem como com a configuração das curvaturas das vertentes. O realce do relevo através da simulação de diferentes geometrias de iluminação produzido pelo *hillshade* permite a identificação de feições estruturais, feições planares, áreas de serras e morros, bem como possibilita a identificação de padrões diferenciados de dissecação (figura 11).



**Figura 11.** Aspecto da textura no sombreamento do relevo (*hillshade*), indicando o grau de dissecção. A) Dissecção Muito Fraca; B) Dissecção Fraca; C) Dissecção Média; D) Dissecção Forte e E) Dissecção Muito Forte.  
Fonte: elaborado pelos autores.

### **Representação dos sistemas de relevo (morfografia)**

Levando em consideração a proposta taxonômica definida por Ross (1992) e o nível escalar de informação adotado no presente trabalho (1:150.000 para a base de dados e 1:400.000 para a representação cartográfica), o mapeamento de Unidades Geomorfológicas do relevo da bacia do rio Água Limpa foi definido com base nas áreas com parâmetros morfométricos semelhantes, classificando-se até o quarto nível taxonômico, sintetizados na tabela 01.

Os domínios morfoestruturais representam grandes conjuntos estruturais que geram arranjos regionais de relevo. A área de estudo apresenta como unidades morfoestruturais a Província Estrutural Tocantins e a Bacia Cenozóica do Bananal. Associam-se, respectivamente, duas unidades morfoesculturais: o Planalto Central Goiano e a Depressão do Araguaia, referente ao 2º táxon.

**Tabela 01.** Classificação taxonômica do relevo da bacia do rio Água Limpa.

<b>1° Táxon</b>	<b>2° Táxon</b>	<b>3° Táxon</b>	<b>4° Táxon</b>
Unidades Morfoestruturais	Unidades Morfoesculturais	Unidades Morfológicas	Formas Individualizadas
Província Estrutural Tocantins	Planalto Central Goiano	Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba	Formas Estruturais
Bacia do Bananal	Depressão do Araguaia	Depressão do rio Araguaia	Formas Denudacionais
			Formas Agradacionais

Fonte: elaborado pelos autores

O Planalto Central Goiano é associado às áreas de dobramentos e rejuvenescimentos da orogenia brasileira. Na bacia do rio Água Limpa, o Planalto Central Goiano compreende a unidade morfológica Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba. Trata-se do Arco Magmático de Goiás formado pela intrusão de corpos graníticos e granodioríticos, originando Formas Estruturais.

A unidade morfoescultural Depressão do Araguaia apresenta duas subunidades ou unidades morfológicas: a Depressão do rio Araguaia propriamente dita (contemplada na bacia) e a Planície do Bananal. A unidade morfológica Depressão do Araguaia possui tal denominação em função de seu posicionamento topográfico mais rebaixado em relação às demais unidades geomorfológicas circundantes. Trata-se de uma grande superfície de aplainamento degradada em consequência de mudanças do sistema morfogenético, onde observa-se diferentes graus de dissecação. Desenvolve-se sobre uma grande variedade de rochas pré-cambrianas que constituem o Arco Magmático de Goiás. Aparece frequentemente inumada por coberturas ferruginosas e depósitos aluvionares.

Grande parte da bacia do rio Água Limpa esta inserida no sistema de aplainamento da unidade morfológica da Depressão do rio Araguaia, também chamada de Superfície do Araguaia. A marcante individualização dessa superfície de aplainamento é dada pela sua posição central, pela regularidade das cotas altimétricas entre 200 e 400 metros que se mantém por toda a área,

pela magnitude da rede de drenagem comandada pelo rio Araguaia (regionalmente pelos rios Vermelho e Água Limpa), e pelas feições peculiares que apresenta. A Depressão do Araguaia é limitada por unidades mais elevadas, o que lhe confere o aspecto de um imenso corredor (BRASIL, 1981).

Com base nos produtos derivados do MDE TOPODATA e na metodologia apresentada, chegou-se ao 4º nível taxonômico (Formas Individualizadas). Foram delimitadas três formas de modelado, com a ocorrência de seis unidades geomorfológicas, as quais são brevemente descritas a seguir:

### **Formas Estruturais (E):**

**Serras e Morros (Esm)** - são representados pelos patamares do relevo superiores a 500 metros e declividades acima de 8%, notadamente montanhoso. Soma-se a alta densidade de drenagem ( $>0,72 \text{ km/km}^2$ ), a alternância entre formas convergentes/côncavas e divergentes/convexas (máxima concentração do escoamento e máxima dispersão do escoamento, respectivamente), índice de rugosidade muito alto e vertentes voltadas principalmente para o leste e oeste.

São Serras e Morros residuais, de topo parcial ou totalmente coincidente com a estrutura geológica, limitada por escarpas e retrabalhada por processos de etchplanação, e formando relevos residuais. Formam-se isolados na frente das escarpas, entalhadas à medida que a erosão avança. São remanescentes de litologias menos friáveis, muitas vezes com um forte controle estrutural, que foram preservadas à medida que as superfícies de aplainamento evoluíam com tendência recuante, notadamente pelas rochas do Complexo Alcalino e do Arco Magmático. A relação tipo de solo-vegetação também é outra característica marcante da unidade: ocorrência de Cerrado tipo Rupestre, Cerrado Típico e Cerrado Limpo sobre Neossolos Litólicos.

### **Formas Denudacionais (D):**

**Superfície de Aplainamento I (Dsa I)** - compreende superfície aplainada que se desenvolve margeando as Serras e Morros, diferenciando-se das outras superfícies de aplainamento pelo alto índice de densidade de drenagem, pelo grande número de canais de primeira ordem e pela dissecação mais intensa do relevo. A Dsa I encontra-se escalonada em patamares mais elevados entre as superfícies aplainadas mapeadas e está delimitada pelas quebras acentuadas do relevo, constituindo frentes de erosão recuante, como o indicado por Goiás (2006).

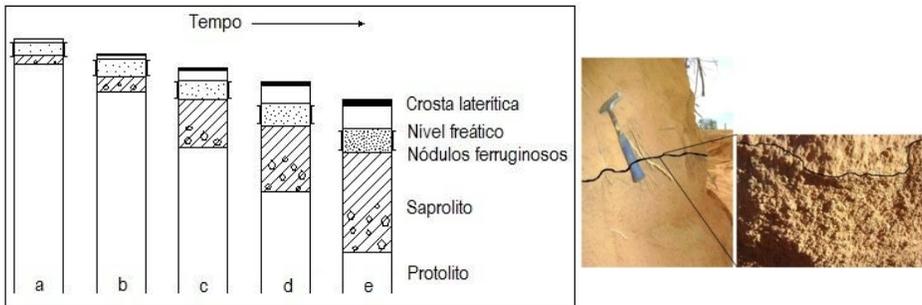
A unidade apresenta altitudes entre 350 a 450 metros, declives entre 3 e 8%, vertentes orientadas principalmente para oeste e formas predominantemente convergentes/côncavas. O índice de rugosidade indica dissecação média a alta. A vegetação predominante é do tipo Cerrado Típico desenvolvido sobre sedimentos da Formação Araguaia e sobre solos do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo.

**Superfície de Aplainamento II (Dsa II)** - situada entre 300 e 350 metros e declives inferiores a 8%, caracterizando relevo suave ondulado, a unidade é sustentada por sedimentos laterizados e ferruginosos. Suas extensas vertentes voltam-se em sua maior parte para sudeste/oeste e apresentam formas predominantemente convergentes/côncavas, divergentes/convexas e retilíneas/planares. A dissecação é considerada baixa, visto o ICR e o *hillshade*, enquanto a densidade de drenagem é média. A relação classe de solo/tipo de vegetação revela Savana Florestada (Cerradão) sobre Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo.

Uma importante característica dessa superfície é a ocorrência de nódulos ferruginosos endurecidos em meio aos sedimentos da Formação Araguaia. Esses materiais endurecidos sustentam a Dsa II, garantem sua estabilidade na paisagem e sua posição intermediária entre as superfícies de aplainamento mapeadas. Tais materiais estão sendo desmantelados no clima atual e são geralmente expostos em remanescentes fragmentados na Dsa II na forma de uma cobertura, disseminados em blocos ou concentrados em locais mais profundos do regolito, formando perfis ferruginosos.

Em regiões tropicais, como é o caso da Depressão do Araguaia, o manto de alteração tem degradação química acelerada devido à contundência dos processos intempéricos - altas temperaturas e precipitação. A presença de Latossolo Vermelho garante o mecanismo de separação das argilas dos oxihidróxidos de ferro, levando a formação de níveis concrecionados ferruginosos.

A formação de tais perfis é favorecida durante as fases de aplainamento de ciclos geomorfológicos pretéritos, principalmente na zona de flutuação do nível freático (PORTO, 1996). A alternância entre condições mais e menos oxidantes favorecem sucessivas remobilizações do ferro. Com o gradual rebaixamento da superfície ao longo do tempo, o ferro se acumula residualmente formando crostas ou nódulos espaçados (figura 12).



**Figura 12.** Formação do perfil ferruginoso com o rebaixamento da superfície.  
Fonte: modificado de Porto (1996).

**Superfície de Aplainamento III (Dsa III)** - situada em altitudes inferiores a 300 metros e declives menores que 3%, a unidade Das III apresenta relevo muito plano e domínio de regolitos arenosos e profundos. Trabalhada por processos de etchplanação, a unidade é sustentada por sedimentos da Formação Araguaia, formando profundo pacote sedimentar. A drenagem é pouco aprofundada e as vertentes são essencialmente amplas. O sistema fluvio-lacustre desenvolve-se em meio à Superfície de Aplainamento III.

Não existe predomínio na orientação das vertentes devido ao marcante padrão desorganizado observado nas mesmas. As formas, em contrapartida, são predominantemente retilíneas/planares. A dissecação é considerada muito baixa, assim como densidade de drenagem. Verifica-se a ocorrência de Savana Florestada (Cerradão) sobre Latossolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Quartzarênico e o domínio da pecuária extensiva.

### **Formas Agradacionais (A):**

**Planícies e Terraços Fluviais (Apf)** - A unidade desenvolve-se nas planícies de inundação dos principais rios da bacia, notadamente na porção final do curso do rio Água Limpa e do ribeirão Samambaia. As Planícies e os Terraços apresentam relevo plano, com cotas altimétricas inferiores a 300 metros e declives abaixo de 3%. A deposição fluvial ao longo dos canais originou no passado geomorfológico planícies e terraços que compreendem acumulações de sedimentos de calha e de planície de inundação, compostos por areias finas a grossas, cascalhos e lentes de material silto-argiloso e turfa.

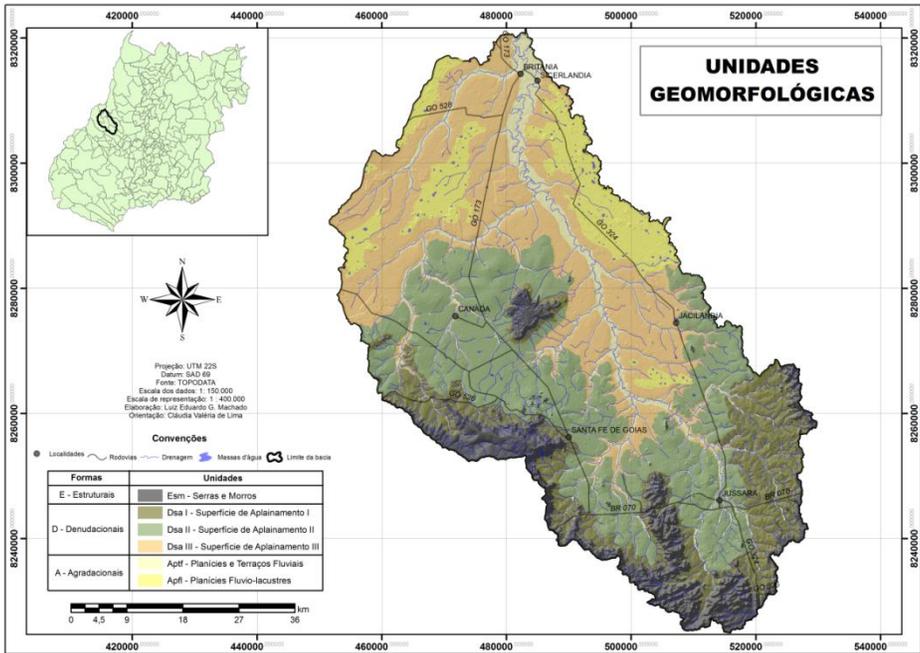
Percebe-se o predomínio de formas planares/retilíneas nas vertentes que compõem a unidade, índice de rugosidade muito baixo e vertentes voltadas principalmente para o leste e oeste. A relação solo/vegetação indica o predomínio da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial sobre Gleissolos. O grau de entalhamento fluvial da unidade é facilmente verificado através da visualização do *hillshade*.

**Planícies Fluviolacustres (Apfl)** - A unidade é formada pelo mosaico de lagos naturais e arredondados em relevo muito plano, na porção inferior da bacia, com declives inferiores a 8% e altitudes inferiores a 350 metros. Os lagos ocorrem em concomitância com regiões de Savana Parque, com a comum associação de murundus - agrupamento de árvores em pequenas elevações do terreno, em meio a áreas inundáveis. A unidade desenvolve-se sobre sedimentos da Formação Araguaia e sobre Latossolos Vermelho-Amarelo.

Quanto à orientação das vertentes, verifica-se que, por se tratar de áreas muito planas, esta varia em padrão desorganizado, sugerindo uma extrema granulação da superfície e indicando que não existe um caminhamento esperado do escoamento superficial, fato que corrobora com o desenvolvimento dos lagos. Quanto às formas das vertentes, estas são marcadamente do tipo Planares/Retilíneas nesse ambiente de acumulação.

A disposição e evolução dos lagos são relacionadas com os sistemas de fraturas das rochas do embasamento cristalino, e ao comportamento hidrológico diferenciado do saprólito que produz fenômenos pseudo-cársticos por dissolução e mobilização de detritos de granulometria fina. Os lagos apresentam, em geral, formas arredondadas e pequenas dimensões (algumas dezenas de metros), podendo atingir até 150 m.

O mapeamento das Unidades Geomorfológicas da bacia do rio Água Limpa (figura 13) é apresentado a seguir e ilustrado por imagens das unidades (figura 14):



**Figura 13.** Mapa de Unidades Geomorfológicas da bacia do rio Água Limpa (GO).  
Fonte: elaborado pelos autores.

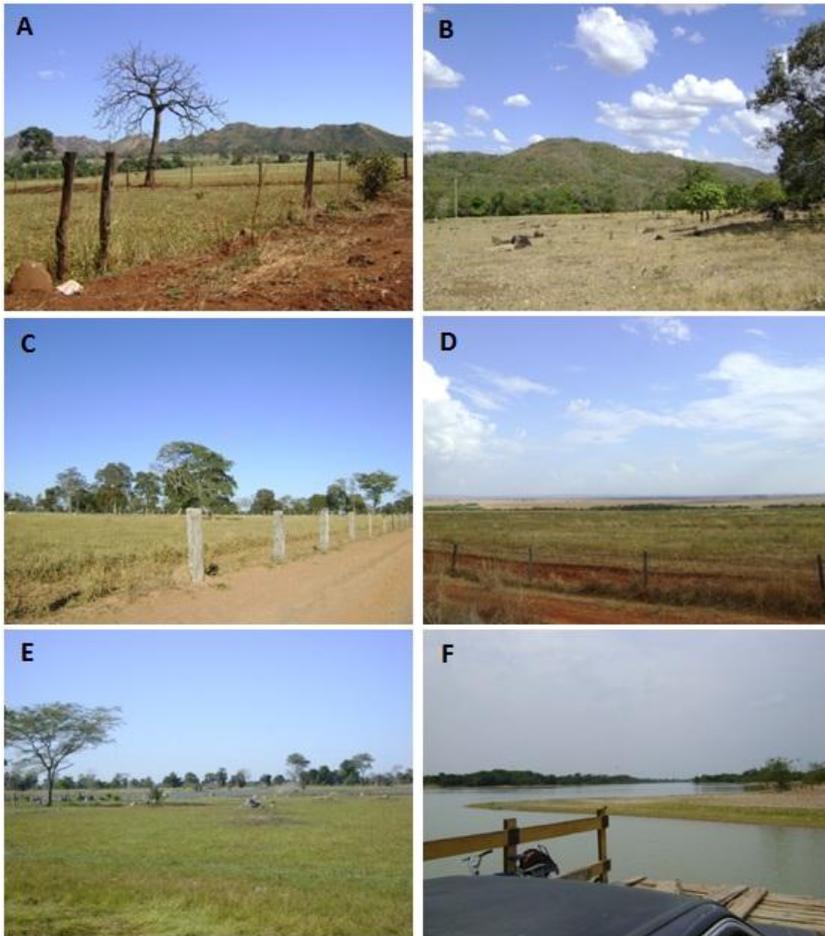
### Considerações finais

O trabalho realizado alcançou com sucesso os objetivos propostos, permitindo o mapeamento e a caracterização geomorfológica da área em questão, além de contribuir metodologicamente para estudos dessa natureza. Os dados aqui gerados auxiliam na caracterização dos ambientes da região da bacia do rio Água Limpa e no entendimento da dinâmica de aplainamento da Superfície do Araguaia.

O caminho metodológico adotado permitiu representar de forma digital as variáveis morfométricas eleitas, possibilitando a modelagem geomorfológica da bacia em ambiente SIG. A metodologia mostrou-se eficaz e adequada na obtenção de informações sobre os componentes da paisagem, sendo de grande relevância nos estudos geomorfológicos.

Para Florenzano (2008), a inserção das variáveis morfométricas em estudos multidisciplinares poderá promover o desenvolvimento de novos modelos e importantes avanços na aplicação daqueles existentes e tal avanço permite o uso de métodos paramétricos de análise de paisagem, para fornecer

uma base mais objetiva e padronizada para a identificação de sistemas terrestres.



**Figura 14.** Imagens das unidades do relevo. Esm (A); Dsa I (B); Dsa II (C); Dsa III (D); Apfl (E); Apf (F).

Fonte: acervo dos autores.

Verificou-se que a distribuição espacial dos valores numéricos de altimetria, declividade, orientação das vertentes, curvaturas verticais e horizontais, formas do relevo, índice de concentração de rugosidade, densidade de drenagem e sombreamento do relevo apresentaram distribuições de frequência distintas entre as diferentes condições de relevo e mostraram-se coerentes com o conhecimento prévio da área de estudo. Áreas de relevo

semelhantes mostraram padrões semelhantes dos elementos citados, fato que proporcionou o mapeamento geomorfológico.

A orientação de vertentes compõe, com a declividade, a geometria de exposição da superfície do terreno e determina um caminhamento esperado do escoamento, ou as linhas de fluxo (VALERIANO, 2008). Devido à sua estreita associação com processos de transporte gravitacional e com processos hidrológicos, as duas variáveis são essenciais para a segmentação de compartimentos geomorfológicos. Os canais de drenagem, os divisores de água e as regiões planas podem ser definidos em função do arranjo local de diferentes orientações e declives, o que fica prontamente visível na representação das variáveis.

O cálculo do desnivelamento altimétrico efetuado pela diferença entre a curva de nível de valor mais elevado pelo valor mais baixo de determinada porção do relevo é outro fator relevante para classificação geomorfológica. Exemplo é a delimitação de Serras e Morros isolados (associados às outras variáveis) onde o contorno da unidade é extraído da curva de nível que delimita a ruptura de declive entre as encostas dessas feições e as áreas planas.

As formas de perfil e plano de curvatura das encostas influenciam grandemente na distribuição lateral dos processos pedológicos, hidrológicos e geomorfológicos. Segundo Pennock et al. (1987), essas variáveis têm sido relacionada principalmente ao controle que as formas côncavas e convexas exercem sobre a distribuição de águas e materiais solúveis das partes mais elevadas para as mais baixas.

A curvatura horizontal interfere na intensidade dos processos de migração e acúmulo de água, minerais e matéria orgânica no solo através da superfície, proporcionados pela gravidade. Analogamente à curvatura vertical, desempenha papel importante sobre o balanço hídrico e o equilíbrio entre os processos de pedogênese e morfogênese (VALERIANO, 2003). A distribuição espacial das curvaturas vertical e horizontal apresenta uma organização estruturada de tal forma que é possível a percepção de feições variadas.

O ICR mostrou-se metodologicamente eficaz para auxiliar no mapeamento geomorfológico, uma vez que possibilita que os níveis de dissecação do relevo sejam mapeados de maneira uniforme em toda a área, corroborados pela visualização no *hillshade*.

A distribuição espacial dos valores de densidade de drenagem apresenta significativa correlação espacial com as estruturas do relevo. Além disso, a densidade de drenagem também reflete o comportamento do escoamento e permite até mesmo avaliar os níveis de equilíbrio ambiental da paisagem.

## Referências

ALMEIDA, F.F.M. et al. **Províncias estruturais brasileiras**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, 1977, Campina Grande, Atas. Campina Grande: SBG, p. 363-391, 1977.

ANA (Agência Nacional de Águas). **Séries históricas das Estações Fluviométricas 25130000 e 25140000**. Disponível em: [www.ana.gov.br/hidroweb](http://www.ana.gov.br/hidroweb). Acesso em: 13 de março de 2012.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD. 22 GOIÁS. **Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Página 323. Volume 25. Rio de Janeiro, RJ. 1981.

CASSETI, Valter. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/>. Acesso em: 05 de junho de 2012.

DEMEK, J. **Generalization of geomorphological maps**. In: DEMEK, J (ed.) Progress made in geomorphological mapping. Berna, IGU. Commission on Applied Geomorphology, 35-66, 1967.

DOOMKAMP, J. C; KING, C. A. M. **Numerical analysis in Geomorphology: An Introduction**. London: Edward Arnold Ltda., 1971. 372p.

FLORENZANO, Teresa. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Geomorfologia do Estado de Goiás e do Distrito Federal**. Por LATRUBESSE, E. M; CARVALHO, T. M. Goiânia, GO. 2006.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Geologia do Estado de Goiás e do Distrito Federal**. Por MOREIRA, Maria Luiza Osório; et al. Goiânia, GO. 2008.

GROHMANN, C. H; RICCOMINI, C; STEINER, S. S. Aplicações dos modelos de elevação SRTM em Geomorfologia. **Revista Geográfica Acadêmica**. Volume 2, número 2. 73-83. 2008.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antônio Teixeira Junior. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. p.648. 1997.

HERMUCHE, Potira Meirelles; et al. **Processamento Digital de Imagens Morfométricas para Subsidiar o Mapeamento Pedológico**. ANAIS XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, INPE, p. 123-130, Belo Horizonte, Brasil, 05-10 abril 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 92p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Diagnostico Ambiental da bacia do Rio Araguaia – Trecho Barra do Garças (MT) – Luís Alves (GO)**. Por DEL' ARCO, Jeferson Oliveira, et al. Goiânia. 1999. Disponível em: [http://200.101.121.204/publicacoes/diag\\_aval/diag\\_amb\\_bacia\\_araguaia.pdf](http://200.101.121.204/publicacoes/diag_aval/diag_amb_bacia_araguaia.pdf). Acesso em: 15 de junho de 2009.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados de clima e pluviosidade**. 1990. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em 10/10/2009.

MACHADO, Luiz Eduardo Giacomolli.; LIMA, Claudia Valeria. **Análise do processo de ocupação e uso atual do solo da bacia hidrográfica do Rio Vermelho (GO) utilizando imagens LANDSAT 5 TM**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Curitiba-PR. p.6719 – 6726. 2011.

NUNES, Elizon Dias. **Ensaio sobre modelagem de bacia hidrográfica no contexto dos sistemas dinâmicos - Ribeirão Lajeado – Goiânia – GO**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Goiás – UFG. 2011.

PAREDES, E. A. **Sistema de Informação Geográfica**. São Paulo, Érica, 1ª edição, p. 1- 95. 1994.

PENNOCK, D. J.; ZEBARTH, B. J.; DE JONG, E. Landform classification and soil distribution in hummocky terrain, Saskatchewan, Canada. **Geoderma**, v. 40, p.297-315, 1987.

PORTO, Claudio Gerheim. **Intemperismo em regiões tropicais**. In: Guerra, A. J., Cunha, S.B. (orgs) Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.372.1996.

ROSS, Jurandy. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista Geografia**. São Paulo, IG-USP, 1992.

SAMPAIO, Tony Vinicius Moreira. **Índice de Concentração de Rugosidade (ICR): uma proposta para o mapeamento morfométrico via emprego de Geotecnologias.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. VIÇOSA-MG, 2009. Disponível em:

[http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo1/094.pdf](http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo1/094.pdf) Acesso em 05 jun 2012.

SCHIMIDT, J. & DIKAU, R. **Extracting geomorphometric attributes and objects from digital elevation models – Semantics, methods, future needs.** GIS for Earth Surface Systems – Analysis and Modeling of the Natural Environment. Dikau, R. & Saurer, H. Borntraeger, (eds.). Stuttgart, p.197.1999.

SILVA, Thallita Isabela; RODRIGUES, Silvio Carlos. Tutorial de Cartografia Geomorfológica. Manuais Técnicos – **Revista Geográfica Acadêmica**, v.3, n.2. 2009.

SOUZA, Luiz Humberto de Freitas. **Representação gráfica de feições lineares do relevo: proposta de aplicação de simbologia linear digital na cartografia geomorfológica.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG – 2006.

SOUZA, Lázaro Filipe de; SAMPAIO, Tony Vinicius Moreira. **Aplicação do índice de concentração da rugosidade à identificação de classes de dissecação do relevo: uma proposta de quantificação e automatização em ambiente SIG.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO. Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010.

VALENTE, Cidney Rodrigues. **Controles físicos na evolução das unidades geoambientais da bacia do rio Araguaia, Brasil Central.** Tese de doutorado em Ciências Ambientais. UFG. Goiânia-GO. 2007.

VALERIANO, Márcio de Morisson. **Modelo Digital de Elevação com dados SRTM disponíveis para a America do Sul.** INPE. São José dos Campos, SP. 2004. Disponível em [www.inpe.br/documentos](http://www.inpe.br/documentos). Acesso em 21/09/2009.

VALERIANO, Márcio de Morisson. **TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfológicos locais.** INPE. São José dos Campos, SP. 2008. Disponível em:

<http://mtcm18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtcm18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>. Acesso em 13/03/2011.

**VALERIANO, Márcio de Morrison. Curvatura vertical de Modelos Digitais de Elevação. Anais XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Belo Horizonte, Brasil, INPE, p. 409-411, 05-10 abril 2003.**

---

**Luiz Eduardo Giacomolli Machado**

Analista Ambiental da Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado de Goiás - SEMARH-GO.

Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Goiás.

11ª avenida, nº 1.272, Setor Leste Universitário – Goiânia-GO

luizeduardo\_machado@hotmail.com

**Claudia Valéria de Lima**

Graduada e Doutora em Geologia pela Universidade de Brasília. Mestre em Geociências pela Universidade Estadual de Campinas.

Professora do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás.

claudia@iesa.ufg.br

---

Recebido para publicação em setembro de 2012

Aprovado para publicação em maio de 2013