SEDUMO

DIRETRIZ TÉCNICA Nº 05

Metodologia para a delimitação de APP de topo de morro

I. OBJETIVO

Deliberar sobre os princípios técnicos a serem observados para a definição da aplicabilidade do atributo de Área de Preservação Permanente (APP) para os casos elencados nos incisos IX, do Artigo 4º, da Lei Federal Nº 12.651/2012 (topos de morros, montes, montanhas e serras) e LV, do Artigo 28-A, da Lei Estadual 14.675/209.

II. ANÁLISE

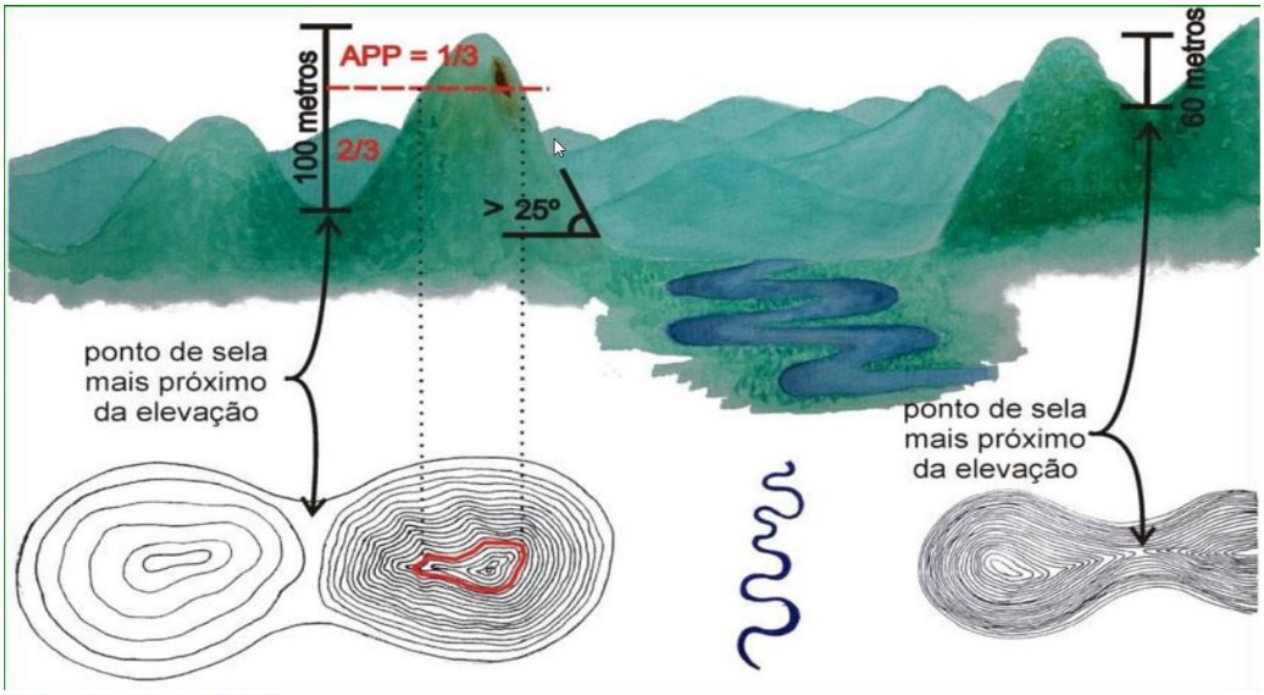
Ao longo desta informação técnica, serão elencados os aspectos relacionados às legislações federal e estadual, no âmbito das áreas de preservação permanente (APP) em topo de morros, montes, montanhas e serras. Salienta-se que ainda são raras as definições e métodos para os cálculos de tão complexa matéria, restringindo-se a alguns poucos artigos científicos e definições por parte dos órgãos competentes. A Lei Federal n° 12.651/2012, define a área de preservação permanente (APP), em seu inciso IX, artigo 4°, como:

> *IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25º, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação (BRASIL, 2012).*

Portanto, entende-se que há dois aspectos principais a serem considerados no cômputo deste tipo de APP: aquele que possui a base para os cálculos de altura e declividade média definidas pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d´água adjacente e aquele em que a sua base é definida pelo ponto de sela.

O ponto de sela mais próximo pode ser definido como a inflexão mais próxima do cume, onde a declividade é zero (Figura 1), representando um rebaixamento entre duas elevações. Subentende-se que o termo "mais próximo", evidenciado na legislação, tenha referência na proximidade vertical (amplitude) e não na horizontal.

Figura 1. Representação do ponto de sela mais próximo



Fonte: São Paulo (2018).

Para que seja possível a definição sobre o termo “relevos ondulados”, utilizado como um dos critérios para definir a base de cálculo, buscou-se como referência o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que define em seu Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015), as fases de relevo e sua caracterização por meio da declividade:

> **Plano** - superfície de topografia lisa ou horizontal. Os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades sempre inferiores a 3% (...)
> **Suave Ondulado** - superfície de topografia ligeiramente movimentada, constituída por conjunto de pequenas colinas ou outeiros, ou sucessão de pequenos vales pouco encaixados (rasos), configurando pendentes ou encostas com declives entre 3 até 8% (...)
> **Ondulado** - superfície de topografia relativamente movimentada, constituída por conjunto de medianas colinas e outeiros, ou por interflúvios de pendentes curtas, formadas por vales encaixados, configurando em todos os casos pendentes ou encostas com declives maiores que 8% até 20% (...)
> **Forte Ondulado** - superfície de topografia movimentada, com desníveis fortes, formada por conjunto de outeiros ou morros, ou por superfície entrecortada por vales profundos, configurando encostas ou pendentes com declives maiores que 20 até 45% (...)
> **Montanhoso** - superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes ou muito fortes, predominantemente maiores de 45 até 75% (...)
> **Escarpado** - áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes, usualmente ultrapassando 75%, tais como: aparados, itaimbés, frentes de cuestas, falésias e vertentes de declives muito fortes (...) (IBGE, 2015).

A mesma referência às classes ou fases de declividade foi definida e publicada pela EMBRAPA, no ano de 1979 (REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 1979).

O conceito de relevo ondulado, necessário para a interpretação do texto legal, é definido na Lei 12.651/2012, em seu artigo 3°, inciso XXIII:

> XXIII - relevo ondulado: expressão geomorfológica usada para designar área caracterizada por movimentações do terreno que geram depressões, cuja intensidade permite sua classificação como relevo suave ondulado, ondulado, fortemente ondulado e montanhoso (BRASIL, 2012).

E na Lei Estadual 14.675/2009, em seu artigo 28-A, inciso LV:

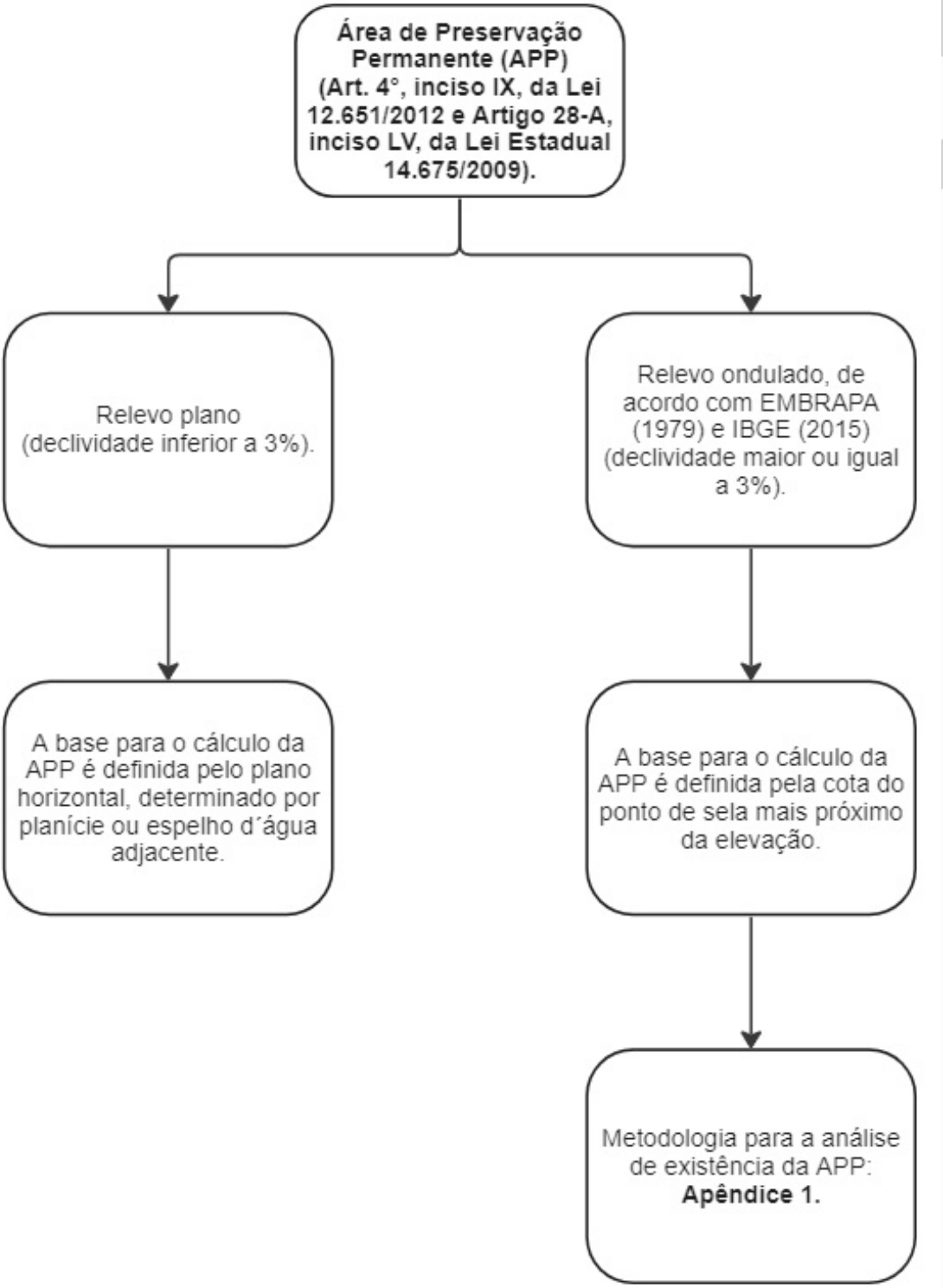
> LV – Relevo ondulado: expressão geomorfológica usada para designar área caracterizada por movimentações do terreno que geram depressões, cuja intensidade permite sua classificação como relevo suave ondulado, ondulado, fortemente ondulado e montanhoso (SANTA CATARINA, 2009).

Há que se considerar a deficiência de metodologias para o cálculo de áreas de preservação permanente objeto desta análise, além da subjetividade em partes do texto legal. Ainda assim, esta informação técnica tem a intenção de apresentar e sugerir uma metodologia para a análise de áreas em que a base se dá pelo ponto de sela mais próximo (Apêndice 1), de maneira simplificada e acessível.

É possível a execução de outra metodologia que permite a análise da existência de APP em extensas áreas. No entanto, neste caso, serão necessários conceitos específicos sobre computação e banco de dados para a execução automatizada da análise1 . Sobre os casos em que a determinação da área de preservação permanente é baseada na planície ou espelho d´água adjacente, sugere-se uma análise em específico, considerando que a determinação de uma possível área de restrição ambiental, nestes casos, seria relativamente de menor complexidade.

Com base nas informações apresentadas, é possível constatar que uma fração considerável de APP foi reduzida após a transição da Lei Federal 4.771/65 para a 12.651/12. Deste modo, é essencial destacar a importância de outros instrumentos para a preservação ambiental em áreas onde a proteção não é atendida pela legislação, como o plano diretor municipal, a setorização de locais com riscos geológicos e a delimitação dos demais tipos de APP previstos nas legislações federal, estadual e municipal.

RASCUNHO



III. CONCLUSÃO

De acordo com a Lei Federal 12.651/12, Lei Estadual 14.675/09 e os conceitos apontados pelo IBGE e a EMBRAPA, conclui-se que a metodologia a ser utilizada para a determinação da base de cálculo da altura declividade é a do ponto de sela mais próximo para os casos em que a fase do relevo possui configuração igual ou acima de 3% de declividade. Sugere-se, ainda, uma metodologia apresentada no Apêndice 1 para a análise e delimitação de APPs tratada no inciso IX, do artigo 4°, da Lei Federal 12.651/12.

RASCUNHO

IV. EQUIPE TÉCNICA

ANDERSON BIANCINI DA SILVA
Geólogo

CELINA CENNI DE CASTRO MAGALHÃES
Geóloga

DIEGO HEMKEMEIER SILVA
Engenheiro Agrônomo

LUIS PAULO LORENZON
Engenheiro Florestal

MARCELO DALPIAZ DAGOSTIM
Engenheiro Agrônomo

MATHEUS MOLLERI SPECK
Geógrafo

V. REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF (2012). http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm, consultado em setembro de 2014.

REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10., 1979, Rio de Janeiro.**Súmula da X Reunião Técnica de Levantamento de Solos [...]**. Rio de Janeiro: [s. n.], 1979. 83 p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212100/1/SNLCS-Miscelania-1-1979.pdf. Acesso em: 1 nov. 2023

IBGE (2015) Manual Técnico de Pedologia 3ª edição. Série Manuais Técnicos do IBGE, nº. 4. Rio de Janeiro: FIBGE, 428 p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95017.pdf. Acesso em: 16 out.2023

QGIS.ORG. **QGIS Geographic Information System**. 3.32.3. [S. l.]: QGIs.org, 2023. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html. Acesso em: 27 out. 2023.

SANTA CATARINA (Estado). Lei nº 14675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Florianópolis, SC, Disponível em: http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2009/14675_2009_lei_c.html. Acesso em: 02 out. 2023

SANTA CATARINA. Estado de Santa Catarina. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Modelo Digital do Terreno (MDT) do Estado de Santa Catarina**. 2010. Disponível em: https://sigsc.sc.gov.br/1_Metadados_Matriciais_v1.pdf. Acesso em: 02 out. 2023.

SÃO PAULO. GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO.**Manual de Orientações para a Inscrição no Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SiCAR-SP) e Adequação Ambiental de imóveis rurais do Estado de São Paulo**. 2018. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/sicar/2019/01/4-mapaexplicacoes-sobre-as-areas.pdf. Acesso em: 01 nov. 2023.

RASCUNHO

APÊNDICE 1

Os tópicos a seguir têm por objetivo orientar a análise para identificação de Área de Preservação Permanente, segundo os incisos IX, do Artigo 4º, da Lei Federal 12.651/2012 (topos de morros, montes, montanhas e serras) e LV, do Artigo 28-A, da Lei Estadual 14.675/2009.

A metodologia exposta neste apêndice permite a análise pontual de áreas. No entanto, caso seja necessário o cálculo de extensas regiões, há a possibilidade de aplicação de métodos computacionais que permitam a abrangência para grandes territórios, com a instalação de banco de dados e scripts específicos. Se este for o caso, consulte a GERIN/IMA para maiores informações.

Premissas/parâmetros mínimos para a realização da análise:

- Programa computacional: QGIS (QGIS, 2023), versão 3.32.3;
- Modelo digital de terreno a ser utilizado: Modelo Digital de Terreno (MDT) do Estado de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2010) ou outro com nível de detalhamento maior (escala maior). Os dados estão disponíveis no portal https://sigsc.sc.gov.br/download/index.jsp e os metadados em https://sigsc.sc.gov.br/1_Metadados_Matriciais_v1.pdf;
- O resultado obtido possuirá a escala de 1:10.000;
- No texto, o símbolo “>” precedido ou sucedido de uma palavra, indica o caminho a ser seguido para encontrar uma ferramenta ou executar uma ação no aplicativo QGIS. Exemplo: a expressão **Raster** > **Miscelânia** > **Mosaico** indica que é necessário acessar o menu **Raster** do QGIS, em seguida a opção **Miscelânia** e, depois, a opção **Mosaico**.

RASCUNHO

Etapa 1. Obter os modelos digitais de terreno (MDT) a partir do site indicado, executar o aplicativo QGIS e, em seguida, adicionar os arquivos do Modelo Digital de Terreno (MDT) no projeto. Caso o local de interesse esteja entre dois arquivos ou mais, é necessário mesclá-los para que seja possível a realização da análise. Neste caso, realizar o Etapa 1.1.

Etapa 1.1. Localizar a ferramenta Mosaico, do aplicativo QGIS. Acessar o menu Raster > Miscelânia > Mosaico. Escolher as imagens para a realização do mosaico, definindo os parâmetros conforme a Figura 1. A Figura 2 apresenta os arquivos raster (MDT) de antes (a) e depois do procedimento (b).

Figura 1. Ferramenta Mosaico e parâmetros para a junção de MDTs no QGIS.

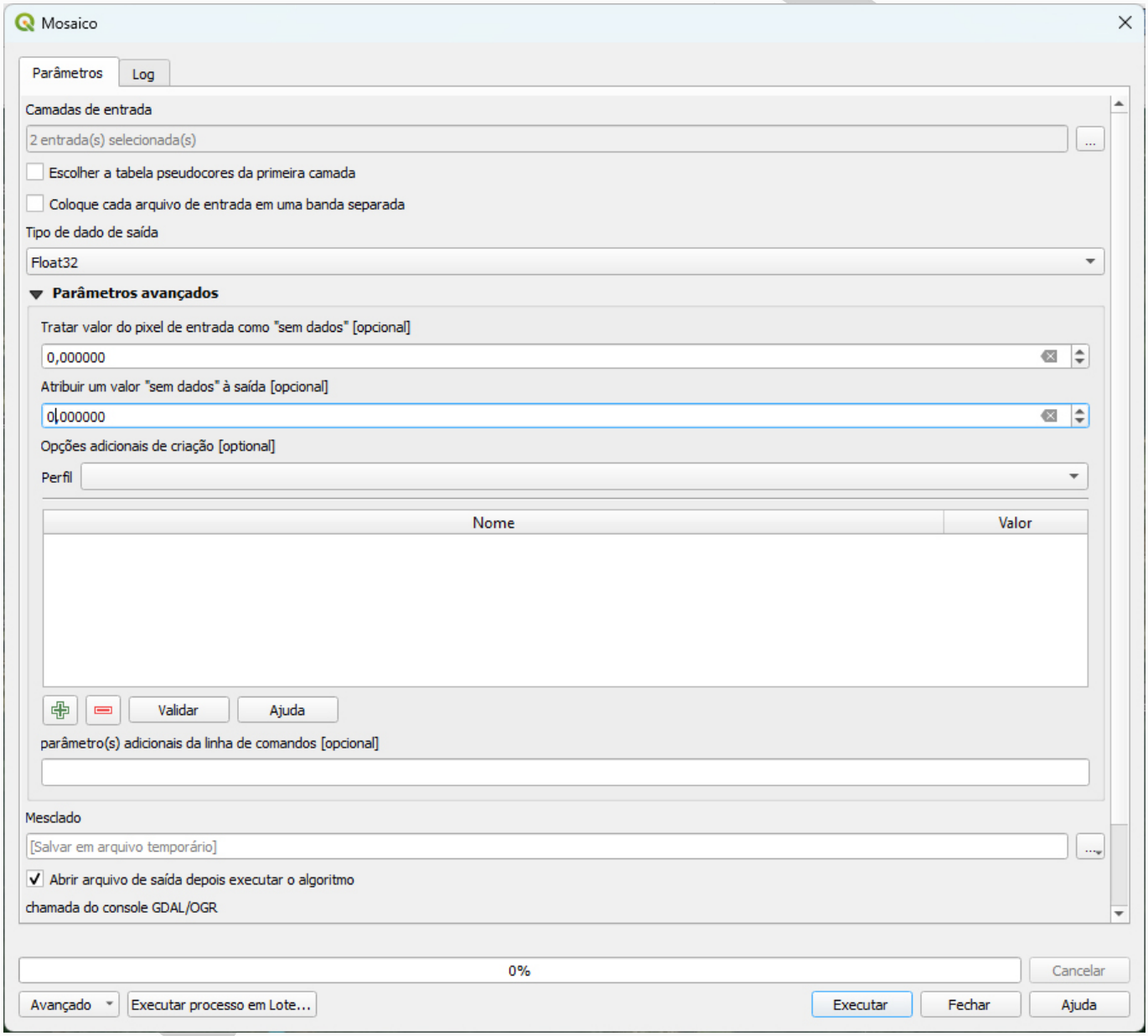
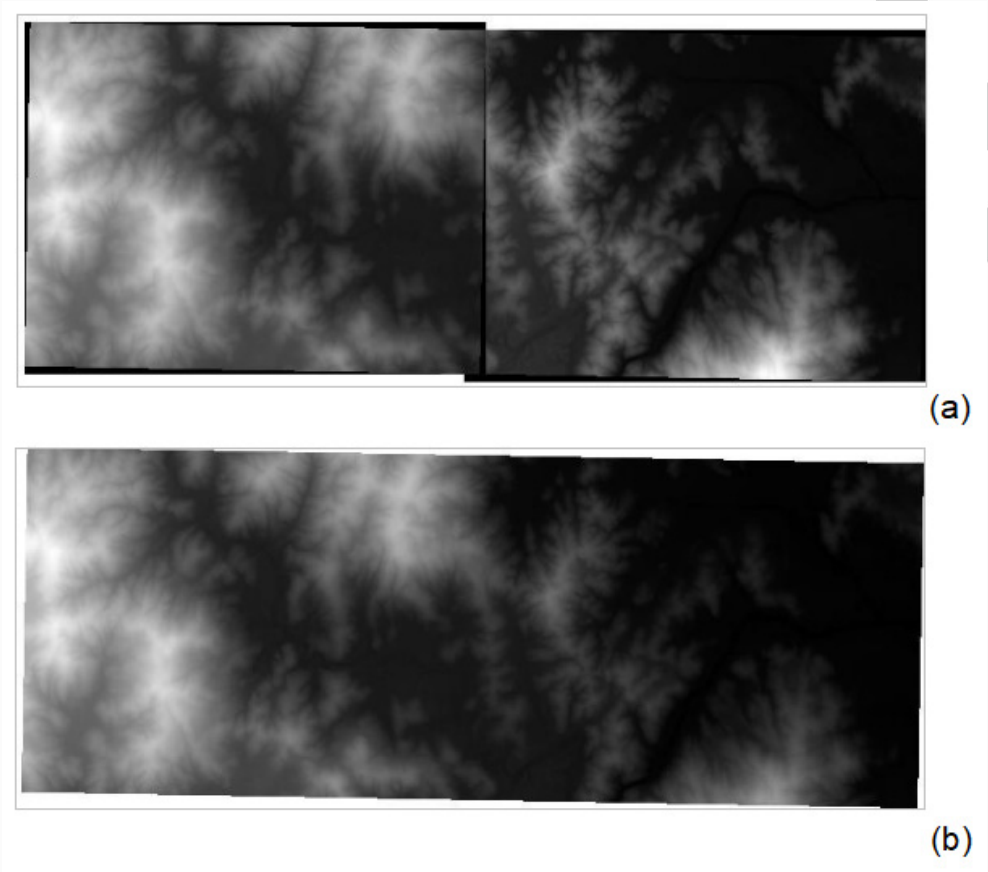


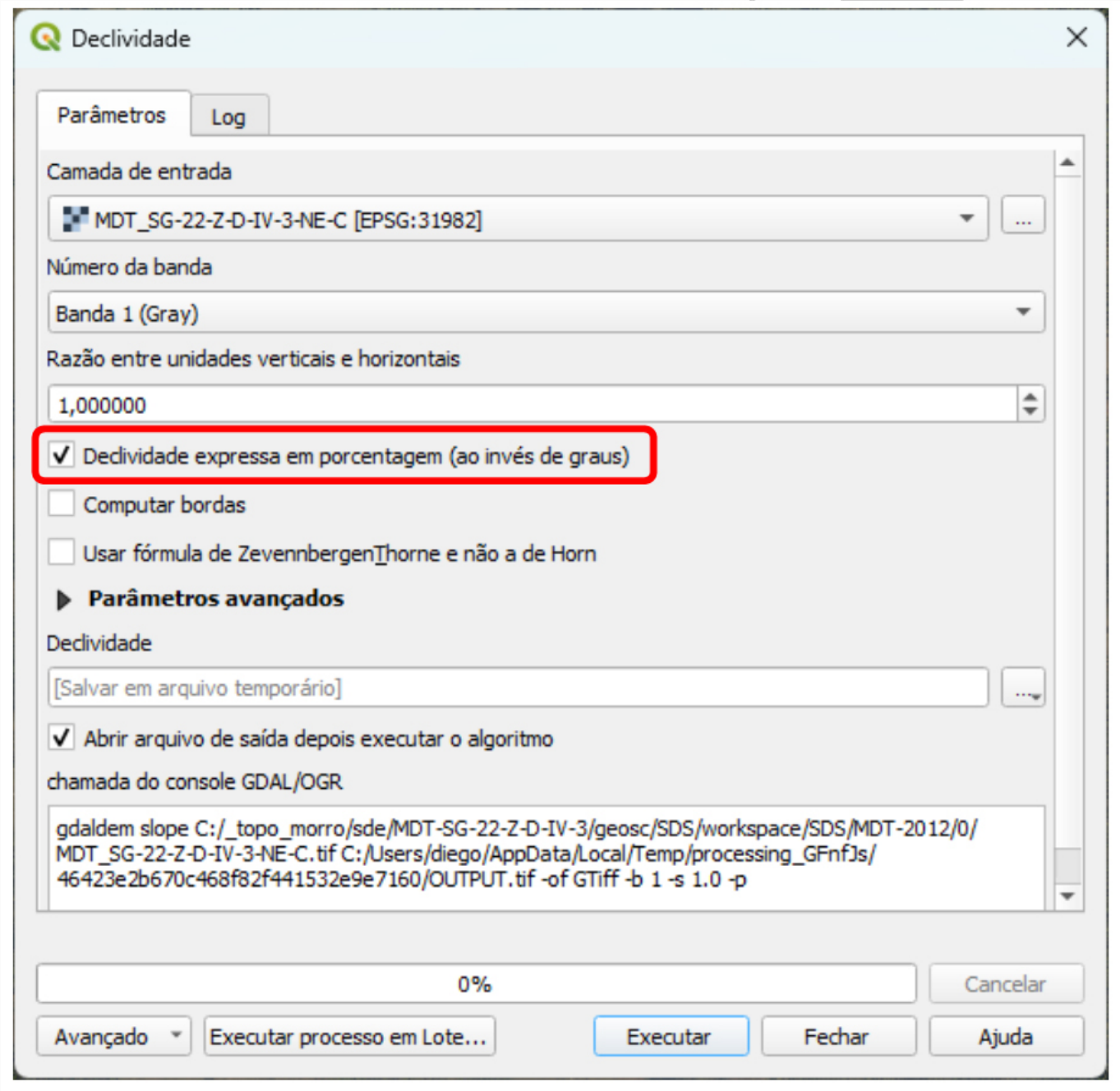
Figura 2. Antes (a) e depois (b) da construção do mosaico.



RASCUNHO

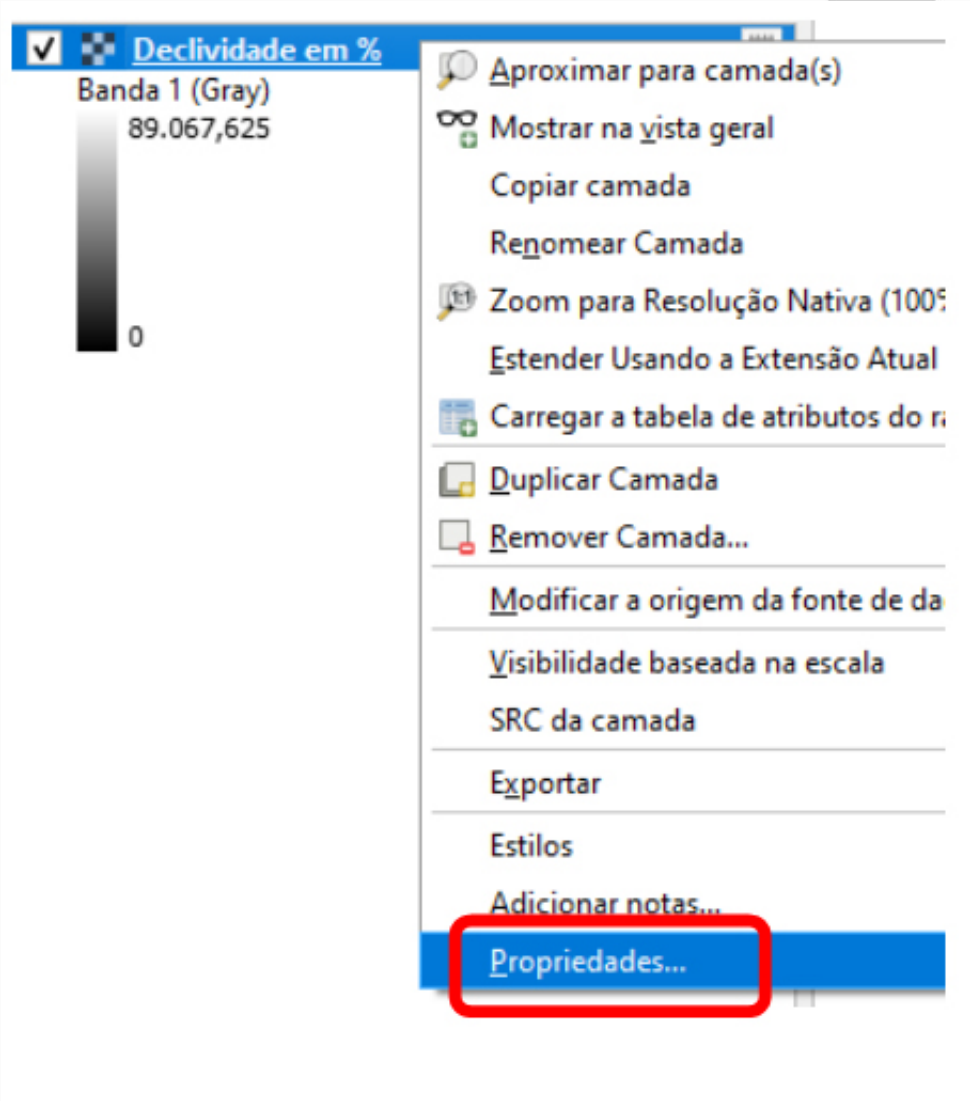
Etapa 2. É necessário avaliar as declividades do local para definir se o método a ser usado na delimitação da base é a partir do ponto de sela ou pelo plano horizontal, conforme determinado pela legislação. Para isso, deve-se calcular a declividade do MDT, em percentual, por meio da ferramenta disponível no menu **Raster** > **Análise** > **Declividade**. Os parâmetros são apresentados na Figura 3.

Figura 3. Ferramenta e parâmetros para confecção da declividade expressa em percentual



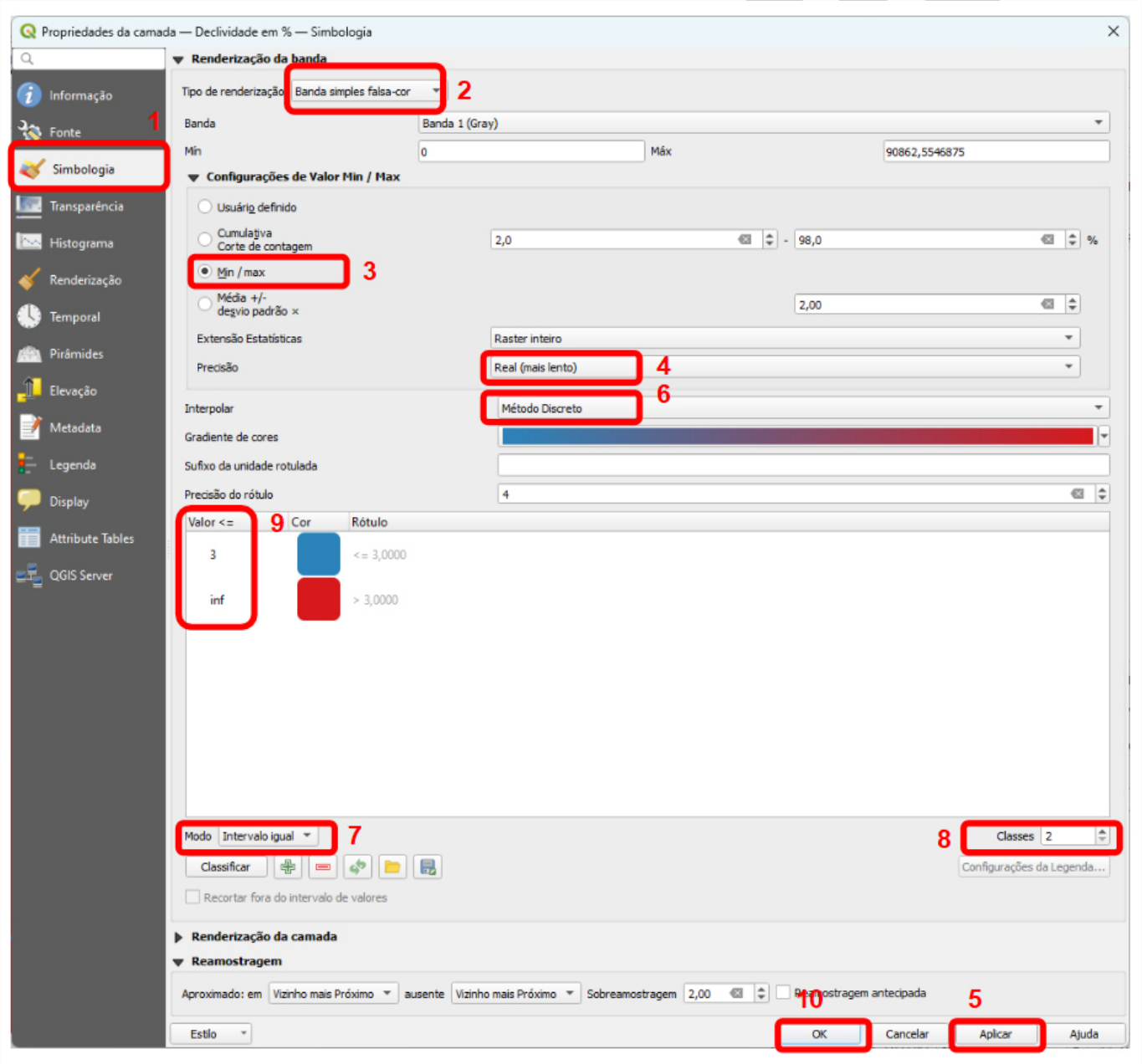
Etapa 2.1. Na maioria dos casos, a imagem resultante do processamento será apresentada em tons mais fortes de cinza ou totalmente escura. Isso se deve à amplitude dos valores máximo e mínimo da imagem em relação à escala de cores disponível. Para melhorar a visualização, clicar com o botão direito no arquivo de imagem e, em seguida, selecionar Propriedades (Figura 4).

Figura 4. Propriedades da imagem e simbologia



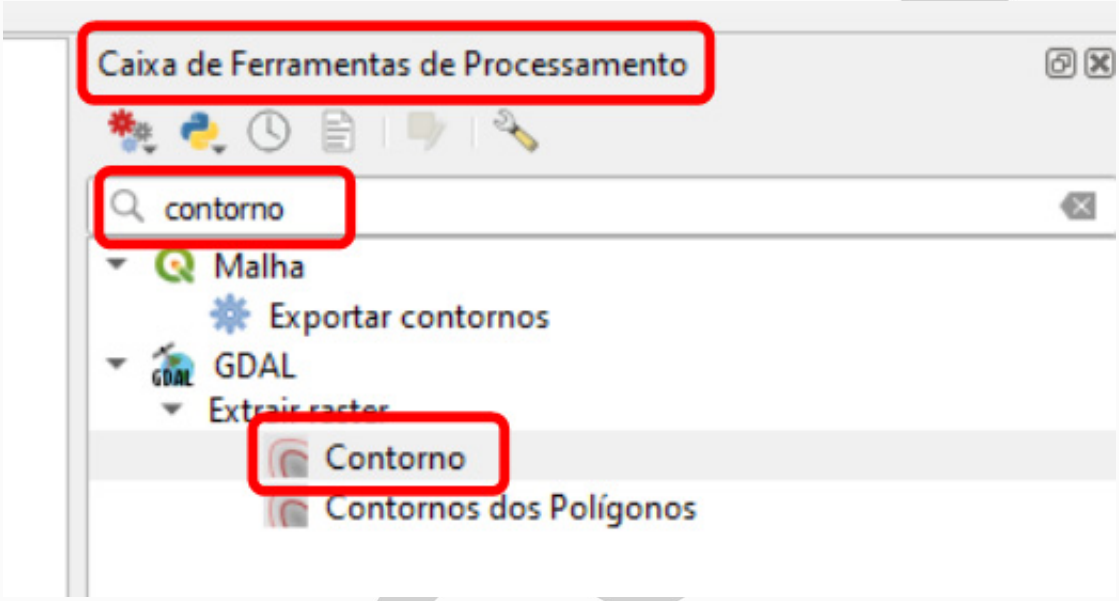
Etapa 2.2. Em Simbologia, configurar os parâmetros na sequência apresentada pela Figura 5, adicionando os dados de declividade de acordo com a classificação do IBGE e EMBRAPA (intervalos menores e maiores do que 3%). Em seguida, faz-se a avaliação sobre o relevo local, visando a escolha do método que determinará a base (a partir do ponto de sela ou pelo plano horizontal).

Figura 5. Janela com as configurações de simbologia da imagem que representa as declividades em percentual, seus parâmetros e a sequência para ajustes da visualização. Neste caso, o valor em azul apresenta as declividades menores ou igual a 3% e o valor em vermelho apresentará as declividades acima de 3%.



Etapa 3. Será necessária a criação de um arquivo com as curvas de nível, obtidas a partir do MDT, utilizando a ferramenta Contorno do QGIS. Acessar o menu Processamento > Caixa de Ferramentas. Uma nova aba será apresentada à direita da tela. Digitar Contorno na caixa de pesquisa e selecionar a ferramenta GDAL Contorno (Figura 6).

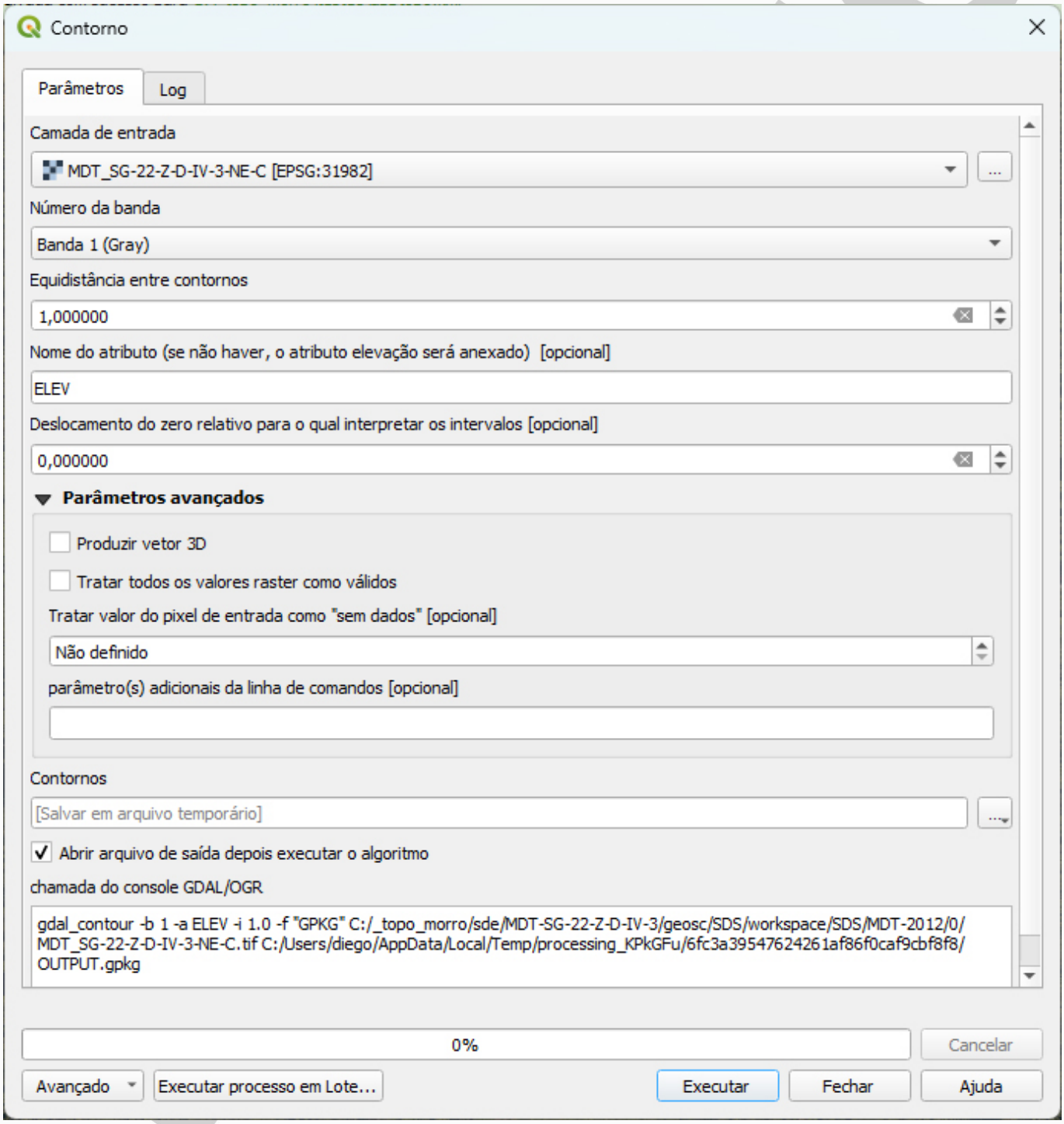
Figura 6. Caixa de Ferramentas de Processamento, mecanismo de busca e a ferramenta Contorno (responsável pela geração de curvas de nível).



RASCUNHO

Etapa 4. Definir a equidistância vertical entre linhas na ferramenta Contorno (Figura 7). Para fins de análise, deve ser adotada a equidistância vertical de 1,0 (um) metro ou menor valor, caso seja utilizado levantamento altimétrico com maior escala (mais detalhado).

Figura 7. Parâmetros para a geração das curvas de nível.



Etapa 5. Ao clicar com o botão direito do mouse sobre a camada que representa as curvas de nível (Figura 8), escolher a opção Propriedades. Em seguida, selecionar Rótulos, optar por Rótulos individuais e escolher como valor o campo ELEV que, neste caso, representa as cotas de cada uma das linhas (Figura 9). Optar por Desenhar buffer de texto ao redor dos números para facilitar a visualização. Clicar em OK para que o QGIS mostre, em cada uma das curvas de nível, o valor de cota correspondente.

Figura 8. Propriedades da camada.

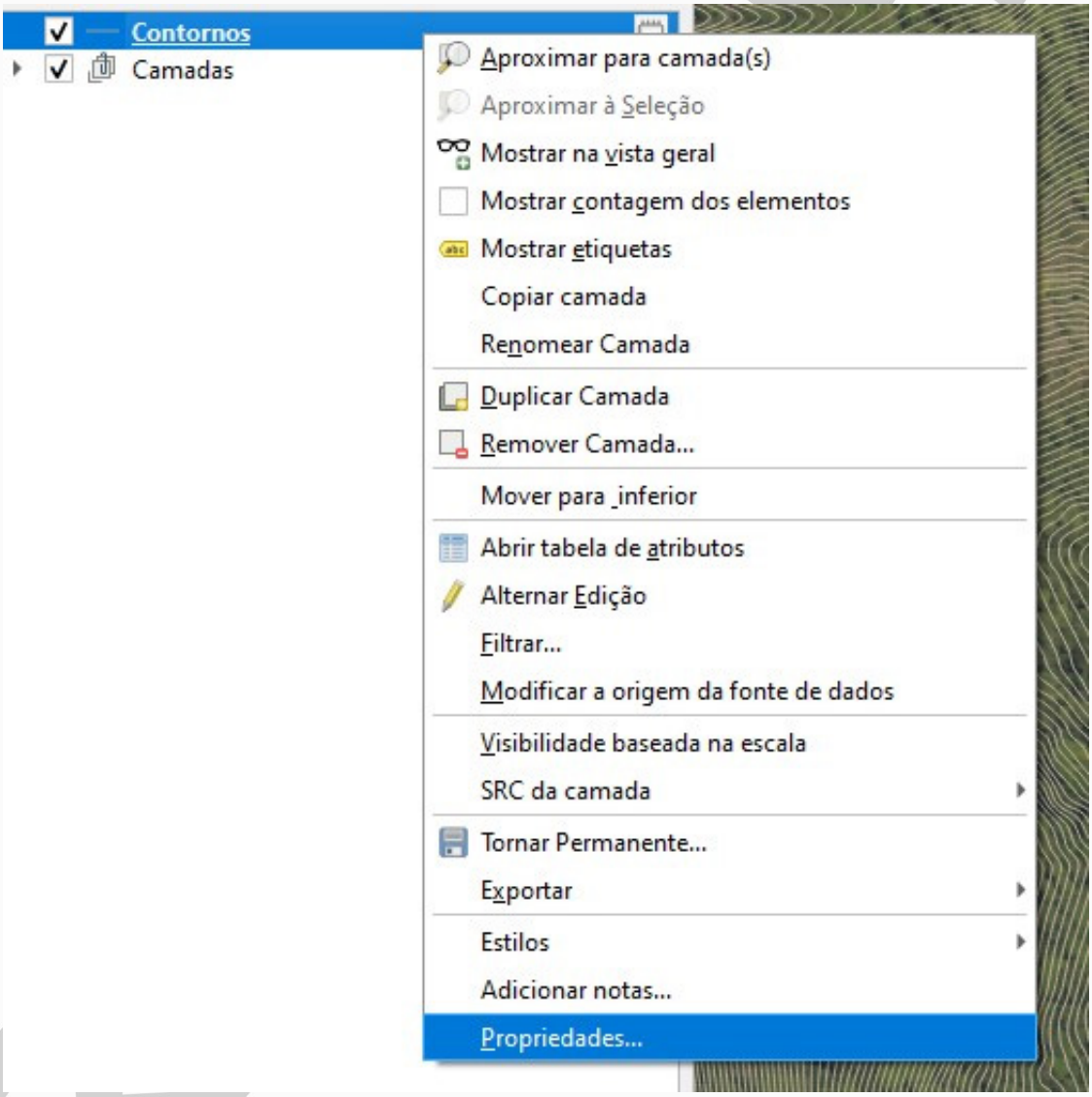
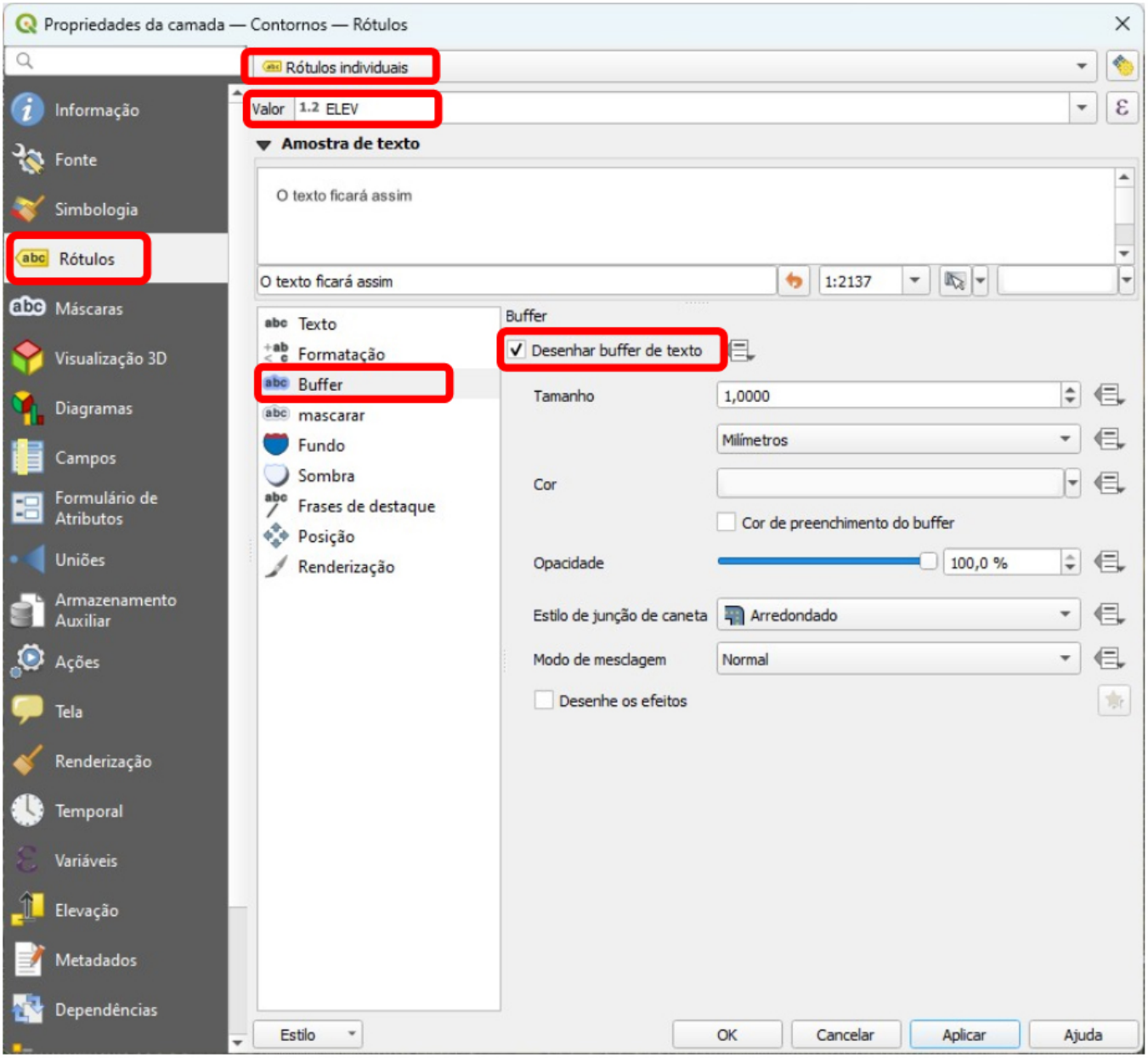


Figura 9. Mostar cotas sobre as linhas.



Etapa 6. A partir da geração de curvas de nível, será possível encontrar a localização do ponto de sela e, consequentemente, a base para o cálculo da altura (amplitude). A Figura 10 permite a visualização do local de coordenadas 664.410 m, 6.921.640 m (UTM, Fuso 22 Sul, SIRGAS 2000). Nota-se a existência de um local mais elevado, representado pela curva de nível em formato fechado (geralmente circular ou oval), na cota mais alta do terreno (linha em cor vermelha). A partir do ponto mais elevado, deve-se localizar a linha de cota inferior e mais próxima que apresentará o formato de abertura, indicando a presença do ponto de sela mais próximo (Figura 11).

Figura 10. Cota que representa o ponto mais elevado da área em análise. Neste exemplo, 1.522 metros.

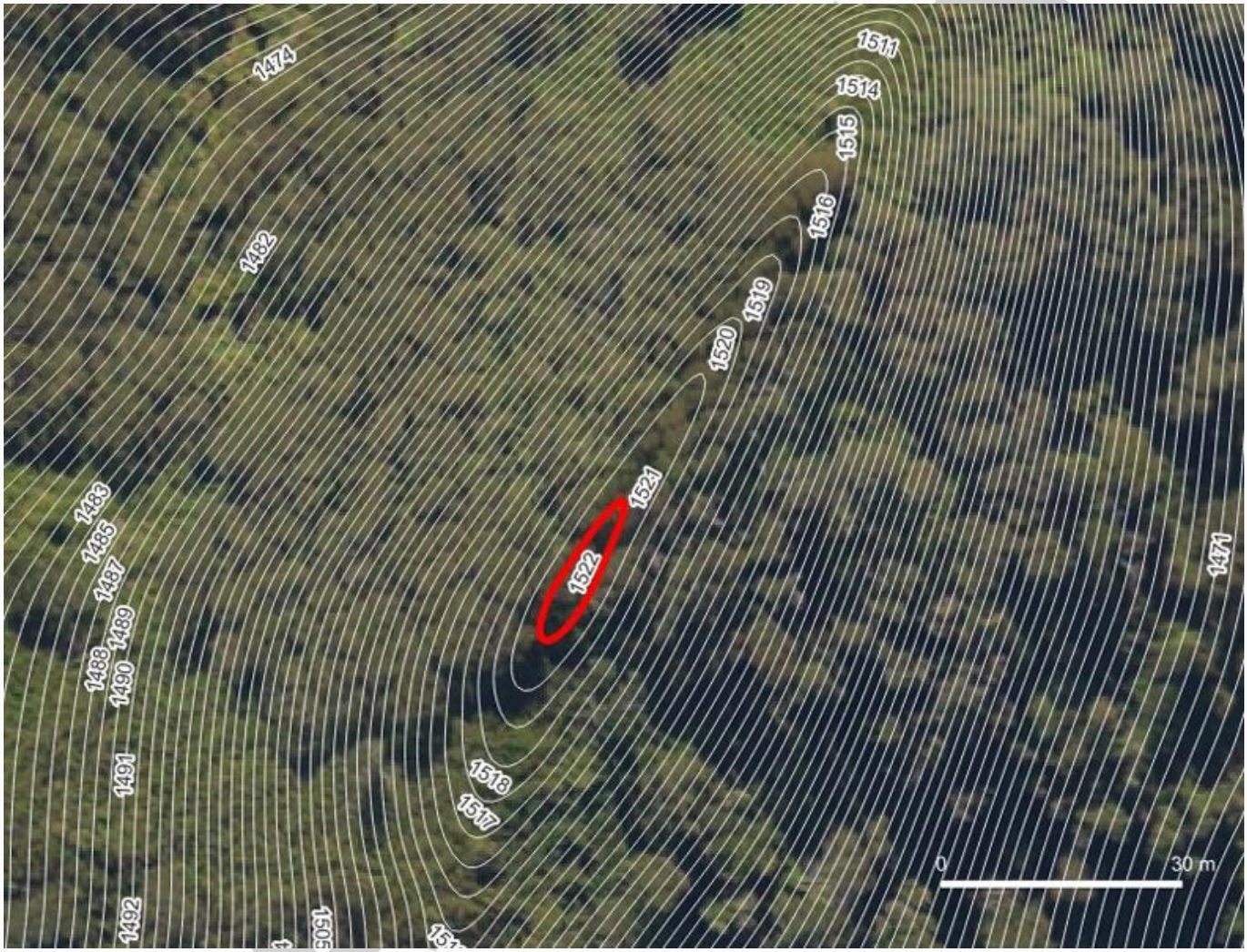
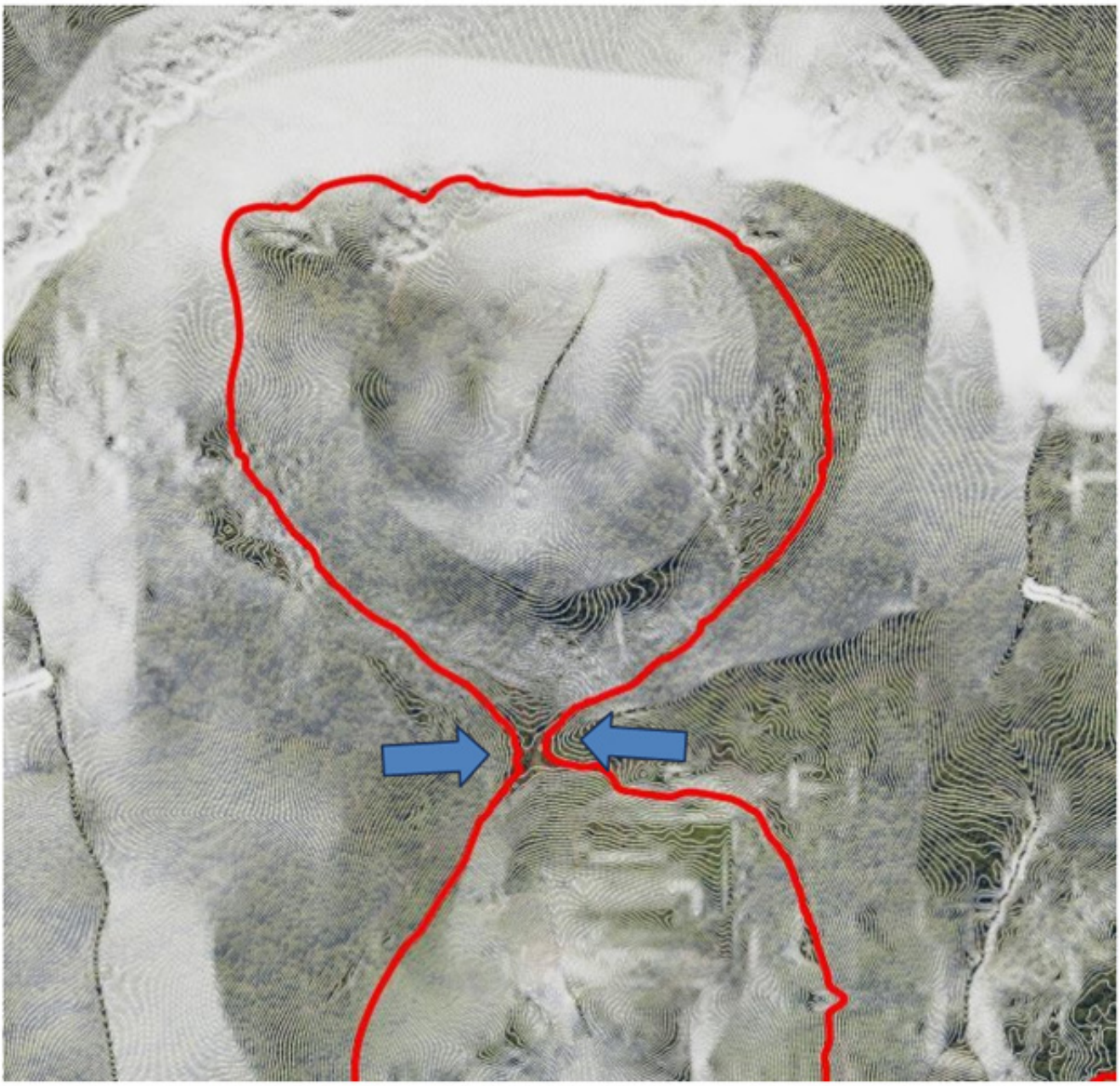


Figura 11. Cota (linha em vermelho) que representa o ponto de sela mais próximo. Nota-se a modificação no formato, que deixa de ser oval/circular e representa o ponto de inflexão no terreno. No exemplo, possui 1.376 metros.



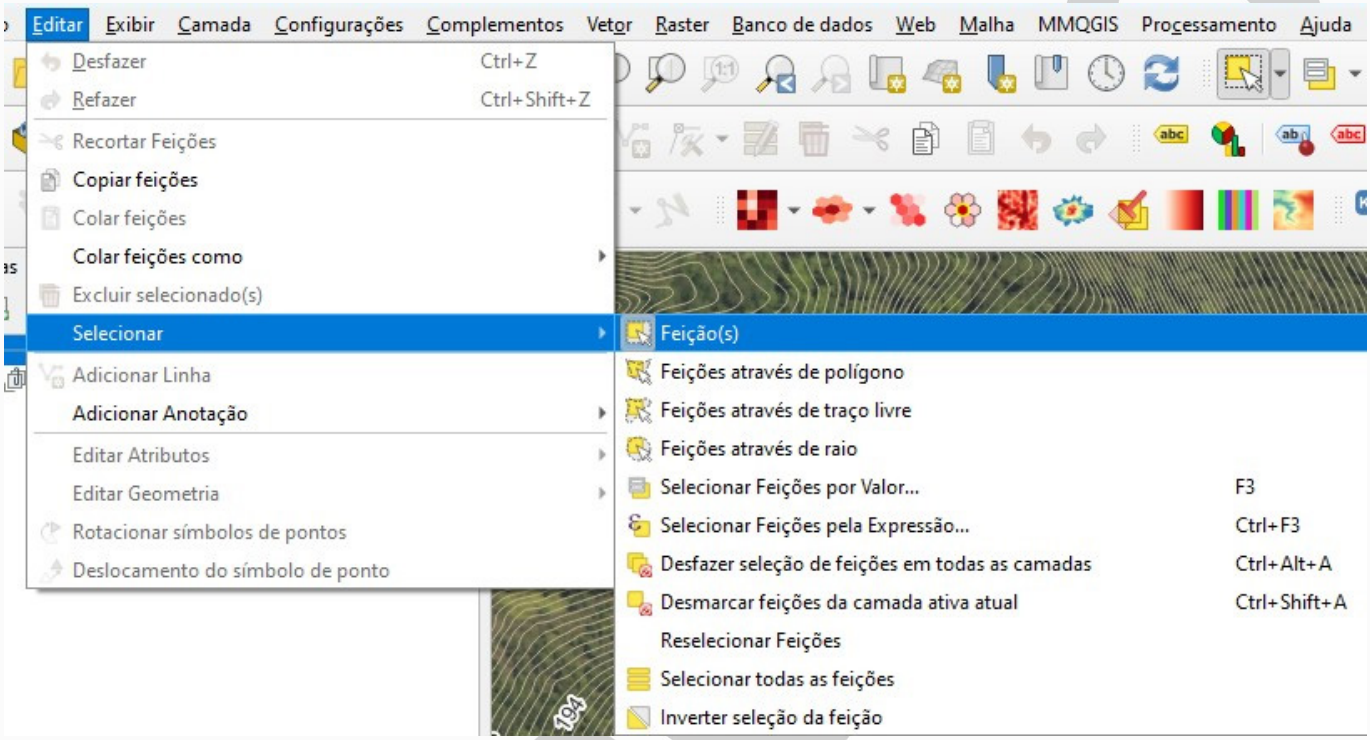
Etapa 7. Se a diferença entre cotas do cume e o ponto de sela mais próximo não atingirem o valor de 100 (cem) metros, descarta-se a hipótese de ocorrência da área de preservação permanente nos termos dos incisos IX, do Artigo 4º, da Lei Federal 12.651/2012 (topos de morros, montes, montanhas e serras) e LV, do Artigo 28-A, da Lei Estadual 14.675/2009. Caso contrário, é necessário prosseguir para a Etapa 8.

Etapa 8. Ao identificar o ponto de sela mais próximo (linha apresentada na Figura 11), é necessário localizar a curva de nível de cota maior, subsequente. Ela representará a base de cálculo para a altura, terço superior e declividade média de toda a área acima da cota (Figura 12). Seleciona-se a linha superior àquela que indica o ponto de sela para que possíveis áreas de baixa declividade não sejam adicionadas à análise.

Figura 12. Base do relevo para o cálculo de altura, terço superior e declividade média.

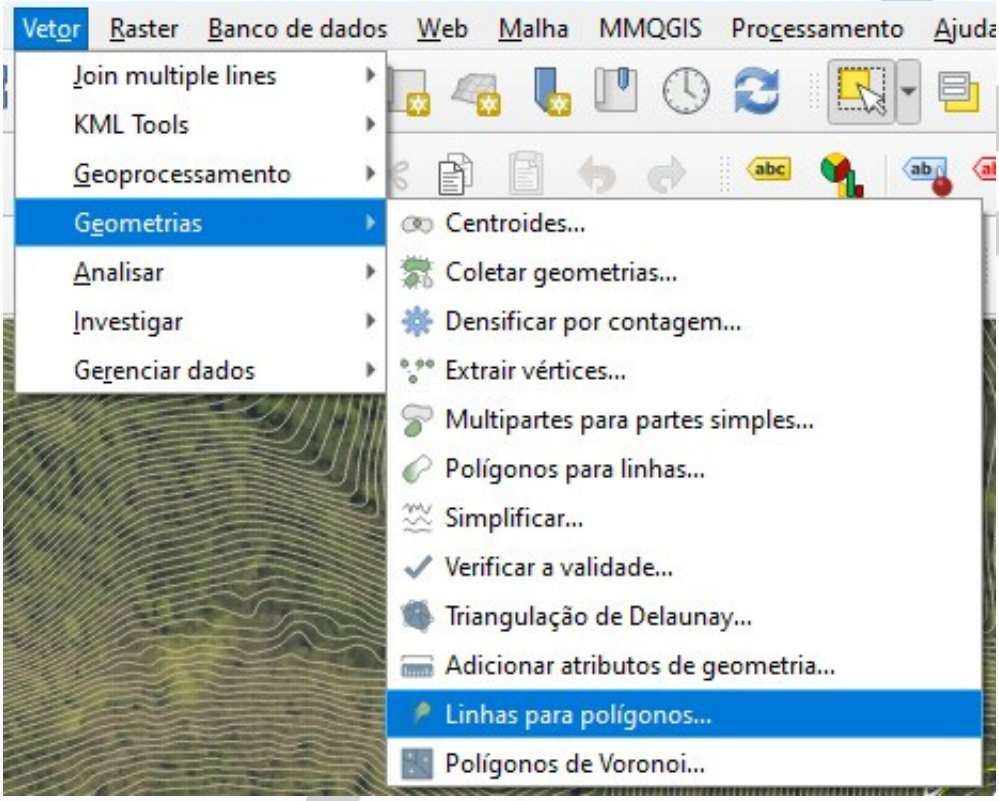
Transformar a cota do ponto de sela mais próximo em polígono para que seja possível calcular a declividade média da área. Para isso, acessar no menu as opções **Editar** > **Selecionar** > **Feição(s)** e clicar sobre a linha correspondente (Figura 13). Por padrão, o QGIS trará um realce em cor amarela para a linha. Após a seleção, acesse o menu **Vetor** > **Geometrias** > **Linhas para polígonos** (Figura 14). Esta ação permitirá criar um polígono da base para a verificação da existência de APP.

Figura 13. Procedimento para a seleção da linha que representará a base para os cálculos.



RASCUNHO

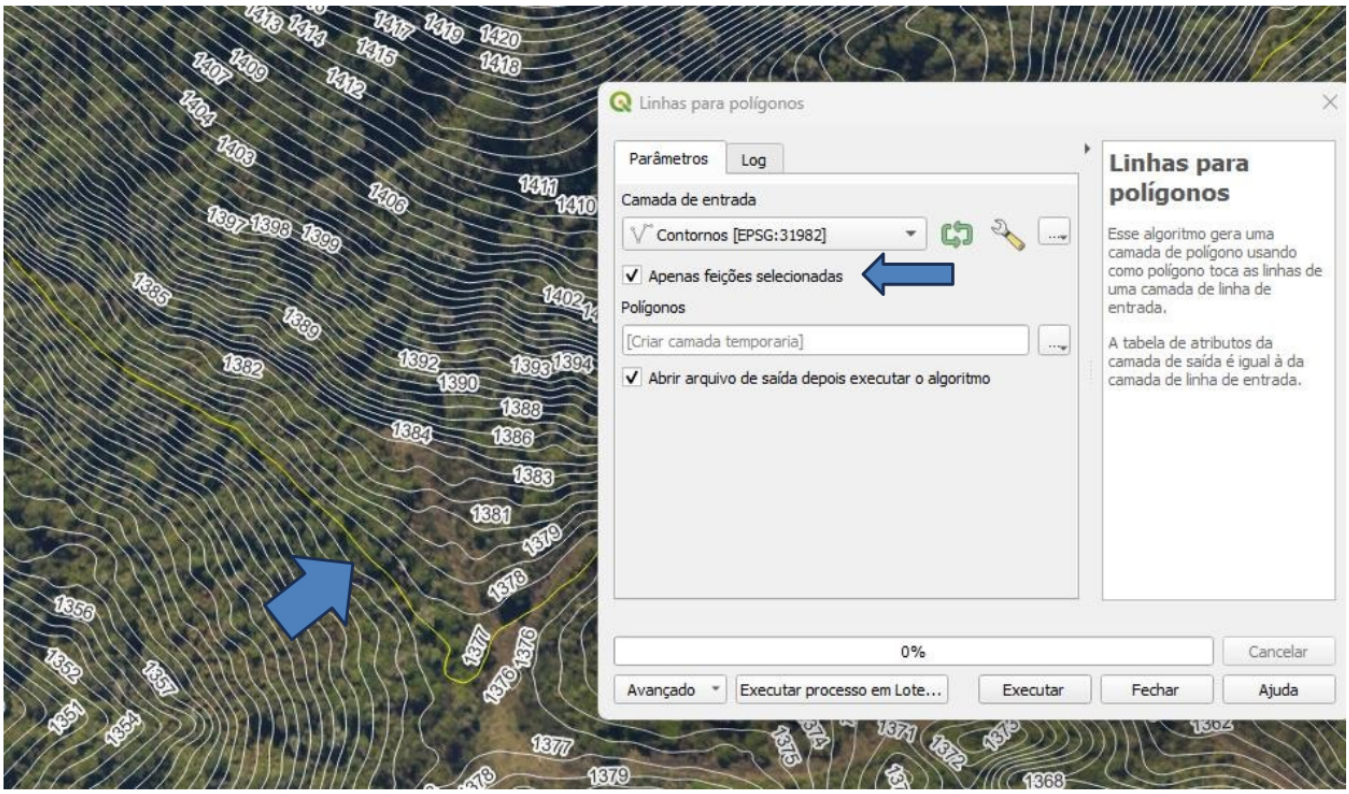
Figura 14. Ferramenta Linhas para polígonos



Ao acessar a ferramenta de conversão Linhas para polígonos, é essencial ativar a conversão somente para as feições selecionadas (Figura 15).

RASCUNHO

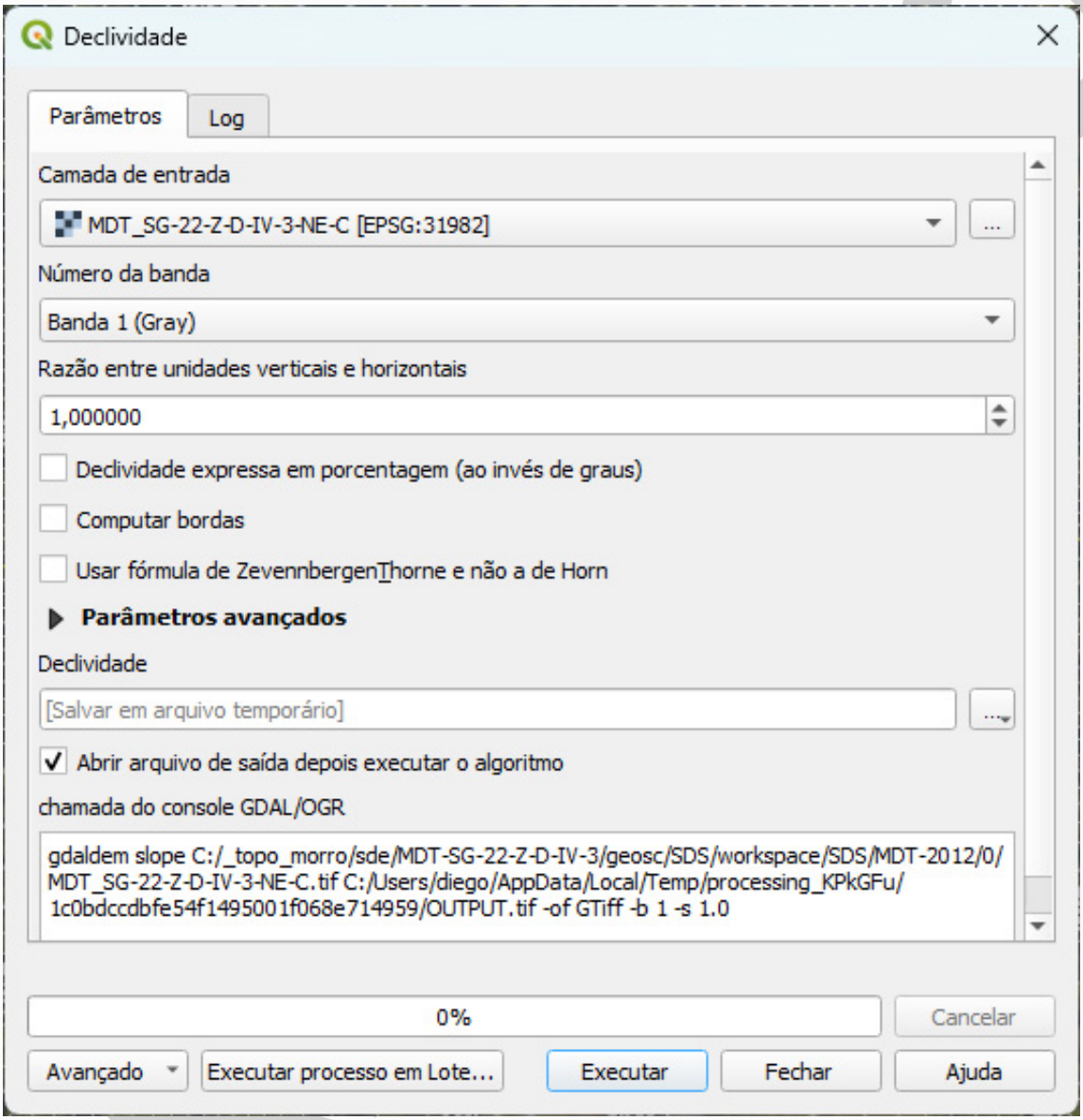
Figura 15. Conversão da curva de nível selecionada para polígono.



Etapa 9. Calcular a declividade do MDT, em graus, por meio da ferramenta disponível no menu **Raster** > **Análise** > **Declividade**. Os parâmetros são apresentados na Figura 16.

RASCUNHO

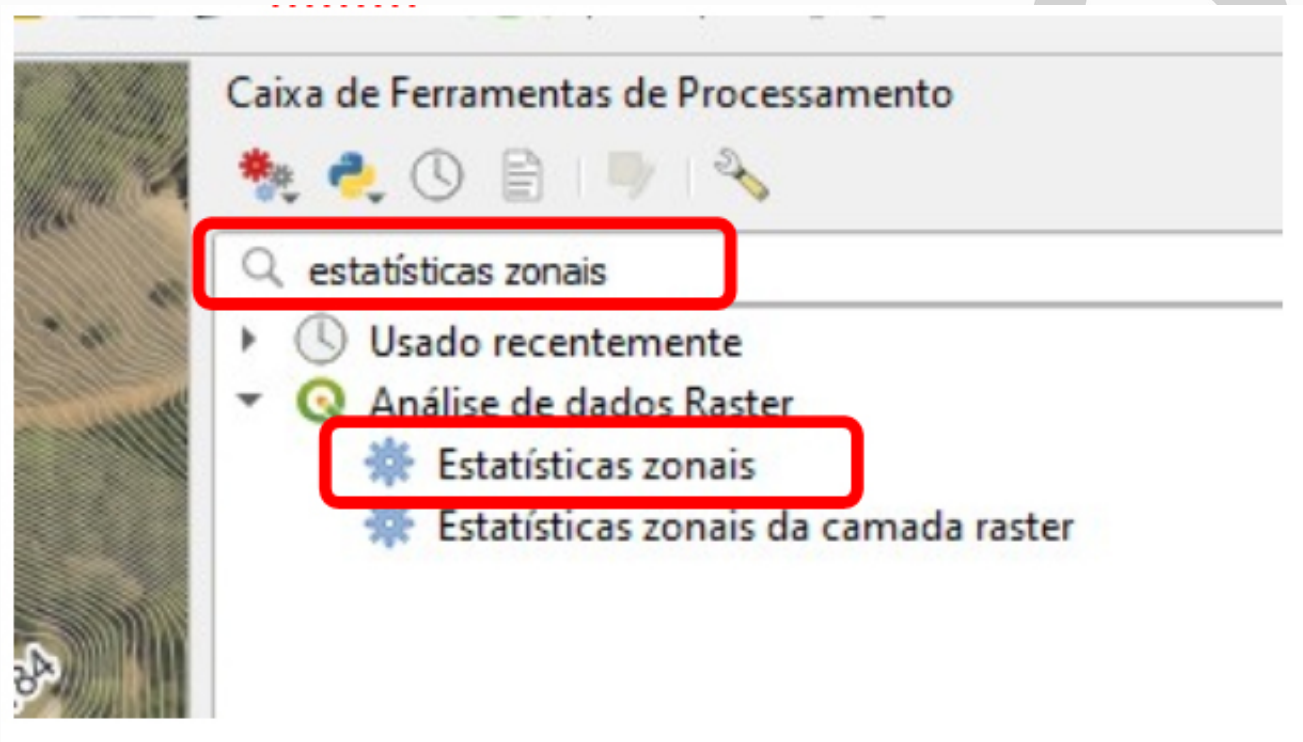
Figura 16. Ferramenta e parâmetros para confecção da declividade expressa em graus.



Em alguns casos, a camada resultante do cálculo de declividade pode aparecer em tons escuros. Isso se deve à amplitude do intervalo de dados em relação ao de cores.

Etapa 10. Calcular as estatísticas de declividade, tomando como base a curva de nível transformada em polígono na Etapa 8. Acessar a Caixa de Ferramentas de Processamento, ativável por meio do menu Processamento > Caixa de Ferramentas. No campo de busca das ferramentas, digitar Estatísticas Zonais (Figura 17).

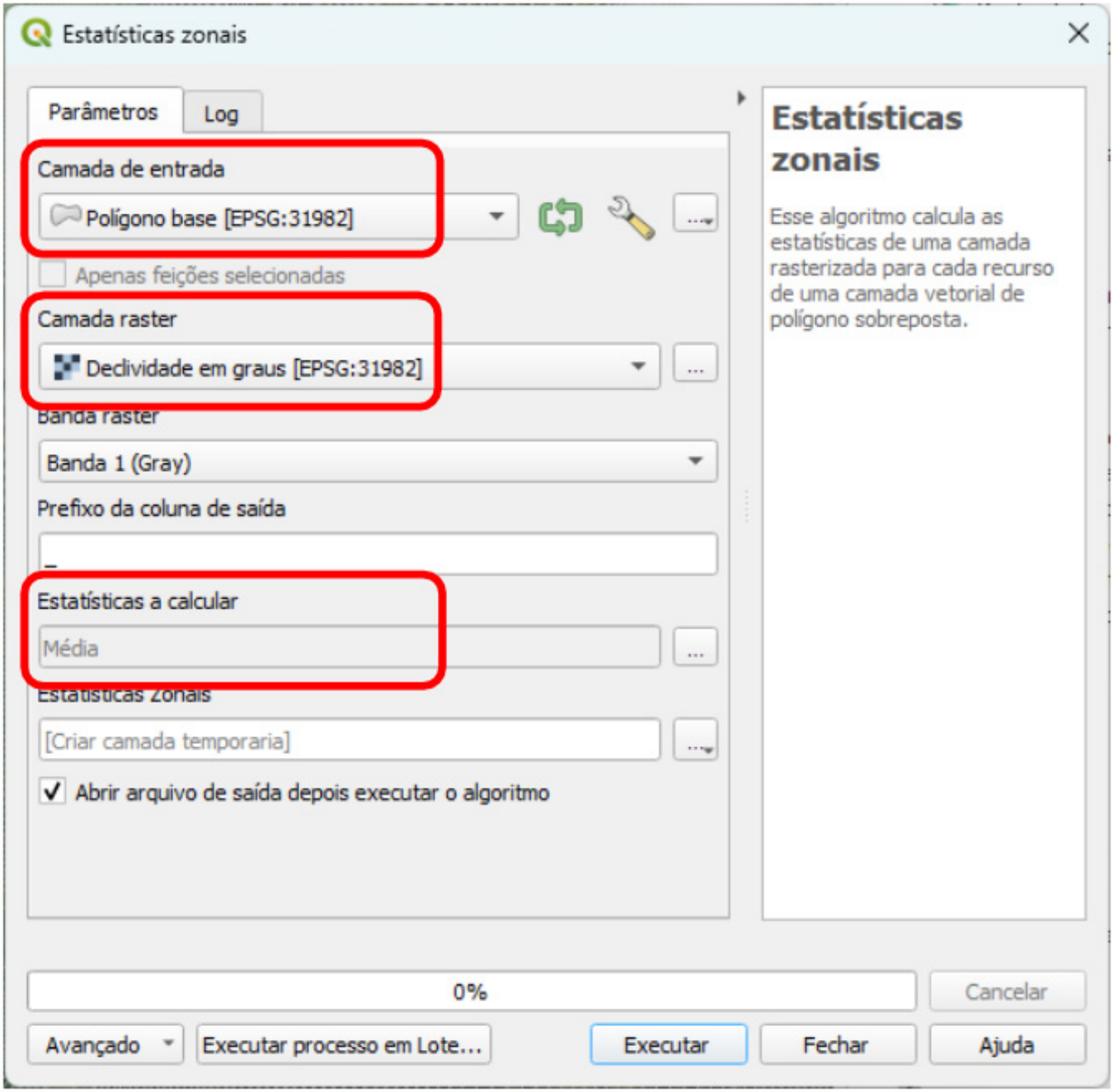
Figura 17. Ferramenta Estatísticas Zonais



Em seguida, parametrizar o processamento conforme a Figura 18, sendo o campo Camada de entrada definido pelo polígono criado na Etapa 8 e Camada raster pela imagem criada após o processamento da declividade. O campo Estatísticas a calcular deve ter a “média” como parâmetro a ser selecionado. A ferramenta realizará o cálculo da declividade média somente na área definida pela base.

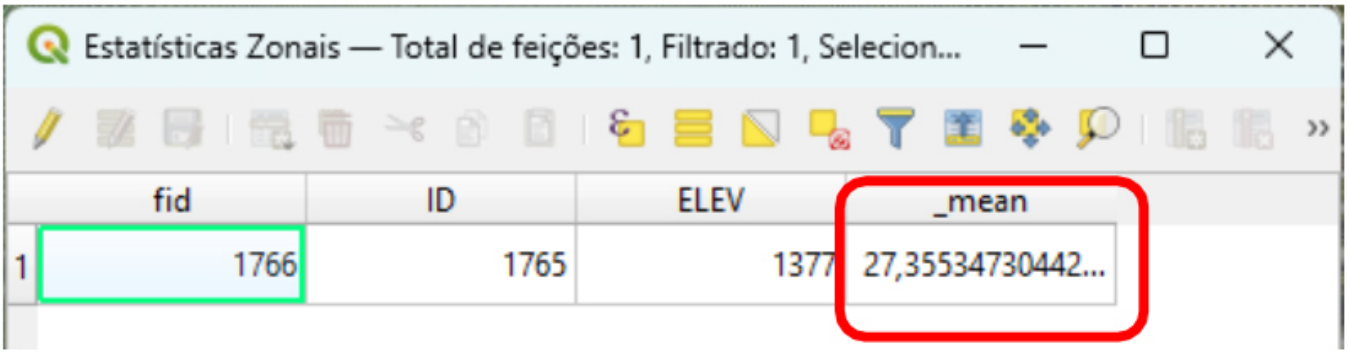
RASCUNHO

Figura 18. Cálculo da estatística zonal (média da declividade em toda a área compreendida pela base)



O resultado será expresso por meio de uma nova camada (idêntica ao polígono da base) com o valor médio de declividade disponibilizado em sua tabela de atributos, no campo “mean” (Figura 19). Para o presente caso, é possível definir que a declividade média é de 27,35°.

Figura 19. Tabela de atributos do arquivo criado após o cálculo da estatística zonal.



No caso apresentado, os critérios para a existência da APP nos termos do inciso IX, Art. 4°, da Lei 12.651/2012 foram atendidos. A altura entre a base e o cume (definida neste caso pelo ponto de sela mais próximo) foi de 1.377 metros de altitude em relação aos 1.522 metros da curva de nível no topo, totalizando uma altura de 145 metros; em relação à declividade média, foi possível identificar o valor de 27,35°. Diante disso, é necessário identificar o terço superior da altura encontrada, que será 96 metros acima da cota 1.377 m. Ou seja, a APP existe a partir da cota 1.473 m (Figura 20).

RASCUNHO

Figura 20. Área de Preservação Permanente delimitada pela cota do terço superior (1.473 metros)