Sumário

1. INTRODUÇÃO 3
2. OBJETIVOS 3
3. PRÉ-REQUISITOS 3
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 3
4.1 SRTM – Shuttle Radar Topography Mission 3
4.1.1 Obtenção dos dados SRTM 5
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 5
5.1 Processamento dos dados SRTM 5
5.1.1 Conversão para TIFF 5
5.1.2 Importação dos dados SRTM no ArcGIS 7
5.1.3 Correção do modelo digital de elevação 8
5.1.4. Extração automatizada da rede de drenagem 11
5.2 Processamento da rede de drenagem 16
5.2.1 Refinamento da rede de drenagem 16
5.2.2 Determinação de bacias hidrográficas 18
5.3 Geração de modelos de elevação com base em curvas de nível 18

Lista de Figuras

Figura 4.1 - Distribuição da cobertura SRTM 3
Figura 4.2 - Efeito do dossel nos dados SRTM coletados através da banda C 4
Figura 4.3. Página inicial do site do Jet Propulsion Laboratory 5
Figura 5.1. Abertura dos dados SRTM no aplicativo Global Mapper 6
Figura 5.2. Exportação dos dados SRTM em formato GeoTIFF 6
Figura 5.3. Atribuição de um sistema de coordenadas ao projeto corrente 7
Figura 5.4. Importação do modelo de elevação no ArcGIS 7
Figura 5.5. Imagem e valores de elevação incoerentes 8
Figura 5.6. Tabela de atributos da layer que cotem os dados SRTM. Notar valores negativos na coluna *Value*. 9
Figura 5.7. Janela de opções da ferramenta *Con*. Observe os campos *Output raster* e *Expression*. 9
Figura 5.8. Falhas no modelo de elevação. Notar que esses regiões apresentam o valor "*NoData*" para o campo *Value* da tabela de atributos. 10
Figura 5.9. Ferramenta *Reclassify*. Observe que o valor "*NoData*" da coluna *New values* foi substituído por zero 10
Figura 5.10. Lógica de funcionamento da ferramenta *Fill*. Note que ela remove grandes imperfeições como picos e buracos no modelo digital de elevação 11

Figura 5.11. Tela para seleção de arquivo da ferramenta *Fill*. Notar o prefixo "*Fill*" que será adicionado no nome do arquivo, produto deste processamento 11
Figura 5.12. Grupo de ferramentas *Hydrology* da ArcToolBox *Spatial Analyst Tools* 12
Figura 5.13. Lógica de processamento da ferramenta *Flow Direction* 12
Figura 5.14. Detalhes das opções de entrada para processamento com o *Flow Direction* 12
Figura 5.15. Lógica de processamento da ferramenta *Flow Accumulation* 13
Figura 5.16. Detalhes das opções de entrada para processamento com o *Flow Accumulation* 13
Figura 5.17. Imagem de fluxo acumulado 13
Figura 5.18. Detalhes das opções de entrada para processamento com o *Flow Length* 14
Figura 5.19. Imagem de comprimento de fluxo. Note que já é possível reconhecer feições similares a bacias hidrográficas. 14
Figura 5.20. Hierarquização da rede de drenagem pelos métodos de *Strahler* e *Shreve* 15
Figura 5.21. Detalhe das opções de entrada para processamento com a ferramenta *Stream Order* 15
Figura 5.22. Hierarquização da rede de drenagem com estabelecimento de segmentos de 10º ordem 15
Figura 5.23. Tabela de atributos da layer *Stream Order* 16
Figura 5.24. Detalhe das opções de entrada para processamento com a ferramenta *Con* 16
Figura 4.25. Rede de drenagem após utilização da ferramenta *Con* 17
Figura 5.26. Detalhe das opções de entrada para processamento com a ferramenta *Stream to Feature* 17
Figura 5.27. Rede de drenagem final 18
Figura 5.28. Tela de opções da ferramenta *Basin* 18
Figura 5.29. Janela de seleção da barra de ferramentas 3D Analyst 19
Figura 5.30. Caminho para execução da ferramenta utilizada para criação da *Tin Surface* 19
Figura 5.31. Opções de execução da ferramenta *Create TIN From Features* 19
Figura 5.32. Visualização da *TIN Surface* 20
Figura 5.33. Caminho para execução da ferramenta *TIN to Raster* 20
Figura 5.34. Tela de opções da ferramenta *Convert TIN to Raster* 21
Figura 5.35. Modelo de elevação criado com base em curvas de nível 21

1. INTRODUÇÃO

A utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG´s) e ferramentas de geoprocessamento para criação automatizada de redes de drenagem e delimitação de bacias hidrográficas com base em modelos digitais de elevação (MDE) é de extrema importância para administração de cidades, auxiliando no gerenciamento de áreas mananciais e na elaboração de projetos de monitoramento nessas regiões.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste tutorial é auxiliá-lo na criação automatizada de redes de drenagens e delimitação de bacias hidrográficas. O material explica detalhadamente todos os procedimentos deste a obtenção de modelos de elevação digital até a criação do mapa de bacias hidrográficas propriamente dito.

3. PRÉ-REQUISITOS

Para realização dos procedimentos a seguir, será feito uso dos seguintes softwares e suas respectivas extensões:

a) GlobalMapper 8.0 (ou superior)
b) ArcGIS 9.2 (ou superior)
    b.1) Spatial Analyst Tools

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

Os dados SRTM foram gerados em uma missão espacial feita a bordo da espaçonave Endeavour entre 11 e 22 de fevereiro de 2000. A espaçonave realizou uma órbita de 233 km de altitude, com inclinação de 57º, objetivando a obtenção de dados topográficos digitais para cerca de 80% do globo terrestre entre as latitudes 60ºN e 56°S (Figura 4.1).

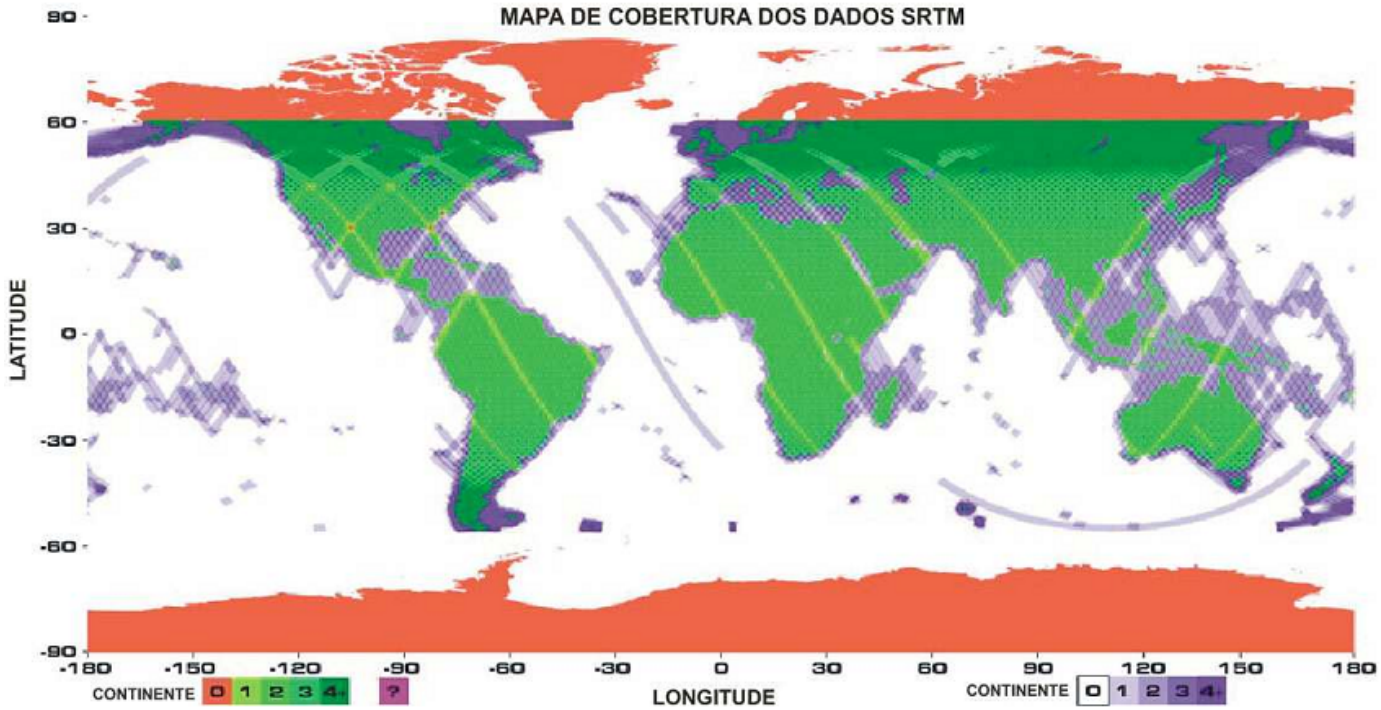

Figura 4.1 - Distribuição da cobertura SRTM.
Fonte: Adaptado de NASA (2007)

O programa foi uma parceria entre agências espaciais da Alemanha, da Itália e dos Estados Unidos, coordenada pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e pela National Imagery and Mapping Agency (NIMA). A coleta de dados InSAR nas bandas X e C foi feita em duas antenas posicionadas nas extremidades de um mastro de 60 m (Figura 4.2). Os dados da banda C, com comprimento de onda (λ) de 6 cm, foram processados no Jet Propulsion Laboratory (JPL) e os dados da banda X, com comprimento de onda de 3,1 cm, no Centro Aerospacial da Alemanha (DLR) (NASA, 2007). Vários estudos visando analisar a qualidade do modelo de elevação digital têm sido apresentados (p.e., FARR e KOBRICK, 2000; JARVIS et al., 2004; PEREIRA et al., 2004; SANTOS et al., 2006), alguns indicando resultados promissores (KOCH et al., 2002), inclusive em regiões amazônicas (SANTOS et al., 2006). Entretanto, erros verticais absolutos de até 13 m são registrados para áreas amazônicas (BOURGINE e BAGHDADI 2005; RODRIGUES et al., 2005), o que pode ser um problema na análise de elevação digital em áreas de relevo muito baixo, como na caso da Ilha do Marajó, onde a elevação média é de apenas 12,5 m.

A missão SRTM foi concluída com a coleta de 12TB de dados, que foram disponibilizados pela NASA para distribuição pública através da United States Geological Survey (USGS), com acesso no site http://edc.usgs.gov/srtm/data/obtainingdata.html ou diretamente via FTP no caminho ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/ (ver capítulo seguinte). A resolução do produto final é de 1 arco segundo (1" ou 30m) para os Estados Unidos, e de 3 arco segundos (3"ou 90m) para o resto do mundo. O referenciamento foi feito de acordo com o elipsóide e datum WGS84, com valores de altimetria z em metros (RABUS et al. 2003, NASA, 2007).

Trabalhos de geologia e geomorfologia aplicando dados SRTM vêm sendo cada vez mais freqüentes na literatura (p.e., SOUZA FILHO, 2003; TIMÁR, 2003; CREPANI E MEDEIROS, 2004; DEMOULIN et al., 2007; SILVA e SANTOS, 2007), inclusive enfocando a região Amazônia (p.e., MARTINS et al., 2007; SILVA, 2005; ALMEIDA-FILHO e MIRANDA, 2007).

Cabe ressaltar que elevações obtidas a partir de modelos de elevação digital oriundos de dados SRTM representam uma somatória da elevação real do terreno e do efeito do dossel (Figura 2.2; KELLNDORFER et al., 2004). Com isto, estudos de vegetação também têm sido beneficiados pela aplicação de dados SRTM (BROWN, 2003; BROWN e SARABANDI, 2003; KELLNDORFER et al., 2004; WALKER et al., 2007), inclusive em áreas amazônicas alagáveis. Nessas áreas, classes de vegetação mostram correspondência com elevações digitais derivadas de dados SRTM (SILVA, 2007). Esse autor descreve, ainda, a potencialidade desses produtos quando combinados com dados ópticos de média resolução.

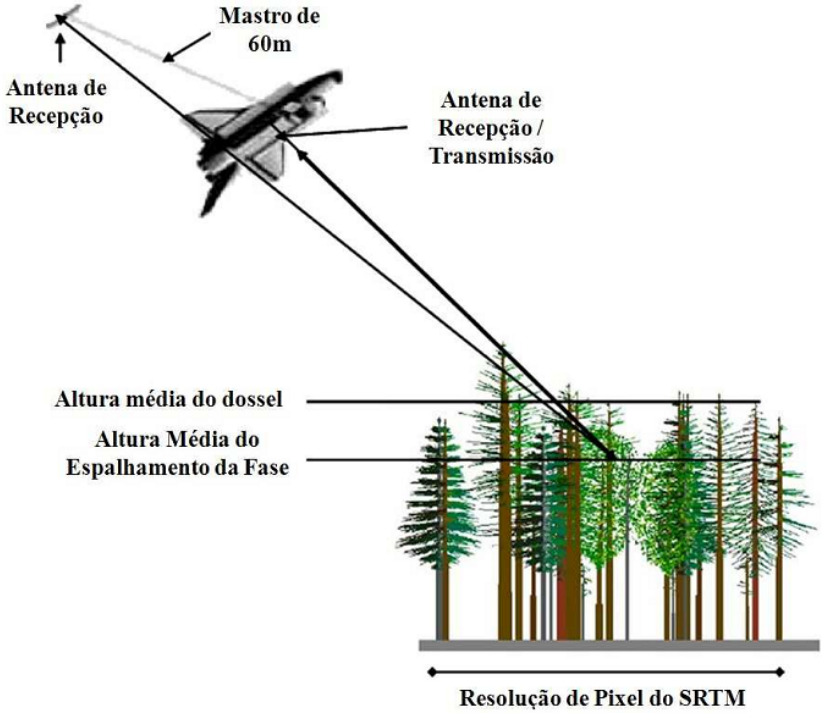

Figura 4.2 - Efeito do dossel nos dados SRTM coletados através da banda C
Fonte: Adaptado de KELLNDORFER et al. (2004)

4.1.1 Obtenção dos dados SRTM

Existem diversos métodos disponíveis para obtenção dos dados SRTM. No entanto, nesse tutorial será abordado apenas o método de download através do site http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/, que distribui os dados para o mundo inteiro na versão 2, finalizada, através de FTP, disponível no endereço: ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/. A Figura 4.3, a seguir ilustra a página inicial do site do Jet Propulsion Laboratory (JPL).

Para acessar diretamente o local onde estão disponíveis os dados para a América do Sul utilize o link: ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/South_America/.

Figura 4.3. Página inicial do site do Jet Propulsion Laboratory

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1 Processamento dos dados SRTM

5.1.1 Conversão para TIFF

Os dados distribuídos através do FTP mencionado no item 4.1.1 possuem, originalmente, a extensão ".hgt". No entanto, muitos aplicativos não são capazes de ler esse formato. Com isso, é necessária a conversão para um formato mais comum. Para isso, será utilizado o aplicativo Global Mapper.

O primeiro passo consiste em abrir o dado SRTM. Para isso, clique em **File → Open Data File(s)** (Figura 5.1) e selecione o arquivo correspondente ao dado SRTM. Em seguida, deve-se exportar um arquivo no formato TIFF. Para isso clique em **File → Export Raster and Elevation Data → Export GeoTIFF**, siga as instruções da figura 5.2 e pressione **OK**. Atribua um local e um nome para o arquivo TIFF que será exportado e clique em **Salvar**.

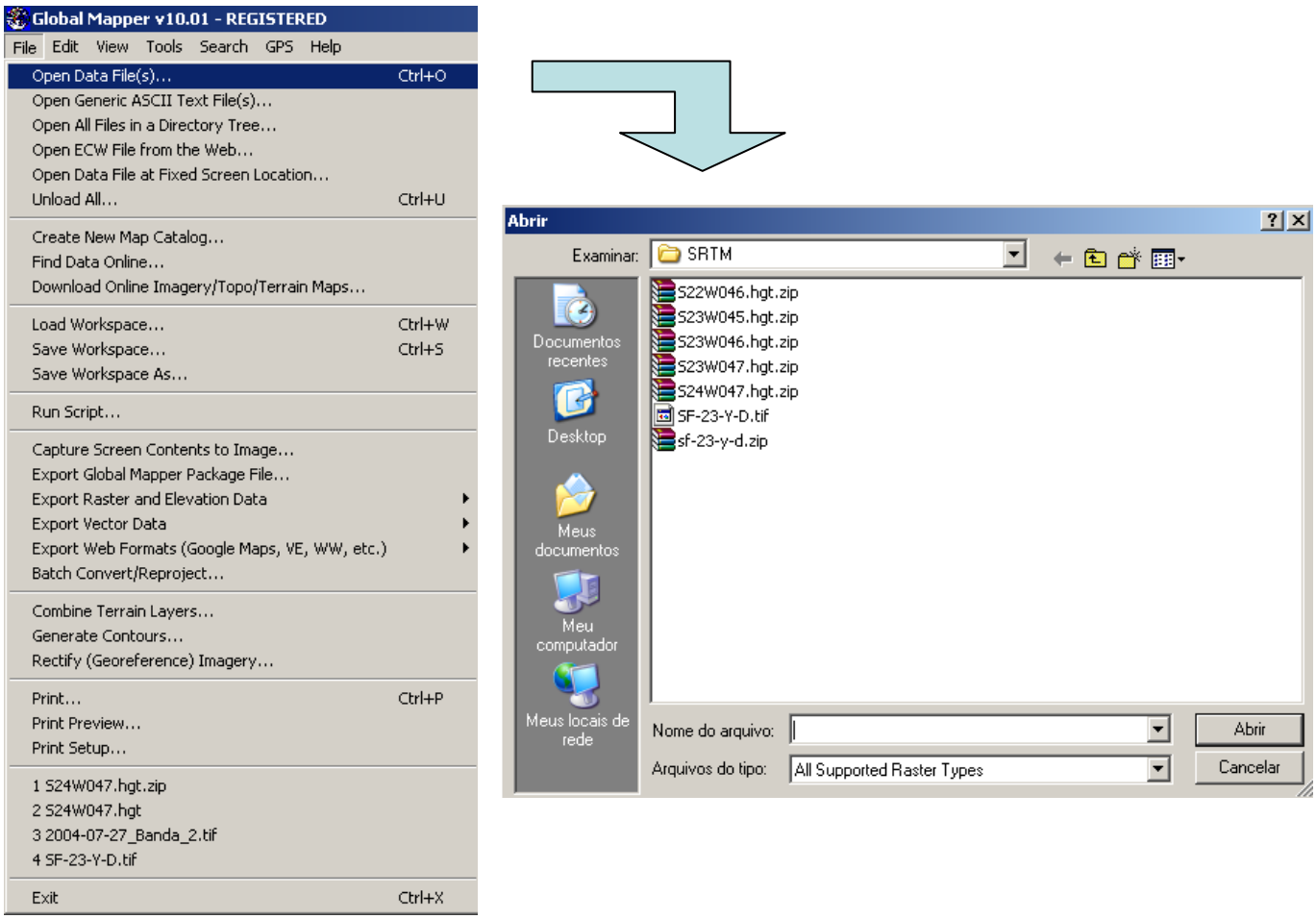

Figura 5.1. Abertura dos dados SRTM no aplicativo Global Mapper

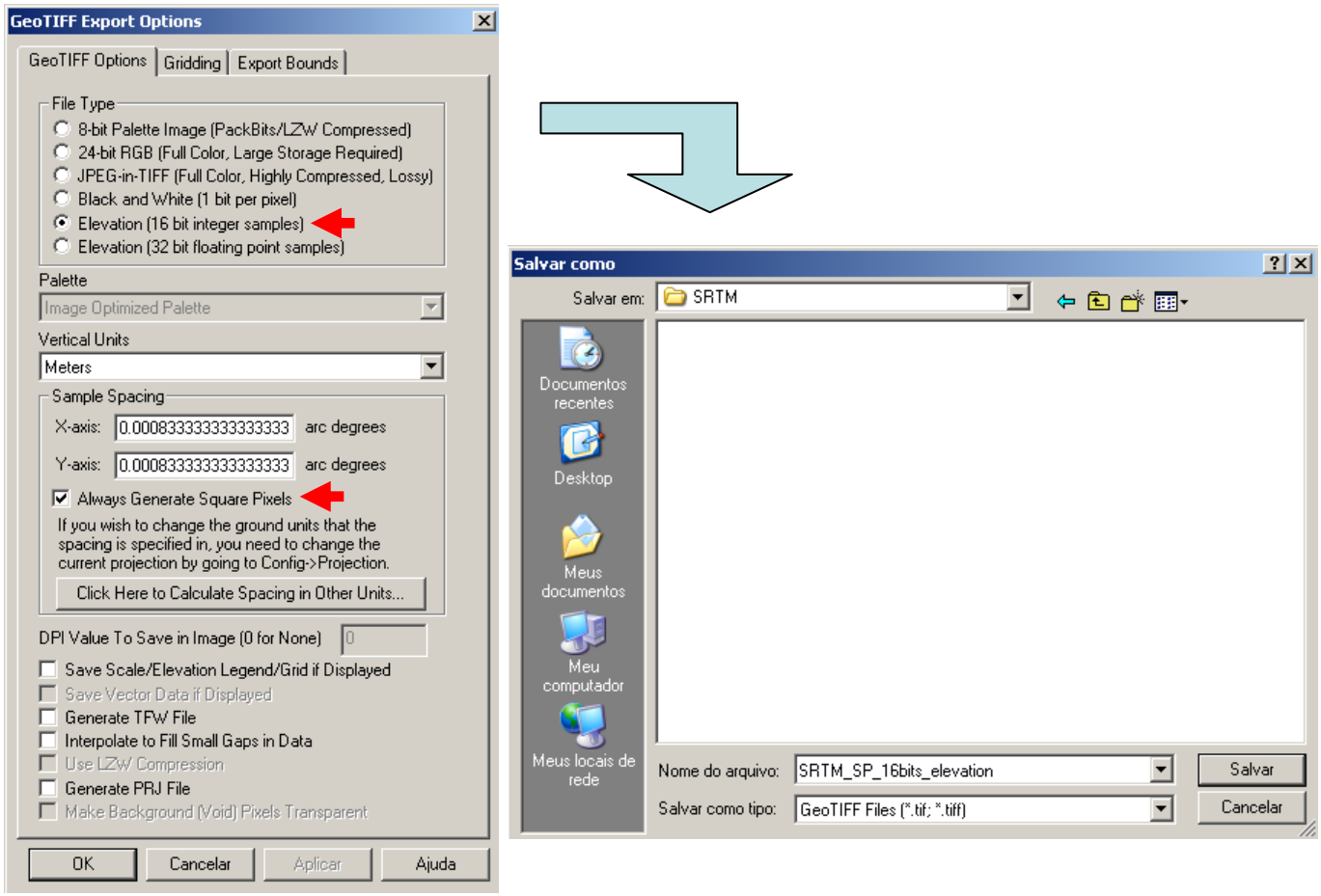

Figura 5.2. Exportação dos dados SRTM em formato GeoTIFF

5.1.2 Importação dos dados SRTM no ArcGIS

Antes de importar o modelo de elevação para o ArcGIS, é preciso configurar o sistema de coordenadas que será utilizado. Para isso, clique com o botão direito do mouse sobre a opção **Layers → Properties**. Procure pela guia **Coordinate System** e altere para o sistema desejado. No caso do projeto adotado: *"UTM, zona 23S, WGS84"*, como está mostrado na Figura 5.3.

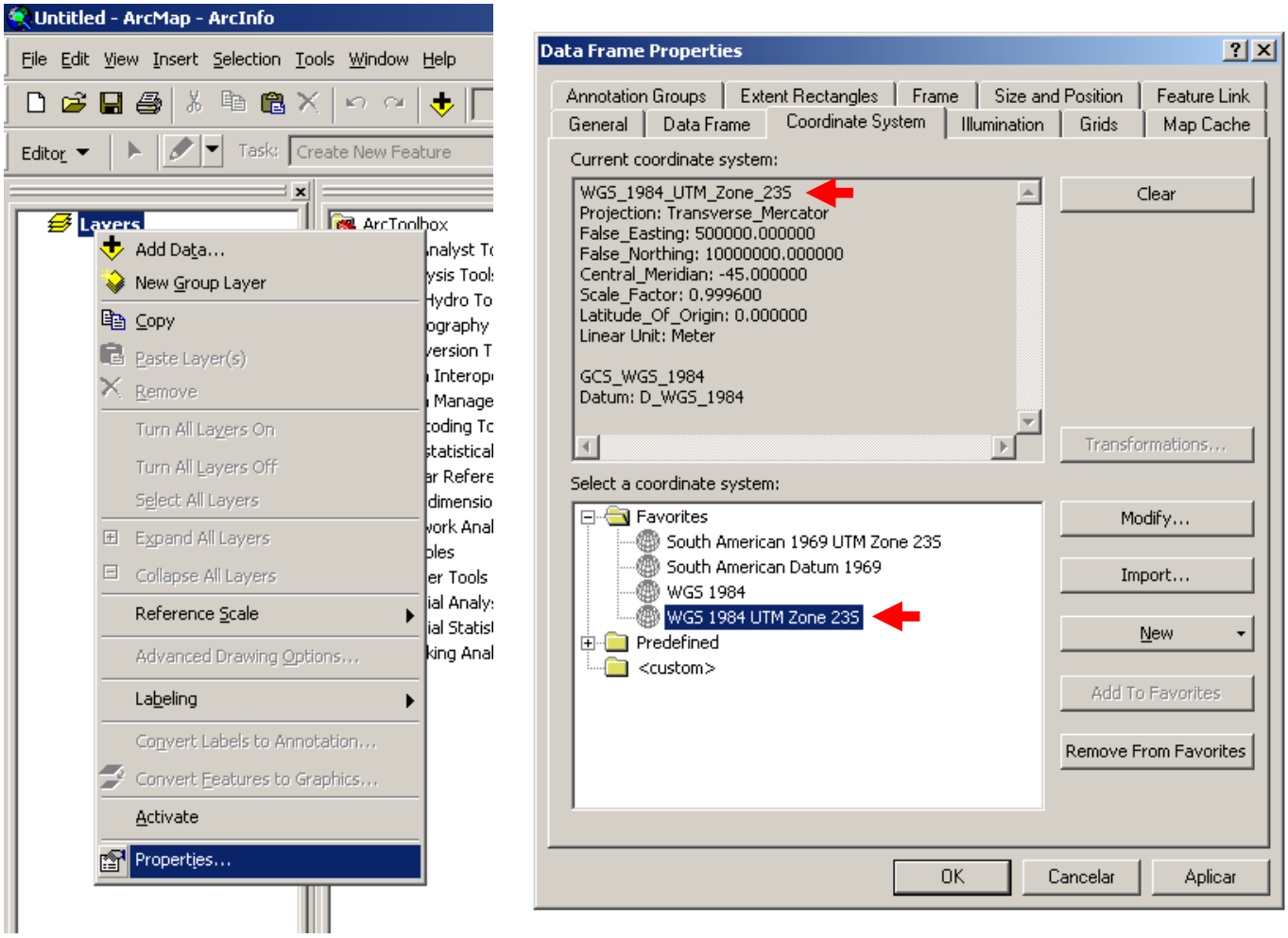

Figura 5.3. Atribuição de um sistema de coordenadas ao projeto corrente

Para importar efetivamente o arquivo TIFF, clique no botão **Add Data** e, em seguida, selecione o arquivo exportado através do Global Mapper na janela que abrirá e clique em **Add** (Figura 5.4).

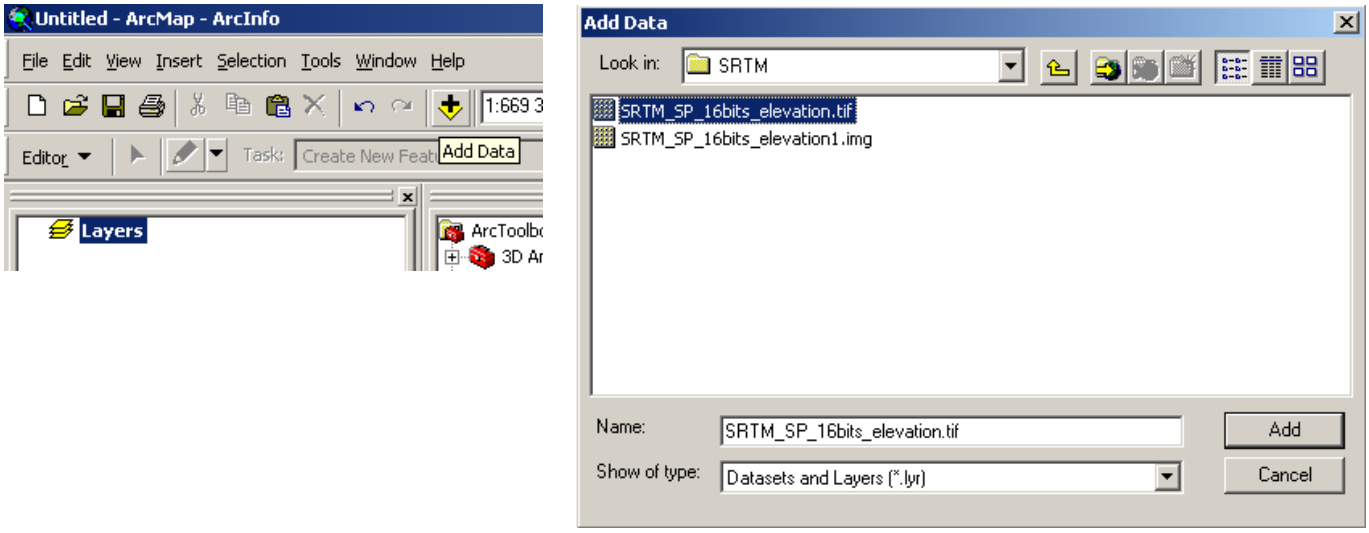

Figura 5.4. Importação do modelo de elevação no ArcGIS

Após importado, note que a imagem de elevação formada não é representativa e que os valores de altitude estão completamente incoerentes (Figura 5.5).

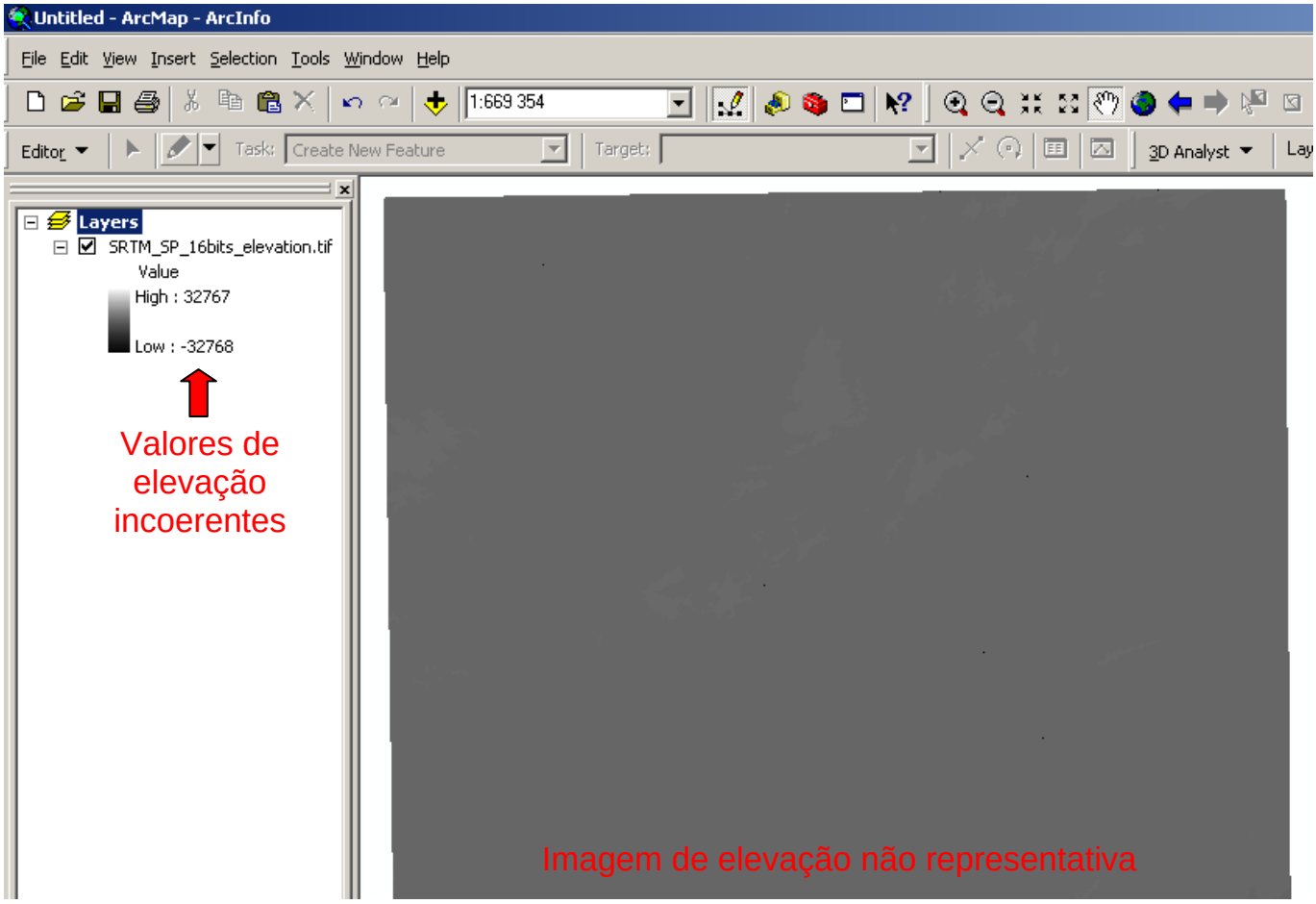

Figura 5.5. Imagem e valores de elevação incoerentes

Para corrigir essas diferenças, é preciso remover os valores inexistentes (negativos, no caso) no modelo de elevação. Isso somente será possível se os valores de altitude estiverem presentes numa tabela de atributos acessível, relacionada à layer do modelo. Como isso não é possível com os dados em formato de imagem exportado pelo Global Mapper, será necessário converter os dados para o formato IMG, nativo no ArcGIS. Para isso, clique com o botão direito na layer que contém os dados SRTM e, em seguida, clique em **Data → Export Data**. Na janela que abrirá, selecione um nome e um local para salvar o arquivo .img que será exportado. Em seguida, clique em **Save**. O sistema exportará o arquivo e perguntará se deseja adicionar o arquivo ao mapa como uma layer (Would you like to add the exported data to the map as a layer?). Clique em **Sim** e a imagem aparecerá como uma layer disponível no projeto. Repare que alguns valores de elevação já foram corrigidos nessa etapa. Para maiores detalhes desse procedimento, observe a Figura 5.6.

Para evitar o acúmulo desnecessário de layers no projeto, remova a imagem TIFF adicionada previamente, mantendo apenas a .img, importada na última etapa. Para isso, clique com o botão direito na layer que não será utilizada e clique em **Remove**.

Feito isso, agora é possível corrigir as imperfeições no modelo de elevação que será utilizado.

5.1.3 Correção do modelo digital de elevação

Note que, apesar de já ter ocorrido uma alteração nos valores de elevação e na visualização da imagem, com a importação do arquivo .img, os valores de altitude ainda encontram-se incoerentes. Para corrigir essa falha, analise os dados da tabela de atributos clicando com o botão direito na layer desejada e, em seguida **Open Attribute Table** (Figura 5.6). É bastante característico nos dados SRTM apresentar falhas. Essas são inerentes ao processo de formação dos dados e precisam ser corrigidas.

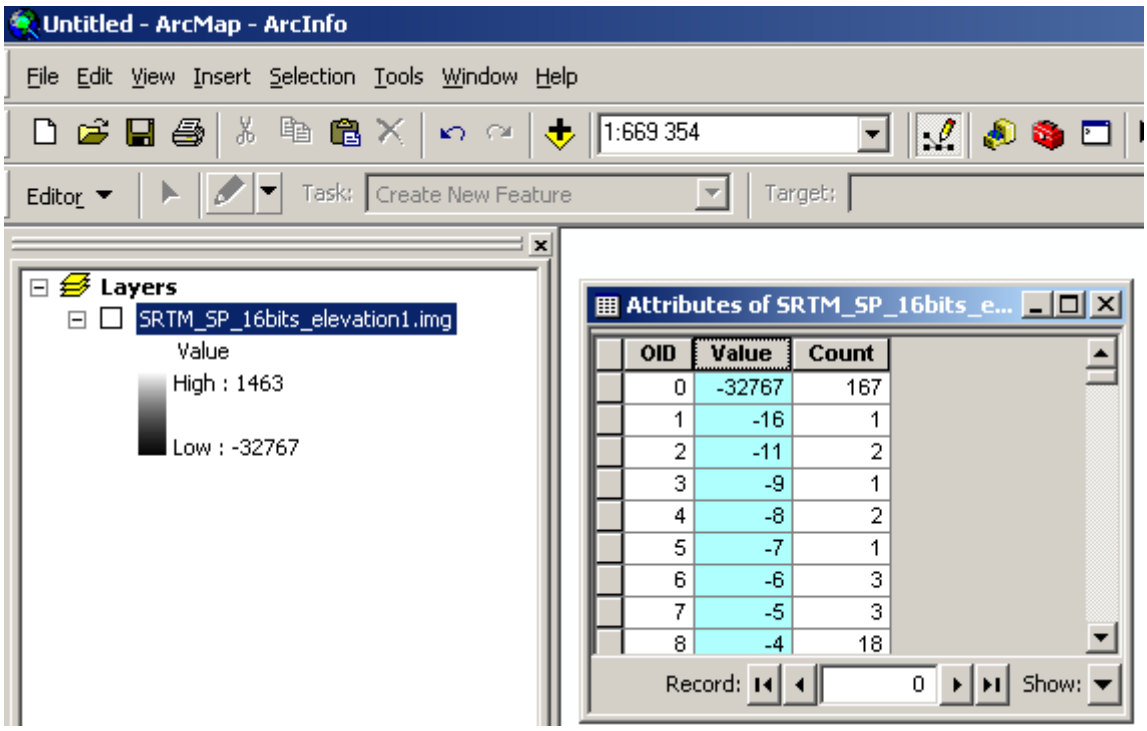

Figura 5.6. Tabela de atributos da layer que cotem os dados SRTM. Notar valores negativos na coluna *Value*.

O primeiro passo para correção desse "problema" é remover os valores negativos através da ferramenta *Con*. Para acessá-la, acesse na ArcToolBox **Spatial Analyst Tools → Conditional → Con**. Na janela que abrirá, selecione a imagem desejada, preencha o campo *Expression (optional)* com a expressão "Value" >= 0 e clique em **Ok**. Observe a janela que indicara o andamento do processamento que está sendo realizado. Observe, também, que o produto gerado terá o prefixo Con no nome do arquivo. Para maiores detalhes, observe a Figura 5.7.

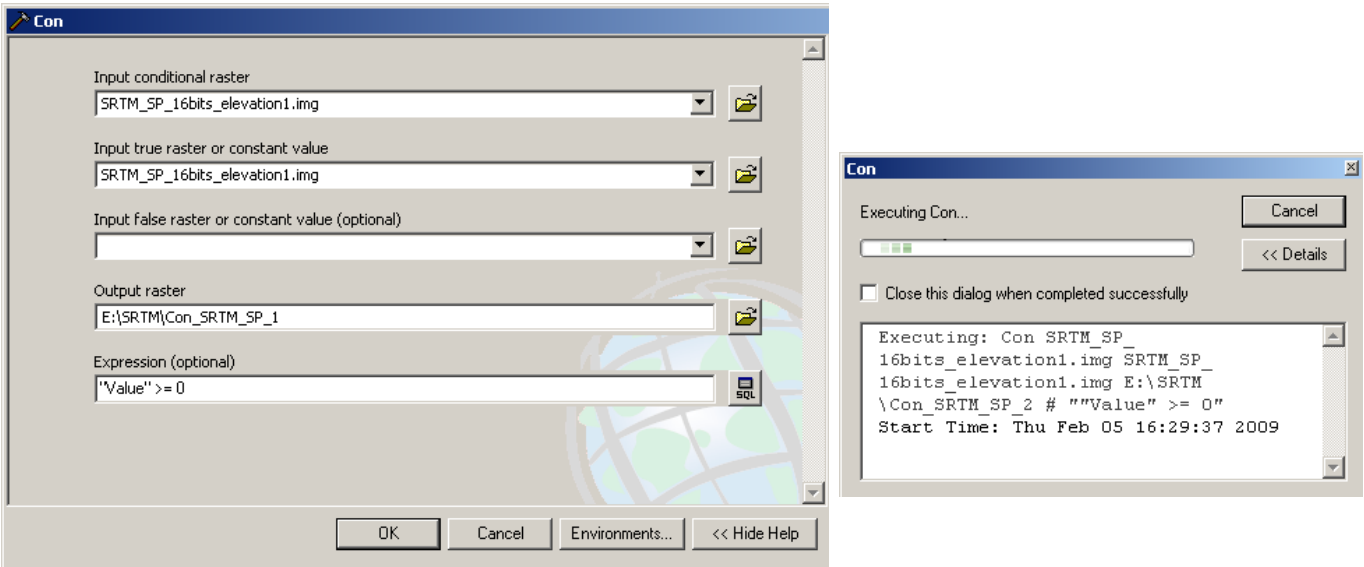

Figura 5.7. Janela de opções da ferramenta *Con*. Observe os campos *Output raster* e *Expression*.

Observe na nova imagem gerada que algumas regiões estão sem valores de elevação como atributos (Figura 5.8). É necessário atribuir novos valores para os pixels modificados. No entanto, qual valor atribuir, sendo que não se sabe ao certo a elevação das áreas afetadas? Infelizmente, nessa etapa é preciso aceitar que o sistema atribua novos valores com base na informação dos vizinhos mais próximos, através de interpolação.

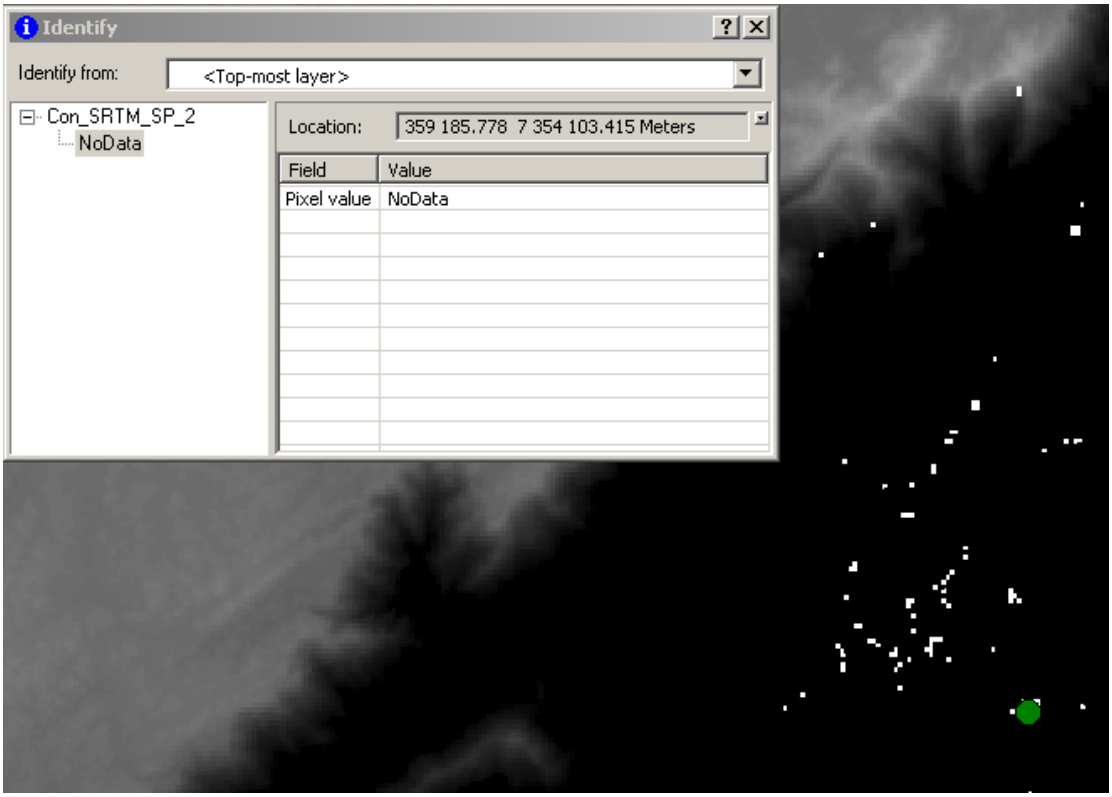

Figura 5.8. Falhas no modelo de elevação. Notar que esses regiões apresentam o valor "*NoData*" para o campo *Value* da tabela de atributos.

Essa pequenas falhas serão corrigidas utilizando-se duas ferramentas. A primeira delas é a *Reclass*, que atribuirá valor zero de altitude para as regiões sem dados. Para executá-la, acesse **Spatial Analyst Tools → Reclass → Reclassify**. No campo *Input Raster* selecione a imagem gerada pela ferramenta *Conditional*. Lembre-se que a imagem é identificada pelo prefixo "*Con*". Em seguida, clique em **Unique** e note que os valores foram organizados em ordem crescente. Navegue até o final da tabela e note os valores "*NoData*". Mude na esse valor para "0" (zero) na coluna *New values* e clique em **OK** (Figura 5.9).

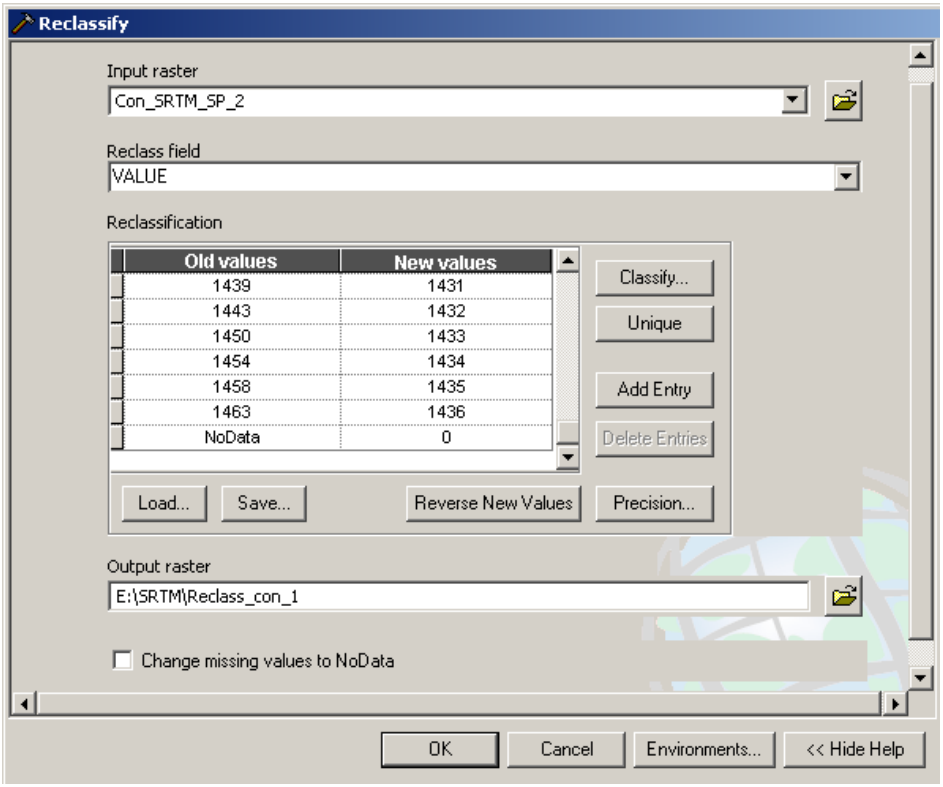

Figura 5.9. Ferramenta *Reclassify*. Observe que o valor "*NoData*" da coluna *New values* foi substituído por zero

Para finalizar a correção do modelo digital de elevação basta utilizar o comando *Fill*, que regulariza as grandes imperfeições nos dados utilizados. Para entender melhor o funcionamento deste recurso, analise a Figura 5.10, a seguir.

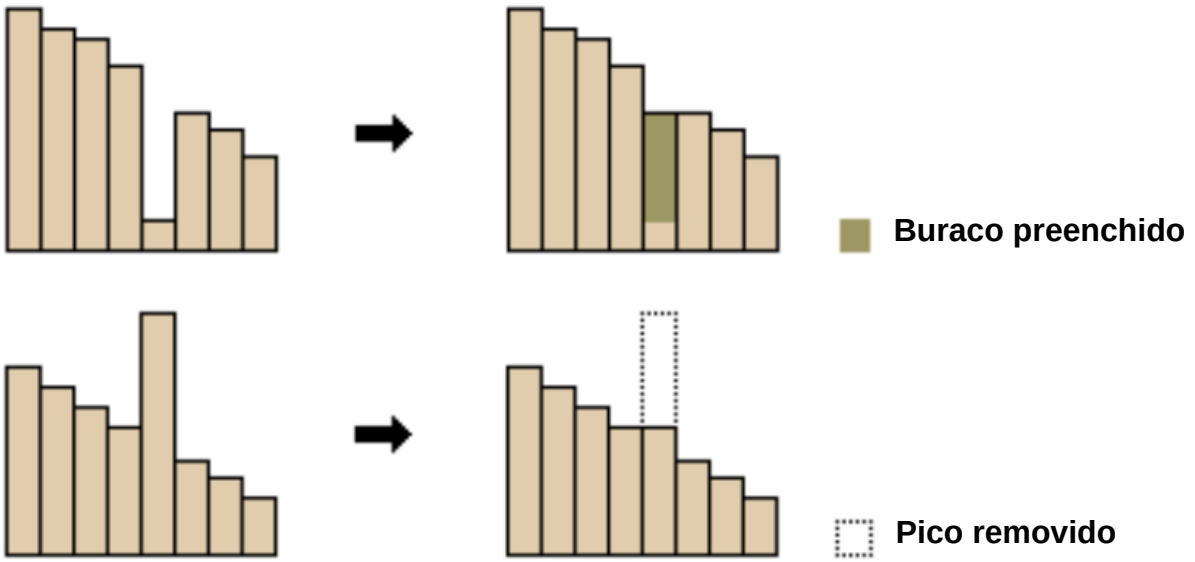

Figura 5.10. Lógica de funcionamento da ferramenta *Fill*. Note que ela remove grandes imperfeições como picos e buracos no modelo digital de elevação

A execução do desse comando também é bastante simples, basta acessar **Spatial Analyst Tools → Hydrology → Fill**. Na janela que abrirá, selecione como *Input surface raster* o produto gerado com a ferramenta *Reclassify*. Note que, da mesma maneira que a ferramenta *Con*, foi gerado um prefixo "*Reclass*" no nome do arquivo (Figura 5.11).

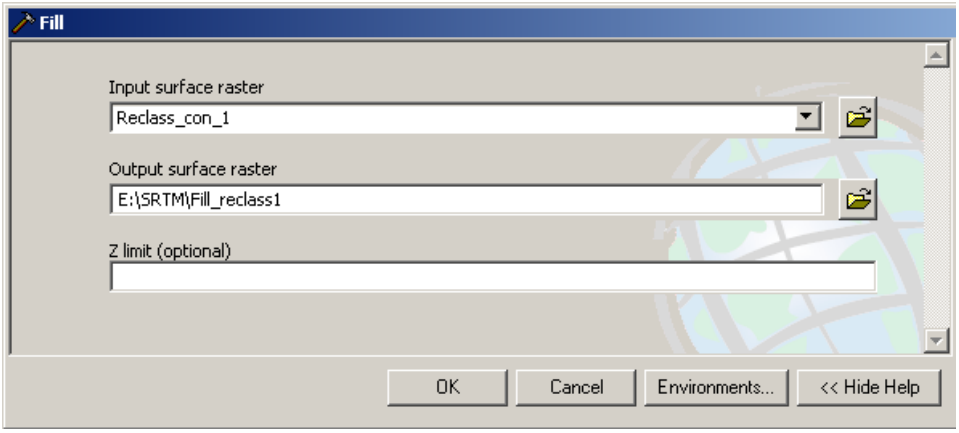

Figura 5.11. Tela para seleção de arquivo da ferramenta *Fill*. Notar o prefixo "*Fill*" que será adicionado no nome do arquivo, produto deste processamento

Após esse procedimento, visualize a imagem de elevação gerada e atente para as áreas que estavam com falhas. Agora elas estão completamente preenchidas e o modelo está pronto para ser processado.

5.1.4. Extração automatizada da rede de drenagem

Todos os processamentos realizados nessa etapa utilizarão ferramentas que fazem parte do grupo *Hydrology*, da ArcToolBox *Spatial Analyst Tool* (Figura 5.12).

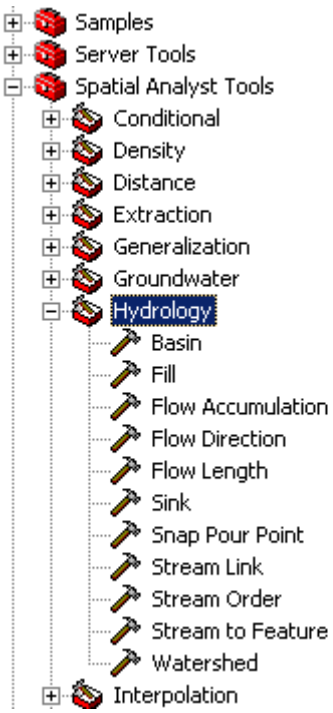

Figura 5.12. Grupo de ferramentas *Hydrology* da ArcToolBox *Spatial Analyst Tools*

Para extração automatizada da rede de drenagem com base no modelo digital de elevação o primeiro passo é a determinação da direção de fluxo na bacia. Isso será determinado através do recurso *Flow Direction*. Visando um aperfeiçoamento no uso da ferramenta, a figura 5.13, a seguir, ilustra a lógica de processamento dessa.

Figura 5.13. Lógica de processamento da ferramenta *Flow Direction*

Para executá-la, acesse **Spatial Analyst Tools → Hydrology → Flow Direction** e selecione a imagem com prefixo *"Reclass"* como *input* desta ferramenta (Figura 5.14).

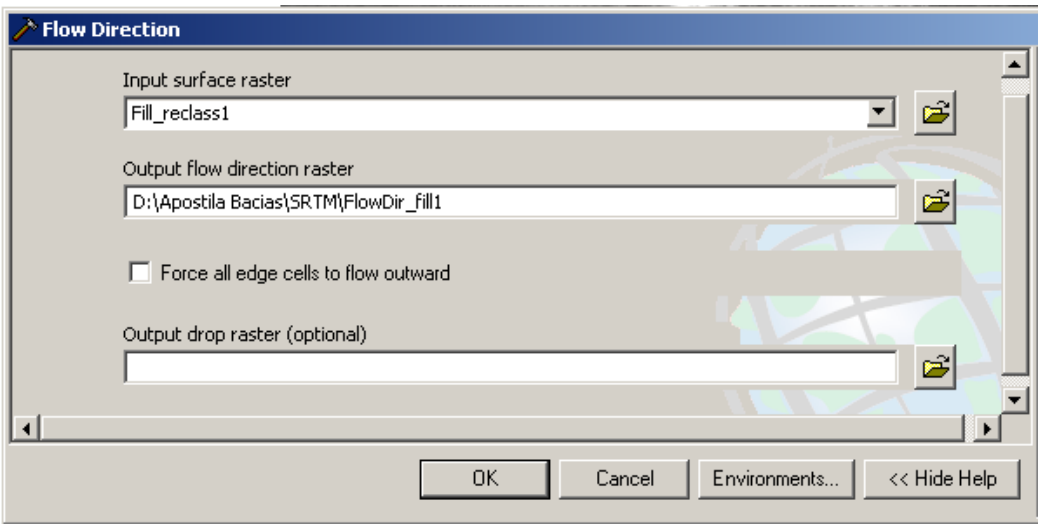

Figura 5.14. Detalhes das opções de entrada para processamento com o *Flow Direction*

Visualize a imagem gerada. Apesar de não fazer muito sentido, essa é uma etapa essencial para o processamento seguinte, que será realizado com a ferramenta *Flow Accumulation*.

Essa última permite a geração de valores de fluxo acumulado para cada célula da matriz. A Figura 5.15, ilustra o resultado deste procedimento. Células com valores altos indicam uma maior concentração de fluxo acumulado e, por isso, são consideradas áreas com alta viabilidade para ocorrência de drenagens. Por outro lado, células com valores baixos indicam ausência de fluxo acumulado e, por isso, são consideradas áreas com maior viabilidade para ocorrência de nascentes.

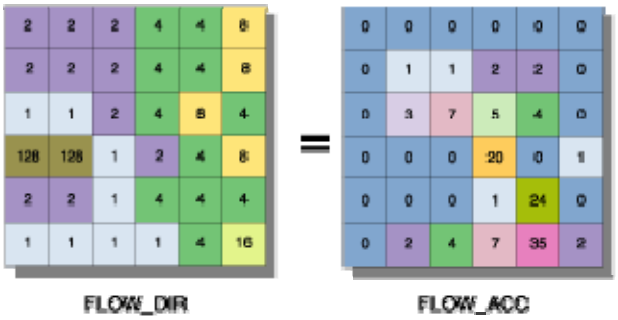

Figura 5.15. Lógica de processamento da ferramenta *Flow Accumulation*

Para executá-la, acesse **Spatial Analyst Tools → Hydrology → Flow Accumulation** e selecione a imagem com prefixo *"FlowDir"* como *input* desta ferramenta (Figura 5.16).

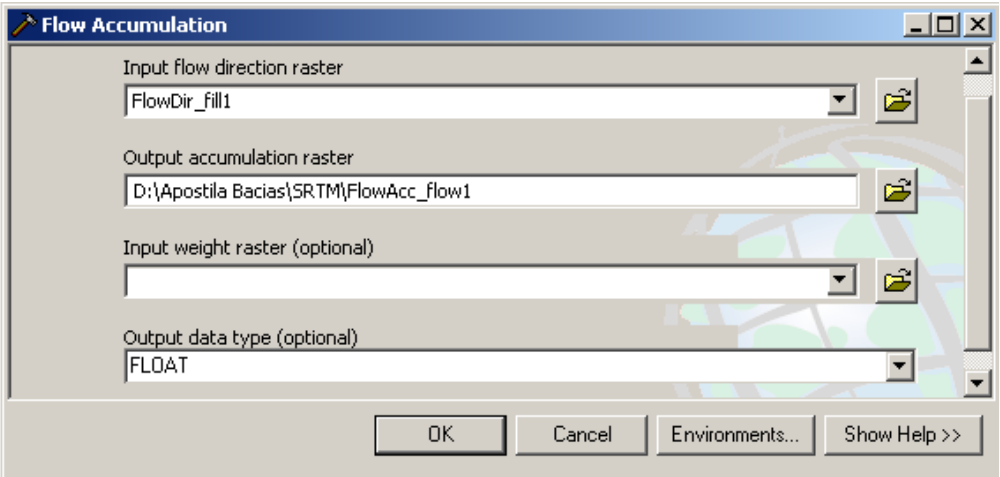

Figura 5.16. Detalhes das opções de entrada para processamento com o *Flow Accumulation*

Visualize a imagem gerada (Figura 5.17). Como irá perceber, já é possível reconhecer uma série de drenagens.

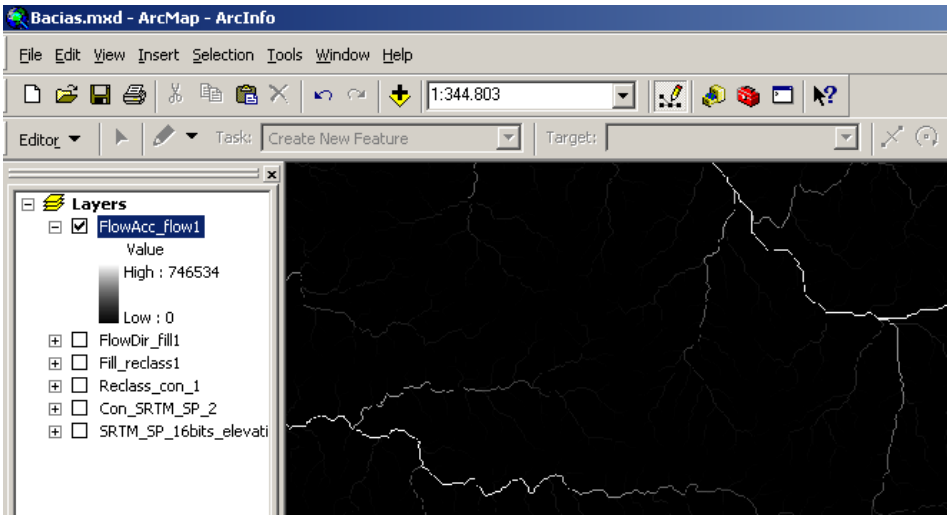

Figura 5.17. Imagem de fluxo acumulado

O próximo processamento é a geração do caminho de fluxo na bacia através do recurso *Flow Length.* Essa ferramenta possibilita o cálculo de distâncias ou distâncias ponderadas ao longo de um fluxo. Para executá-la, acesse **Spatial Analyst Tools → Hydrology → Flow Lenght** e selecione a imagem com prefixo *"FlowDir"* como *input* desta ferramenta (Figura 5.18).

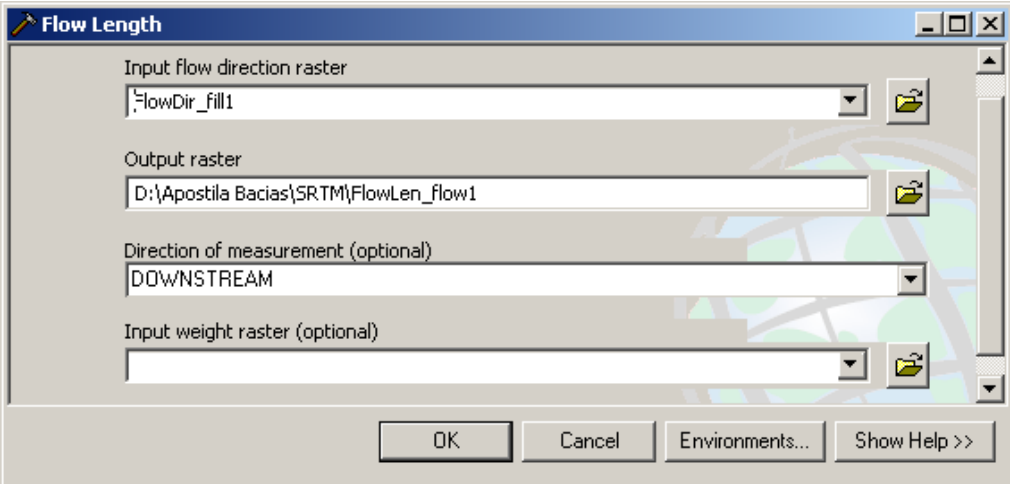

Figura 5.18. Detalhes das opções de entrada para processamento com o *Flow Length*

A opção DOWNSTREAM indica a distância de declive ao longo de um fluxo, para cada célula, até uma depressão ou sumidouro no topo da matriz. A opção UPSTREAM calcula a maior distância de aclive ao longo de um fluxo, para cada célula, até o divisor de vertente.

Verifique a imagem gerada e note que já é possível reconhecer algumas feições similares a bacias hidrográficas (Figura 5.19).

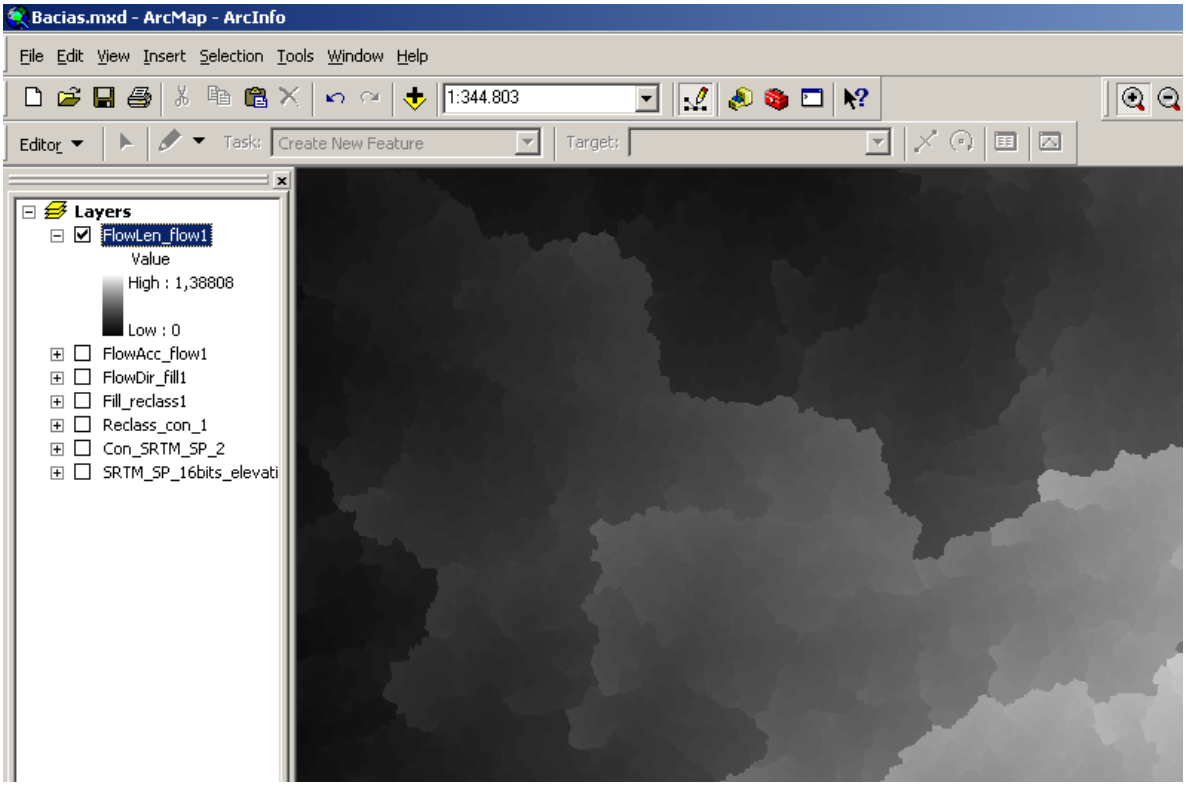

Figura 5.19. Imagem de comprimento de fluxo. Note que já é possível reconhecer feições similares a bacias hidrográficas.

Para finalizar a etapa de extração automatizada de rede de drenagem, será utilizada a ferramenta *Stream Order*. Esse recurso promove a hierarquização da rede de drenagem de acordo com o esquema ilustrado na Figura 5.20. Note que existem dois métodos diferentes de hierarquização.

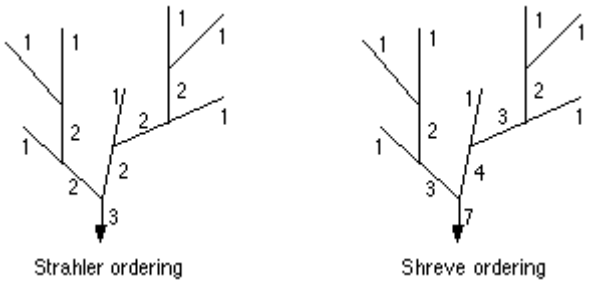

Figura 5.20. Hierarquização da rede de drenagem pelos métodos de *Strahler* e *Shreve*

Para utilizar esse recurso acesse **Spatial Analyst Tools → Hydrology → Stream Order**. Observe cuidadosamente os arquivos de *input* e o método utilizado através do exemplo ilustrado na Figura 5.21.

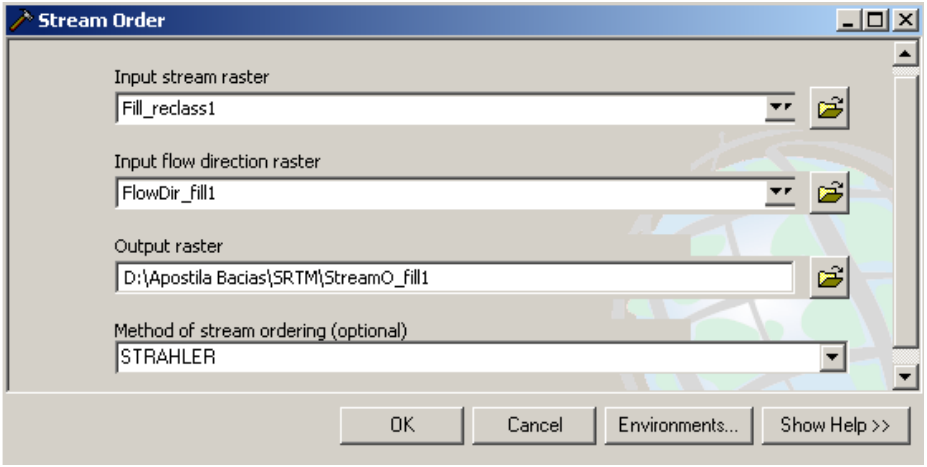

Figura 5.21. Detalhe das opções de entrada para processamento com a ferramenta *Stream Order*

Visualize a imagem gerada e note que uma rede de drenagem bastante detalhada foi extraída. Note, também, que 10 ordens de drenagem foram estabelecidas (Figura 5.22). No entanto, muitas ordens geram redes muito complexas, que não refletem a realidade encontrada no terreno. Esses valores podem variar de acordo com cada região.

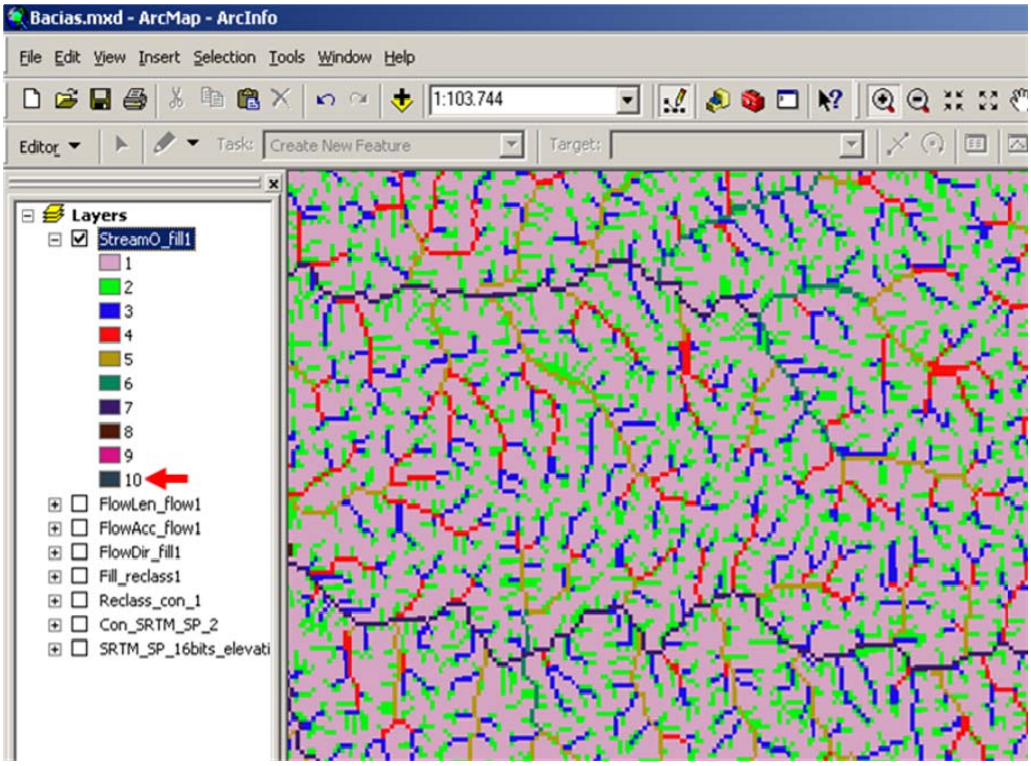

Figura 5.22. Hierarquização da rede de drenagem com estabelecimento de segmentos de 10º ordem

5.2 Processamento da rede de drenagem

5.2.1 Refinamento da rede de drenagem

Visualize também a tabela de atributos clicando com o botão direito sobre a descrição da layer e, em seguida, **Open Attribute Table** (Figura 5.23).

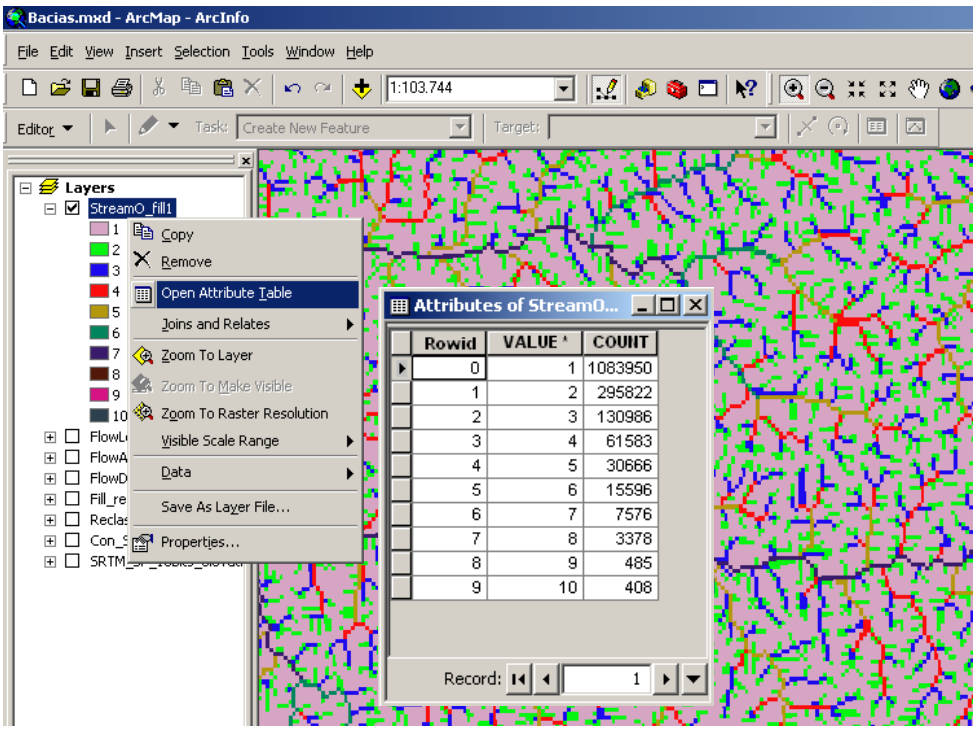

Figura 5.23. Tabela de atributos da layer *Stream Order*

Como foi gerada uma rede gerada uma rede que não reflete a realidade da região, será necessário proceder com alguns ajustes. Para isso será novamente utilizada a ferramenta *Con*. No entanto, é preciso reconhecer anteriormente que os rios de maior ordem também são considerados os rios principais na área de estudo. Sendo assim, para ajustar a rede de drenagem, os rios a serem removidos primeiramente são os de menor ordem.

Abra a ferramenta *Con* (ver item 5.1.3) e, na opção *Expression (optional)*, use a expressão "Value" >= X. Onde X deve ser substituído pelo valor da hierarquia de drenagem a partir do qual deseja incluir segmentos na drenagem final. Em outras palavras, para eliminar as ordens 1 e 2, substitua o X por 3. Nesse caso, serão consideradas na drenagem final as ordens de 3 a 10 (Figura 5.24). Esse procedimento pode ser realizado inúmeras vezes até que se consiga uma rede de drenagem adequada para estudo. Somente fique atento aos nomes dos arquivos de saída. A cada vez que a ferramenta é utilizada o sufixo numérico do nome do arquivo muda automaticamente (Figura 5.25).

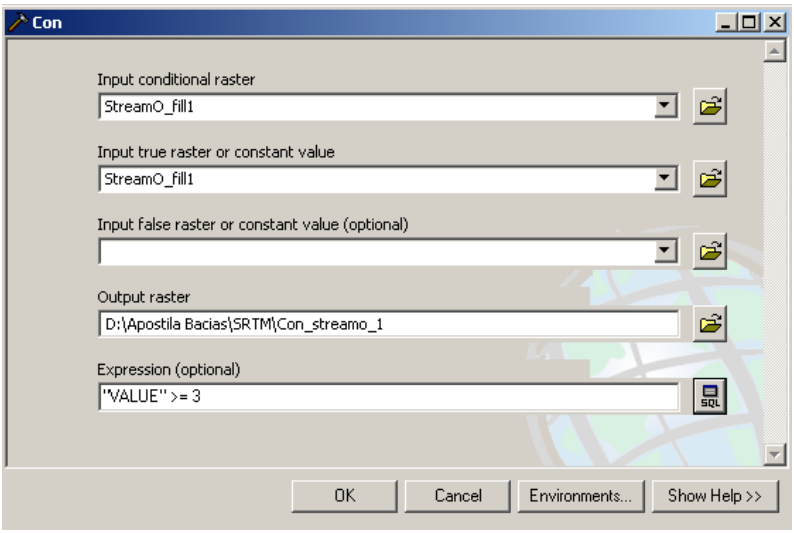

Figura 5.24. Detalhe das opções de entrada para processamento com a ferramenta *Con*

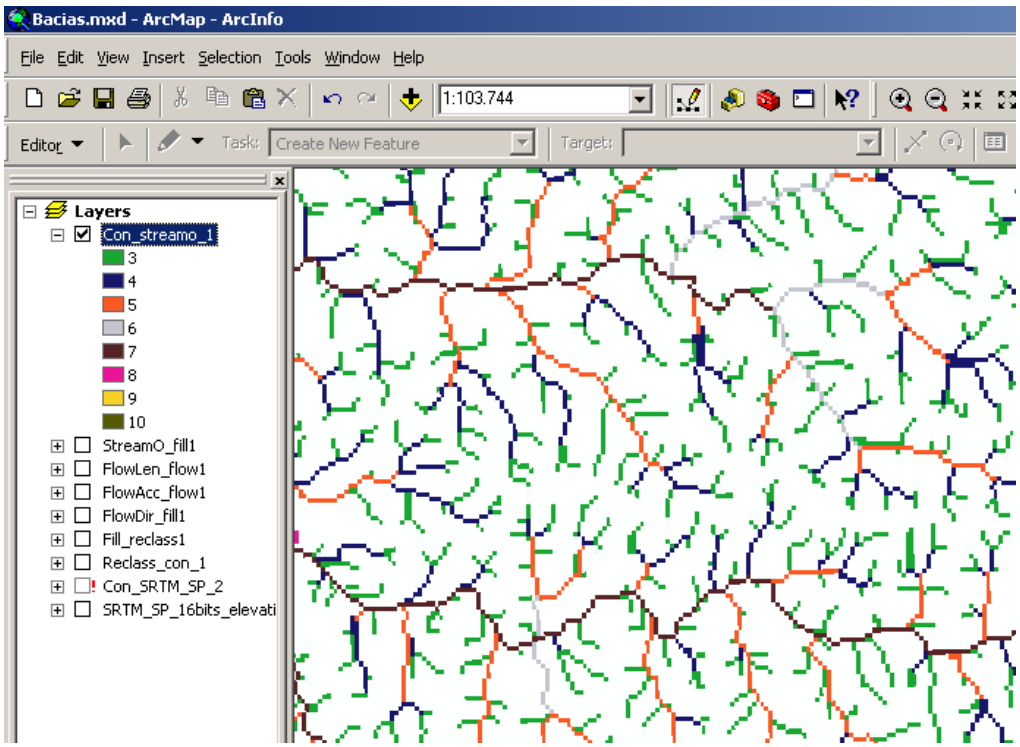

Figura 4.25. Rede de drenagem após utilização da ferramenta *Con*

Após estabelecimento da rede de drenagem na forma de imagem, o próximo passo é transformá-la em vetores. Isso é feito facilmente com a ferramenta *Stream to Feature*. Para executá-la, acesse **Spatial Analyst Tools → Hydrology → Stream to Feature**. Fique atento para os arquivos de *input* e clique em **OK** (Figura 5.26).

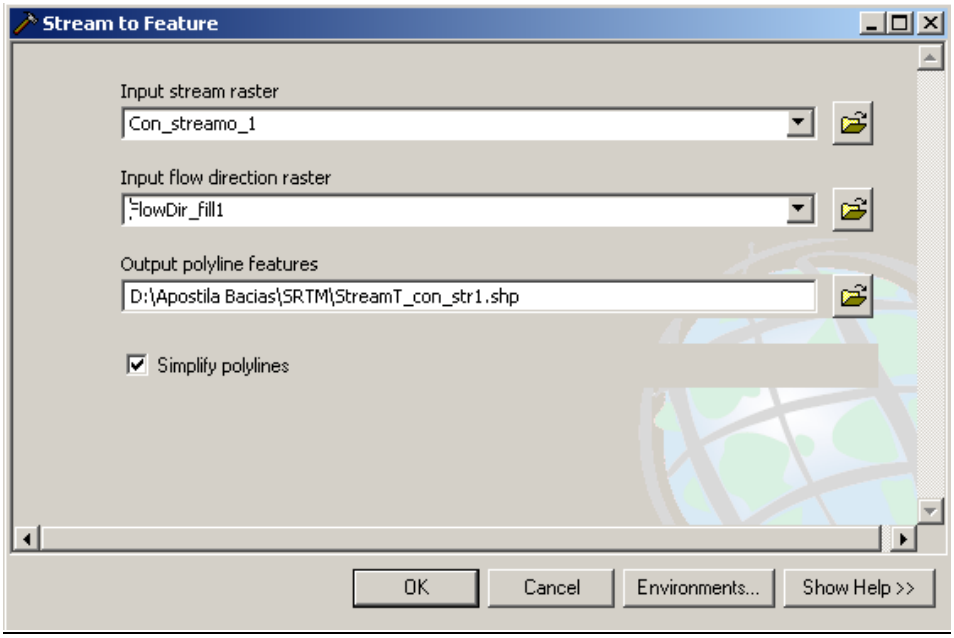

Figura 5.26. Detalhe das opções de entrada para processamento com a ferramenta *Stream to Feature*

Visualize o arquivo gerado e analise a qualidade da rede de drenagem final (Figura 5.27).

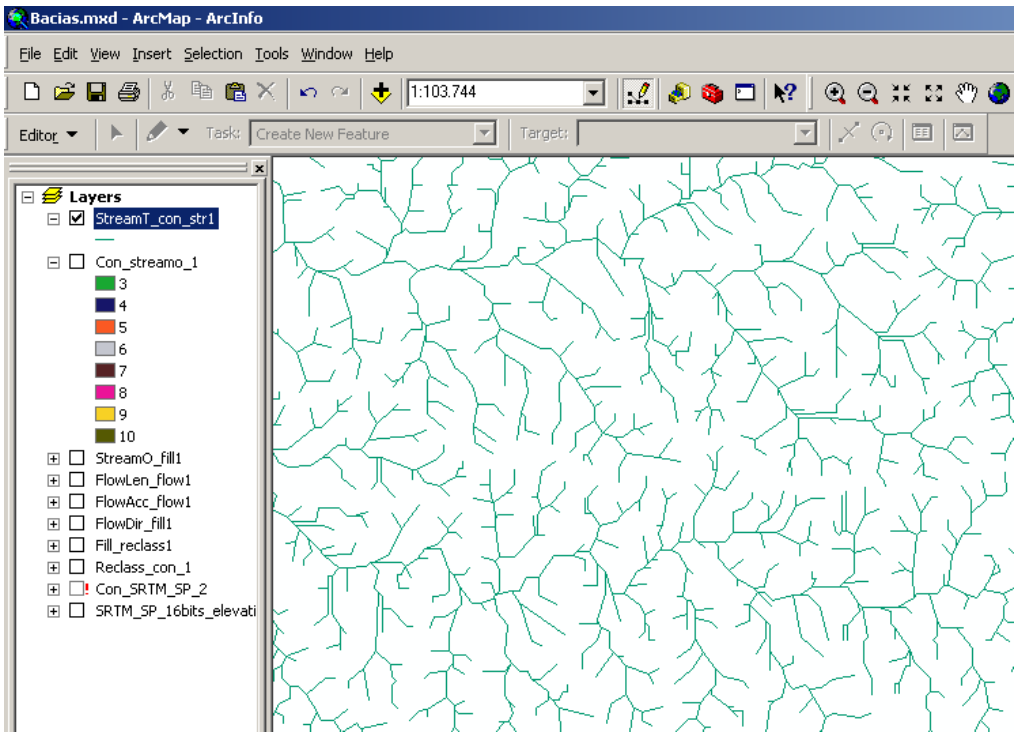

Figura 5.27. Rede de drenagem final

5.2.2 Determinação de bacias hidrográficas

Para finalizar o conteúdo deste tutorial, o próximo passo consiste na extração automatizada das bacias hidrográficas. Acesse a ferramenta **Spatial Analyst Tools → Hydrology → Basin**. Observe o arquivo de *input* e o nome e local do arquivo de saída (Figura 5.28). Clique em **OK**.

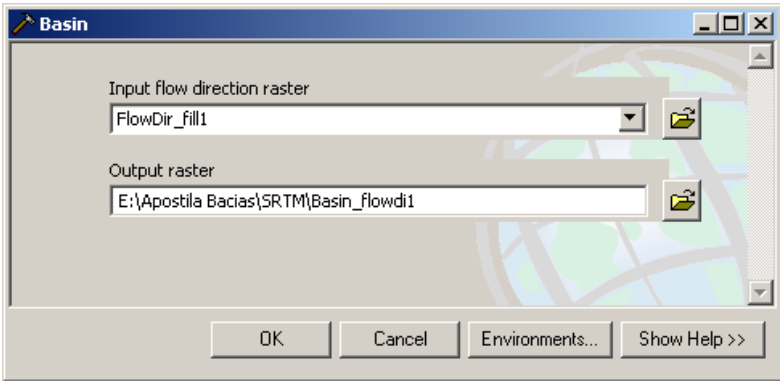

Figura 5.28. Tela de opções da ferramenta *Basin*

5.3 Geração de modelos de elevação com base em curvas de nível

Para geração do modelo de elevação com base em curvas de nível o primeiro passo consiste na importação dos vetores devidamente classificados de acordo com as cotas topográficas. Clique no botão **Add Data** (ver item 4.3.2) e, em seguida selecione a curva de nível de interesse e clique em **OK**.

O primeiro processamento a ser realizado consiste na criação de uma *TIN surface*. Para isso, habilite a barra de ferramentas *3D Analyst*, clicando em **Tools → Customize**. Na janela que abrirá, selecione a opção *3D Analyst* (Figura 5.29). Organize a barra de ferramentas arrastando-a para próximo das outras barras já existentes.

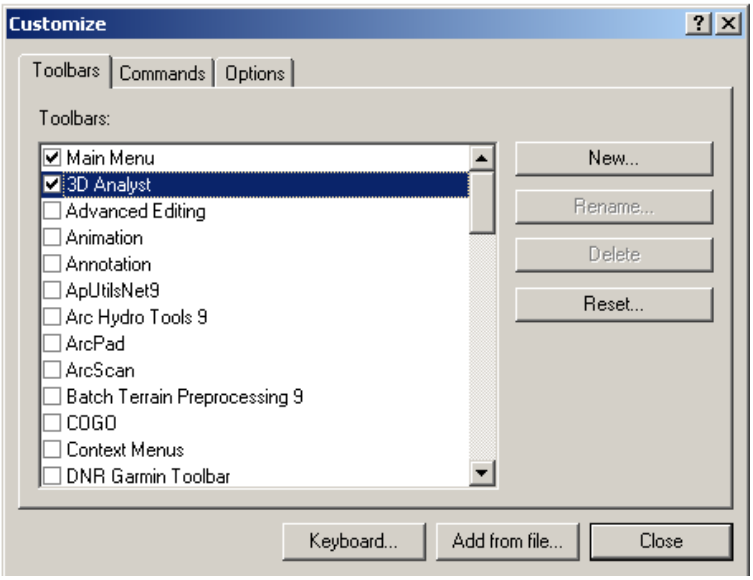

Figura 5.29. Janela de seleção da barra de ferramentas 3D Analyst

Para criar efetivamente a *TIN Surface*, clique na barra de ferramentas adicionada as opções **3D Analyst → Create/Modify TIN → Create TIN From Features** (Figura 5.30).

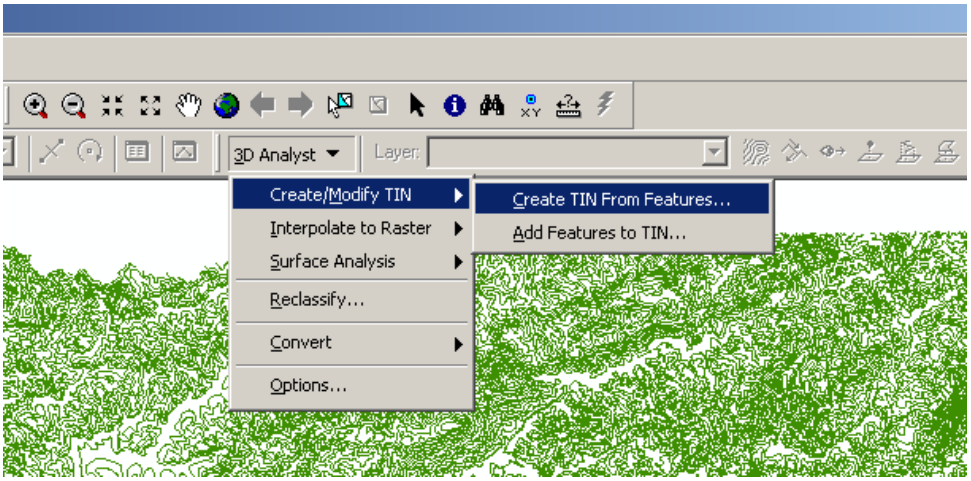

Figura 5.30. Caminho para execução da ferramenta utilizada para criação da *Tin Surface*

Na janela seguinte, selecione a layer que contém as curvas de nível de interesse, verifique o nome e local do arquivo de saída (*Output TIN*) e, em seguida, clique em **OK** (Figura 5.31)

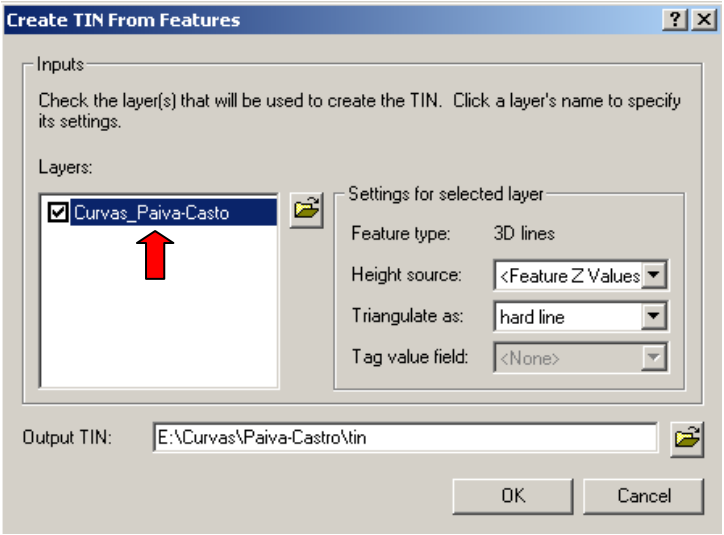

Figura 5.31. Opções de execução da ferramenta *Create TIN From Features*

Visualize o arquivo gerado e note diferentes classes de elevação criadas que, nesse caso, vão de 700 a 1300m de elevação, aproximadamente (Figura 5.32).

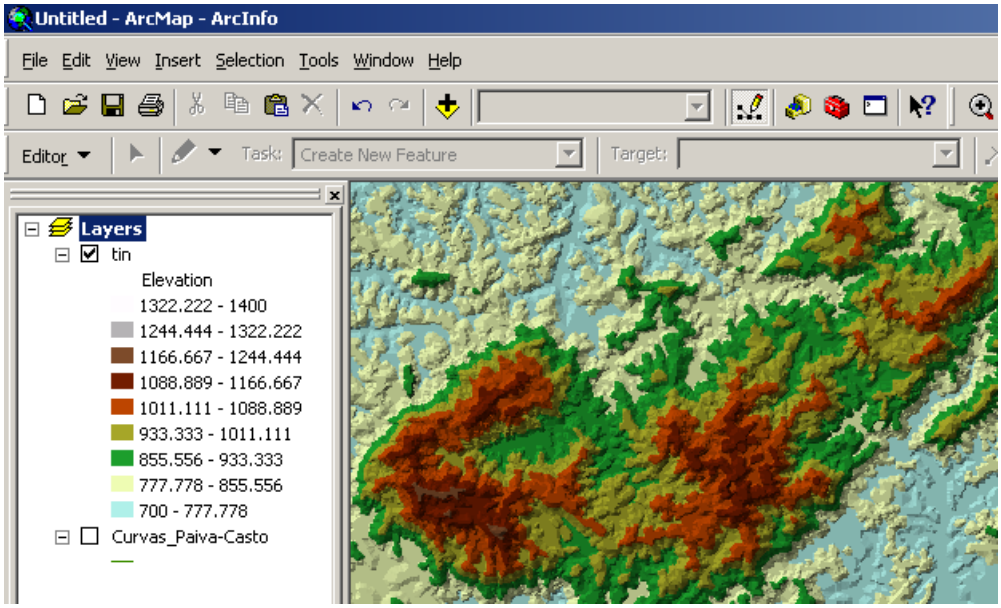

Figura 5.32. Visualização da *TIN Surface*

Em seguida, para geração do modelo de elevação, é necessário converter a *TIN Surface* para uma raster. Isso será feito clicando em **3D Analyst → Convert → TIN to Raster** (Figura 5.33).

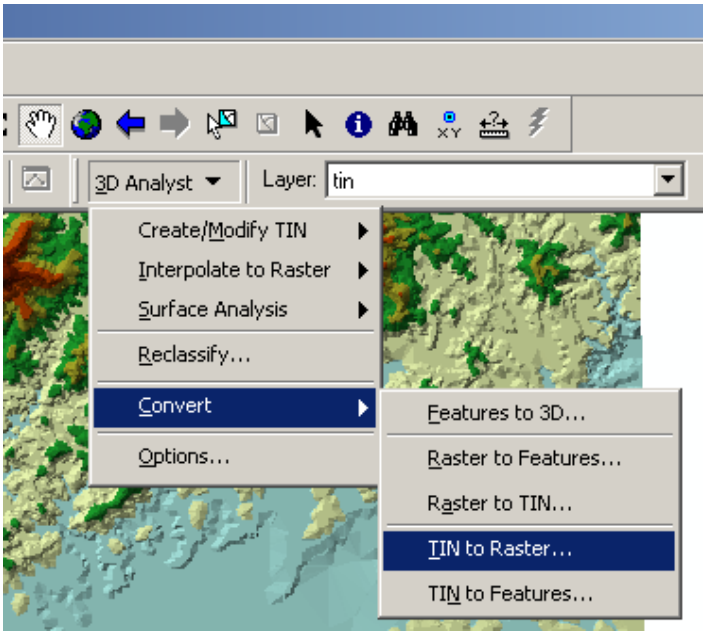

Figura 5.33. Caminho para execução da ferramenta *TIN to Raster*

Na tela com as opções de conversão (Figura 5.34), observe com atenção se o arquivo de *Input* selecionado é a *TIN Surface* gerado no processamento anterior. Note o campo *Cell size*. O valor original é determinado pela escala das curvas de nível utilizadas. Nesse caso, o valor era de 155m e foi alterado para 30m, buscando melhor visualização do modelo de elevação que será criado. No entanto, é preciso lembrar que os valores serão interpolados e, em muitos casos, poderão falsear os resultados que serão obtidos. Fique atento, também, para o local e nome do arquivo de saída.

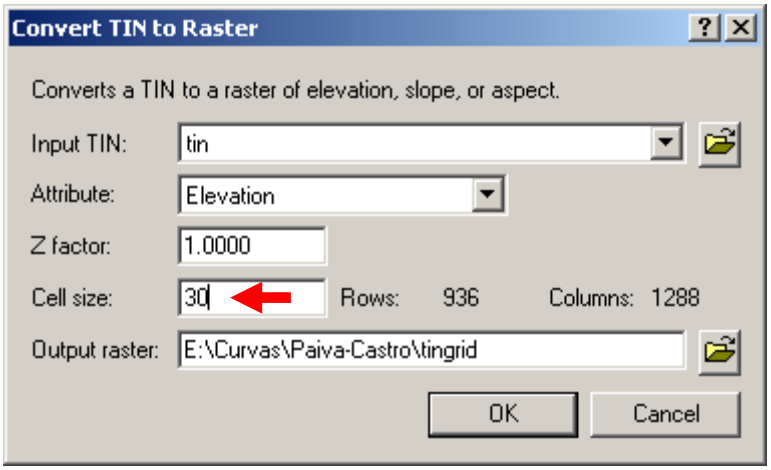

Figura 5.34. Tela de opções da ferramenta *Convert TIN to Raster*

Visualize o produto gerado (Figura 5.35) e note a semelhança com os modelos gerados a partir dos dados SRTM. Esse é o modelo que será utilizado para extração de bacias hidrográficas de acordo com os processamentos realizados a partir do item 4.3.4 deste tutorial.

Em seguida, utilize esse modelo para extração das bacias hidrográficas. Comece diretamente no item 5.1.4, observando atentamente os arquivos de *input*.

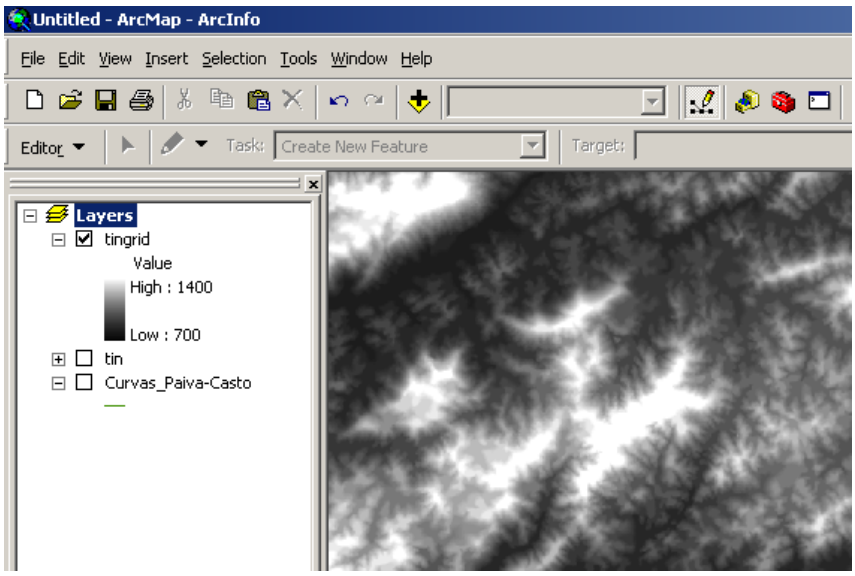

Figura 5.35. Modelo de elevação criado com base em curvas de nível