



SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA - SIG

1. Introdução
2. Conceito e aplicações
3. Principais componentes de um SIG
4. Modelo matricial e vetorial
5. Atributos
6. Análise espacial
7. Funções em SIG
8. Vetorização
 - 8.1. Exemplo
9. Análise topológica
10. Confecção de mapas temáticos
 - 10.1. Tabela de atributos
 - 10.2. Mapa qualitativo
 - 10.3. Mapa quantitativo

11. Entrada de dados: digitalização de mapas analógicos
 - 11.1. Digitalização via scanner
 - 11.2. Digitalização manual
 12. Compilação de dados analógicos
 - 12.1. Metadados
 13. Bancos de dados geográficos
 14. Representação de dados espaciais (2D) por símbolos pontuais, lineares e de área
 15. Georreferenciamento
 - 15.1. Transformações polinomiais - pontos de controle
 16. Dicas finais
- Referências Bibliográficas
- Contato

1. Introdução

No século XX, a grande revolução na cartografia foi determinada, principalmente pelo emprego da aerofotogrametria e pela introdução da eletrônica no instrumental necessário aos levantamentos. A cartografia contemporânea procura atender aos diversos ramos da atividade humana, tendo como objetivo uma produção em massa no menor tempo possível e com precisão cada vez maior. Para isso, ela conta com tecnologias modernas como o sensoriamento remoto, o sistema GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite), e os SIGs (Sistemas de Informação Geográfica). Esses avanços tecnológicos, dentre tantos outros nos últimos 30 anos, não somente no âmbito das ciências cartográficas, mas também da comunicação, como a World Wide Web (WWW), permitiram a distribuição em massa de informações geoespaciais (DI MAIO, 2016) e abriu possibilidades diversas, como o armazenamento, recuperação e combinação de dados disponíveis sobre um território.

Taylor (1991) já havia sugerido uma revisão do conceito tradicional de cartografia em função das inovações tecnológicas e científicas, a cartografia passava a ser vista como a organização, apresentação, comunicação e utilização de geoinformação em forma gráfica, digital ou táctil. E surgem novos conceitos incorporados a linguagem da representação gráfica diante de cada vez mais inovações tecnológicas na cartografia; segundo Field e

Cartwright (2013), o SIG trouxe um leque muito amplo de possibilidades que podem ser incorporadas “à caixa de ferramentas do cartógrafo”. Para os autores, o mapeamento democratizado e computação em nuvem têm aumentado as possibilidades de trabalho com mapas, ajudando a criar “uma provável nova idade de ouro da cartografia”.

Sobre a popularização do uso da informação geoespacial, Hamburg (2013) chama a atenção para o termo geovisualização ou ainda a geovisualização analítica que compreende o uso da informática para explorar dados espaciais e explorar o mundo de forma virtual bidimensional e tridimensionalmente. No entanto, para Field e Cartwright (2013), é preciso estar ciente de que no mundo de hoje há muito mais mapas que há poucos anos atrás, mas isso não necessariamente, significa que o mundo está cheio de ótimos mapas. A Cartografia - ou pelo menos o fazer mapas - foi a tendência dominante, popularizada pela grande disponibilidade de mapas em muitos sites. No entanto, há de se tomar cuidados para evitar que alguns mapas, não elaborados por profissionais, com possíveis incorreções relativas aos dados, cuja dimensão espacial está associada à sua localização na superfície da terra, em um determinado período de tempo, possam ser utilizados por tomadores de decisão.

2. Conceito e Aplicações

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG), em inglês *Geographic Information System (GIS)*, consiste em um conjunto de ferramentas computacionais para Geoprocessamento no qual permite manipular e integrar dados de diversas fontes, podendo ser criado um banco de dados digital com informações georreferenciadas (CÂMARA e DAVIS, 2001).

Segundo Fitz (2008) os SIGs “são sistemas computacionais que possuem programas especiais para a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise digital de dados georreferenciados visando à produção de informação espacial”.

Para Bossler (2016) os SIGs “são programas de computador destinados a trabalhar matematicamente as informações geográficas e alfanuméricas para gerar informações baseadas em algoritmos pré-definidos”.

A utilização de um SIG pode oferecer vantagens ao usuário devido os dados, uma vez inseridos no sistema, serem processados e manipulados com relativa rapidez. O sistema ainda permite fazer diferentes análises das informações com a utilização de ferramentas matemáticas e estatísticas, e até mesmo auxiliar em tomada de decisão. (HAMADA e GONÇALVES, 2007).

Os SIGs são utilizados pelas mais diversas áreas de conhecimento, tanto nas áreas sociais e humanas quanto em áreas de exatas e biológicas. Cada usuário manipula os dados lidando com conceitos de suas respectivas disciplinas (CÂMARA e MONTEIRO, 2001). Esses sistemas apresentam diversos fins práticos representados no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Aplicações de SIGs

Finalidade	Objetivo	Exemplos Práticos
Projetos	Definição das características do projeto.	Projetos de loteamento. Projetos de irrigação.
Planejamento territorial	Delimitação de zoneamentos e estabelecimentos de normas e diretrizes de uso.	Planos de manejo de unidades de conservação. Planos diretores municipais.
Modelagem	Estudo de processos e comportamento.	Modelagem de processos hidrológicos.
Gestão	Gestão de serviços de utilidade pública.	Gerenciamento de rede abastecimento.
Banco de dados	Armazenamento e recuperação de dados.	Cadastro urbano e rural.
Avaliação de riscos e potenciais	Identificação de locais suscetíveis à ocorrência de um determinado evento.	Mapeamento de riscos ou potenciais.
Monitoramento	Acompanhamento da evolução dos fenômenos espaciais através de mapeamentos sucessivos no tempo.	Monitoramento da cobertura florestal . Monitoramento da expansão urbana.
Logístico	Identificação de locais e rotas ideais.	Definição da melhor rota. Identificação de locais para implantação de empreendimento econômico.

Fonte: Adaptado de Francisco (2014).

3. Principais Componentes de um SIG

Embora o SIG seja pensado como apenas um “software”, ele é composto por uma variedade de componentes distintos e inter-relacionados (EASTMAN, 1998), conforme mostra a Figura 1.

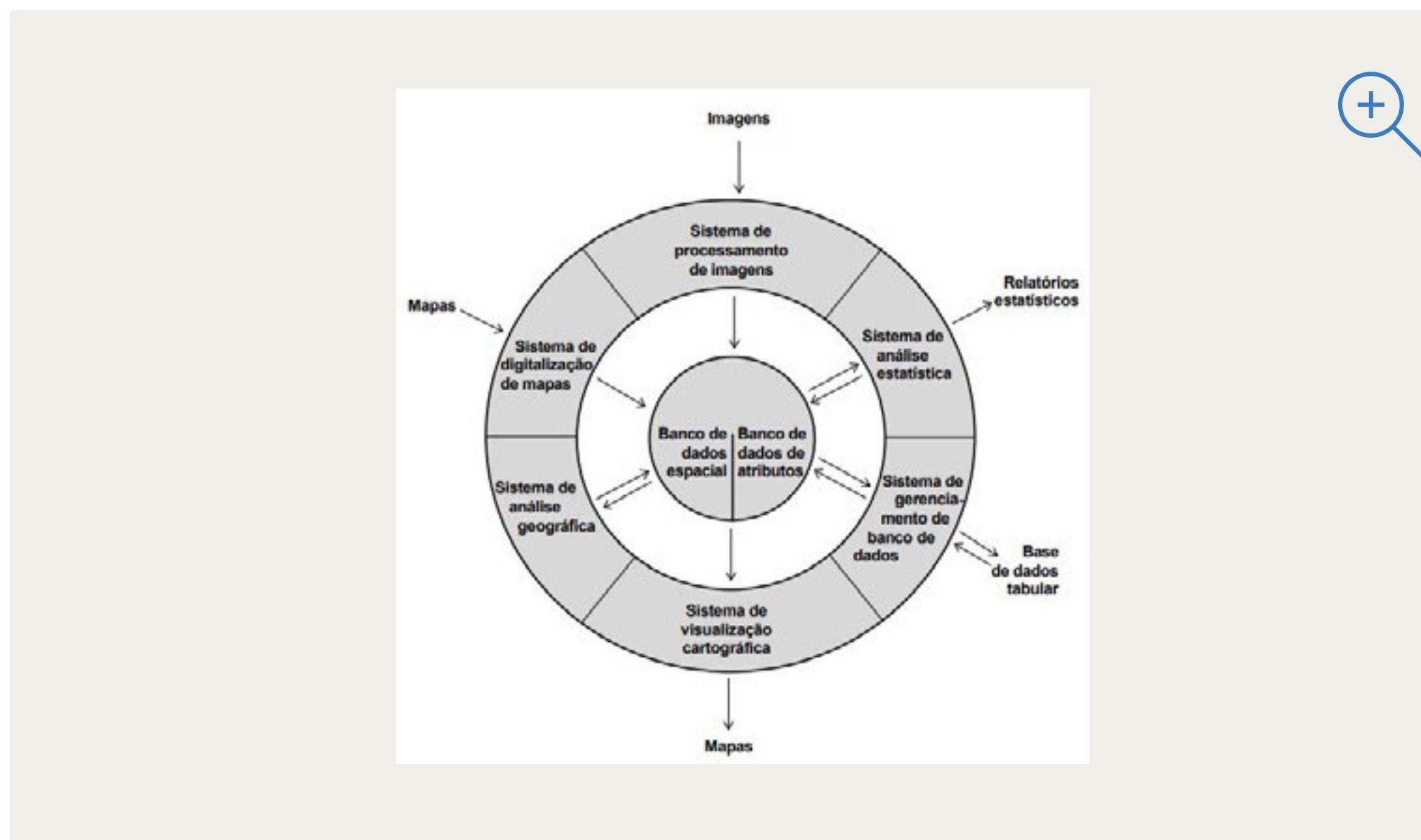


Figura 1 - Componentes e estrutura de um Sistema de Informação Geográfica.

Fonte: Eastman, 1998.

O banco de dados é o sistema central do SIG, que é uma coleção de informações de diferentes formatos e originadas de diferentes formas, armazenadas digitalmente. Ao redor do banco de dados encontra-se uma série de componentes de “softwares”. O sistema de processamento de imagem (processamento digital de imagens) permite a manipulação e análise de imagens de sensoriamento remoto, radar e de fotografia aérea, por exemplo. O sistema de digitalização de mapas permite a entrada de dados de mapas em papel e transformação dessas informações no formato digital. O sistema de análise geográfica proporciona a análise de dados ou atributos baseada em suas características espaciais. Por exemplo, para calcular a distância entre duas cidades e a área ocupada no município por uma cultura agrícola. O sistema de suporte à decisão é uma das mais importantes funções de um SIG e possibilita utilizar ferramentas matemáticas e estatísticas especialmente desenvolvidas para este fim. O sistema de exibição ou visualização cartográfica permite selecionar os elementos do banco de dados e produzir um material cartográfico na tela/monitor do computador ou a saída para uma impressora (HAMADA e GONÇALVES, 2007).

Assim, os SIGs funcionam como um modelo representativo do mundo real. Segundo Câmara e Monteiro (2001) existem quatro universos (Figura 2) para que o mundo real (a informação real) possa ser traduzido para o mundo computacional, sendo eles: o próprio universo real; o universo matemático (conceitual); o universo de representação; e o universo de implementação.

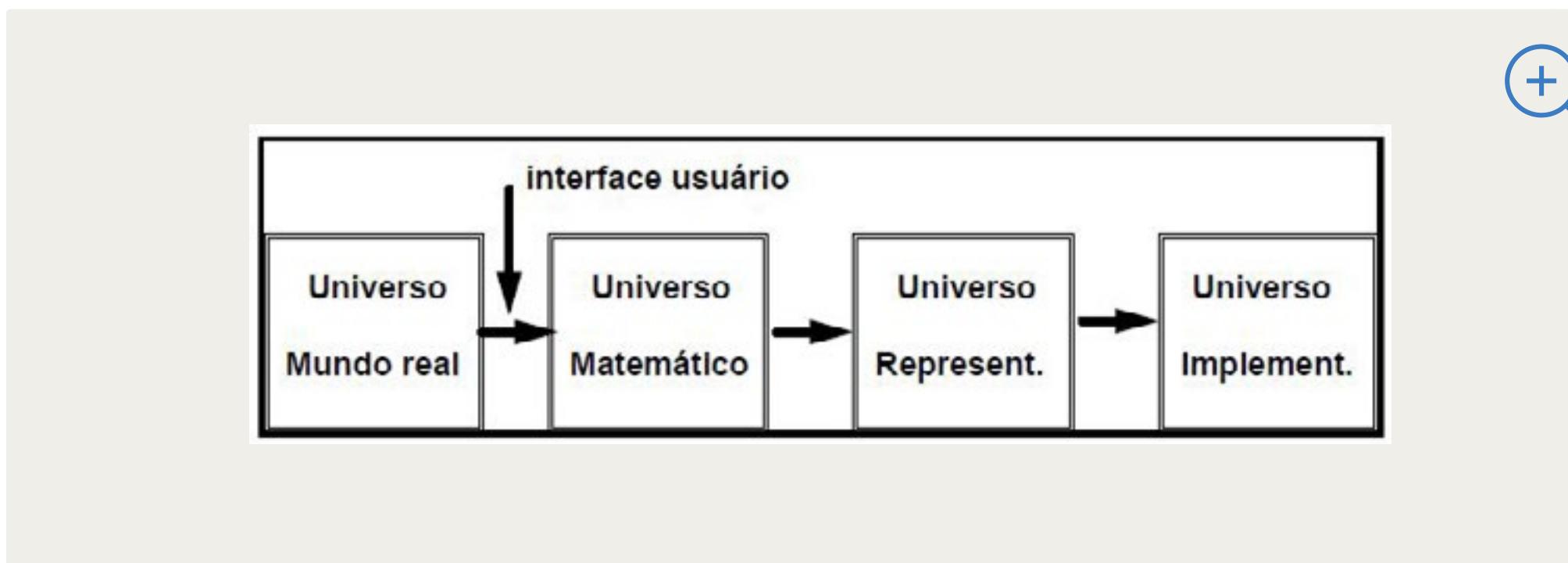


Figura 2 - Os quatro universos.

Fonte: Câmara e Monteiro, 2001.

O universo do mundo real é onde se encontram os fenômenos a serem estudados como tipo e uso do solo, hidrografia, geologia, dados sociais, cadastro urbano e etc. O universo matemático se distingui entre as grandes classes formais de dados geográficos, os dados contínuos e os individualizáveis, podendo especializar essas classes nos tipos de dados geográficos utilizados comumente como dados temáticos e cadastrais. No universo de representação as entidades formais já definidas no universo matemático são associadas a diferentes representações geométricas podendo variar conforme a escala e a projeção cartográfica escolhida, é também aqui que as representações se distinguem entre matricial e vetorial. Por fim, o universo de implementação é onde ocorre a realização do modelo de dados através de linguagens de programação (CÂMARA e MONTEIRO, 2001).

4. Modelo Matricial e Vetorial

Segundo Francisco (2014) os planos de informações a serem trabalhados em um SIG devem ser representados em um determinado modelo. Em geral, os SIGs suportam dois tipos de modelos, o matricial e vetorial. Ambos são para representação gráfica no ambiente digital.

No modelo matricial (Figura 3), também denominado *raster*, o espaço terrestre é representado, como o próprio nome já diz, por uma matriz. Isso implica que a dimensão dessa matriz é definida por um número i colunas e j linhas, no qual cada célula (aqui denominada de *pixel*) recebe um valor referente a um atributo, como valores de altimetria ou tons de cinza, por exemplo. Esse modelo refere-se às imagens digitais (Figura 4), que podem ser originadas por fotografias aéreas e também por imagens de satélites.

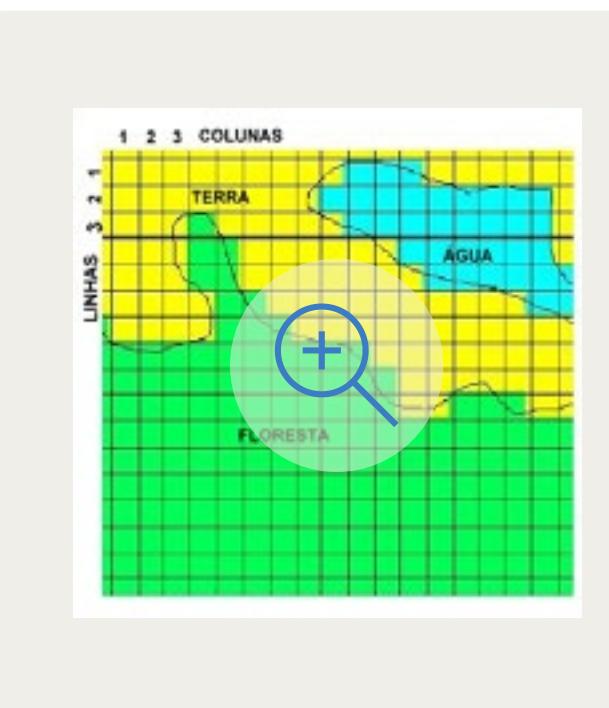


Figura 3 - Representação de um modelo matricial.
Fonte: Adaptado de Câmara e Monteiro (2001).

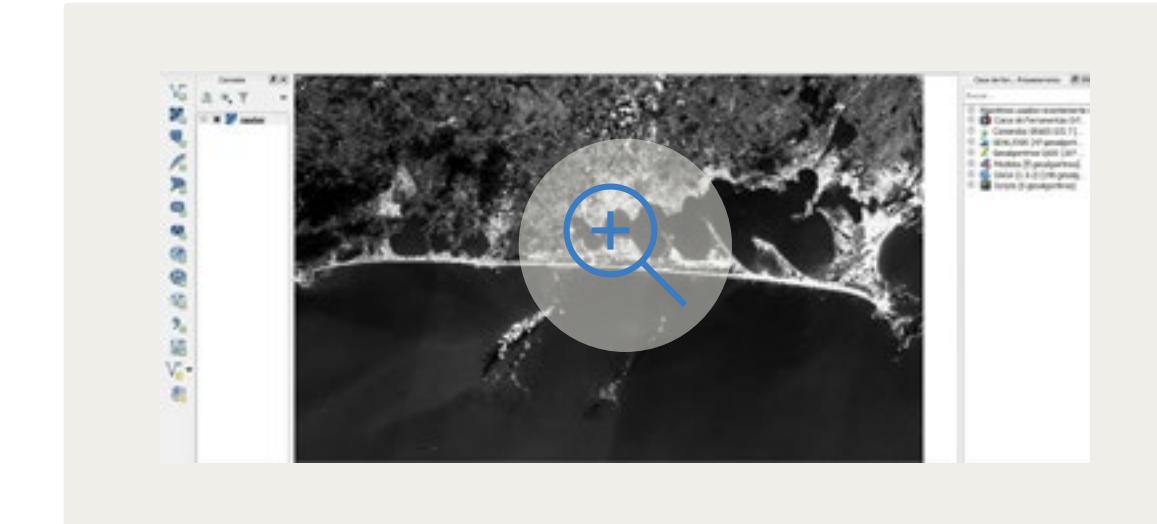


Figura 4 - Exemplo de um arquivo raster visualizado em um software de SIG. Imagem do satélite Sentinel 2.

Os arquivos *raster*, como dito anteriormente, são constituídos por um número qualquer de pixels sendo função da quantidade de linhas e colunas da matriz. Segundo Fitz (2008) “uma melhor ou pior qualidade estrutural de uma imagem está diretamente ligada à quantidade de pixels que a forma”.

Neste tipo de representação, a superfície terrestre é concebida como contínua, onde cada *pixel* representa uma área no terreno. A área que cada pixel representa no terreno é denominada de resolução espacial. Em duas imagens visualizadas na mesma escala, o de maior resolução espacial apresenta *pixels* de menor tamanho, ou seja, uma área menor do terreno é representada por esse pixel, discriminando objetos de menor tamanho (FRANCISCO, 2014). A Figura 5 ilustra essa situação.



Figura 5 - Exemplo de imagens com diferentes resoluções espaciais. (A) imagem do satélite Sentinel 2 com resolução espacial de 10 metros. (B) imagem do satélite LANDSAT 8 com resolução espacial de 30 metros.

A resolução espacial de uma imagem é importante devido a sua implicação na precisão do estudo. Cada objeto ou fenômeno estudado requer uma determinada resolução espacial. Por exemplo, um estudo para determinação e cadastramento de lotes urbanos ou rurais requer uma imagem com maior resolução espacial, já um estudo meteorológico ou oceanográfico, onde uma vasta área é analisada pode não requerer uma imagem de resolução espacial alta.

Na Figura 5 são mostradas duas imagens de um mesmo lugar e com escalas iguais, porém em uma delas é possível identificar feições do terreno de menores tamanhos, de 10 metros (imagem A), e na outra, a identificação de feições menores fica limita devido a sua baixa resolução espacial (imagem B) de 30 metros.

Assim, de acordo com Bossler (2016), “a resolução pode ser entendida, então, como a nitidez de detalhes de uma imagem a qual é medida em pixels por unidade de área”.

A Figura 6 representa uma imagem com resolução espacial de 10 metros, ou seja, cada pixel possui uma dimensão de 10 x 10 metros abrangendo uma área de 100 m² no terreno.

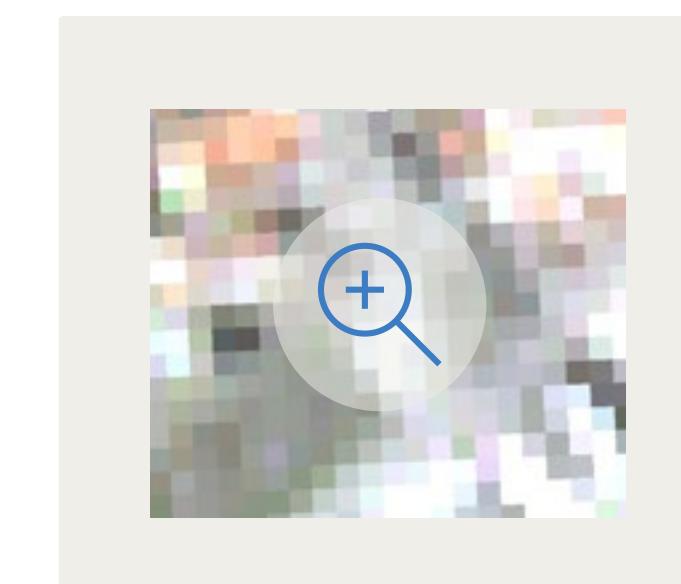


Figura 6 - Representação dos pixels que compõem uma imagem de 10 metros de resolução espacial.

Diferentemente do modelo matricial, o modelo vetorial (vetores) são formados por vértices de coordenadas X,Y considerando-se três elementos gráficos (Figura 7): ponto, linha e polígono (CÂMARA e MONTEIRO, 2001). Se o vetor apresentar apenas um par de coordenadas, ele é chamado de ponto. Se há dois ou mais pares de coordenadas (vértices) e, o primeiro e o último não forem o mesmo, esse vetor é chamado de linha. Por último, se houver quatro ou mais vértices e o primeiro e o último se coincidirem, então este é um polígono (BOSSLER, 2016). Os pontos não apresentam área nem comprimento; as linhas apresentam comprimento; e os polígonos apresentam área e perímetro (FRANCISCO, 2014).

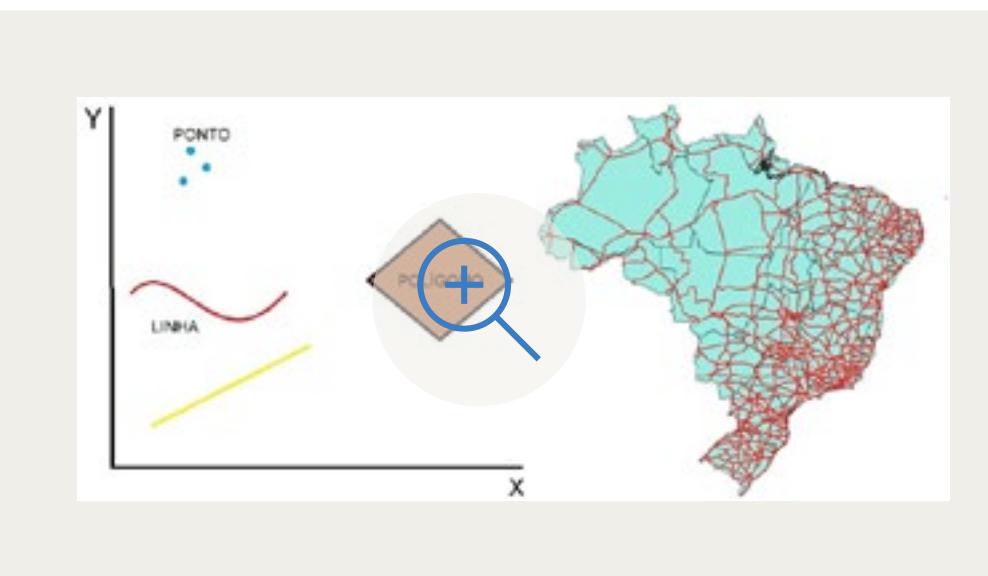


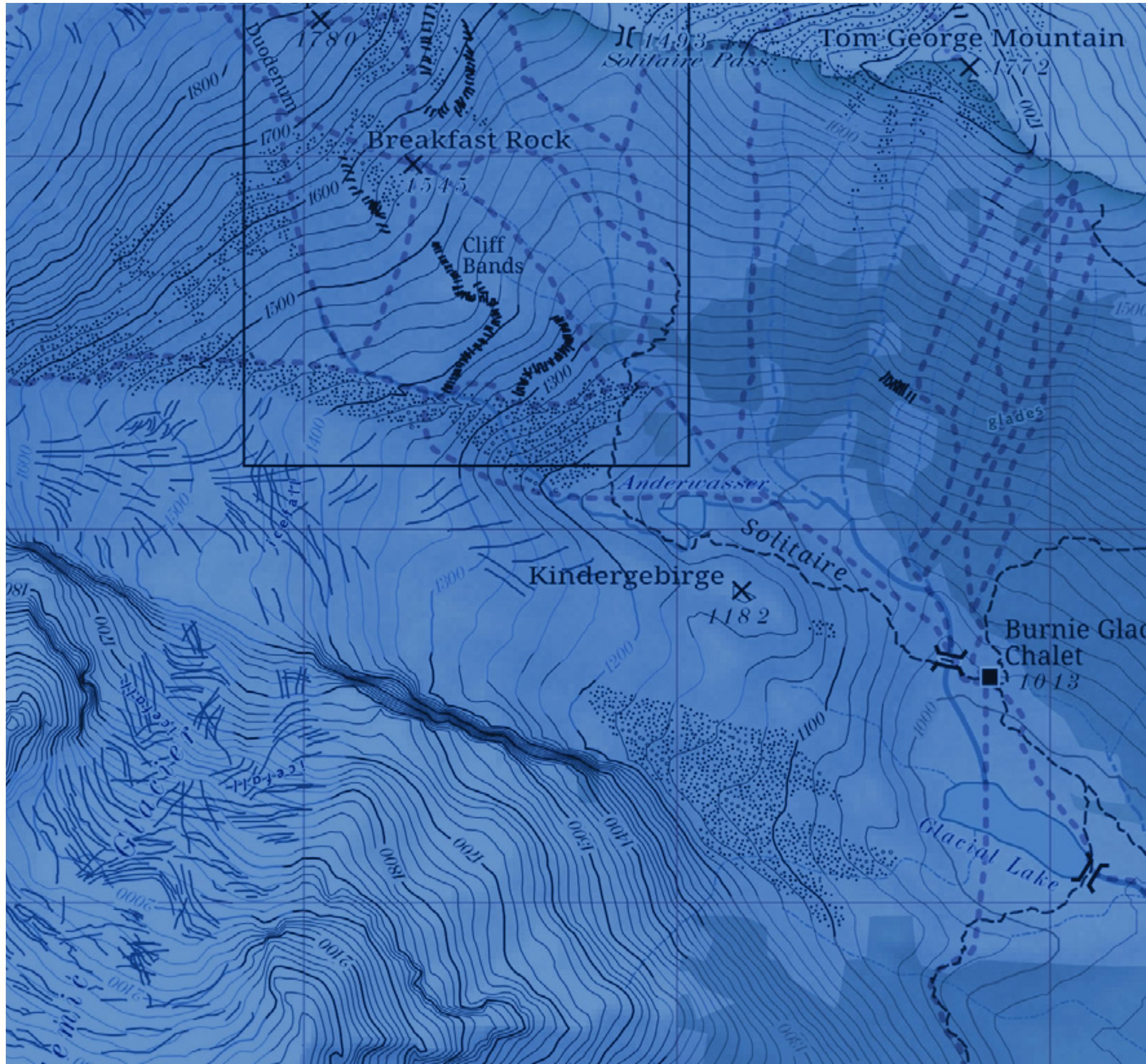
Figura 7 – Representação dos três elementos gráficos do modelo vetorial: ponto, linha e polígono. No mapa, os polígonos em azul representam os estados do Brasil e as linhas em vermelho as rodovias federais.

Dependendo da escala do projeto a ser trabalhado e do objeto em estudo, os três tipos de vetores podem representar uma mesma feição geométrica. Por exemplo, em uma escala intermediária o limite de um município pode ser representado por um polígono, por outro lado se a escala for pequena o suficiente este mesmo município pode ser representado por um ponto. O mesmo pode ocorrer com representações hidrográficas. Se a escala do projeto for grande, um rio pode ter uma forma de polígono, caso contrário, se a escala for pequena, ele pode assumir uma forma de linha.

5. Atributos

Segundo Câmara e Monteiro (2001), “entende-se por atributo qualquer informação descritiva (nomes, números, tabelas e textos) relacionada com um único objeto, elemento, entidade gráfica ou um conjunto deles, que caracteriza um dado fenômeno geográfico”. De acordo com Barbosa (1997), tais atributos podem ser didaticamente descritos por atributos espaciais, temporais e temáticos.

Os atributos espaciais são referentes às informações sobre localização (registradas em coordenadas geográficas), topologia (informações sobre vizinhança e distância) e geometria das feições (informações sobre área, perímetro e forma). Os atributos temporais são aqueles relacionados à idade do objeto, data ou frequência do objeto ou fenômeno. E os atributos temáticos são aqueles que não se encaixam nos espaciais nem temporais, podendo ser índices pluviométricos, tipo de rocha, presença de minerais, etc. (BARBOSA, 1997).



6. Análise Espacial

O enfoque da análise espacial é mensurar propriedades e fenômenos sociais ou naturais, considerando a sua localização espacial de forma explícita, assim como também a sua distribuição dentro de uma determinada região. Se o usuário deseja espacializar tal fenômeno, então será feita uma análise espacial (CÂMARA et al., 2004).

Análises espaciais podem ser aplicadas a um estudo epistemológico, onde se queira visualizar e identificar espacialmente a ocorrência de casos de certa doença em uma região (será que o padrão de distribuição de doença está relacionado com outras variáveis sociais, como fontes de poluição?). Também se aplica a estudos ambientais, onde se queira visualizar a distribuição de chuvas em um estado, por exemplo, saber avariação espacial de salinidade de um estuário, ou a distribuição espacial de temperatura e etc.

Segundo Câmara et al. (2004), a análise espacial considera três tipos de dados: eventos ou padrões pontuais, superfícies contínuas e áreas com contagens e taxas agregadas. Os eventos ou padrões pontuais são fenômenos ou características que ocorrem em apenas um ponto localizado no espaço. São exemplos: localização de uma vegetação e nascentes de rios. As superfícies contínuas são estimadas a partir de um conjunto de amostras de campo, usualmente resultante de levantamentos de recursos

naturais. E as áreas com contagens e taxas agregadas são dados associados a levantamentos populacionais, como censos e estatísticas.

É comum neste tipo de análise a interpolação de valores reais representativos de certo objeto ou fenômeno. A técnica de interpolação consiste em estimar valores distribuídos espacialmente em uma área a partir de valores conhecidos pontualmente. Segundo Camargo, Fucks e Câmara (2004) “para gerar superfícies que aproximem o fenômeno estudado de forma realista, é necessário modelar sua variabilidade espacial”.

Assim, em relação à interpolação de valores, pode se tomar três grandes abordagens: os modelos determinísticos de efeitos locais (cada ponto da superfície é estimado apenas a partir da interpolação das amostras mais próximas, utilizando funções como inverso do quadrado da distância); modelos determinísticos de efeitos globais (a suposição implícita nesta classe de interpoladores é que, para a caracterização do fenômeno em estudo, predomina a variação em larga escala); e modelos estatísticos de efeitos locais e globais (cada ponto da superfície é estimada apenas a partir da interpolação das amostras mais próximas, utilizando um estimador estatístico) (CAMARGO, FUCKS E CÂMARA, 2004).

Os modelos globais são representados por uma função definida utilizando-se todos os elementos do conjunto de amostras. Já os modelos locais utilizam funções cujos coeficientes são definidos por elementos amostrais escolhidos dentro de uma região local de interesse (FELGUEIRAS, 2001).

Um exemplo de aplicação de interpolação pode ser atribuído a um estudo onde se queira espacializar valores de salinidade em um corpo hídrico a partir de valores pontuais conhecidos medidos em campo (estimar valores espaciais contínuos desconhecidos para toda uma área delimitada), ou espacializar índices de roubos em uma cidade para se poder fazer um planejamento de segurança pública por exemplo.



7. Funções em SIG

Segundo Francisco (2014), o cálculo de medidas de comprimento, perímetro e área são uma das operações mais básicas de um SIG, porém os dados devem estar em uma estrutura topológica e georreferenciados.

Essas funções permitem **calcular a distância** entre objetos no espaço; a extensão de um rio ou rodovia (feições lineares); e também áreas e perímetros poligonais, como a de um município ou estado por exemplo.

A partir desses cálculos pode-se fazer uma série de relações espaciais e temporais. Áreas poligonais são importantes em estudos de mapeamento de uso do solo, por exemplo, pois, pode-se analisar e determinar o quanto certa feição cresceu, diminuiu ou estagnou no espaço ao longo do tempo, se mapeadas em imagens de diferentes datas. Por exemplo, dois polígonos representando uma área urbana foram mapeados em imagens de duas datas distintas, com isso, desde que as áreas dos polígonos sejam calculadas, pode-se analisar se essa área urbana (polígono) cresceu ou não.

Para se fazer o cálculo das áreas de polígonos no *software QGIS*, é preciso colocar o *shapefile* em modo ativo de edição no ícone e abrir a tabela de atributos no ícone , ou clicar no *shapefile* com o botão direito do mouse. Na tabela de atributos, clicar no ícone (calculadora de campo) e marcar a

caixa “novo campo”. Com isso, deverá ser escolhido o nome do novo campo, que neste exemplo será “area”, o tipo do campo, que será decimal real, por poder mostrar números decimais, e o comprimento e precisão do dado. Isso tudo dependerá da precisão que se quer no cálculo dos dados (destaque 1 na Figura 8). Na tabela ao lado da área de expressão (destaque 2 na Figura 8), clicar em geometria, depois duplo clique em “\$area”. Clicar em ok e esse novo campo aparecerá na tabela de atributos. Lembrando que esse método vai ter como resultado áreas em metros quadrados (Figura 9). Para se criar campos que mostrem comprimento e perímetro, será preciso fazer o mesmo caminho, nomeando os campos com os respectivas unidades de valores. A etapa diferente será a 2, onde em geometria será escolhido “\$length” para comprimento e “\$perimeter” para perímetro.

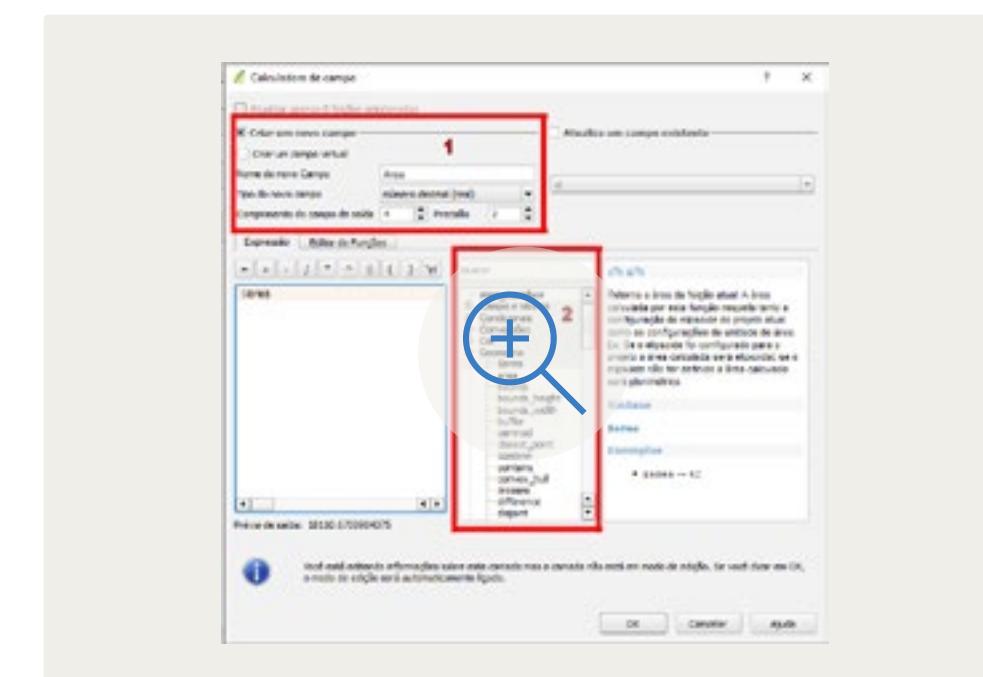


Figura 8 - Criando campo “area” na tabela de atributos.

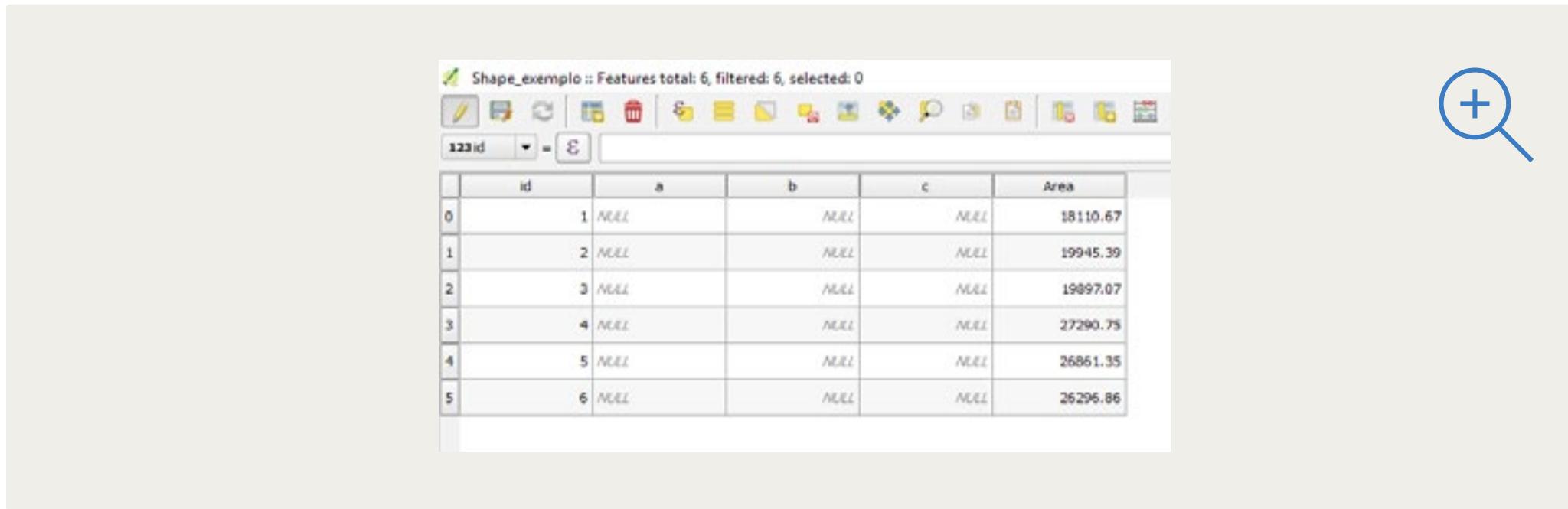


Figura 9 - Novo campo "area".

Caso queira só observar os valores das áreas basta clicar no ícone de régua na barra de ferramentas, ou o ícone , onde será aberta uma tabela ao lado que mostrará as informações ao clicar em “derivado”.

Outra função que um SIG realiza é o **buffer** (Figura 10). Segundo Bossler (2016), “o buffer pode ser entendido como uma área no entorno de uma feição em análise. A forma do buffer é dada pela distância entre o limite da feição de origem e a extremidade da área que compõe o próprio buffer”. Tal distância é atribuída pelo próprio usuário, dependendo do estudo o buffer pode assumir maior ou menor área.

Essa função pode ser aplicada quando se tem um objeto de referência, que pode ser ponto, linha ou polígono, e se deseja criar uma área em torno desse objeto. Um exemplo de aplicação de função pode ser feita para a criação de uma zona de amortecimento ao redor de uma unidade de conservação ou na delimitação de áreas de preservação permanentes (APPs).

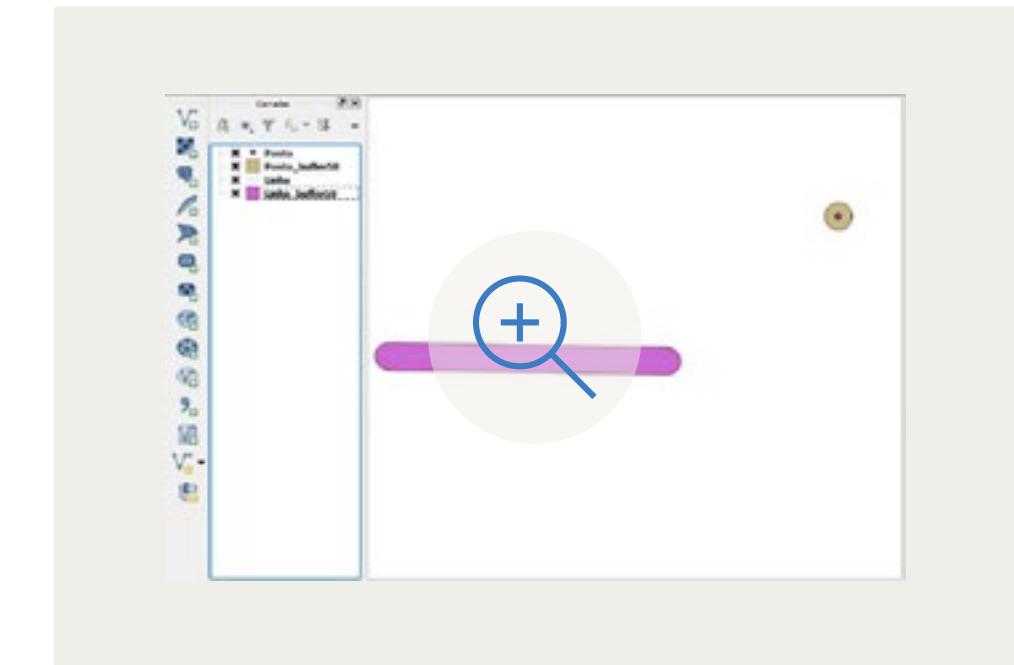


Figura 10 - Exemplo de buffer em vetores de linha e ponto.

A partir de um polígono (camada vetorial) pré-existente ou criado, é possível extrair os pontos de seus vértices (Figuras 11 e 12) através de ferramentas de geoprocessamento. Por outro lado, a criação de um polígono vetorial a partir de pontos pré-existentes também é possível.

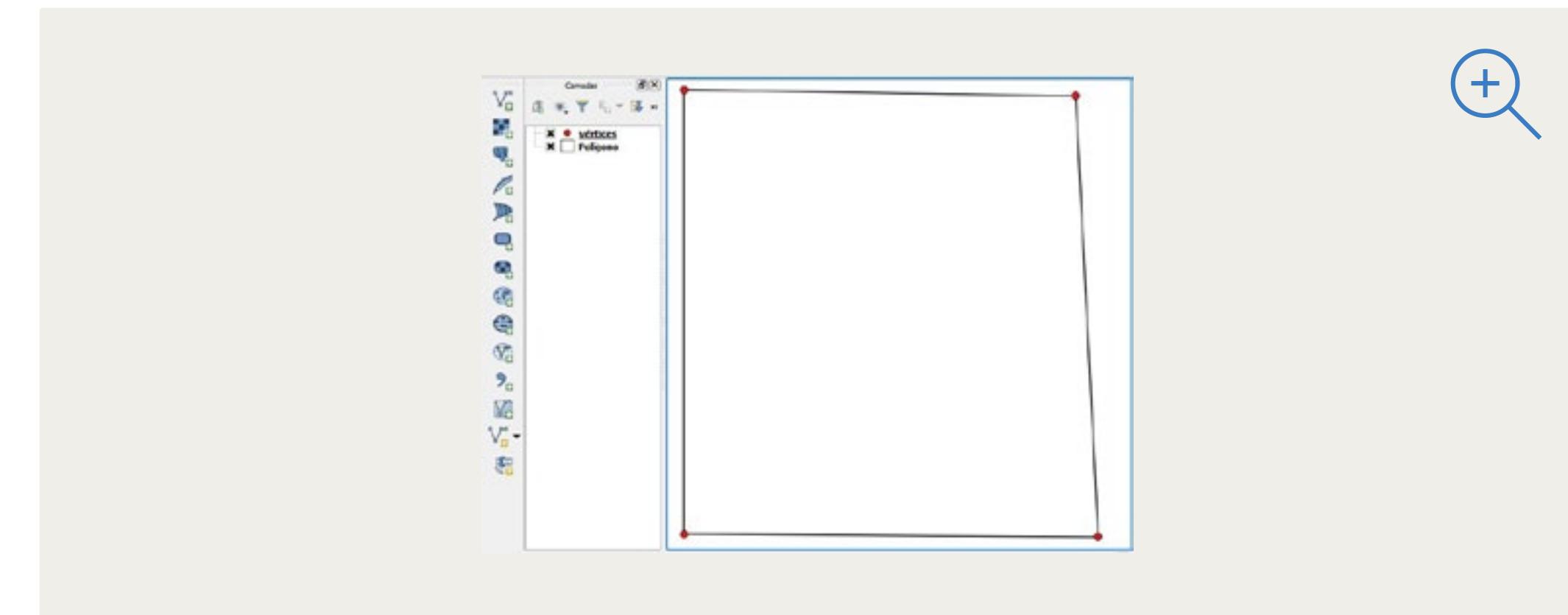


Figura 11 - Extração de pontos (vértices) de polígono.

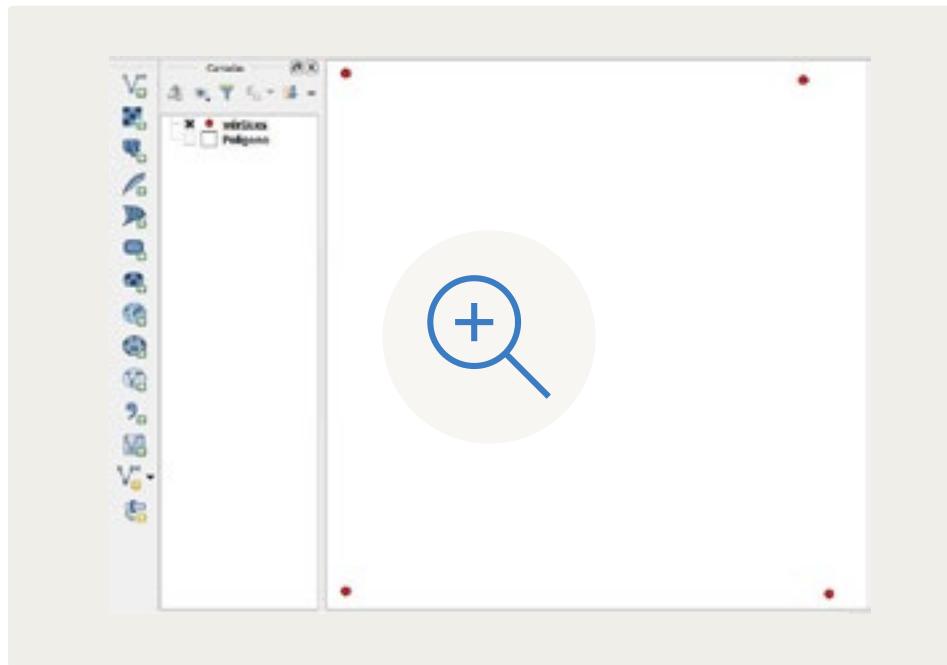


Figura 12 - Pontos extraídos (vértices) a partir de um polígono.

Outra função importante em um SIG é a possibilidade de se **extrair bacias hidrográficas**, redes de drenagem e curvas de níveis a partir de um Modelo Digital de Terreno (MDT). O MDT é um tipo de Modelo Numérico de Terreno (MNT) que, segundo Felgueiras (2001), o MNT “é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre”. Quando o fenômeno se trata de altimetria, o modelo é chamado de MDT.

Os MDTs são arquivos *raster* no qual cada pixel possui um valor altimétrico. A partir desses dados e com ferramentas de geoprocessamento, as curvas de nível do terreno podem ser extraídas da imagem (Figura 13), resultando em um arquivo vetorial de linhas onde cada linha representa uma determinada altitude do terreno. Embora a extração das curvas de níveis resulte em um arquivo vetorial, o mesmo pode ser transformado para *raster* (rasterização).

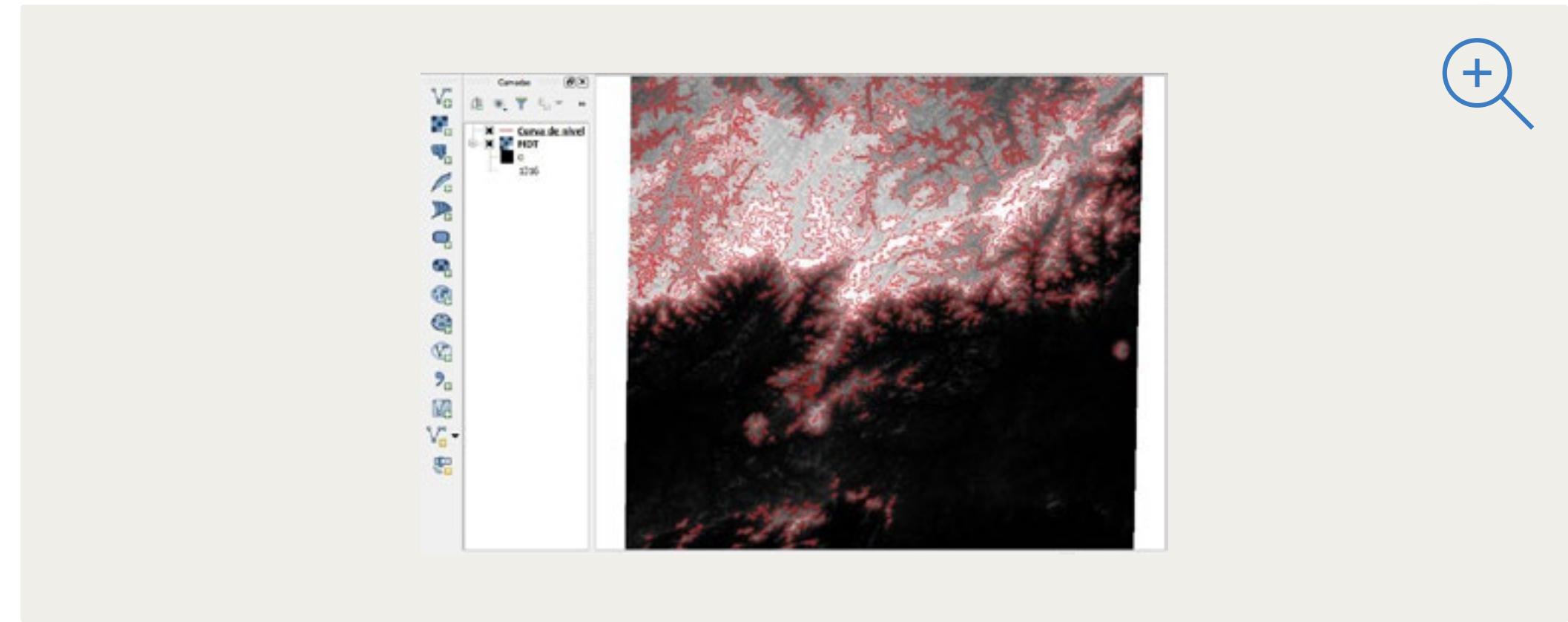


Figura 13 - Curvas de nível (vetor) extraídas de um MDT (raster).

A mesma situação pode ser aplicada para extração de redes de drenagem (rios) a partir do MDT. Nesse processo, a delimitação das bacias hidrográficas e rios são originados em formato *raster*, podendo ser posteriormente convertido para vetor (poligonizar).

Assim, a maioria dos SIGs permite ao usuário escolher o melhor modelo para se trabalhar certo fenômeno, podendo converter os formatos dos arquivos entre si (*raster* para vetor ou vetor para *raster*) e representar tal fenômeno da melhor maneira possível, tendo em vista a melhor representação do mundo real com o universo digital.

8. Vetorização

No modelo vetorial, a localização e feição geométrica do elemento são armazenadas e representadas por um ou mais pares de coordenadas. São levados em consideração três diferentes elementos gráficos. Segundo Câmara et al. (2001) e Francisco (2014), os pontos são a representação de um vértice que possuem um par de coordenadas, não possuindo área e nem comprimento, porém se pode arquivar dados não espaciais (atributos) para indicar qual tipo de informação que o mesmo quer passar. Optar por usar pontos como representação de feições pode se tratar de uma questão de escala (quão longe você está da feição), conveniência (isto leva menos tempo e esforço para criar feições de ponto do que feições de polígono), e o tipo da feição (algumas coisas como, como uma cabine de telefone, apenas não fazem sentido serem armazenadas como polígonos)¹.

As linhas poligonais, ou arcos, são representados por pelo menos dois vértices conectados, que expressem elementos que possuem comprimento. Por exemplo, podem representar estradas, rios, contornos, trilhas, e etc. Este tipo de feição, na maioria das vezes, pode se tocar, mas nunca devem se cruzar. E os polígonos são representados por pelo menos três vértices conectados, sendo que o primeiro e o último vértice devem ser idênticos. Também possuem atributos que descrevem cada polígono.

O processo de digitalização vetorial ou vetorização, é a forma mais comum para obtenção de dados geográficos no formato de vetores para uso em SIG.

¹ Qgis.org. Vector Data. In: A Gentle Introduction to GIS. Disponível em: <http://docs.qgis.org/2.6/en/docs/gentle_gis_introduction/vector_data.html>

8.1. Exemplo

Para iniciar a vetorização no software QGIS, por exemplo, deve-se usar um arquivo base para seu shapefile. Com o software aberto, já com um SRC (Sistema de Referência de Coordenadas) escolhido, acessar “menu Barra de Ferramentas” – Camada – Criar nova camada – shapefile. É possível utilizar o comando nas teclas “Ctrl+Shift+N”, ou clicar no ícone destacado em vermelho como mostra a Figura 14.

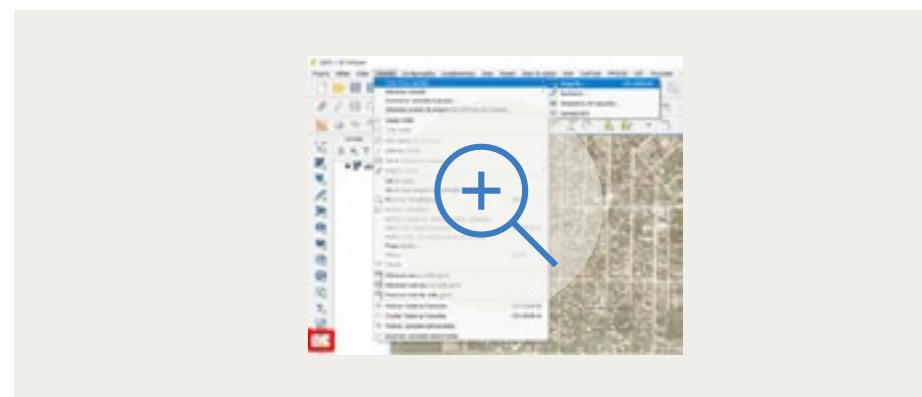


Figura 14 - Caminho para criar shapefile no Qgis.

Uma janela será aberta (Figura 15), onde será pedido para escolher um tipo (Destaque 1 na Figura 15) de shapefile, ou seja, ponto, linha ou polígono. Como exemplo, será feito um shapefile do tipo polígono. Depois deverá ser escolhido o SRC do arquivo (Destaque 2 na Figura 15); neste exemplo será igual ao do projeto. Por último, em “novo campo”, se poderá escolher as colunas da tabela de atributos do arquivo, em “tipo”, se escolhe o tipo do dado, ou seja, se será do tipo textual (*string*) ou numérico (*Integer*, *real* ou *date*). A tabela pode ser editada depois do arquivo pronto. Você deve informar a pasta onde o arquivo vai ser salvo e nomeá-lo.

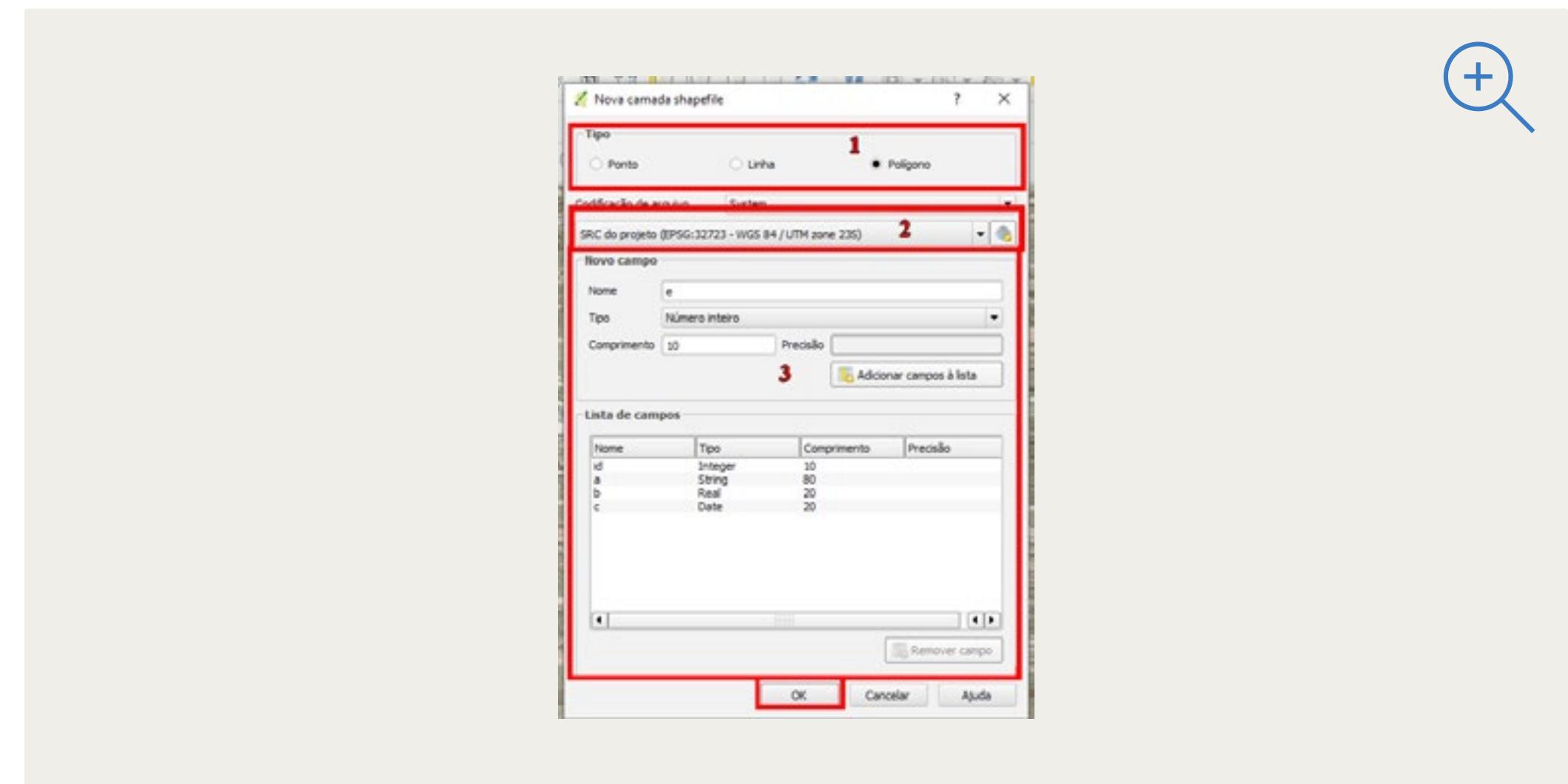


Figura 15 - Criando novo shapefile.

Para começar a editar, se clica no ícone do lápis amarelo “alternar edição”; para criar o polígono livremente (Figuras 16 e 17), ou qualquer outro tipo de feição, clicar no ícone de “adicionar feição”. Quando terminar a feição, clicar com o botão direito do mouse, e surgirá uma janela onde poderá ser adicionado o “id” e outras informações da tabela de atributos; adicionar polígono em arco ou circular, clicar no ícone “adicionar string”. Para finalizar a feição, o mesmo procedimento feito anteriormente; oícone de “mover feição” para mover o shapefile; o ícone “ferramenta de nós” possibilita que se movimente ou exclua um vértice por vez. Para salvar as feições, clicar no ícone “salvar edições na camada”. Para encerrar as edições, clicar no ícone “alternar edição”.

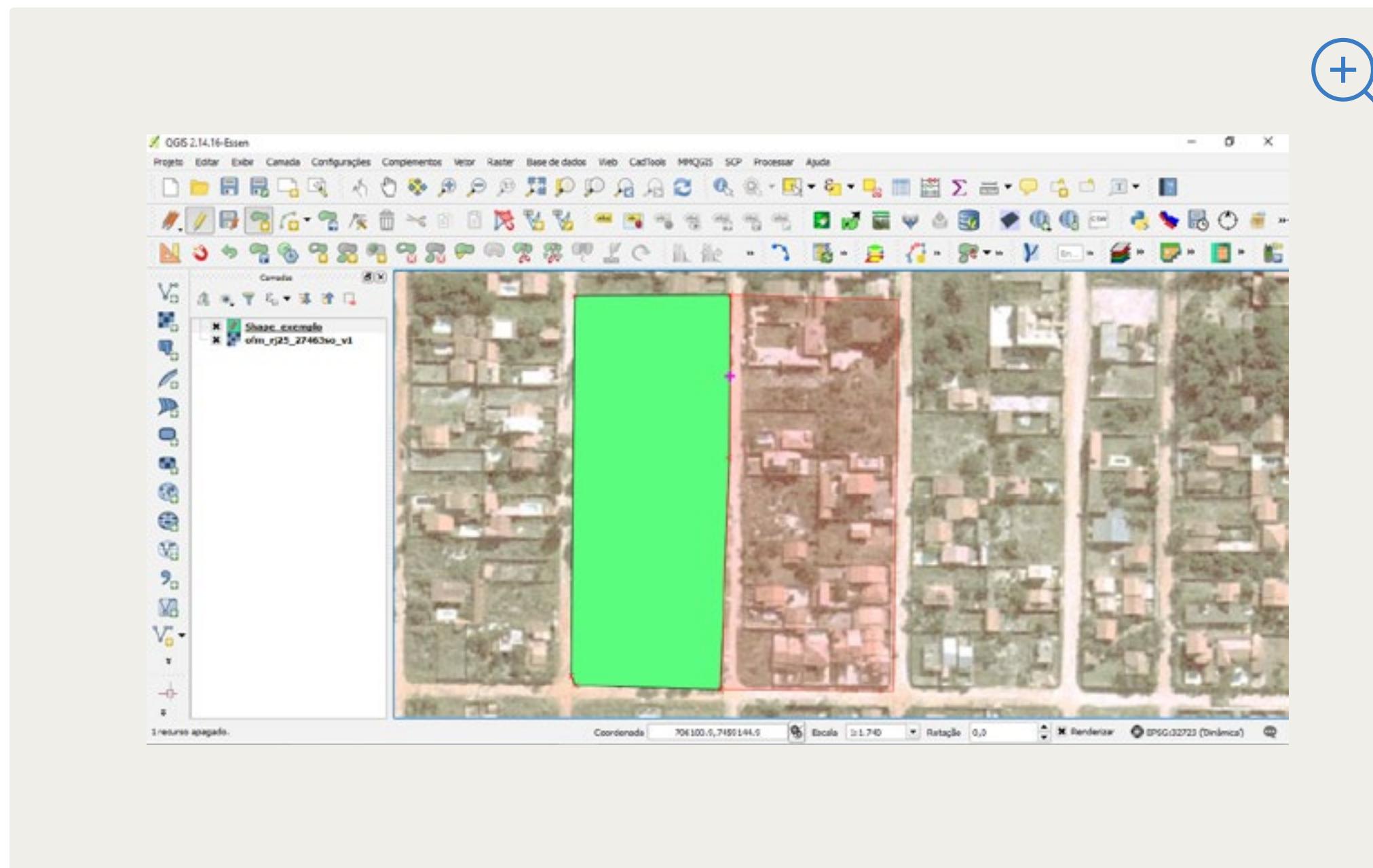


Figura 16 - Criando polígonos.



Figura 17 - Ferramentas de vetorização no QGIS.

9. Análise Topológica

A topologia é utilizada fundamentalmente para garantir a qualidade dos dados digitais (por exemplo, sem lacunas ou sobreposições entre polígonos que representam objetos naturais ou antrópicos na superfície terrestre) e permitir que um SIG represente mais realisticamente as características geográficas. Ela permite que o analista humano controle as relações geométricas e mantenha a integridade das feições geográficas. A representação comum de uma topologia é como uma coleção de primitivas topológicas - ou seja, pontos, linhas e polígonos, com relações explícitas entre as próprias primitivas.

A topologia pode ser compreendida como uma coleção de regras e relacionamentos que, juntamente com um conjunto de ferramentas e técnicas de edição, permitem que um modelo em SIG represente mais precisamente as geometrias encontradas no mundo (SHEKHAR et al., 2017). Em geral, os softwares de Geoprocessamento apresentam ferramentas para a análise topológica, conforme demonstrado na Figura 18.

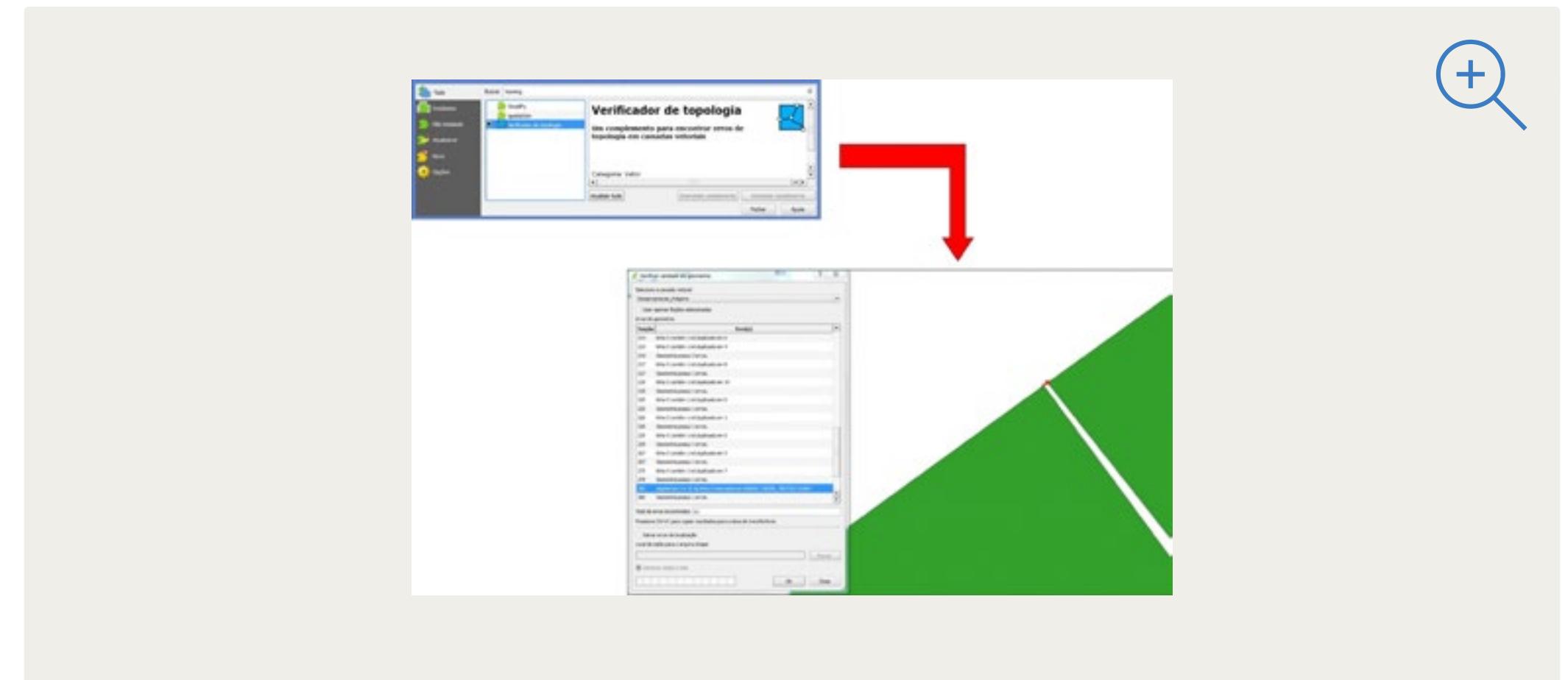


Figura 18 - Exemplo de ferramenta para a validação topológica.

10. Confecção de Mapas Temáticos

Segundo Lacoste (1976, apud Martinelli, 2003), um mapa temático reporta um certo número de conjuntos espaciais resultantes da classificação dos fenômenos que integram o objeto de estudo de determinado ramo específico, fruto da divisão do trabalho científico.

Mapas possuem características específicas que os classificam, representando elementos selecionados de um determinado espaço geográfico, de forma reduzida, utilizando simbologia e projeção cartográfica (ARCHELA e THÉRY, 2008).

É importante saber que para geração do mapa temático é necessário que exista na tabela de atributos os dados que se deseja representar.

10.1 Tabela de atributos

Cada campo na tabela de atributos contém um tipo específico de dados, podendo ser texto, numérico ou data. Decidir quais atributos usar para um recurso requer algum pensamento e planejamento. Geralmente esta escolha se resume ao que você pretende fazer com os dados².

No QGIS, podemos representar características dos shapefiles na sua tabela de atributos (Figura 19). Esse tipo de informação abre muitas possibilidades, como por exemplo a atribuição cores e estilos diferentes para a camada a partir de sua descrição em uma, ou várias colunas, na tabela de atributos³. Para abrir a tabela no software, basta clicar com o botão direito do mouse na camada, ir em “abrir tabela de atributos”, ou no ícone de mesmo nome que está na Barra de ferramentas. A Figura 20 mostra uma Tabela de Atributos no QGIS.

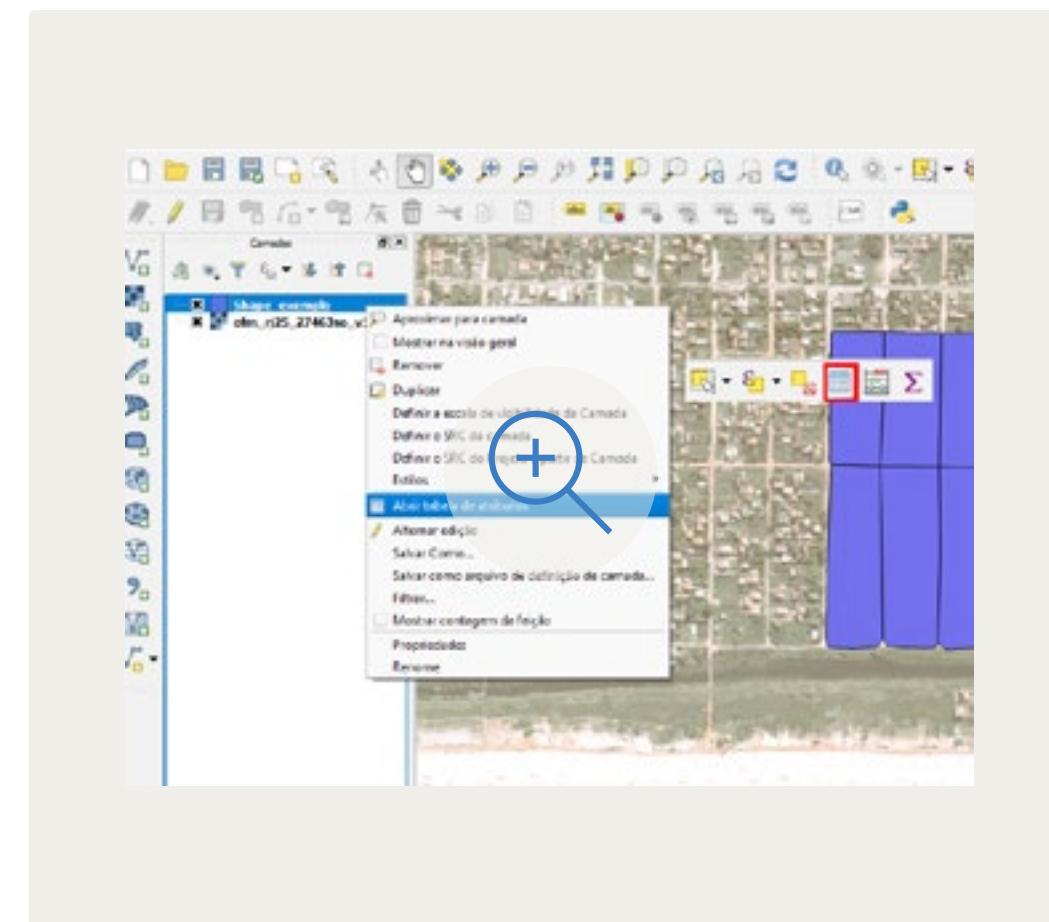


Figura 19 - Caminho para acessar a tabela de atributos.

² Qgis.org. VectorAttribute Data. In: A Gentle Introduction to GIS. Disponível em: <http://docs.qgis.org/2.6/en/docs/gentle_gis_introduction/vector_attribute_data.html>

³ Qgis.org. VectorAttribute Data. In: A Gentle Introduction to GIS. Disponível em: <http://docs.qgis.org/2.6/en/docs/gentle_gis_introduction/vector_attribute_data.html>

	SPRAREA	SPRPERMET	SPRROTULO	SPRNOME	CODMUNIC	COD	NOMEMUNI	CODUF
0	517304896.250	138248.345000	3101508	3101508	310150	310150	ALEM PARAIABA	
1	87092189.40230	43847.728000	3103108	3103108	310310	310310	ANTONIO PRAD...	
2	205291664.8129	68578.46649999	3105509	3105509	310550	310550	BARAO DE MONT...	
3	397673331.6719	116724.5966999	3106101	3106101	310610	310610	BELMIRO BRAGA	
4	505204787.2730	124612.392500	3107208	3107208	310720	310720	BOCAZINA DE ME...	
5	109413489.3830	49551.5132000	3110103	3110103	311010	311010	CAJANA	
6	255042002.6640	112124.857300	3116209	3116209	311620	311620	CHIADOR	
7	315031933.4060	107510.123200	3124906	3124906	312490	312490	EUGENOPOLIS	
8	165855792.8359	70183.7038000	3125309	3125309	312530	312530	FARIA LIMA	
9	437963867.0159	100282.6149000	3133006	3133006	313300	313300	ITAMONTE	
10	144524415.6949	76800.6222000	3133105	3133105	313310	313310	ITANHANDU	
11	325223814.5630	103971.0874999	3146701	3146701	314670	314670	PALMA	
12	281935858.9769	88672.9327000	3147600	3147600	314760	314760	PASSA QUATRO	
13	248532262.2730	84469.7189999	3147808	3147808	314780	314780	PASSA VENTO	
14	111620990.2890	57022.8316000	3148202	3148202	314820	314820	PATROCINIO DO...	
15	196134364.1170	73711.1658000	3151107	3151107	315110	315110	PRAPETINGA	
16	23839392.0309	75836.7572999	3154101	3154101	315410	315410	RECREIO	

Figura 20 - Tabela de Atributos do arquivo shapefile do Estado do Rio de Janeiro.
Fonte: IBGE 2010

10.2 Mapa qualitativo

Os mapas qualitativos são utilizados para expressar a existência, localização e extensão de ocorrência dos fenômenos, atributos e diversidade. São caracterizados por sua natureza, espécie entre outros critérios estabelecidos (MARTINELLI, 2003).

No software QGIS, o mapa qualitativo refere-se ao mapa categorizado. Clicando-se em “propriedades da camada” (Figura 21) e na aba “estilos”, escolher “Categorizado”. Em coluna, escolher a coluna que melhor

representará a informação que se deseja apresentar. Como exemplo, são mostradas as mesorregiões do estado do Rio de Janeiro. Pode-se escolher as cores de cada valor clicando na caixa de cor em “símbolo”, ou em cor do gradiente (Figura 22).

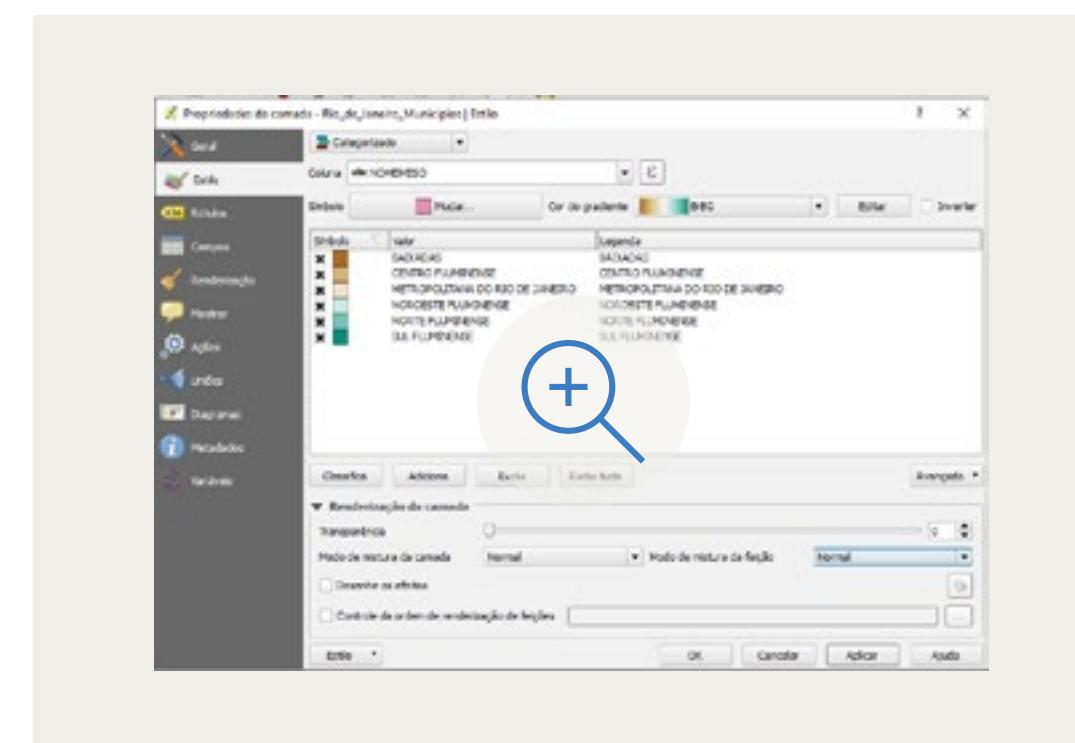


Figura 21 - Criando mapa qualitativo.

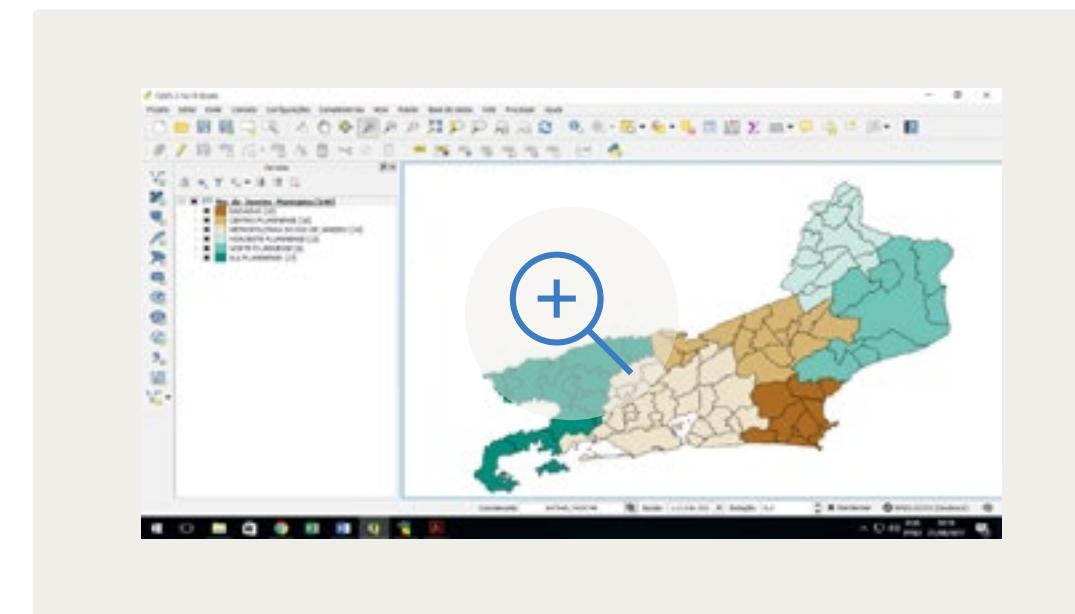


Figura 22 - Mapa qualitativo - Mesorregiões do Rio de Janeiro.

10.3 Mapa quantitativo

Esse tipo de mapa é usado para evidenciar a relação de proporcionalidade entre objetos, junto à realidade sendo vista como feição de quantidades. Isso pode ser transscrito por uma relação visual de mesma natureza (MARTINELLI, 2003).

Para criar um mapa quantitativo, aquele que representa um atributo numérico, no software QGIS, deve-se basicamente realizar o mesmo caminho do mapa anterior, porém escolhendo a opção “Graduado” na primeira caixa de opções. Depois escolher a coluna da informação que se deseja apresentar. Como exemplo, mostraremos a população do Rio de Janeiro (Figuras 23 e 24). Em “Classes”, deve-se escolher o intervalo e o número de classes, em seguida clicar em classificar.

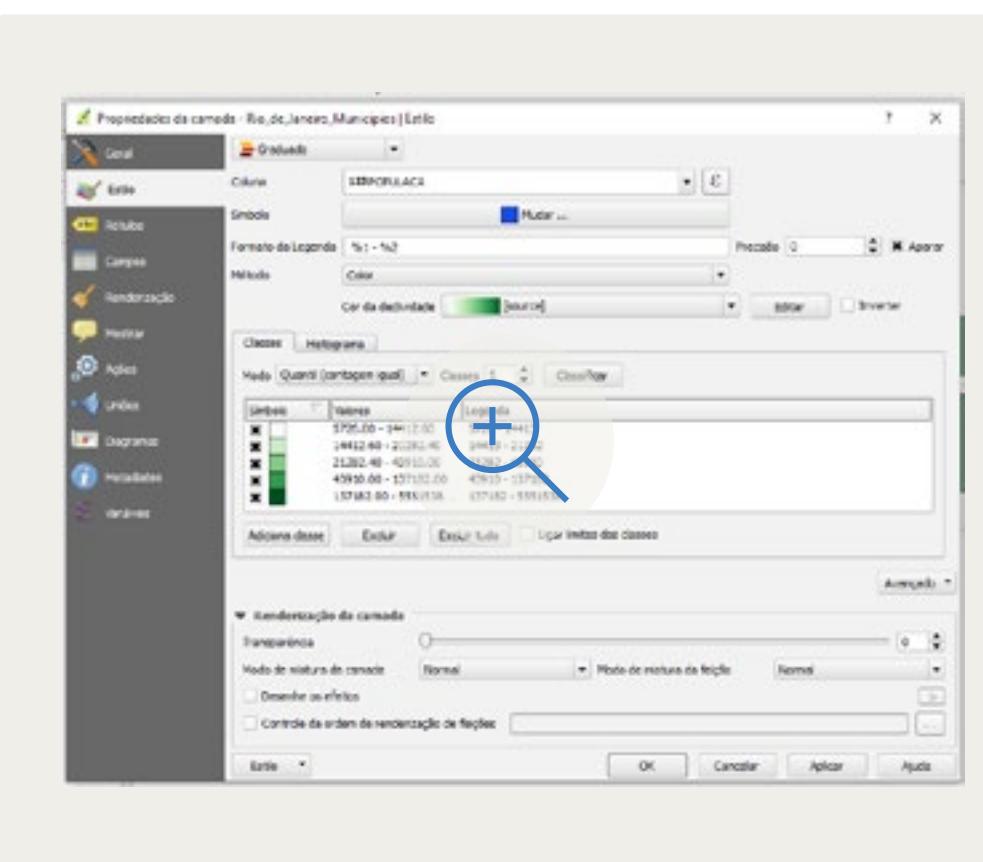


Figura 23 - Criando mapa quantitativo.

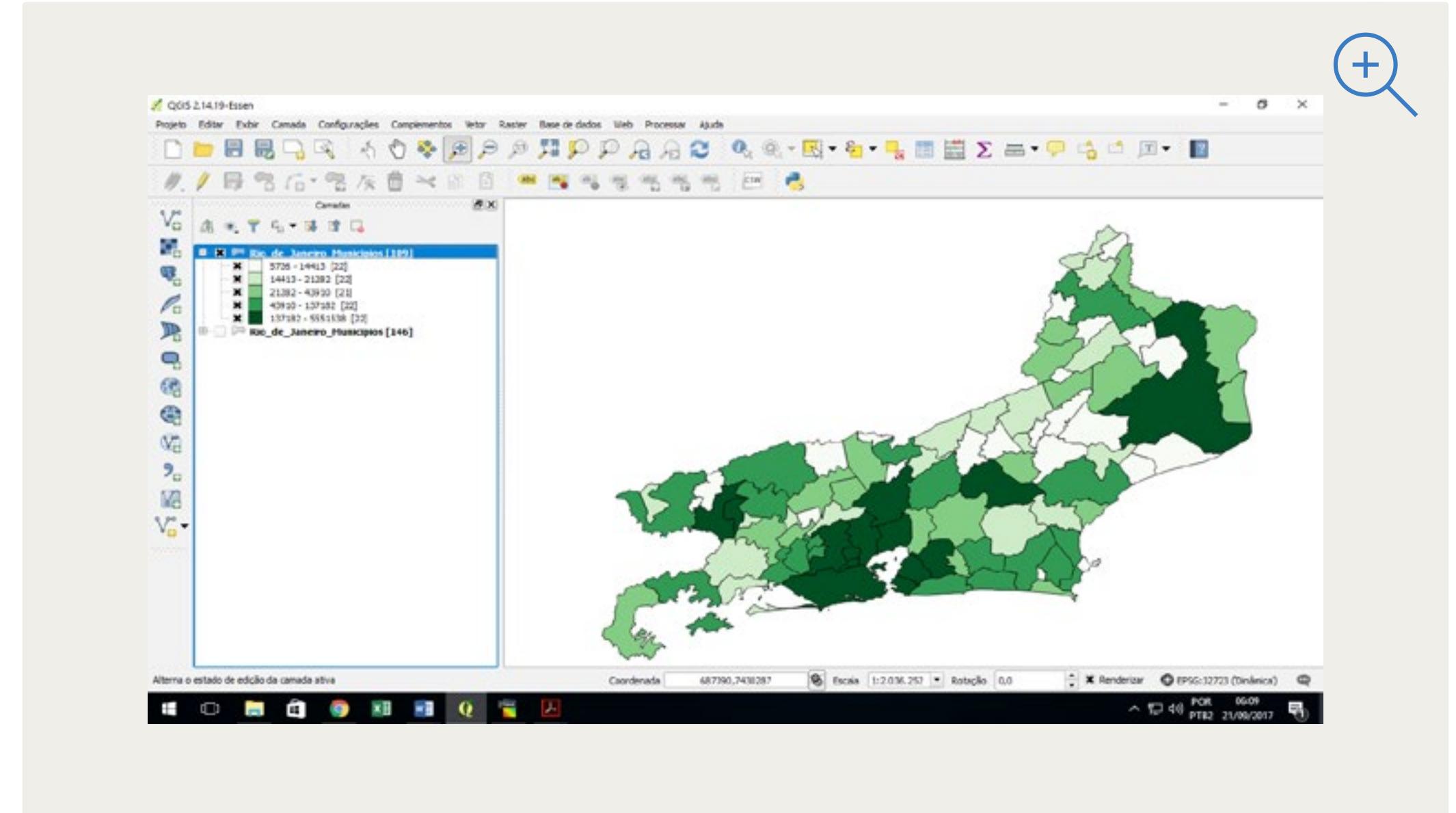


Figura 24 - Mapa da população do Rio de Janeiro.

11. Entrada de dados: digitalização de mapas analógicos

Um dos métodos utilizados para a captura de dados espaciais é a Digitalização de Mapas. O método implica em converter dados a partir de fontes gráficas analógicas existentes em formas digitais.

Segundo Ferreira (2006), a aquisição de dados geográficos se dá a partir da observação do mundo real, devendo ter o detalhamento, precisão e acurácia compatíveis com os objetivos das informações geográficas a serem produzidas pelo SIG.

De acordo com Nero (2000), os vários processos existentes para que um documento analógico seja transferido ao meio digital depende de planejamento prévio para a definição de planos de informação em que o mapa será estruturado. Com isso, vantagens e desvantagens podem variar conforme a técnica, implicando em diferentes graus de complexidade e esforço operacional, processamento, equipamentos, custos e resultados.

Para Soares Filho (2000), a conversão dos dados cartográficos para o meio digital (geocodificação) pode ser obtida por meio de dois processos distintos:

- a digitalização por varredura eletrônica seguida de vetorização, que se dá por um equipamento imageador do tipo *scanner*. Neste caso, o dado será gerado em formato raster, sendo necessário realizar um processo de conversão raster-vetor;
- e a digitalização manual, que consiste no desenho manual em uma mesa digitalizadora.

11.1 Digitalização via scanner

Este método converte os mapas originais em arquivos do tipo raster, usando um equipamento denominado scanner. Segundo Scarim e Teixeira (1994, apud Nero, 2000), este aparelho é um dispositivo ótico-eletrônico composto por uma fonte de luz e um sensor ótico, sendo seu princípio de funcionamento baseado na emissão de um feixe de luz, refletido pela superfície do mapa e registrado pelo sensor refletido pela superfície do mapa e registrado pelo sensor. Soares Filho (2000) relata que esse tipo de processo implica em processamentos mais complexos, equipamentos mais sofisticados e maior custo de investimento. Este método é o mais indicado por ter maior precisão, pois traçado da linha é feito por traçadores lógicos, não necessitando de muitas intervenções dos operadores. No entanto, este método requer originais de melhor qualidade.

Equipamentos de entrada de dados são dispositivos que convertem dados analógicos e mapas no papel em mídia eletrônica ou digital. São utilizados os rastreadores ópticos (scanners). Existem basicamente três tipos de scanners exemplificados por Soares Filho (2000), que podem ser usados para a digitalização:

- **Scanner de mesa:** Equipamento que pode ficar sobre mesas, onde o mapa fica fixado em sua superfície plana, protegido por uma superfície plana, ficando protegido por uma tampa que impede a passagem dos feixes de luz, onde o sistema sensor faz uma varredura sobre a superfície nas direções X e Y, construindo os pixels da imagem, segundo as configurações

de resolução espacial e radiométrica. Mais utilizados por usuários leigos das mais diversas áreas, onde o tamanho A4 é o mais utilizado.

- **Scanner de tambor (Figura 25):** É composto por um tambor no formato de um cilindro, cujo diâmetro define o comprimento limite do documento cartográfico. Com o mapa fixo no tambor, o mesmo se move no sentido Y, e o sensor varre cada coluna deslocando-se ao longo do eixo X (transversalmente). Esses equipamentos representam mais fielmente o documento original, mas são lentos e requerem grande habilidade por parte do operador⁴.



Figura 25 - Scanner de tambor.

Fonte: Scanners: História, funcionamento, modelos.

⁴ Scanners: História, funcionamento, modelos. Publicado em: 05 de julho de 2016. Disponível em: <<http://tudosobrescanner.blogspot.com.br/2016/07/historia-scanner-e-um-aparelho-de.html>>

- **Scanner de rolo (Figura 26):** É o mais utilizado para a digitalização de mapas. Não há problemas com limitação do comprimento do original cartográfico.



Figura 26 - Scanner de rolo.

Fonte: Hp online store.

11.2. Digitalização manual

Esse tipo de digitalização é sugerido quando os dados são mais simples e os originais são representados por desenhos de baixa qualidade gráfica. O operador será mais solicitado, tendo maior esforço por parte do processo de edição e simbolização (Figura 27).



Figura 27 - Mesa digitalizadora. Fonte: AllBiz.

12. Compilação de dados analógicos

As feições discriminadas podem ser agrupadas em camadas que estruturem os dados geográficos. Essas feições são simplificadas e estruturadas em níveis lógicos, onde será especificada a sua simbologia, por exemplo, estilo de traço, cor, espessura, etc. Também são definidos os comandos de digitalização e edição, em caso de polígonos. Para elementos de texto, são definidos tipo de fonte e tamanhos, espaçamento e justificação das linhas (SOARES FILHO, 2000), conforme observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Definições para digitalização das feições geográficas

Base		Nível	Cor	Peso/Estilo/Fonte
texting	texto inferior	1	0	cidades - TX=0,2-FT=32 DIAMANTINA - TX=0,2-FT=32 Desativada - TX=0,15-FT=32 Vila Barão de Guacuí BR e MG >> tx = 0,15 Fazenda Fábrica
nomes	nome dos rios	2	7	TX=0,20-FT=23, rio de margem dupla >> JEQUITINHONHA-Rib.Pinheiro-Cor. Dantas
estradas	rede viária	3	3	asfalto -> WT=2-LC=0 terra -> WT=0-LC=3

Base		Nível	Cor	Peso/Estilo/Fonte
estrferro	estrada de ferro	4	6	WT=0-LC=0
cidade	cidades	5	21	mancha urbana WT=0-LC=0 IMBLE 1
símbolos	símbolos cartográficos	6	160	Pontes Federal IMBLE 2 emblemas { estadual IMBLE 1
hidro	rede hidrográfica	7	1	WT=0-LC=0
serra	nome de serras	8	40	TX=0,20-FT=32 -> serra minúsculo pontos cotados -> X minúsculo -> 0,1-FT=32 cota -> 0,15-FT=32 SERRAS MAIORES TX=0,25 FT=32, intercaracter_spacing = 0,05 line_spacing - 0,1
region	nomes regionais	9	40	nomes regionais Tx = 0,2, ft=32, de fazendas e aeroportos tx=0,18 e seus símbolos

Fonte: Soares Filho, 2000.

Nero (2000) mostra que mesmo em documentos com qualidade boa, existe a necessidade de um pré-processamento das imagens que serão digitalizadas. Por isso deve existir uma preocupação com a eliminação de ruídos, aumento do contraste, aplicação de limiares, eliminação de informações marginais, mosaicagem de arquivos e complementação de linhas.

12.1 Metadados

Furlan e Cortês (2010) definem metadados como dados que descrevem os dados, onde cada um dos elementos dos metadados caracterizam os diferentes aspectos da representação cartográfica digital. São estruturados de forma que sejam compreendidos pelos programas e computadores, conectados pela internet. Os metadados são imprescindíveis para identificar, localizar, compreender e gerenciar os dados. Seu correto preenchimento para cada mapa temático é importante para descrever o conteúdo, condição, histórico, localização, abrangência e limitações dos dados espaciais; permitir a criação de repositórios de dados espaciais.

Moura (2005) relata que sua aplicação é bastante abrangente, sendo utilizado sempre que um grupo de usuários necessita reconhecer as características do meio. É fundamental que esses grupos de usuários estabeleçam códigos e linguagens comuns, onde todos possam entender as informações para utilizá-

las. O autor relata que sua função em geoprocessamento é a transmissão das informações fundamentais sobre os dados, tendo como objetivo que o usuário possa escolher seus dados sabendo de suas limitações e potencialidades. Alguns SIGs já constroem uma camada de informações em um arquivo txt contendo um mínimo de metadados. Para que haja uma correta distribuição e utilização de dados cartográficos digitais, informações mínimas devem estar registradas no arquivo de metadados:

- Autor, data da elaboração e registro de atualizações.
- Metodologia de construção do dado - Formato de armazenamento (matricial ou vetorial).
- Fonte do dado, escala da fonte e ano da fonte - Resolução (em caso de arquivo matricial) e Padrão de Exatidão Cartográfica - Sistema de projeções e coordenadas, datum horizontal e vertical .
- Extensões disponíveis e aplicativo utilizado - Conteúdo das camadas de informação.
- Referência espacial (coordenadas do retângulo envolvente) e área de mapeamento.
- Informações específicas sobre grades utilizadas, equidistância de pontos na representação de algumas feições geométricas.
- Outras informações gerais específicas sobre o dado.

Os Metadados Geoespaciais são imprescindíveis para o funcionamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) pois permitem aos usuários encontrar conjuntos de dados e informações geoespaciais e identificar seus usos potenciais. *Sua importância se amplia com o aumento do uso e disseminação de informações geoespaciais, e também com a crescente facilidade de compartilhamento de dados entre diferentes instituições e na sociedade em geral⁵.*

Entre os principais padrões internacionais de Metadados Geoespaciais destacam-se: FGDC e ISO 19115 / 19139. O padrão ISO 19115:2003 foi a base para elaboração do Perfil MGB, conforme Resolução CONCAR 01/2009.

Em 2009 foi homologado pela Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) o Perfil MGB, resultante do trabalho de um comitê especializado que reuniu representantes dos principais órgãos produtores de dados geoespaciais no Brasil, ao longo dos anos de 2008 e 2009. O perfil MGB compreende 10 seções de metadados, totalizando 82 elementos, e sua especificação completa, assim como a Resolução 001/2009 que o homologou, podem ser obtidas através do link Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil http://www.concar.ibge.gov.br/perfil_mgb.aspx.⁵

⁵ http://www.inde.gov.br/images/inde/Folder_Metadados_port_jul2011.pdf

13. Banco de dados geográficos

Criar um Banco de Dados implica na criação de um diretório onde serão armazenados os dados, e também qual gerenciador de banco de dados será utilizado para armazenar as informações tabulares (INPE, 2012). Mas, para nós da área de Geoprocessamento é mais importante o conceito espacial do banco ou base de dados relacional. Ou seja, um banco onde dados são armazenados na forma de tabelas relacionáveis entre si através de campos-chaves.

O paradigma dos quatro universos (Figura 28) adaptado para a área de Geoinformação por Câmara (1995) com o intuito de auxiliar na modelagem do banco de dados.

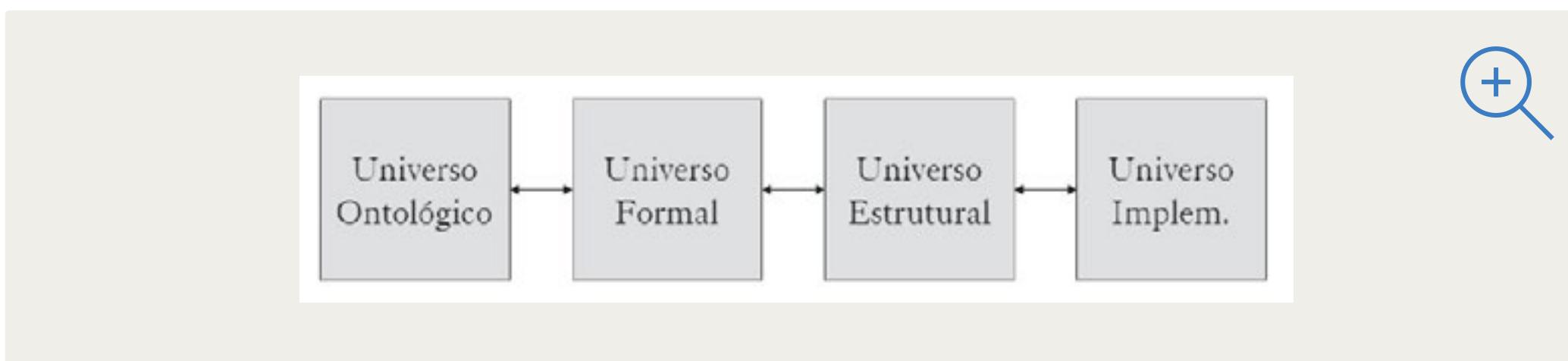


Figura 28 - Paradigma dos quatro universos.

Fonte: Câmara (2005).

Segundo Câmara (2005), o Universo Ontológico se baseia na tarefa de descrição da realidade nas entidades necessárias que precisamos para entender o que estamos estudando. A criação do universo ontológico representa a transformação de elementos como tipos de solo, área urbana, geomorfologia para conceitos que serão representados pelo computador. O Universo Formal trata de incluir modelos lógicos e matemáticos que generalizam os conceitos propostos pelo universo ontológico. O universo formal tenta responder a pergunta: Quais são as abstrações formais necessárias para representar os conceitos de nosso universo ontológico? É dentro desse universo que o especialista tem a tarefa de escolher qual o melhor modelo de dados. O Universo estrutural é o responsável por transformar os modelos formais em estruturadas de dados geométricos e alfanuméricos. E, o Universo de Implementação corresponde à etapa responsável por transformar toda a parte conceitual em aplicação. É onde fazemos as escolhas das arquiteturas que utilizaremos.

Entre os diferentes modelos em bancos de dados, destacamos o modelo OMT-G (*Object Modeling Technique for Geographic Applications*). Este, por sua vez, segue as primitivas de diagramação de classes da UML (Metodologia de Projeto de Banco de Dados), mas introduzindo outras de natureza geográfica

com o objetivo de aumentar a capacidade de representação semântica (BORGES et al., 2001). O modelo se baseia em três conceitos principais: classes, relacionamentos e restrições de integridade espaciais. Existem três grandes grupos de dados que pode representar classes no modelo OMT-G (contínuos, discretos e não-espaciais). Estes três grandes grupos possibilitam que uma aplicação modela de acordo com o modelo OMT-G, possua uma visão mais integradora do espaço, além da possibilidade de uma maior interação entre classes convencionais e georreferenciadas (Figura 29).

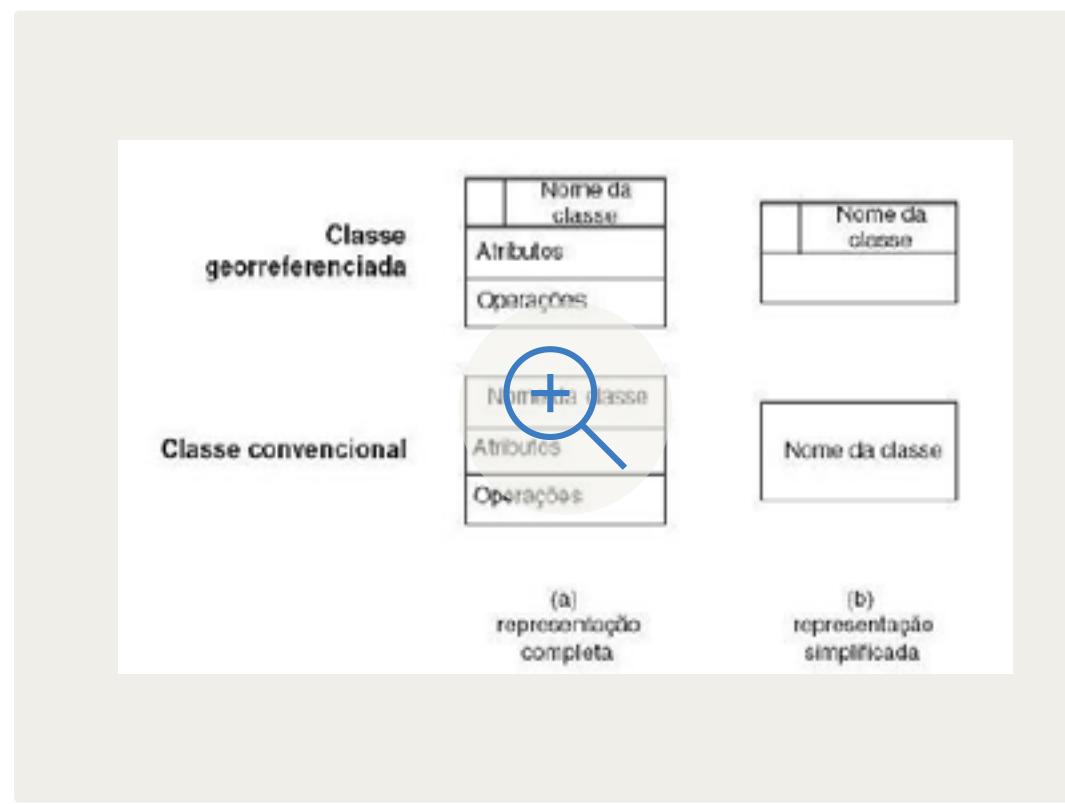


Figura 29 - Classes georreferenciadas e convencionais no OMT-G.

Fonte: BORGES et al., 2005.

Além disso, o modelo OMT-G apresenta uma quantidade fixa de possibilidades de representação geométrica dos dados. Utiliza-se uma simbologia especial em que distingue-se geo-objetos (representa a distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica) e geo-campos (um elemento único que possui atributos não

espaciais e está associado a múltiplas localizações geográficas. A localização pretende ser exata e o objeto é distinguível de seu entorno), estes são apresentados nas Figuras 30 e 31.



Figura 30 - Geo-campos.

Fonte: BORGES et al., 2005.



Figura 31 - Geo-objetos.

Fonte: BORGES et al., 2005.

Em sua lógica de relacionamentos, o modelo OMT-G apresenta três distintos: associação simples, relacionamentos topológicos em rede e relacionamentos espaciais (Figura 32).

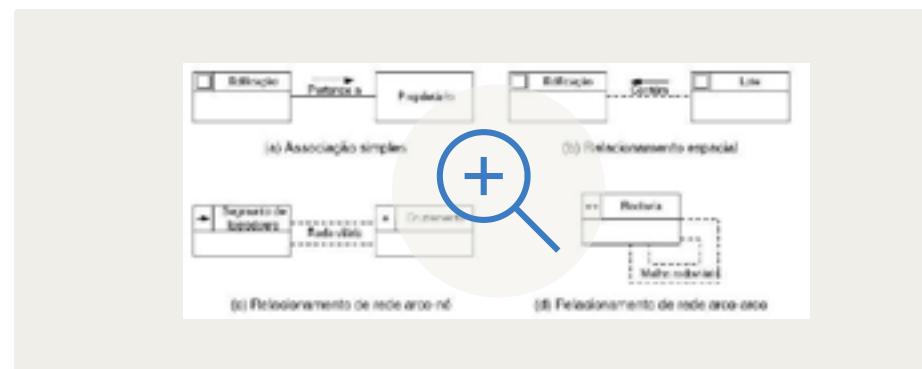


Figura 32 - Relacionamentos.

Fonte: BORGES et al., 2005.

No modelo OMT-G também é possível ainda realizar agregações espaciais (Figura 33) através de relacionamentos topológicos do tipo “todo-parte” (ABRANTES, 1994).

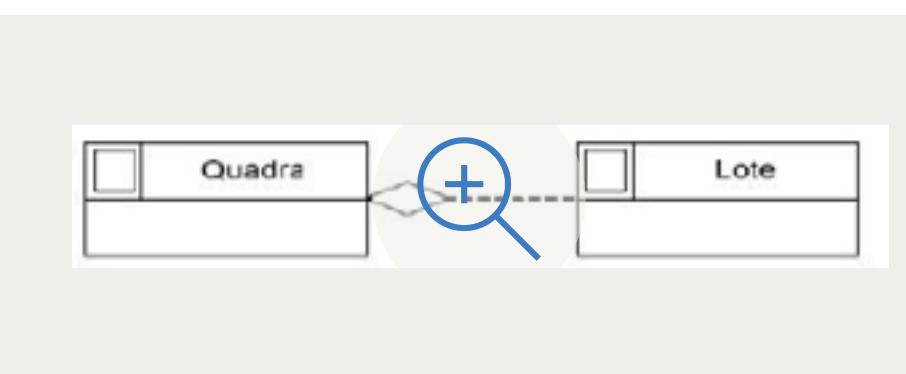


Figura 33 - Agregação espacial ("todo-parte").

Fonte: BORGES et al., (2005).

Casanova et al. (2005) apresentam no Quadro 2 os requisitos mais relevantes para os Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBDs).

Quadro 2 - Principais requisitos para os SGBDs.

Requisito	Definição
<i>Facilidade de uso</i>	a modelagem do banco de dados deve refletir a realidade das aplicações, e o acesso aos dados deve ser feito de forma simples
<i>Correção</i>	os dados armazenados no banco de dados devem refletir um estado correto da realidade modelada
<i>Facilidade de manutenção</i>	alterações na forma de armazenamento dos dados devem afetar as aplicações o mínimo possível
<i>Confiabilidade</i>	atualizações não devem ser perdidas e não devem interferir umas com as outras
<i>Segurança</i>	o acesso aos dados deve ser controlado de acordo com os direitos definidos para cada aplicação ou usuário
<i>Desempenho</i>	o tempo de acesso aos dados deve ser compatível com a complexidade da consulta

Fonte: Casanova et al. (2005).

A integração entre SIGs e SGBD pode ser feita principalmente de duas formas: através de uma arquitetura dual ou através de uma arquitetura integrada, conforme apresentado na Figura 34.

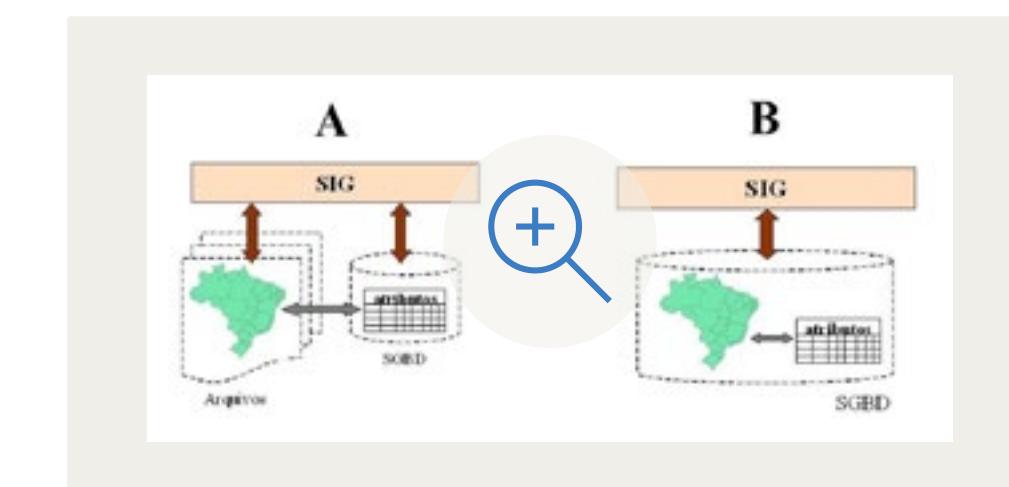


Figura 34 - (A) Arquitetura Dual e (B) Arquitetura Integrada.

Fonte: Casanova et al. (2005).

De acordo com Casanova et al. (2005), a arquitetura dual possui a capacidade de armazenar as componentes espaciais dos objetos de forma separada.

Ou seja, nesta arquitetura, a componente convencional ou alfanumérica é armazenada diretamente em um SGBD-R e a componente espacial em arquivos de formato proprietário. Este tipo de arquitetura ainda é o mais utilizada em aplicações na área das geotecnologias, no entanto, o autor nos mostra que tal implementação possui alguns problemas:

- Dificuldade no controle e manipulação das componentes espaciais;
- Dificuldade em manter a integridade entre a componente espacial e a componente alfanumérica;
- Separação entre o processamento da parte convencional, realizado pelo SGBD, e o processamento da parte espacial, realizado pelo aplicativo utilizando os arquivos proprietários;
- Dificuldade de interoperabilidade, já que cada sistema trabalha com arquivos com formato proprietário.

Já a *arquitetura integrada* possui como característica a possibilidade de armazenar todos os dados diretamente em um SGBD, seja ela alfanumérica ou espacial. A vantagem deste tipo de arquitetura é a possibilidade de manipulação dos dados através dos recursos de um SGBD, manipulando os objetos espaciais mantendo sua integridade através de uma linguagem de consulta própria (CASANOVA et al., 2005).

14. Representação de Dados Espaciais (2D) por símbolos pontuais, lineares e de área

Os mapas temáticos configuram-se em importantes fontes de informação e comunicação. Para tal, eles possuem a sua própria linguagem, ou melhor, convenções adotas justamente para transmitir informações de forma simples, prática e direta. Softwares de Geoprocessamento apresentam ferramentas, em geral de fácil uso que possibilitam ao usuário explorar livremente o potencial de tais convenções.

Símbolos pontuais: são convenções individuais, tais como pontos, círculos, triângulos, quadrados, entre outros (Figura 35), usados para representar um lugar ou dados de posição, como, por exemplo, uma cidade, uma cota altimétrica, o centróide de uma distribuição ou, então, um volume conceitual, como a população de uma cidade (MENEZES & FERNANDES, 2013).

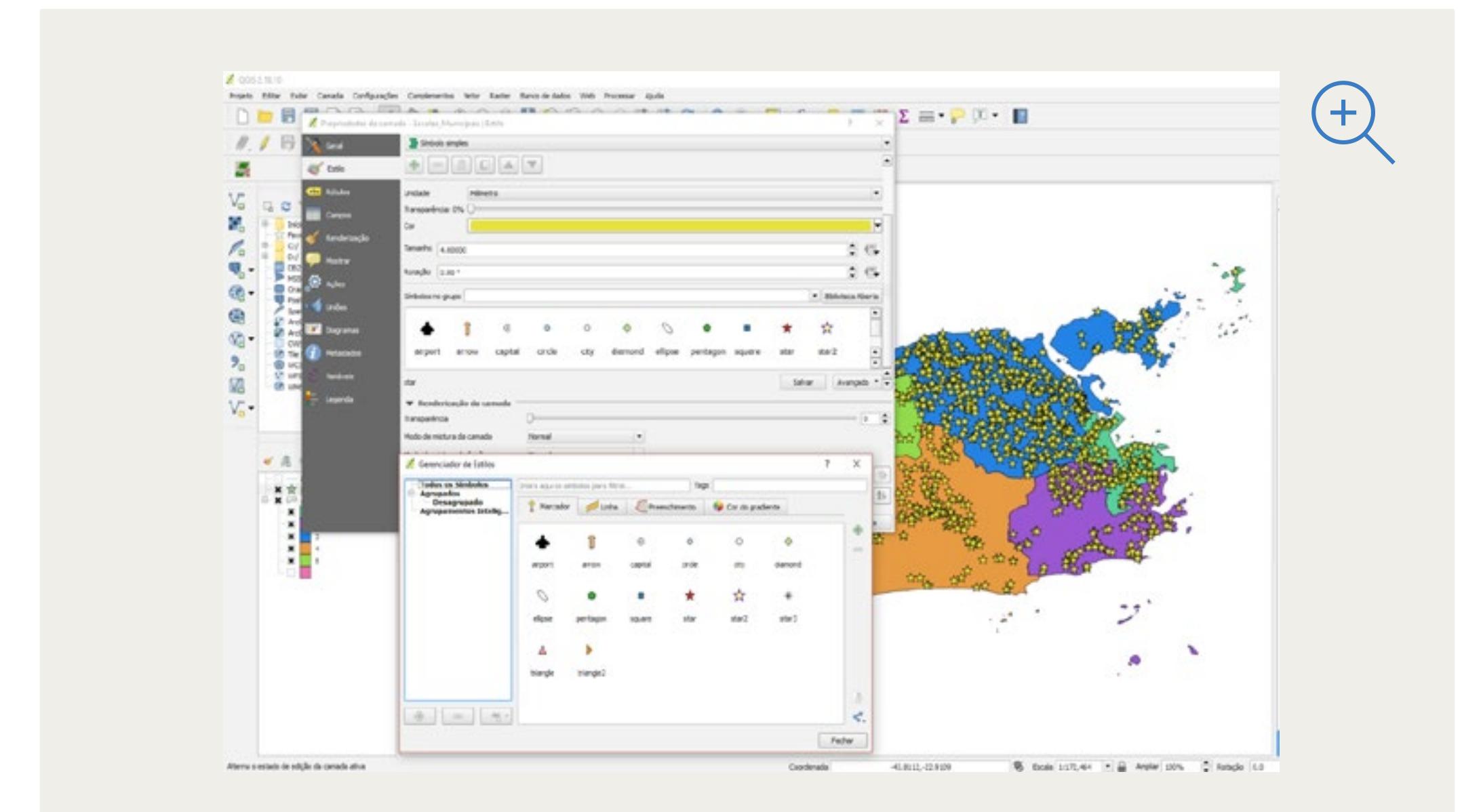


Figura 35 - Exemplo de simbologia pontual.

Símbolos lineares: são convenções lineares para representar elementos que têm características de linhas (Figura 36), tais como cursos d'água, rodovias, fluxos, limites, entre outros (MENEZES & FERNANDES, 2013).

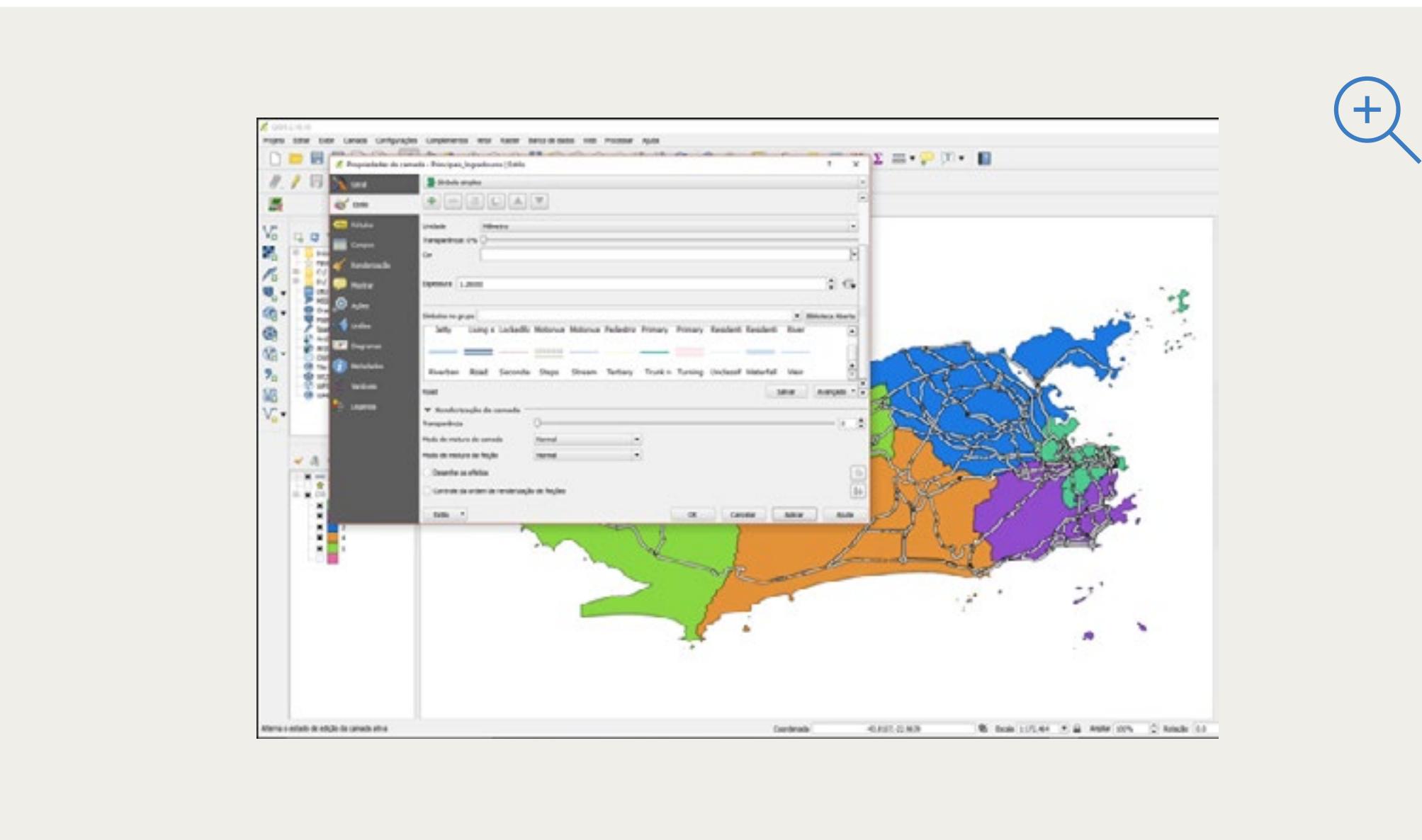


Figura 36 - Exemplo de simbologia linear.

Símbolos zonais, de área ou planares: são convenções que se estendem no mapa, caracterizando que a área de ocorrência tem um atributo comum (Figura 37): água, jurisdição administrativa, tipo de solo ou vegetação (MENEZES & FERNANDES, 2013).

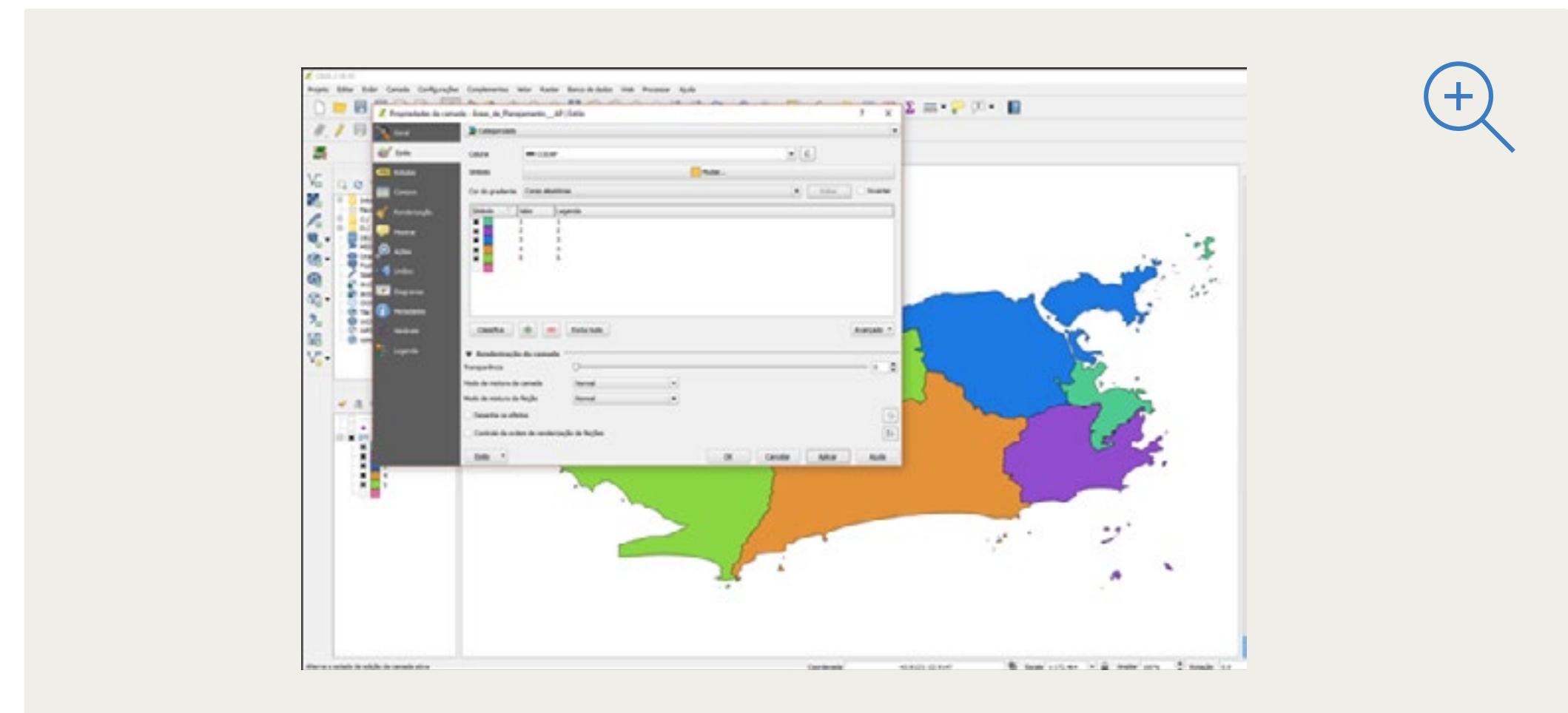


Figura 37 - Exemplo de simbologia zonal.

15. Georreferenciamento

O registro de uma imagem, compreende uma transformação geométrica que relaciona coordenadas de imagem (linha e coluna) com coordenadas de um sistema de referência. Outros termos comuns para a designação do procedimento de registro são geocodificação e georreferenciamento. É importante, contudo, fazer uma distinção clara entre registro e correção geométrica. O processo de correção geométrica de imagens elimina as distorções geométricas sistemáticas introduzidas na etapa de aquisição das imagens, enquanto o registro apenas usa transformações geométricas simples - usualmente transformações polinomiais - para estabelecer um mapeamento entre coordenadas de imagem e coordenadas geográficas. Por isso , sugere-se que o registro seja sempre utilizado como uma técnica que busca refinar a qualidade geométrica de imagens com correção geométrica de sistema (INPE, 2012).

O registro é uma operação necessária para se fazer a integração de uma imagem à base de dados existente num SIG. Há muitos anos os projetos na área de sensoriamento remoto pressupõem que as imagens possam ser integradas aos dados extraídos de mapas existentes ou às medições de certas grandezas feitas diretamente no terreno. O registro também é importante para se combinar imagens de sensores diferentes sobre uma mesma área

ou para se realizar estudos multi-temporais, caso em que se usam imagens tomadas em épocas distintas (INPE, 2012).

15.1. Transformações polinomiais - pontos de controle

Segundo INPE (2012), o uso de transformações polinomiais é bastante comum no registro de imagens. As transformações polinomiais fazem o vínculo entre coordenadas de imagem e as coordenadas no sistema de referência através de pontos de controle. Pontos de controle são feições passíveis de identificação na imagem e no terreno, ou seja, são feições homólogas cujas coordenadas são conhecidas na imagem e no sistema de referência. Cruzamentos de estradas, pistas de aeroportos e confluência de rios são candidatos naturais a pontos de controle. Uma vez determinados os n pontos de controle e selecionada a transformação polinomial, um sistema de $2n$ equações é montado para resolver 6, 12 ou 20 parâmetros, dependendo do polinômio ser de 1º, 2º ou 3º grau. Assim, conclui-se que o número mínimo de pontos de controle é 3 para o polinômio de 1º grau, 6 para o polinômio de 2º grau e 10 para o polinômio de 3º grau (confira as equações para os polinômios de 1º e 2º graus na Figura 38).

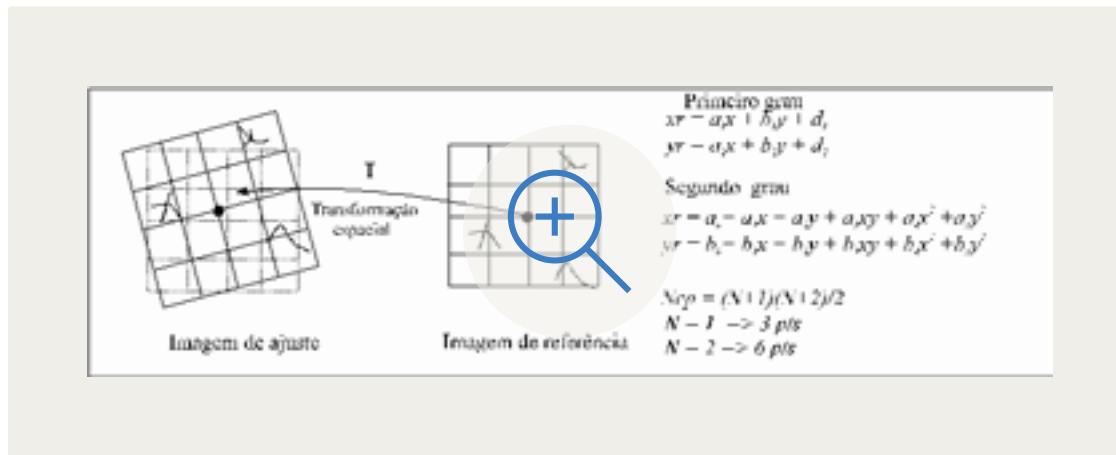


Figura 38 - Modelo de transformação geométrica.

Fonte: INPE (2012).

A transformação geométrica ou mapeamento direto pode ser executada através de três modelos matemáticos distintos: o modelo de correções independentes, o modelo fotogramétrico e o modelo polinomial.

a) **Modelo de correções independentes** - como o próprio nome sugere, trata de forma independente as diversas distorções sistemáticas. Tudo é feito no sistema de referência da imagem, onde os pixels são reposicionados de acordo com a modelagem de cada efeito visto de modo isolado. Há duas grandes desvantagens na aplicação desse modelo. Em primeiro lugar, conforme o exemplo mencionado sobre a superposição de duas varreduras consecutivas, há correlações entre as fontes de distorção, de modo que seus efeitos nem sempre são separáveis. Com isso, o resultado da correção geométrica não é muito bom. Além disso, como tudo se passa no sistema de referência da imagem, não se consegue estabelecer uma relação com as coordenadas geográficas sem que haja um procedimento externo. O modelo de correções independentes foi muito usado em imagens MSS dos três primeiros satélites da série LANDSAT (D'ALGE, 1999).

b) **Modelo fotogramétrico** - inspira-se no uso das equações de colinearidade aplicada sem foto triangulação. Com base nos dados de efemérides do satélite, descobre-se sua posição no instante de aquisição de um dado pixel. Com as informações da altitude e dos parâmetros do sistema de imageamento, define-se a direção de visada para aquele instante. Tem-se, então, um ponto e uma direção no espaço, os quais definem uma reta. Calcula-se a interseção dessa reta com a figura matemática da Terra, no caso um elipsóide de referência. Como resultado, chega-se aos valores de latitude e longitude associados ao instante de aquisição de um certo pixel, estabelecendo-se, assim, a relação entre o sistema de referência da imagem e as coordenadas geográficas. O modelo fotogramétrico não faz hipóteses sobre a independência das diversas fontes de erro e permite o cálculo das coordenadas geográficas sem que haja necessidade de um procedimento externo. Deste modo, o referenciamento da imagem a um sistema de projeção cartográfica pode ser feito sem grandes dificuldades. O modelo fotogramétrico tem sido usado para quase todas as imagens geradas pelos sensores dos satélites Landsat e Spot (D'ALGE, 1999).

c) **Modelo polinomial (registro de imagens)** - consiste de uma função polinomial cujos parâmetros são determinados a partir das coordenadas de pontos de controle identificados tanto no sistema de referência da imagem como no sistema de referência da base de dados. É o modelo disponível em quase todos os sistemas para o registro de imagens. Como se trata de um modelo que não usa informações inerentes à aquisição da imagem e nem faz distinção sobre o status ou nível de correção geométrica da imagem, muitos autores não o consideram como um modelo de correção geométrica e preferem referir-se a ele como um modelo de registro. O desempenho deste modelo depende de uma boa distribuição de pontos de controle, da precisão das coordenadas dos pontos de controle e, o mais importante, da adequação da função polinomial escolhida ao que se pretende modelar (D'ALGE, 1999).

Relevante ferramenta para a integração de diferentes dados de diversas fontes consiste na Reprojeção de Dados (Figura 39). Ou seja, ela consiste na mudança do sistema de coordenadas do conjunto de dados de entrada para um conjunto de dados de saída (novos dados) com o sistema de coordenadas recém-definido, incluindo o DATUM e esferóide.

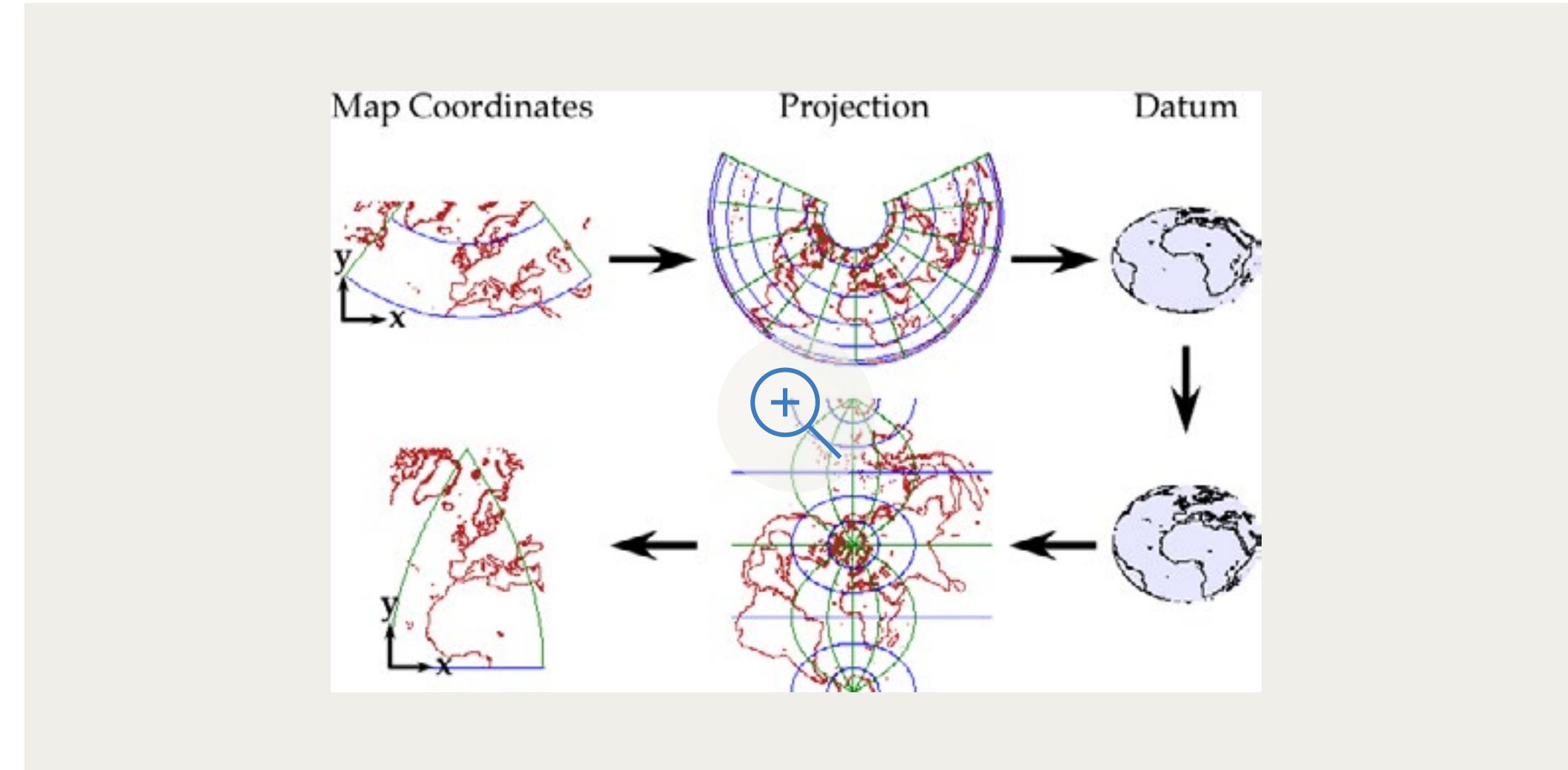


Figura 39 - Esquema de reprojeção de dados.

Fonte: https://www.ats.amherst.edu/software/gis/mapping_coordinate_data/reproject.gif

16. Dicas finais

Toda a facilidade de acesso à informação bem como a quantidade de conteúdos disponíveis na web exige um elevado poder de seletividade. Um dos maiores desafios é assegurar de forma confiável a qualidade e agilidade da informação que é imprescindível para a eficácia no uso da informação geoespacial para tomada de decisão. O uso consciente e eficaz de novos recursos tecnológicos, em prol da ciência e tecnologia, é um processo que requer reflexões críticas, assim como o uso do acervo disponível na WEB. A enorme quantidade e variedade de informações exigem que se desenvolva a capacidade de selecioná-las, considerando seus objetivos, o que implica no desenvolvimento das habilidades de analisar, estabelecer relações, sintetizar e avaliar o material disponível.

Como auxílio para manipulação de dados geoespaciais, foi elaborada uma Lista de fontes de dados geoespaciais com critério de confiabilidade dos dados. A Lista, denominada GeoLista, teve como objetivo promover a difusão das fontes de dados e informações geoespaciais disponíveis gratuitamente na Internet. A Geolista (CARVALHO e DI MAIO, 2011) está disponível e tem acesso em <http://www.geoden.uff.br/images/GeoLISTA.pdf>.

Referências

- ABRANTES, G. C., R. . **Explicit representation of data that depend on topological relationships and control over data consistency.** In: Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems. 1994.
- ARCHELA, R.S.; THÉRY, H. **Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos.** Disponível em: <http://www.uel.br/cce/geo/didatico/omar/orientacao_metodologica.pdf>Acessado em: 21 de setembro de 2017.
- BARBOSA, C. C. F. Álgebras de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento. Dissertação (mestrado em sensoriamento remoto), Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, São Paulo, 1997, 157 p.
- BORGES, K. A. V.; DAVIS JR., C. A.; LAENDER, A. H. F. **OMT-G: an object-oriented data model for geographic applications.** GeoInformatica. v. 5, n.3. 2001.
- BORGES, K. A. V.; DAVIS JR., C. A.; LAENDER, A. H. F. **Modelagem conceitual de dados geográficos.** In: CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. Bancos de Dados Geográficos. Curitiba: Editora Mundo Geo, 2005
- BOSSLER, R.C. QGIS do ABC ao XYZ. Ed: Íthala, 2016, 288 pp.
- CÂMARA, G. **Representação computacional dos dados geográficos.** In: CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. Bancos de Dados Geográficos. Curitiba: Editora MundoGeo, 2005.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Eds. e orgs.). Introdução à ciência da geoinformação, INPE, São Paulo, 2001.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Conceitos básicos em ciência da geoinformação.** In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Eds e orgs). Introdução à ciência da geoinformação, INPE, São Paulo, 2001.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; DRUCK, S.; CARVALHO, M. S. **Análise espacial e geoprocessamento.** In: Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds). Análise Espacial de Dados Geográficos, Brasília, EMBRAPA, 2004.
- CAMARGO, E.; DRUCK, S.; CÂMARA, G. Análise de superfície por geoestatística linear. : Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds). Análise Espacial de Dados Geográficos, Brasília, EMBRAPA, 2004.
- CÂMARA *et al.* **Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação.** In: Introdução à Ciência da Geoinformação. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos. 2001. P.2-1 a 2-35.



- CARVALHO, M.V. A. de; DI MAIO, A. C. **Proposta para a difusão de dados e informações geoespaciais disponíveis gratuitamente na Internet junto aos graduandos e professores da educação básica.** In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.2405-3358.
- CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. **Bancos de Dados Geográficos.** Curitiba: Editora MundoGeo, 2005.
- D'ALGE, J. C. L.. Cartografia para Geoprocessamento. In: Gilberto Câmara; Clodoveu Davis; Antônio Miguel Vieira Monteiro. (Org.). Introdução à Ciência da Geoinformação. INPE: São José dos Campos, 2002.
- DI MAIO, A. C. Ensinar Cartografia no século XXI: o desafio continua. In: Aguiar, L.M.B. e Souza, C.J.O. (Org.). **Conversações com a Cartografia Escolar:para quem e para que.** UFSJ:161-182, 294 p. 2016.
- EASTMAN, J. R. IDRISI for Windows: manual do usuário. Introdução e exercícios resolvidos. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFGS Centro de Recursos Idrisi, 1998.
- FELGUEIRAS, C. A. Modelagem numérica de terreno. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Eds e orgs). Introdução à ciência da geoinformação, INPE, São Paulo, 2001.
- FERREIRA, N.C. **Apostila de Sistema de Informações Geográficas.** Apostila da Disciplina Sistema de Informações Geográficas da Coordenação da Área de Geomática do Centro Federal de Educação Tecnológica do Estado de Goiás para Aulas do Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento. Goiânia. 2006.
- FIELD, K.; Cartwright, W. Modern Times, Modern Maps, Modern Mapping, **GIM International**, vol 27, No. 8:30-35. 2013.
- FITZ, P. R. **Cartografia básica.** Ed. Oficina de Textos, São Paulo, 2008, 143pp.
- FRANCISCO, C.N. **Sistemas de Informações Geográficas: Estudo dirigido com SIG.** 2ª edição revisada. Apostila do curso SIGCidades: Mapeamento de Áreas Protegidas ministrado na Universidade Federal Fluminense – UFF. Niterói, 2014.
- HAMBURG, J.S. Geovisualisation and geovisual analytics:the interdisciplinary perspective on cartography **KN Journal of Cartography and Geographic Information**, número especial, pp 115-122, 2013.
- HANADA, E.; GONÇALVES, R. R. V. **Introdução ao geoprocessamento: princípios básicos e aplicação.** Documentos 67, EMBRAPA, São Paulo, 2007.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Ajuda do SPRING.** São José dos Campos, 2012.
- MARTINELLI, M. **Mapas da Geografia e Cartografia Temática.** 5ª Ed. São Paulo: Contexto, 96 p. 2009.

- MENEZES, P. M. L.; FERNANDES, M. C. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de textos, 2013.
- MOURA, A. C. M. **A importância dos metadados no uso das Geotecnologias e na difusão da Cartografia Digital**. Departamento de Cartografia – UFMG. 2005.
- NERO, M. A. **Geração de bases cartográficas por digitalização**. In: Estudo comparativo de metodologias de digitalização de mapas e seu controle de qualidade geométrica. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2000.
- Shekhar, S; Xiong, H., Zhou X. **Encyclopedia of GIS** - Second Edition. Springer International Publishing, 2017.
- SOARES FILHO, B.S.; **Cartografia assistida por computador – Conceitos e Métodos**. Apostila do curso de especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia, Centro de Sensoriamento Remoto. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. 2000.
- TAYLOR,D.R.F. A conceptual Basis for cartography/New Directions for The Information Era, **Cartographica**, vol. 28, No 4, pp 1-8, 1991.

Contato

geospu@planejamento.gov.br

Saiba mais:

<http://www.planejamento.gov.br/assuntos/gestao/patrimonio-da-uniao/geoinformacao>

Imagenes

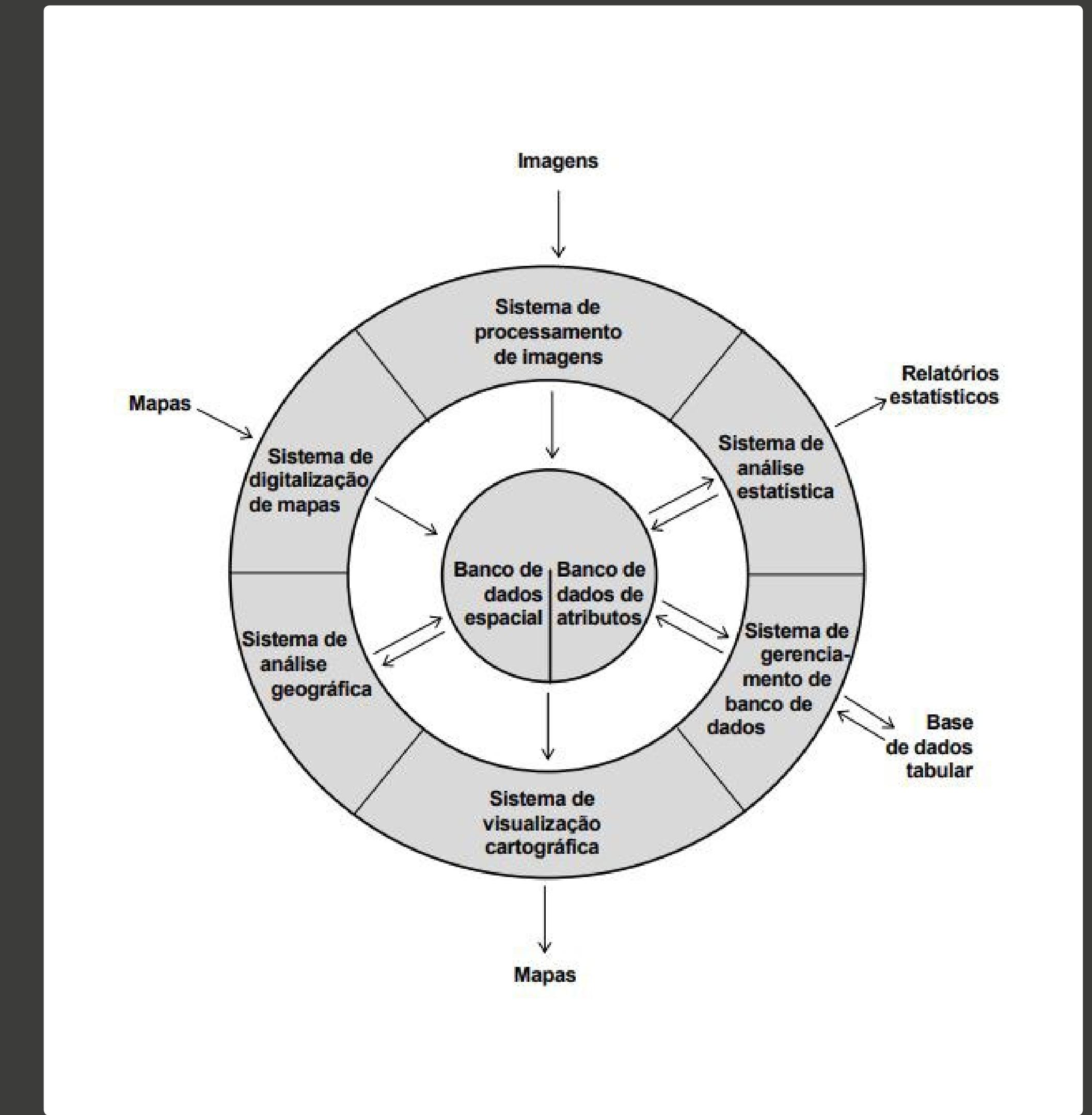


Figura 1 - Componentes e estrutura de um Sistema de Informação Geográfica.

Fonte: Eastman, 1998.

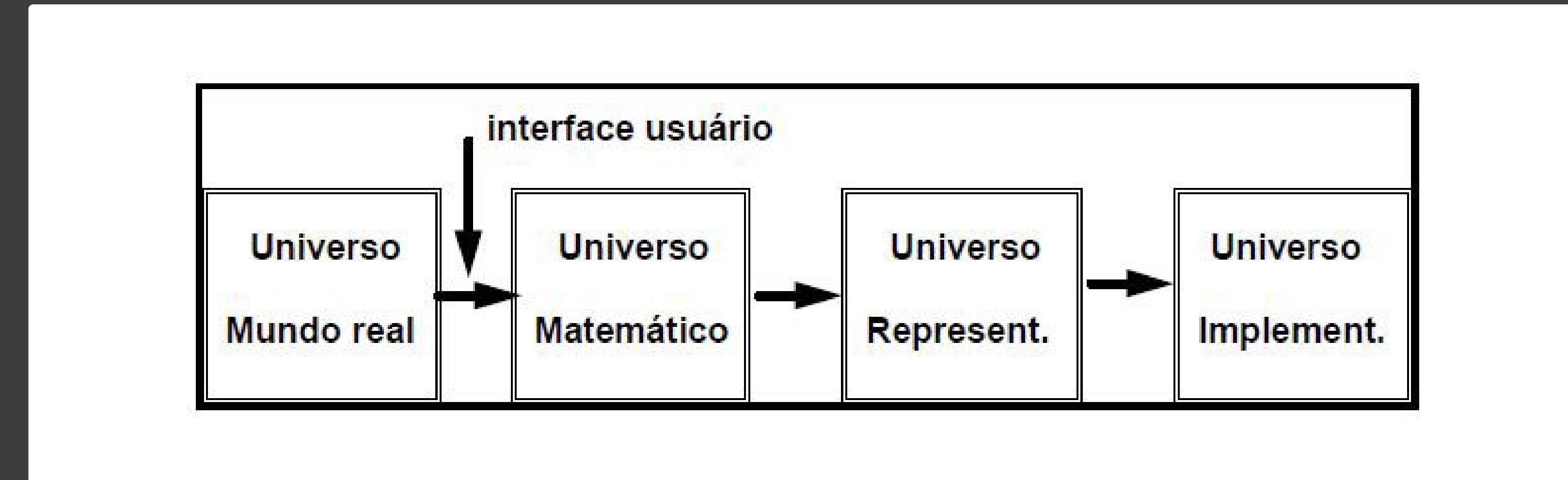


Figura 2 - Os quatro universos.

Fonte: Câmara e Monteiro, 2001.

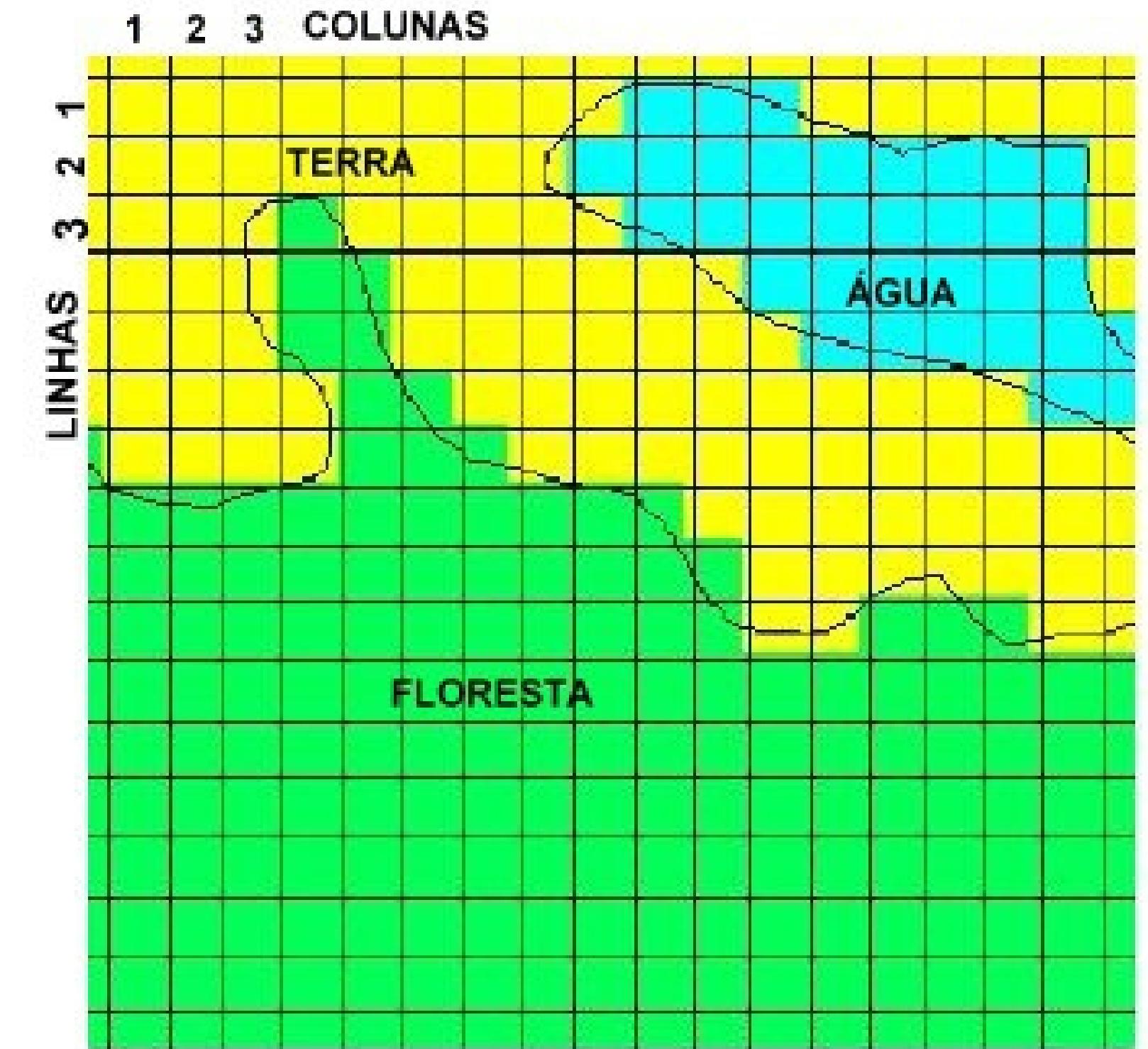


Figura 3 - Representação de um modelo matricial.

Fonte: Adaptado de Câmara e Monteiro (2001).



Figura 4 - Exemplo de um arquivo raster visualizado em um software de SIG. Imagem do satélite Sentinel 2.



Figura 5 - Exemplo de imagens com diferentes resoluções espaciais. (A) imagem do satélite Sentinel 2 com resolução espacial de 10 metros. (B) imagem do satélite LANDSAT 8 com resolução espacial de 30 metros.



Figura 6 - Representação dos pixels que compõem uma imagem de 10 metros de resolução espacial.

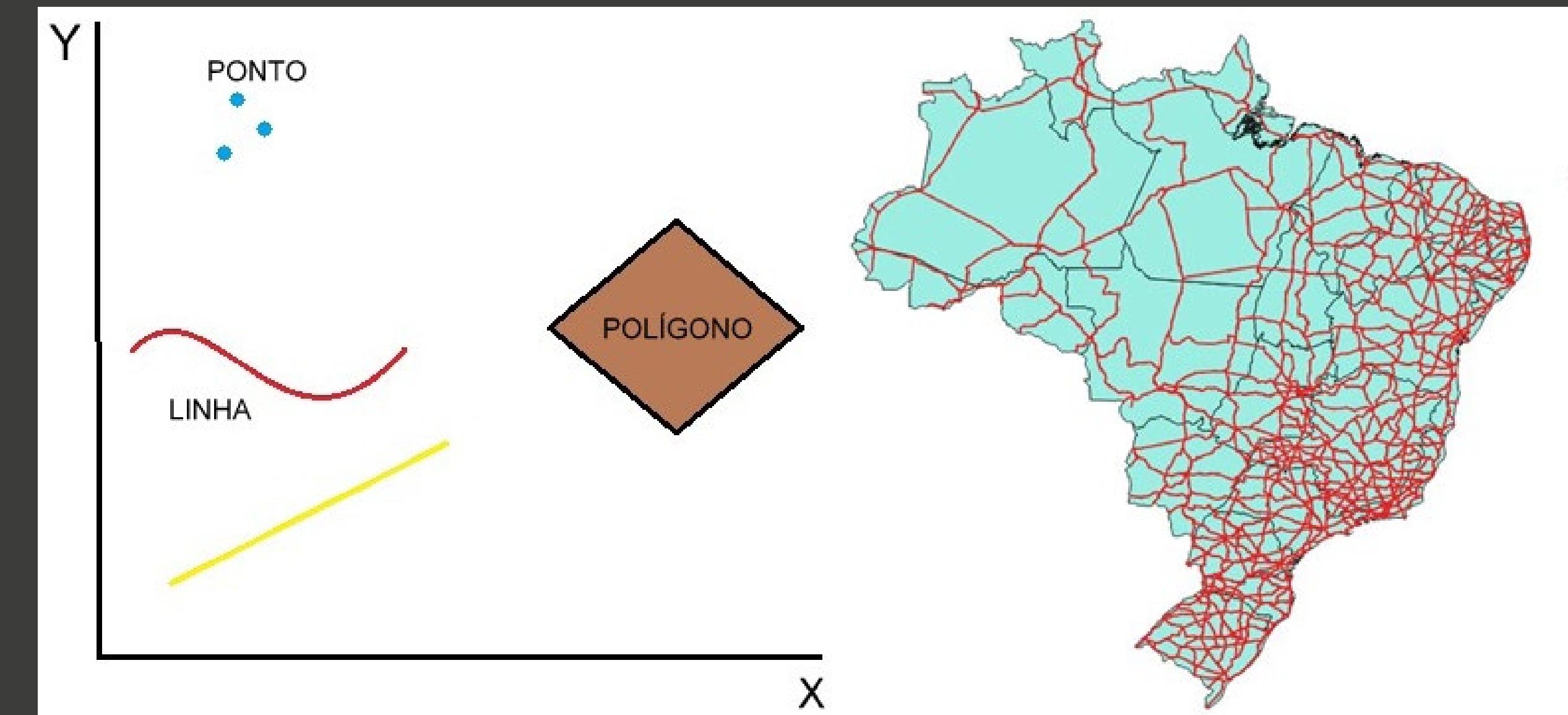


Figura 7 – Representação dos três elementos gráficos do modelo vetorial: ponto, linha e polígono. No mapa, os polígonos em azul representam os estados do Brasil e as linhas em vermelho as rodovias federais.

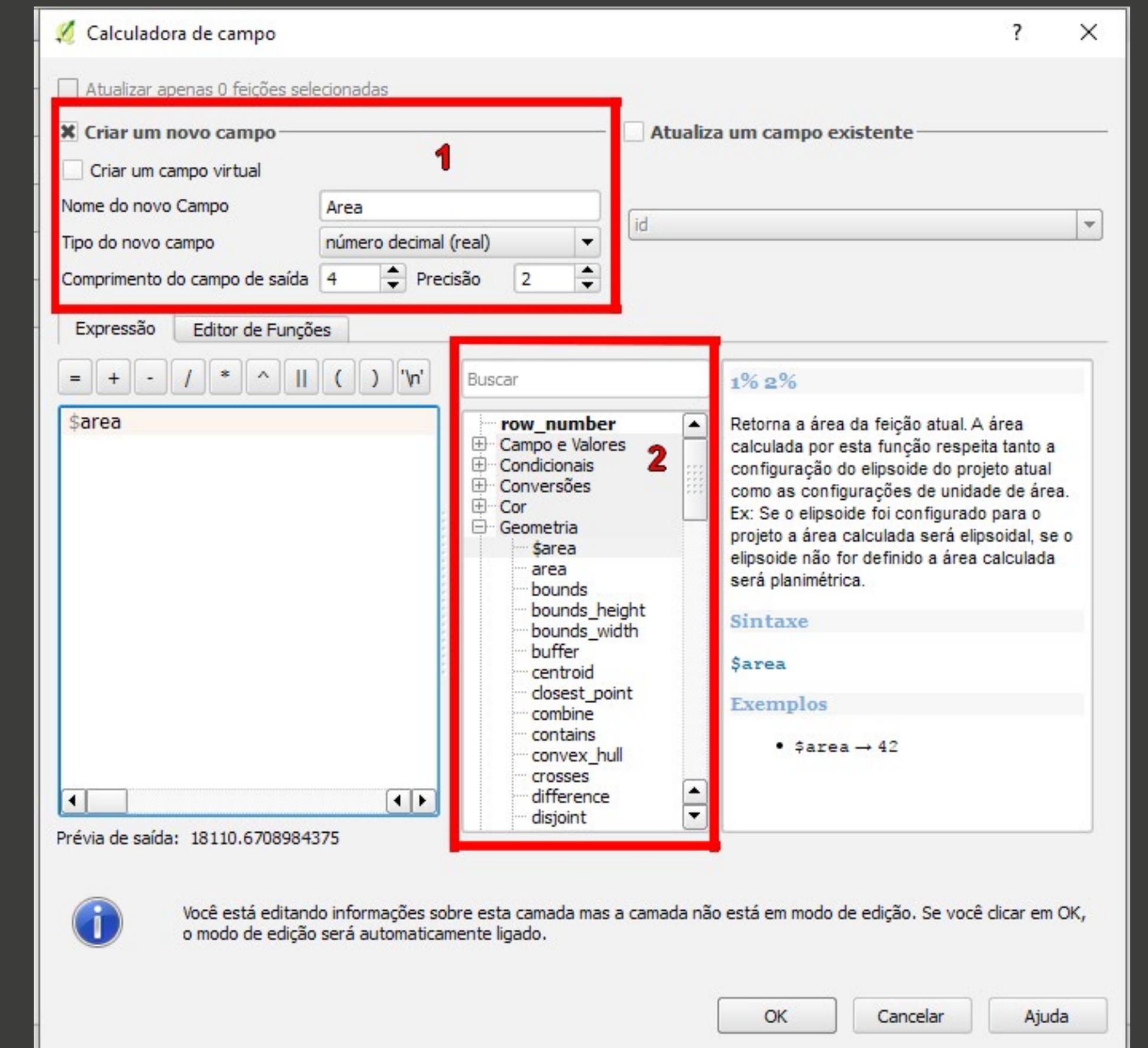


Figura 8 - Criando campo “area” na tabela de atributos.



Shape_exemplo :: Features total: 6, filtered: 6, selected: 0

	id	a	b	c	Area
0	1	NULL	NULL	NULL	18110.67
1	2	NULL	NULL	NULL	19945.39
2	3	NULL	NULL	NULL	19897.07
3	4	NULL	NULL	NULL	27290.75
4	5	NULL	NULL	NULL	26861.35
5	6	NULL	NULL	NULL	26296.86

Figura 9 - Novo campo "area".

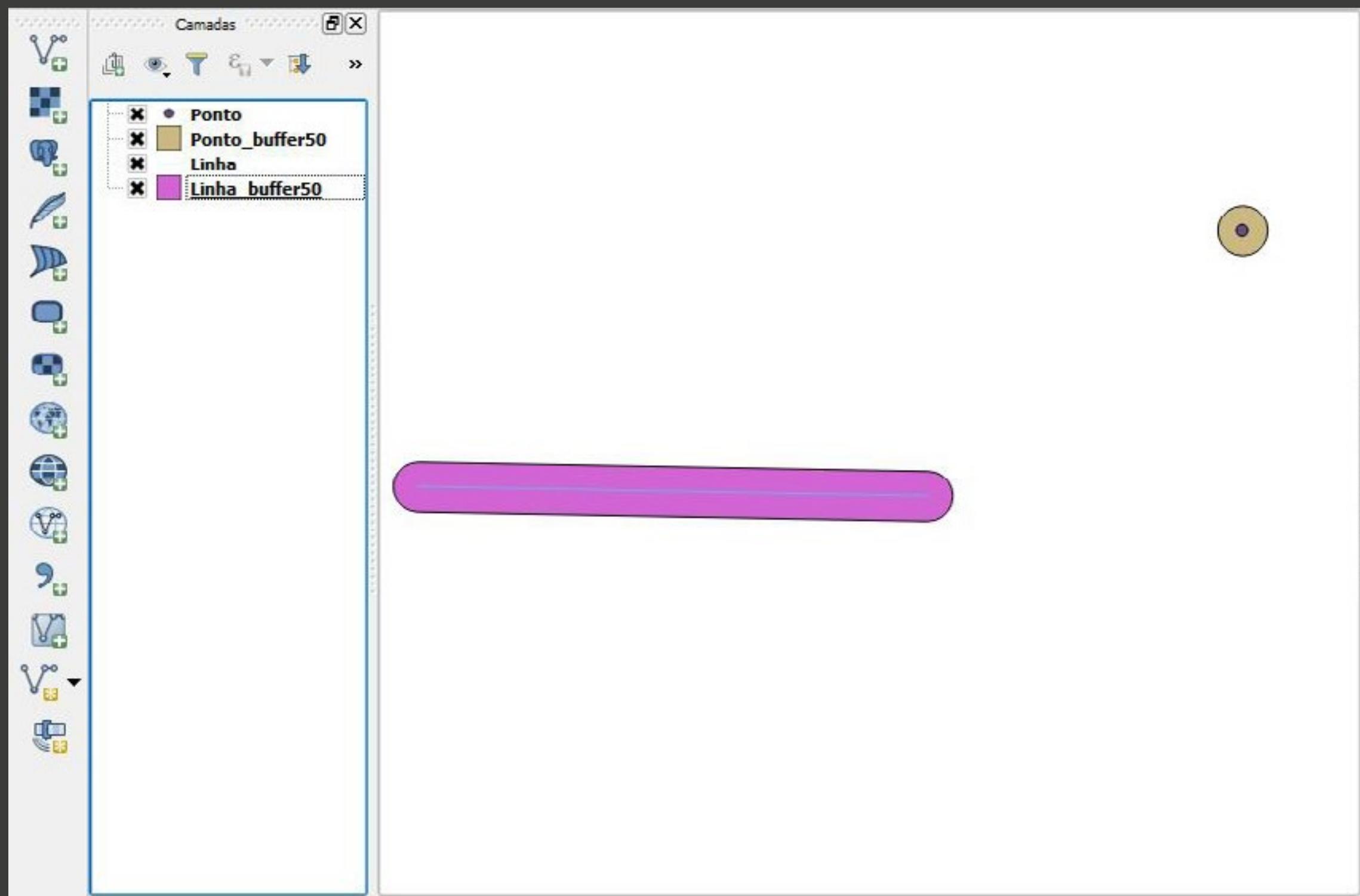


Figura 10 - Exemplo de buffer em vetores de linha e ponto.

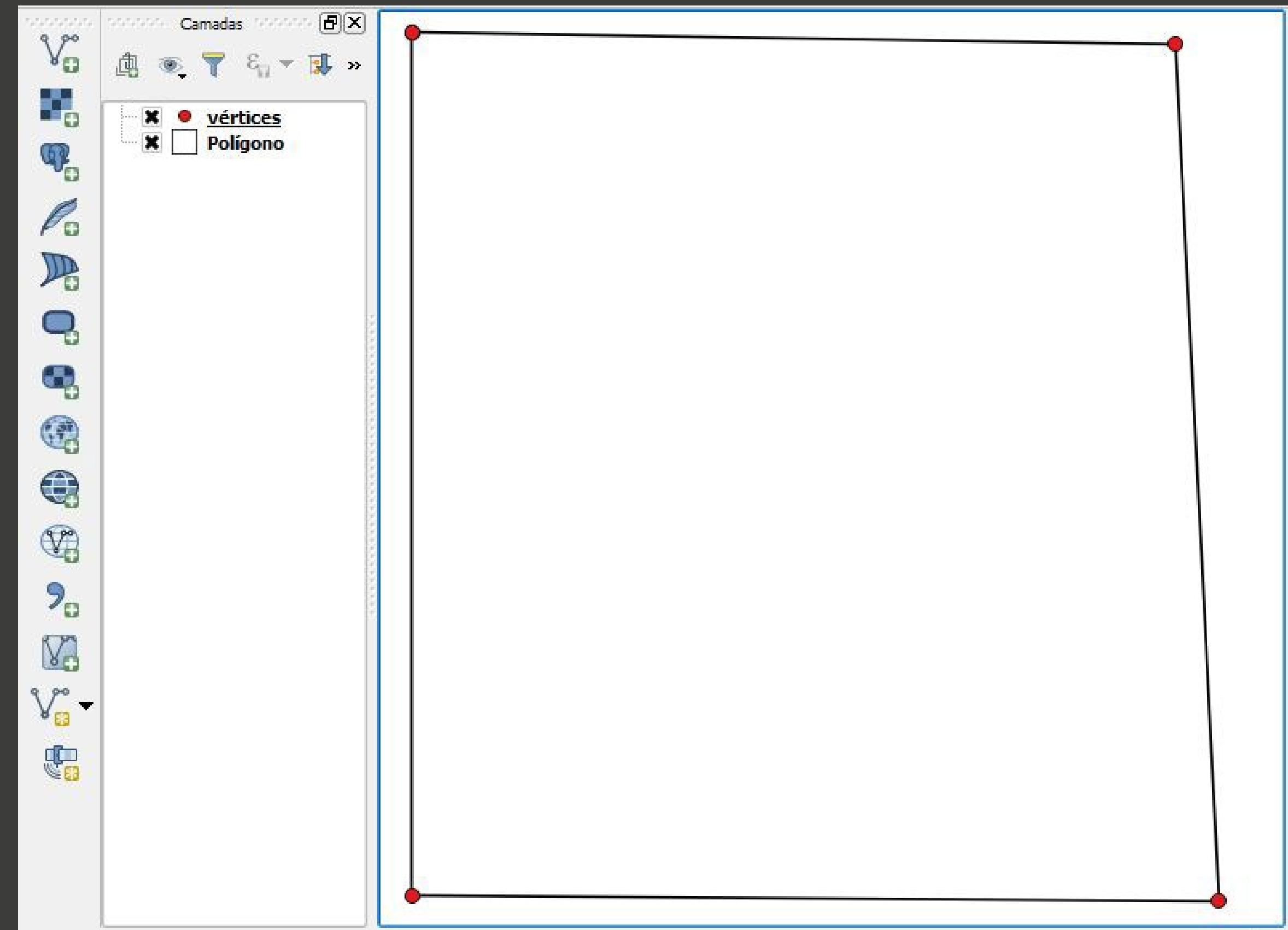


Figura 11 - Extração de pontos (vértices) de polígono.

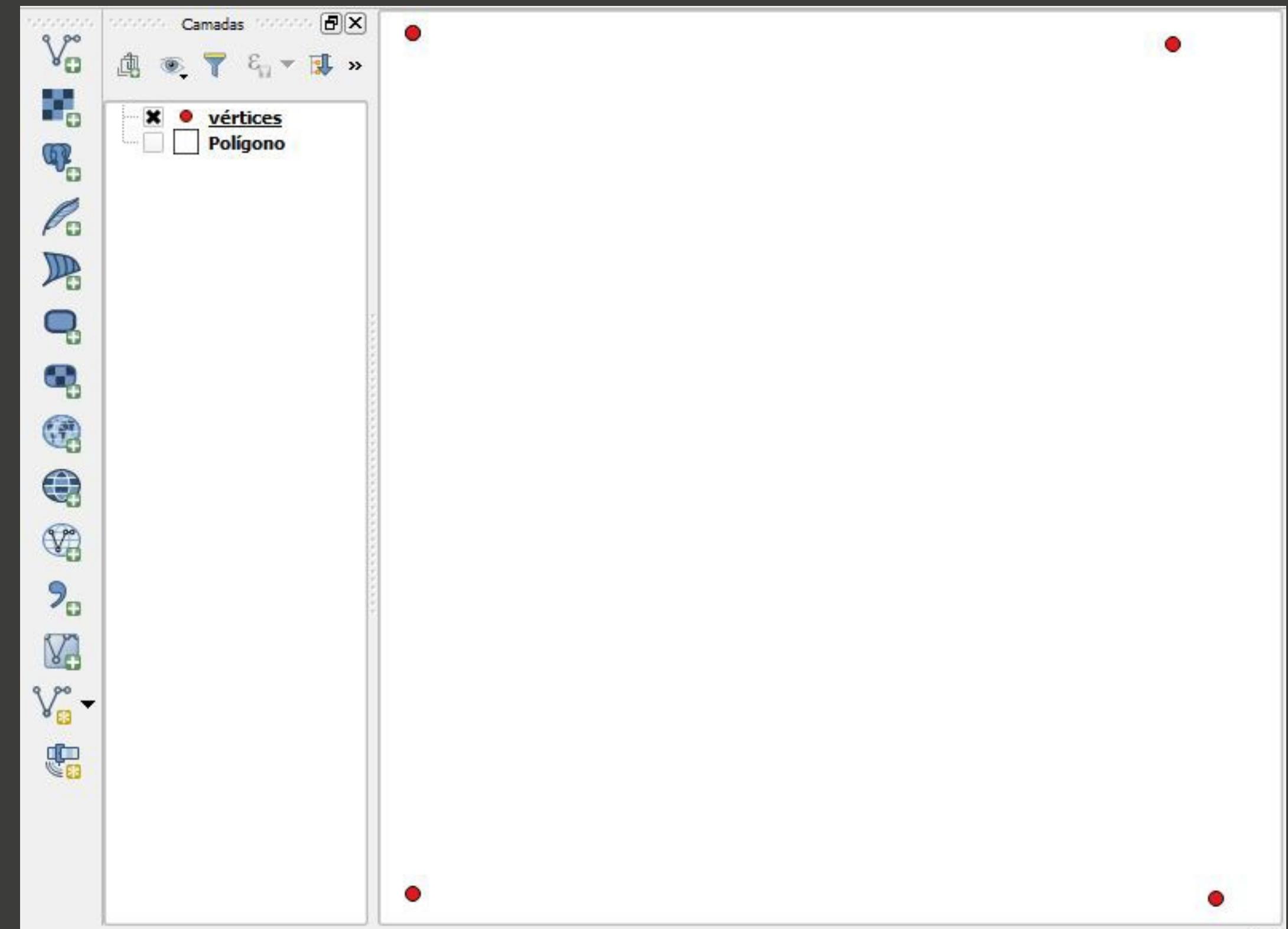


Figura 12 - Pontos extraídos (vértices) a partir de um polígono.

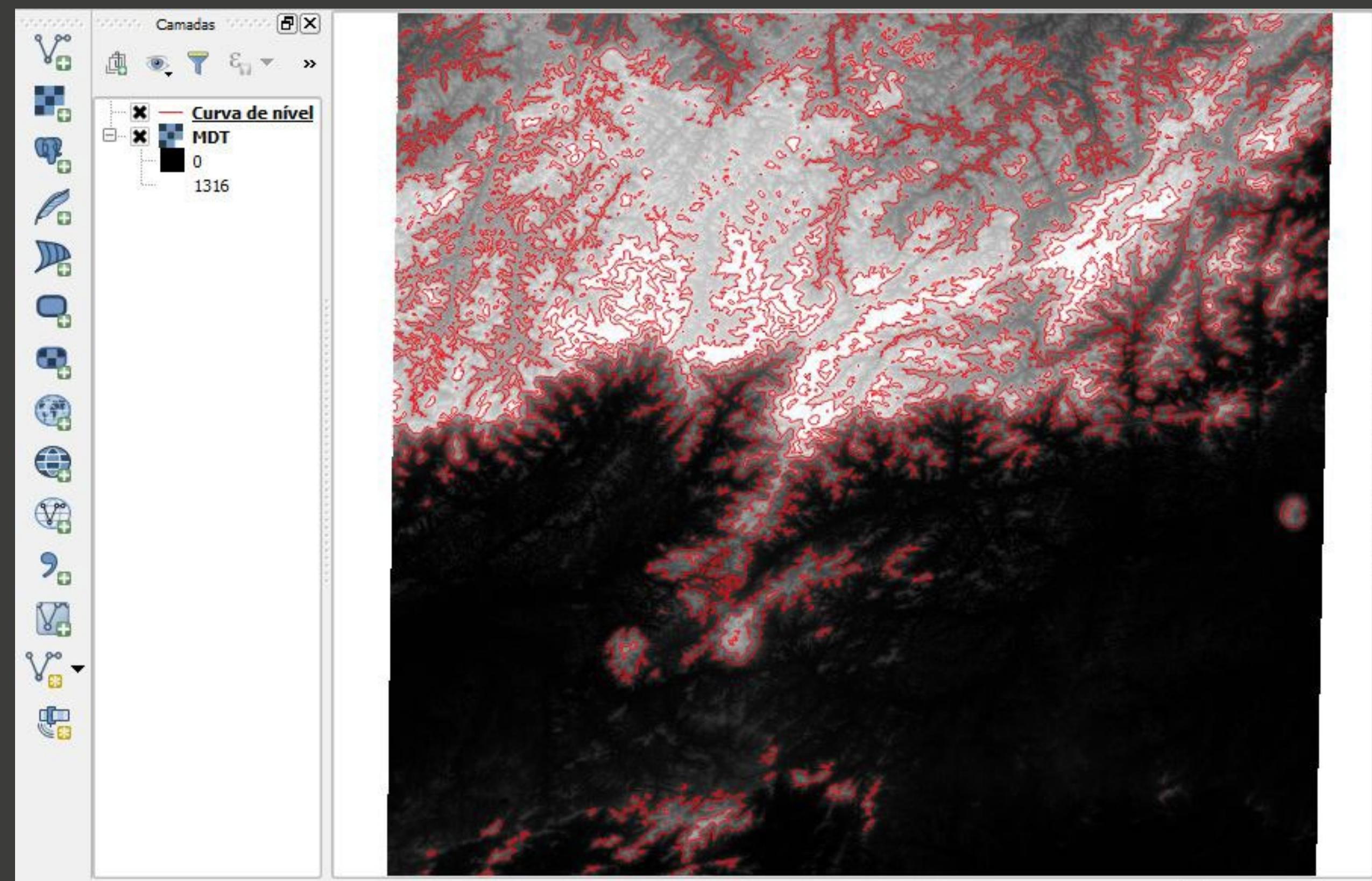


Figura 13 - Curvas de nível (vetor) extraídas de um MDT (raster).

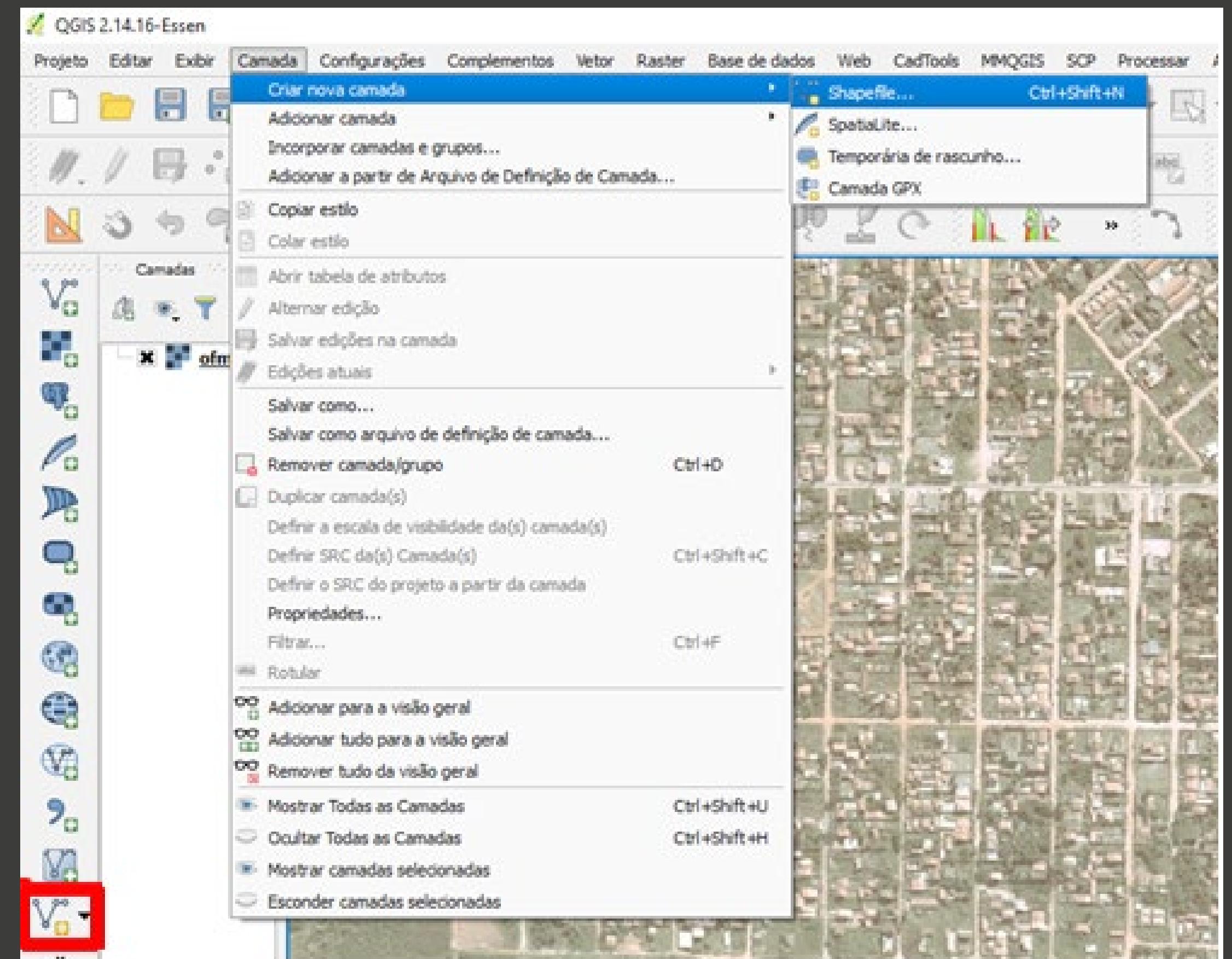


Figura 14 - Caminho para criar shapefile no Qgis.

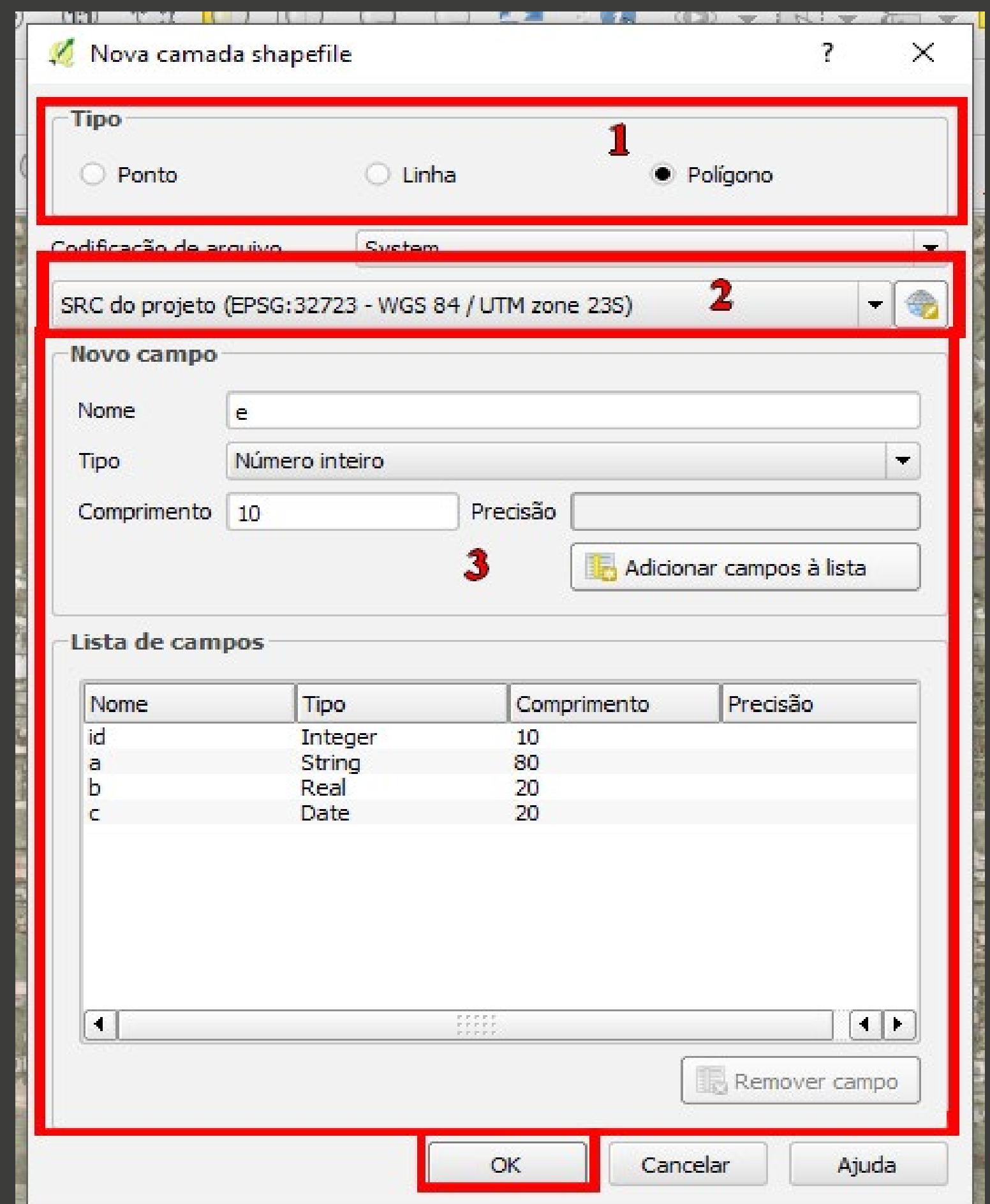


Figura 15 - Criando novo shapefile.

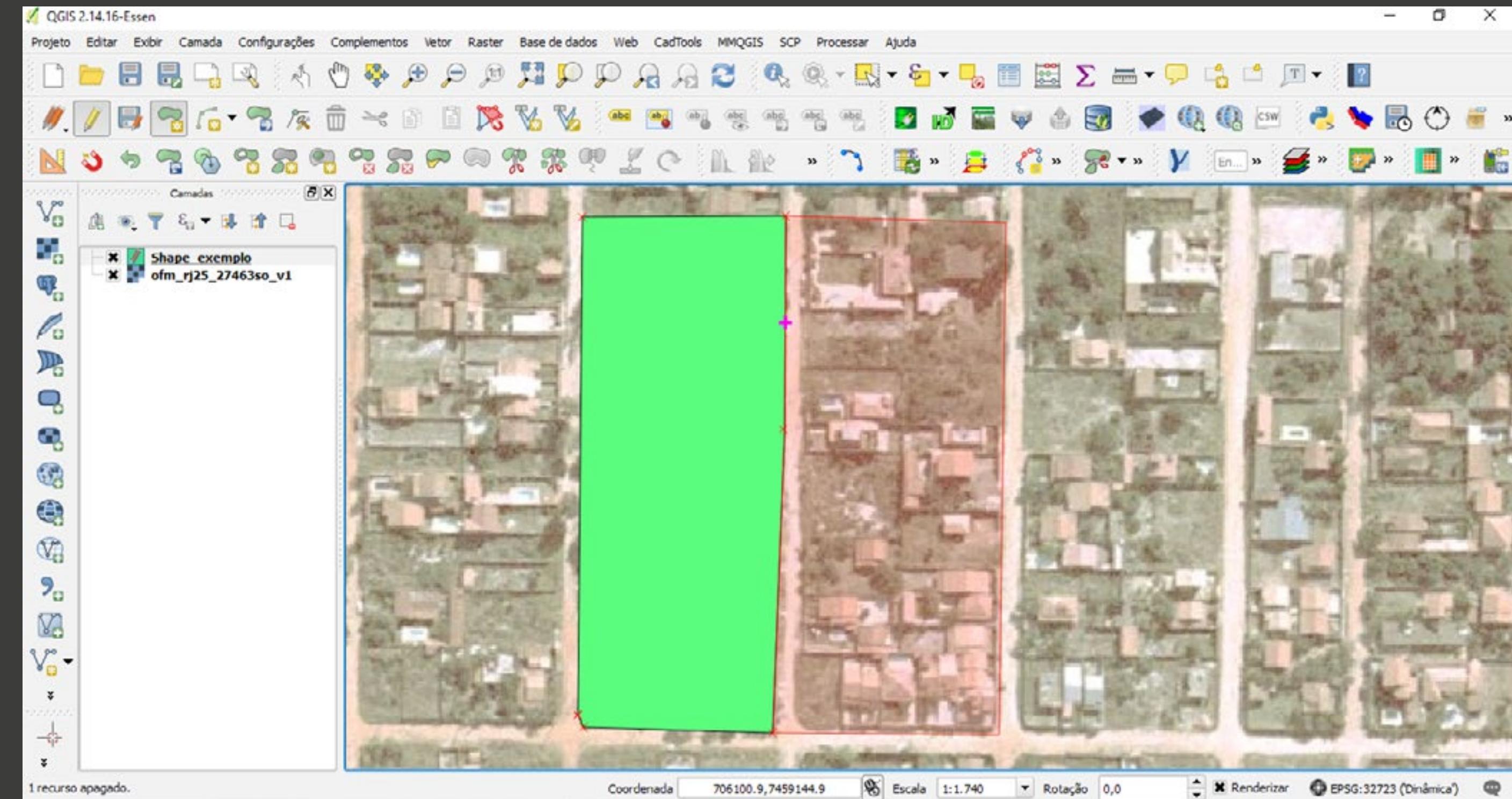


Figura 16 - Criando polígonos.



Figura 17 - Ferramentas de vetorização no QGIS.

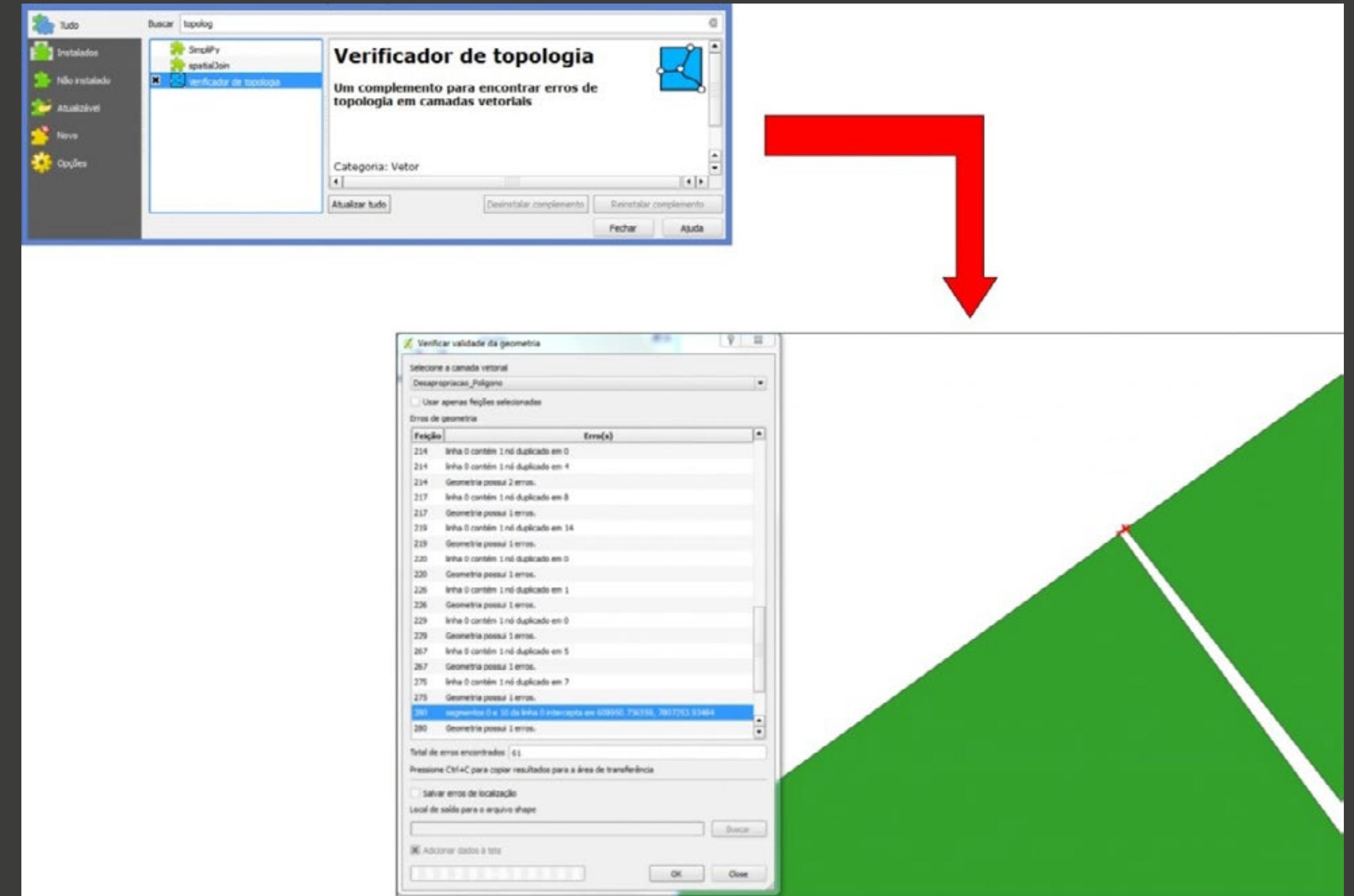


Figura 18 - Exemplo de ferramenta para a validação topológica.

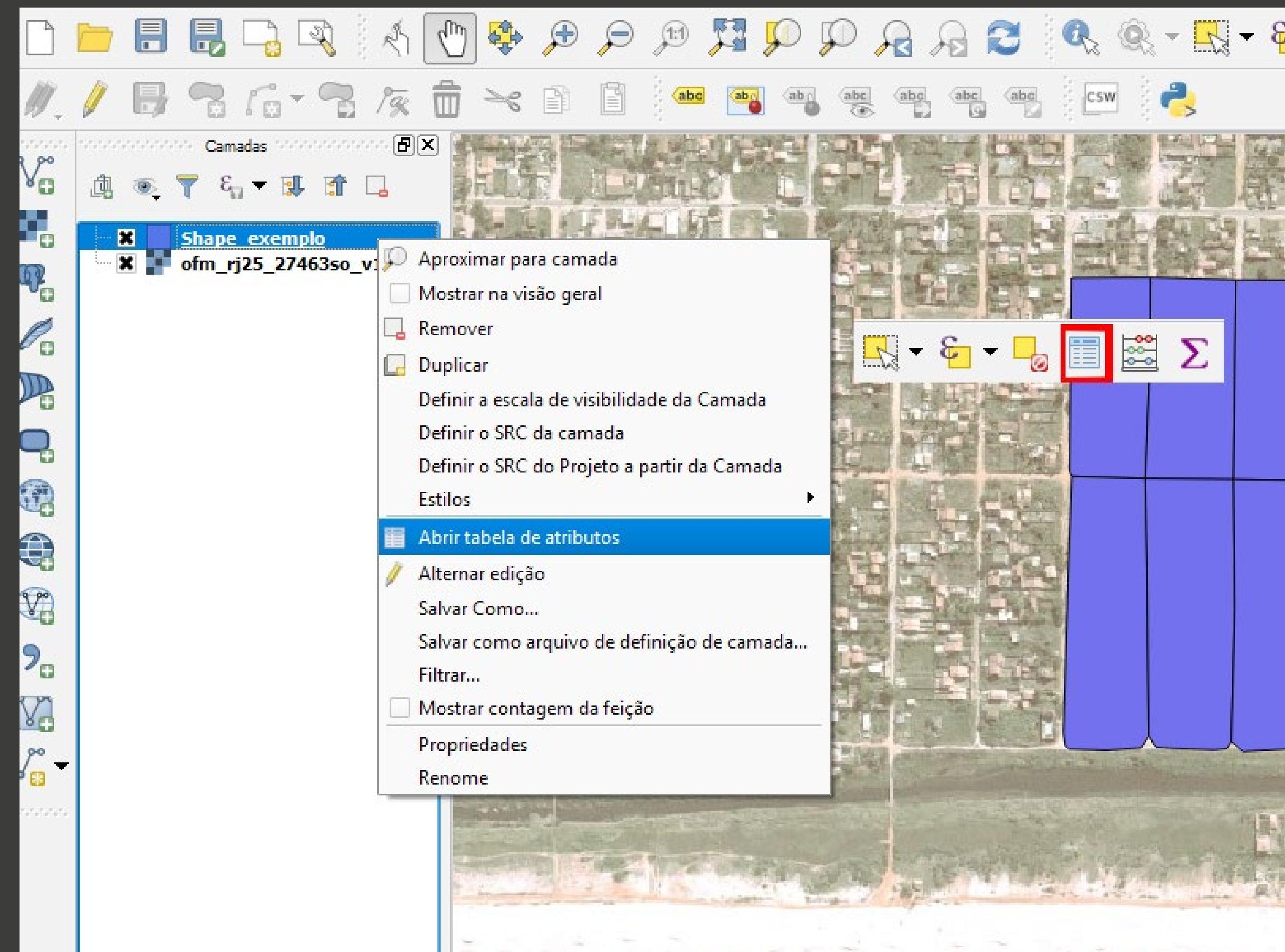


Figura 19 - Caminho para acessar a tabela de atributos.



Rio_de_Janeiro_Municípios :: Features total: 146, filtered: 146, selected: 0

	SPRAREA	SPRPERIMET	SPRROTULO	SPRNOME	CODMUNIC	COD	NOMEMUNI	CODUF
0	517304896.1250...	138248.3451000...	3101508	3101508	3101508	310150	ALEM PARAIBA	
1	87092189.40230...	43847.72820000...	3103108	3103108	3103108	310310	ANTONIO PRAD...	
2	203291664.8129...	68578.46649999...	3105509	3105509	3105509	310550	BARAO DE MONT...	
3	397673331.6719...	116714.5966999...	3106101	3106101	3106101	310610	BELMIRO BRAGA	
4	505204787.2730...	124612.3925000...	3107208	3107208	3107208	310720	BOCAINA DE MI...	
5	109413489.3830...	49551.51320000...	3110103	3110103	3110103	311010	CAIANA	
6	255042002.6640...	112124.8573000...	3116209	3116209	3116209	311620	CHIADOR	
7	315031933.4060...	107510.1232000...	3124906	3124906	3124906	312490	EUGENOPOLIS	
8	165855792.8359...	78183.70380000...	3125309	3125309	3125309	312530	FARIA LEMOS	
9	437563867.0159...	100282.6141000...	3133006	3133006	3133006	313300	ITAMONTE	
10	144524415.6949...	76800.62220000...	3133105	3133105	3133105	313310	ITANHANDU	
11	325223814.5630...	103971.0874999...	3146701	3146701	3146701	314670	PALMA	
12	281935858.9769...	88672.93270000...	3147600	3147600	3147600	314760	PASSA QUATRO	
13	248532262.2730...	84449.71189999...	3147808	3147808	3147808	314780	PASSA VINTE	
14	111628990.2890...	57022.83160000...	3148202	3148202	3148202	314820	PATROCINIO DO...	
15	196134364.1170...	73711.16580000...	3151107	3151107	3151107	315110	PIRAPETINGA	
16	238393592.0309...	75836.75719999...	3154101	3154101	3154101	315410	RECREIO	

Figura 20 - Tabela de Atributos do arquivo shapefile do Estado do Rio de Janeiro.

Fonte: IBGE 2010

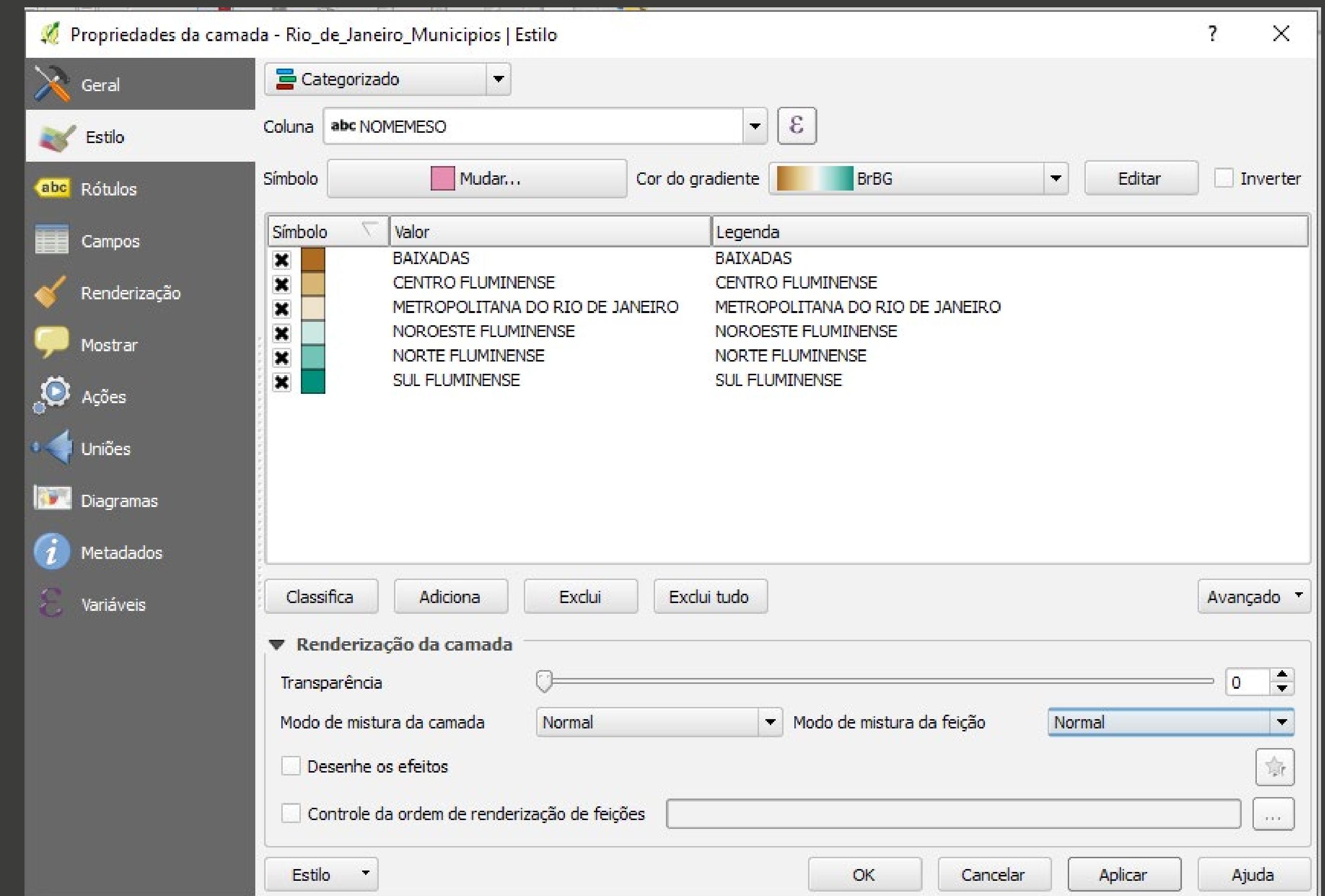


Figura 21 - Criando mapa qualitativo.

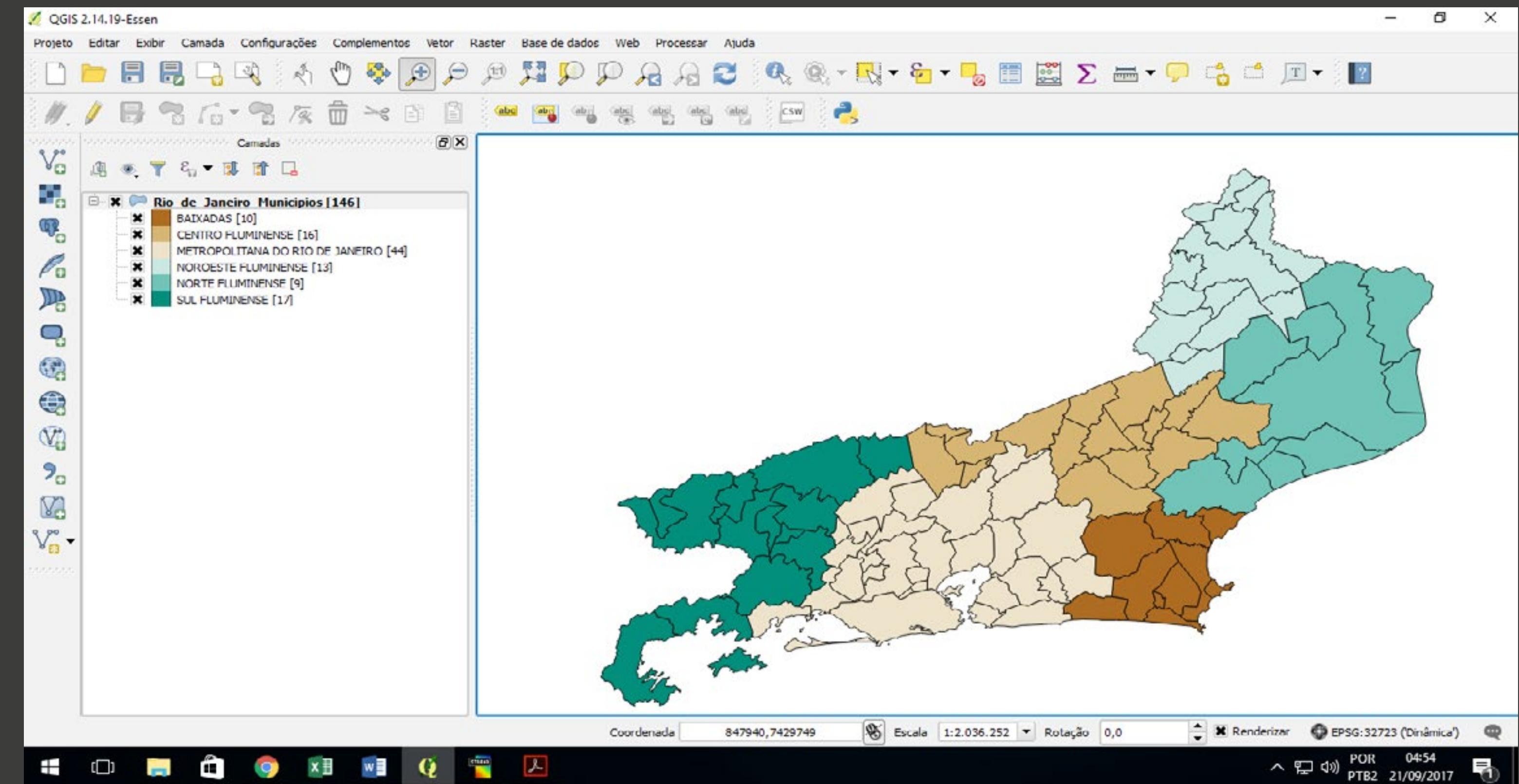


Figura 22 - Mapa qualitativo - Mesorregiões do Rio de Janeiro.

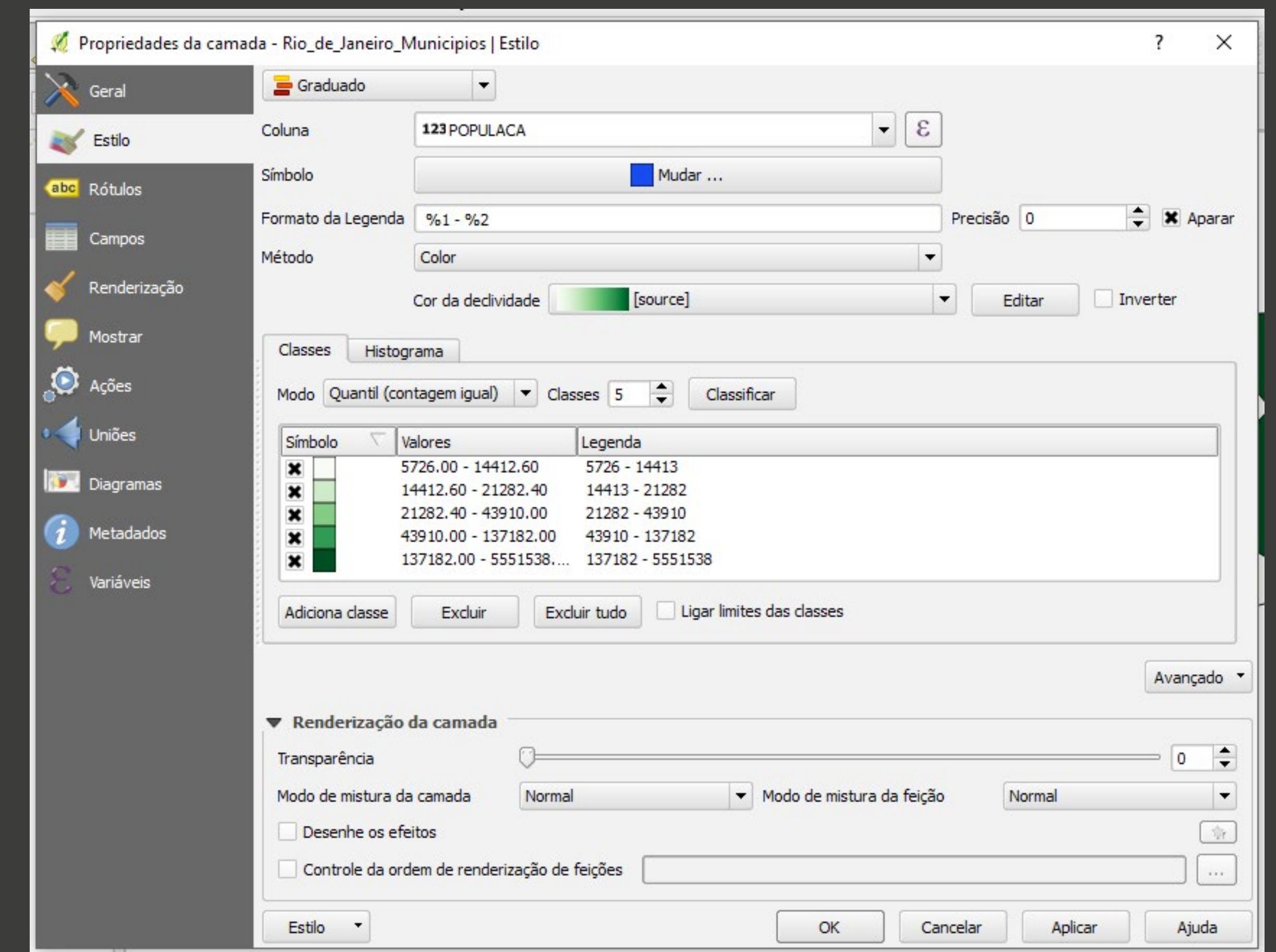


Figura 23 - Criando mapa quantitativo.

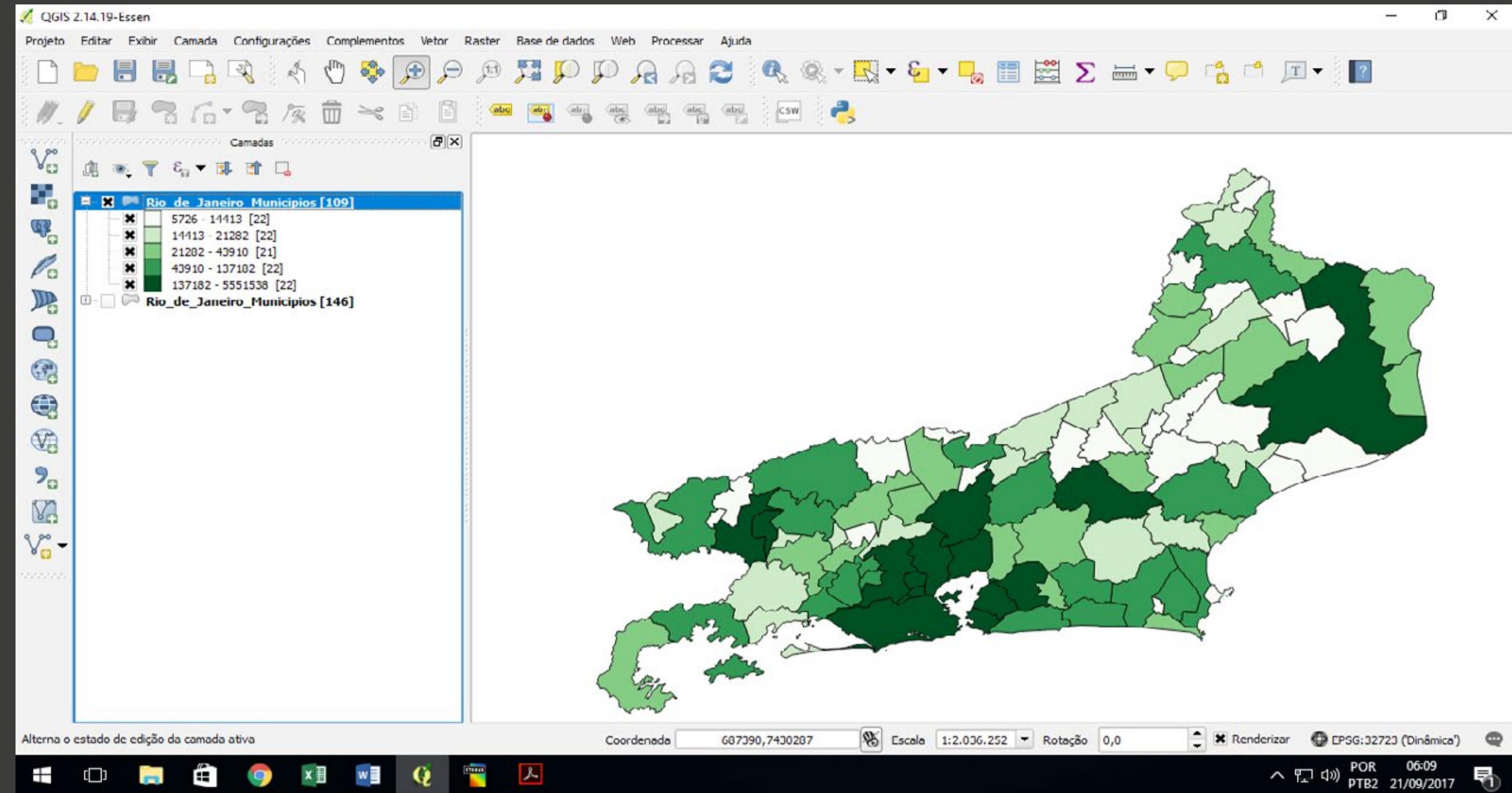


Figura 24 - Mapa da população do Rio de Janeiro.



Figura 25 - Scanner de tambor. Fonte: Scanners: História, funcionamento, modelos.



Figura 26 - Scanner de rolo. Fonte: Hp online store.



Figura 27 - Mesa digitalizadora. Fonte: AllBiz.

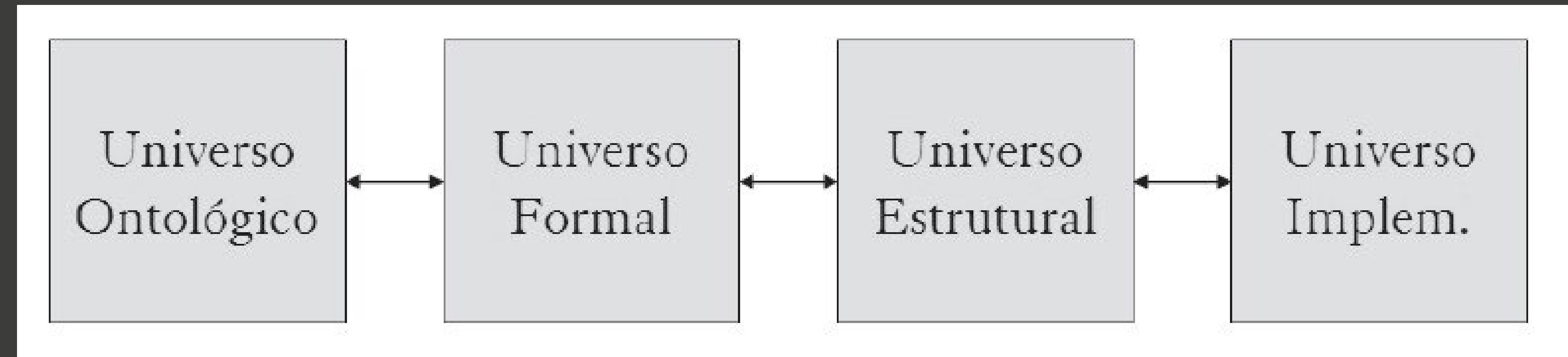


Figura 28 - Paradigma dos quatro universos.

Fonte: Câmara (2005).

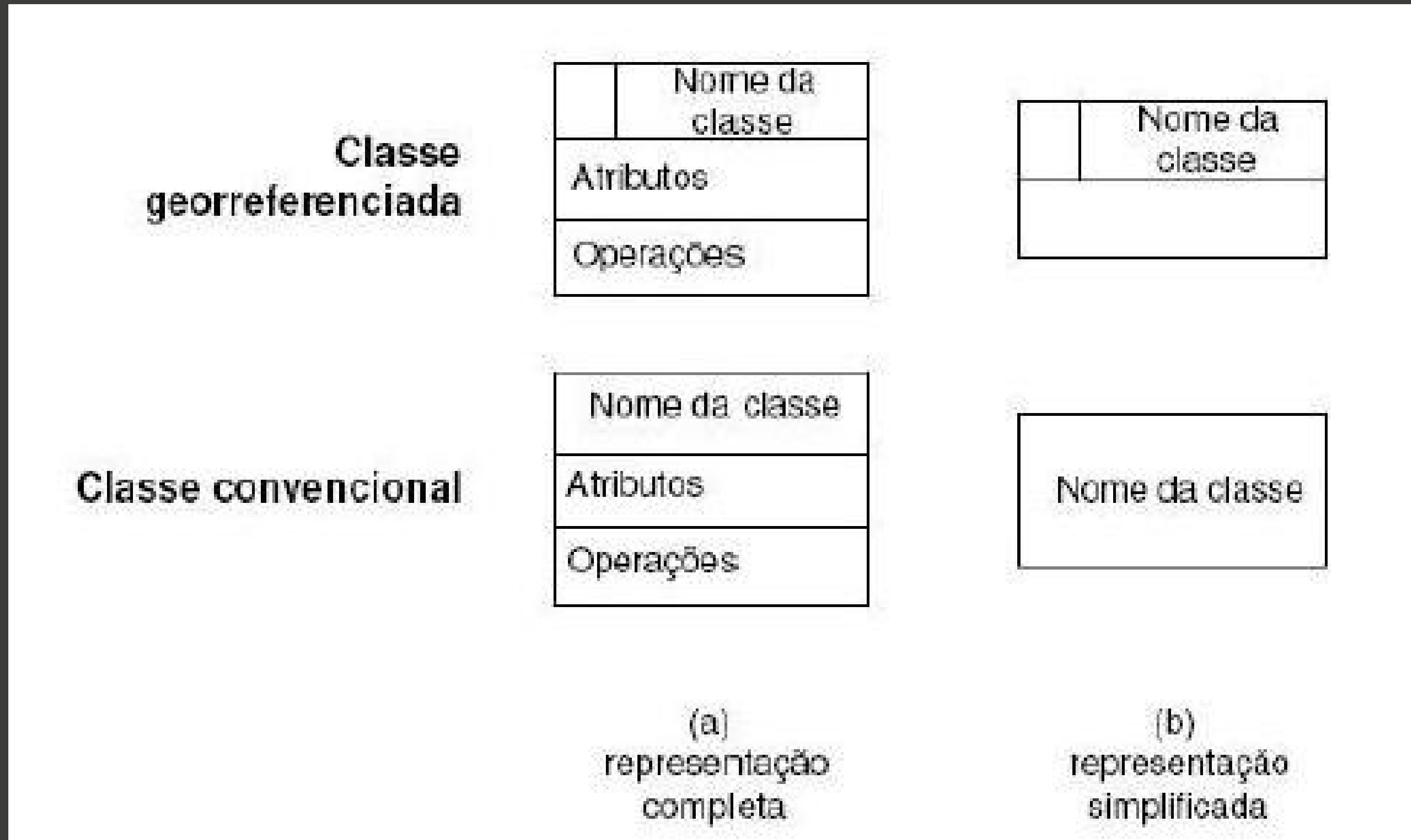


Figura 29 - Classes georreferenciadas e convencionais no OMT-G.

Fonte: BORGES et al., 2005.

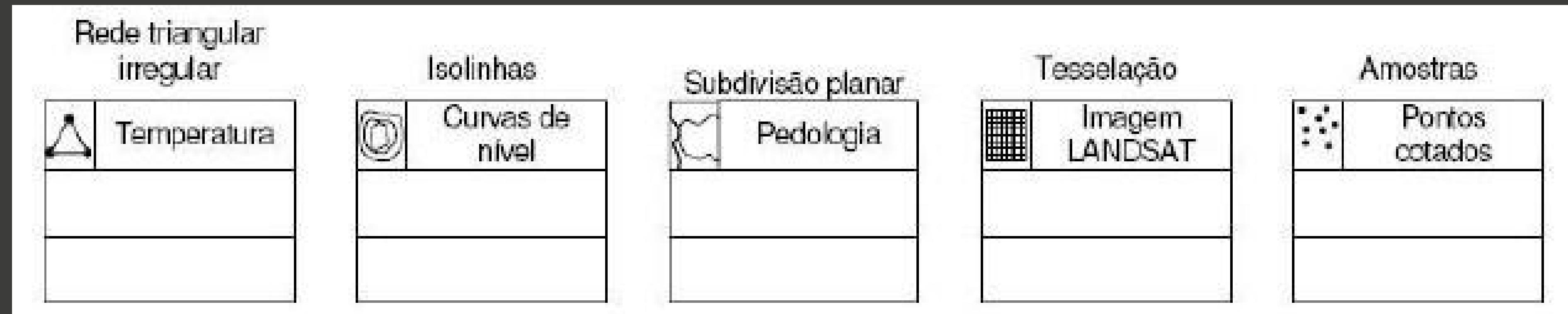


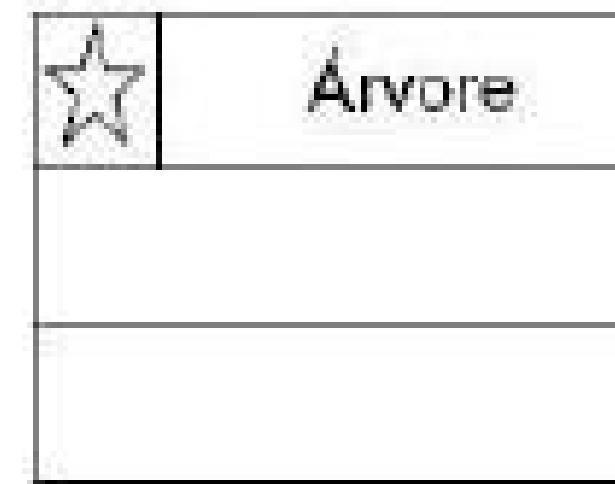
Figura 30 - Geo-campos.

Fonte: BORGES et al., 2005.



Geo-objetos com geometria

Ponto



Linha

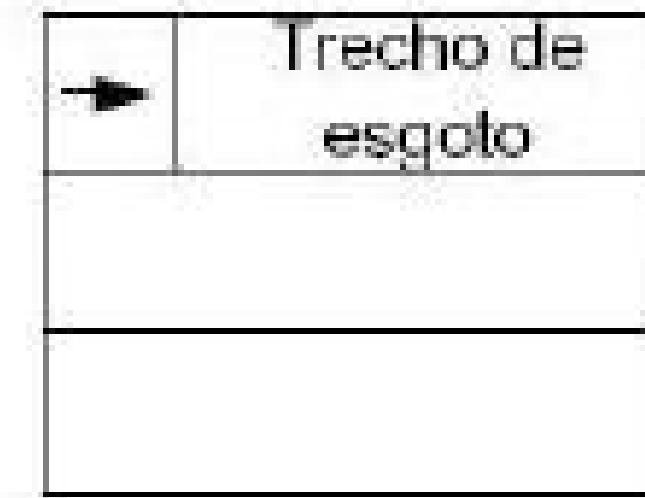


Polígono

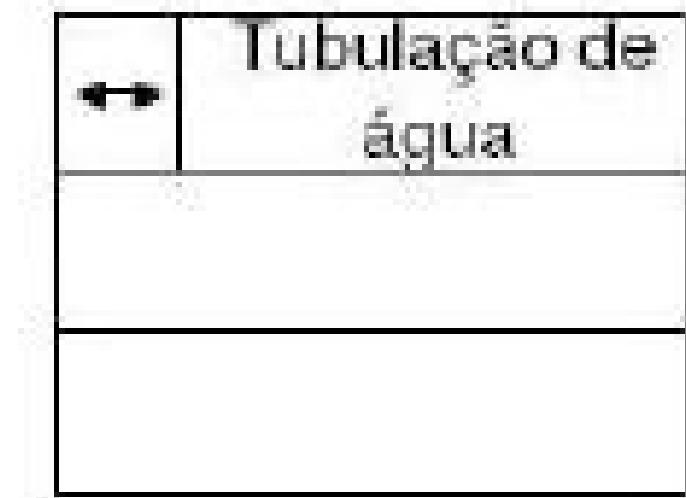


Geo-objetos com geometria e topologia

Linha unidirecional



Linha bidirecional



Nó de rede

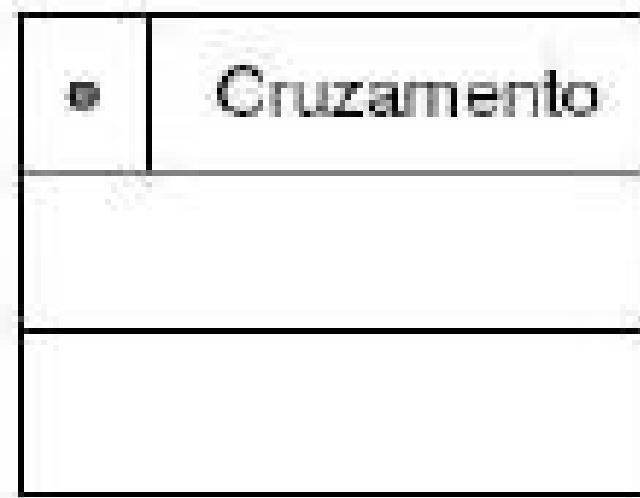


Figura 31 - Geo-objetos.

Fonte: BORGES et al., 2005.

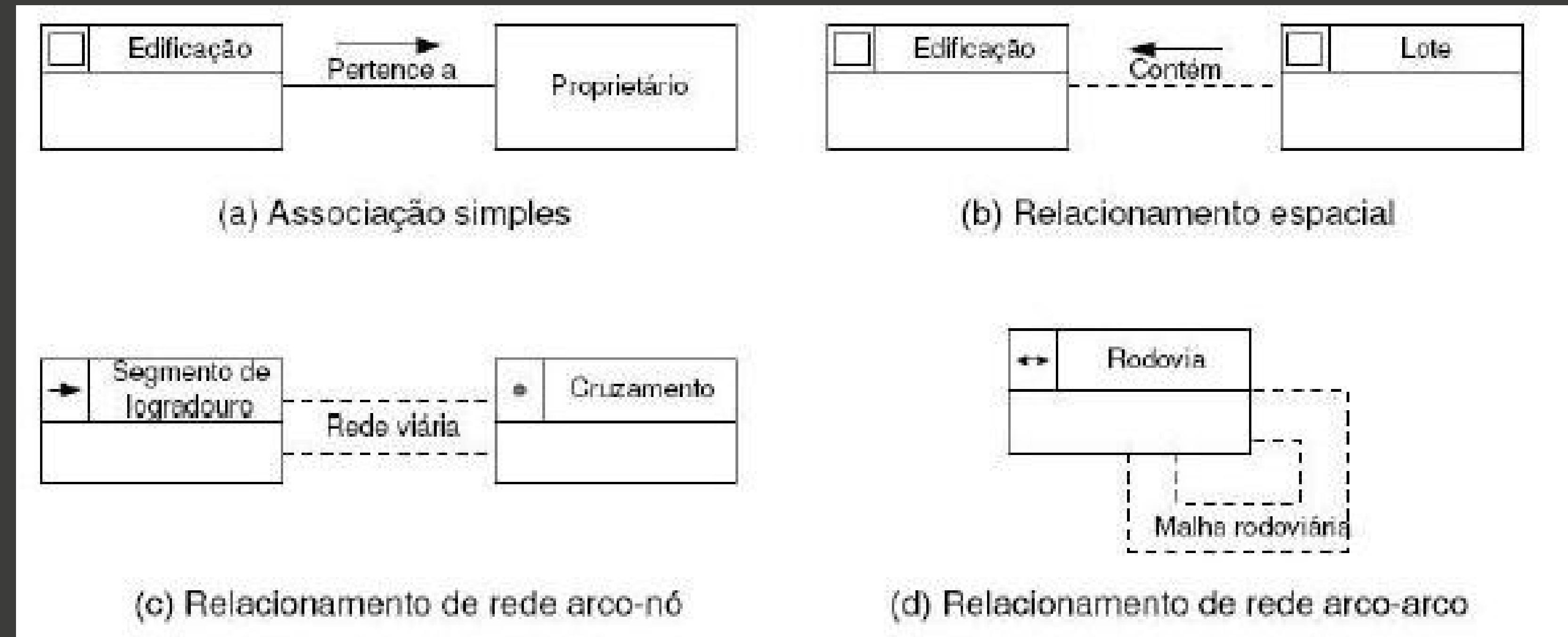


Figura 32 - Relacionamentos.

Fonte: BORGES et al., 2005.

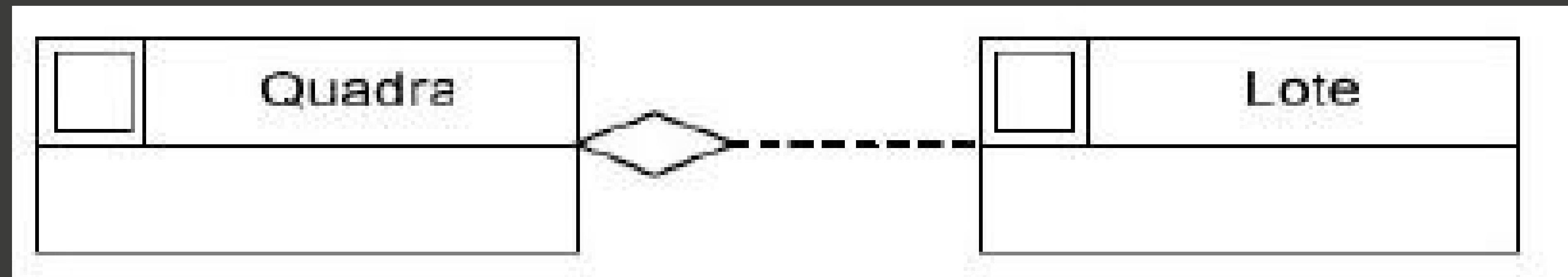


Figura 33 - Agregação espacial ("todo-part").

Fonte: BORGES et al., (2005).

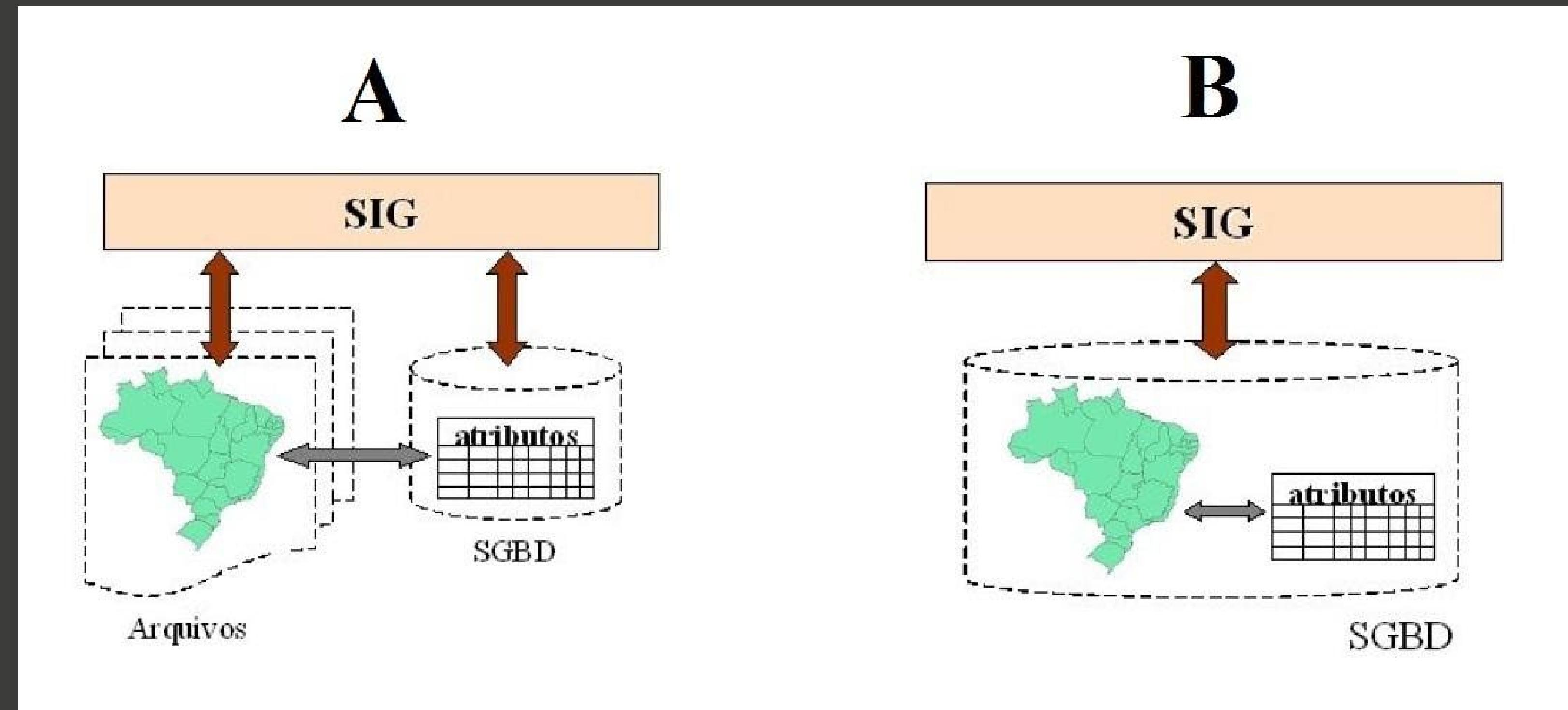


Figura 34 - (A) Arquitetura Dual e (B) Arquitetura Integrada.

Fonte: Casanova et al. (2005).

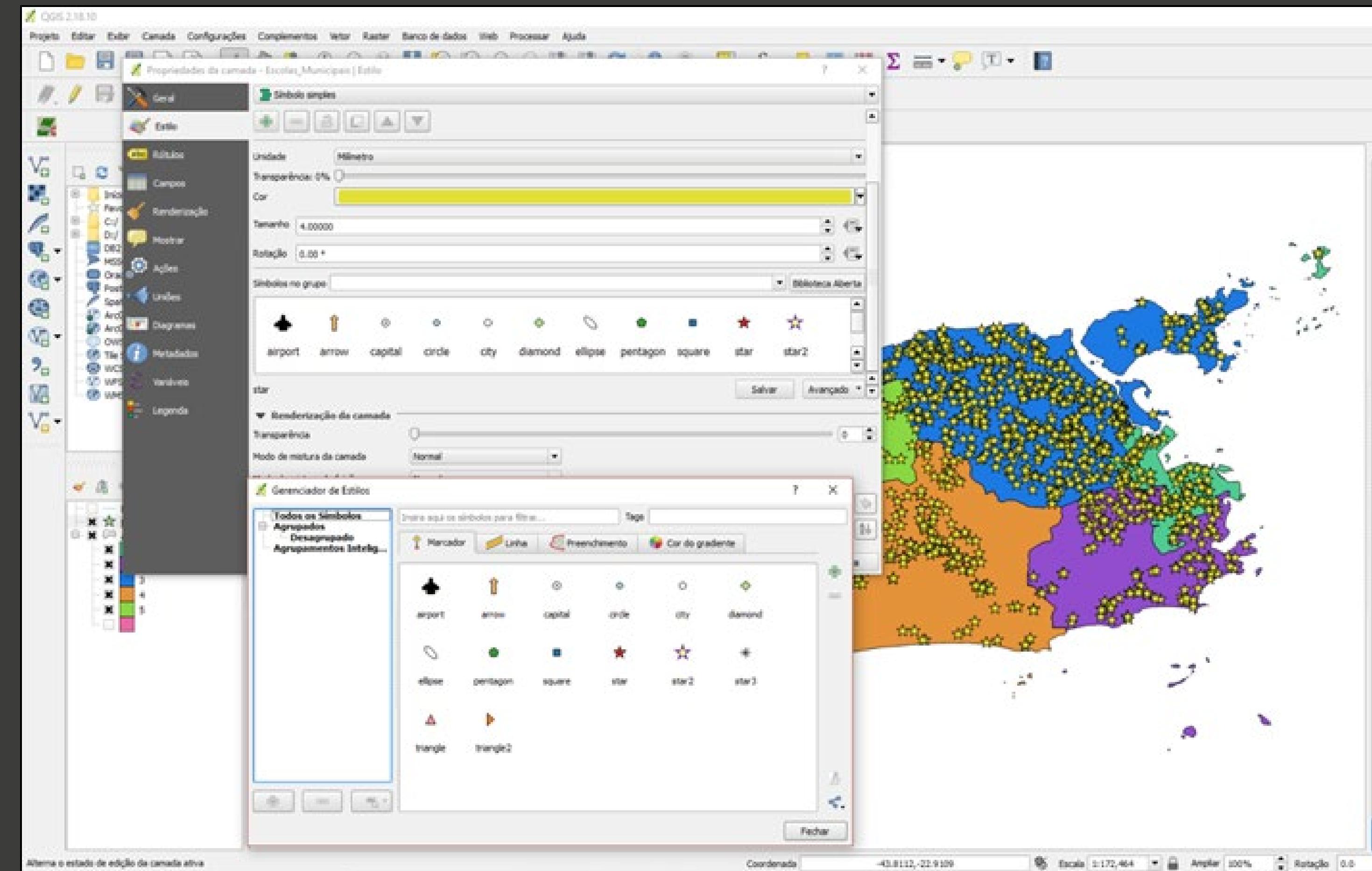


Figura 35 - Exemplo de simbologia pontual.

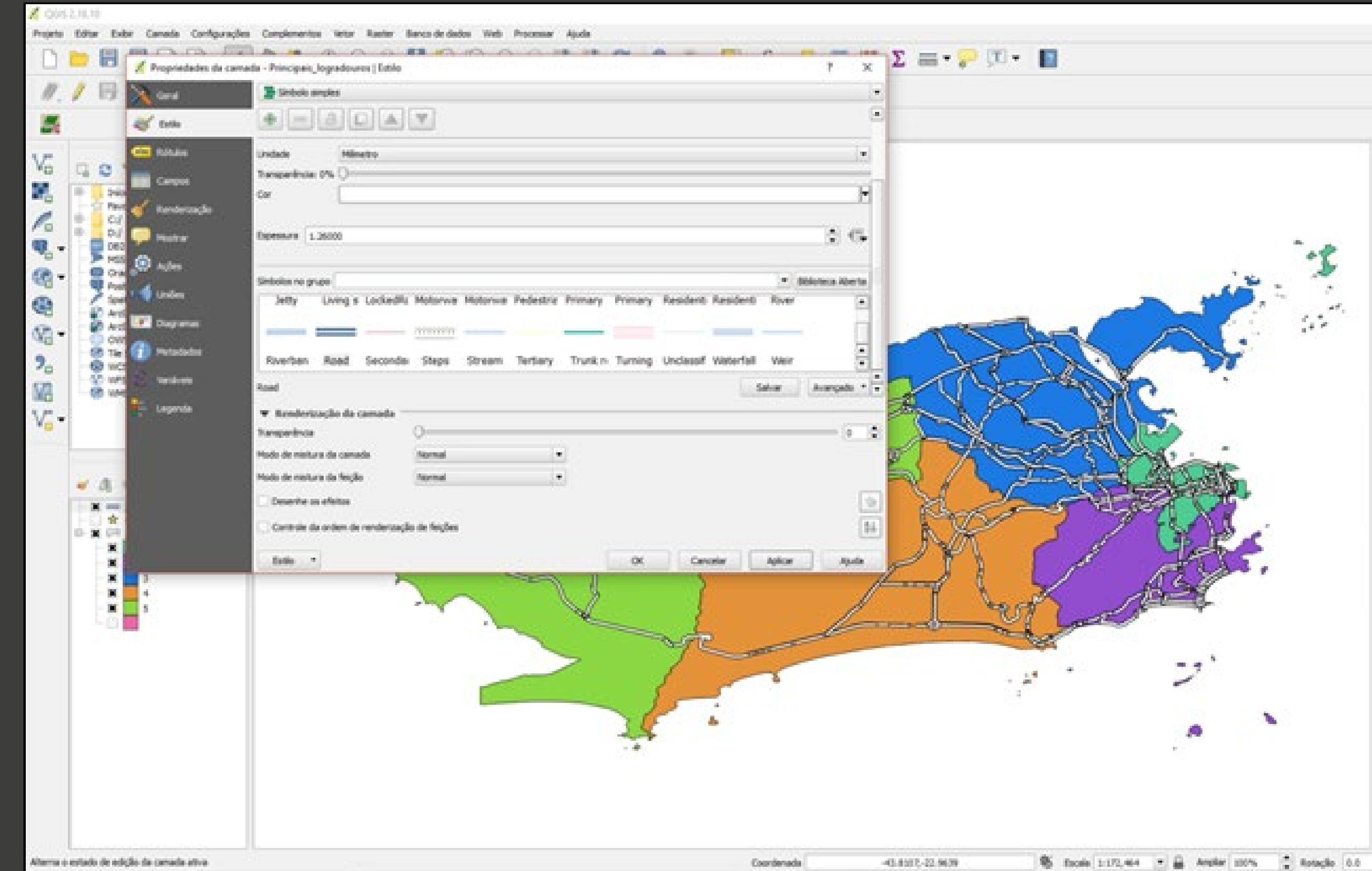


Figura 36 - Exemplo de simbologia linear.

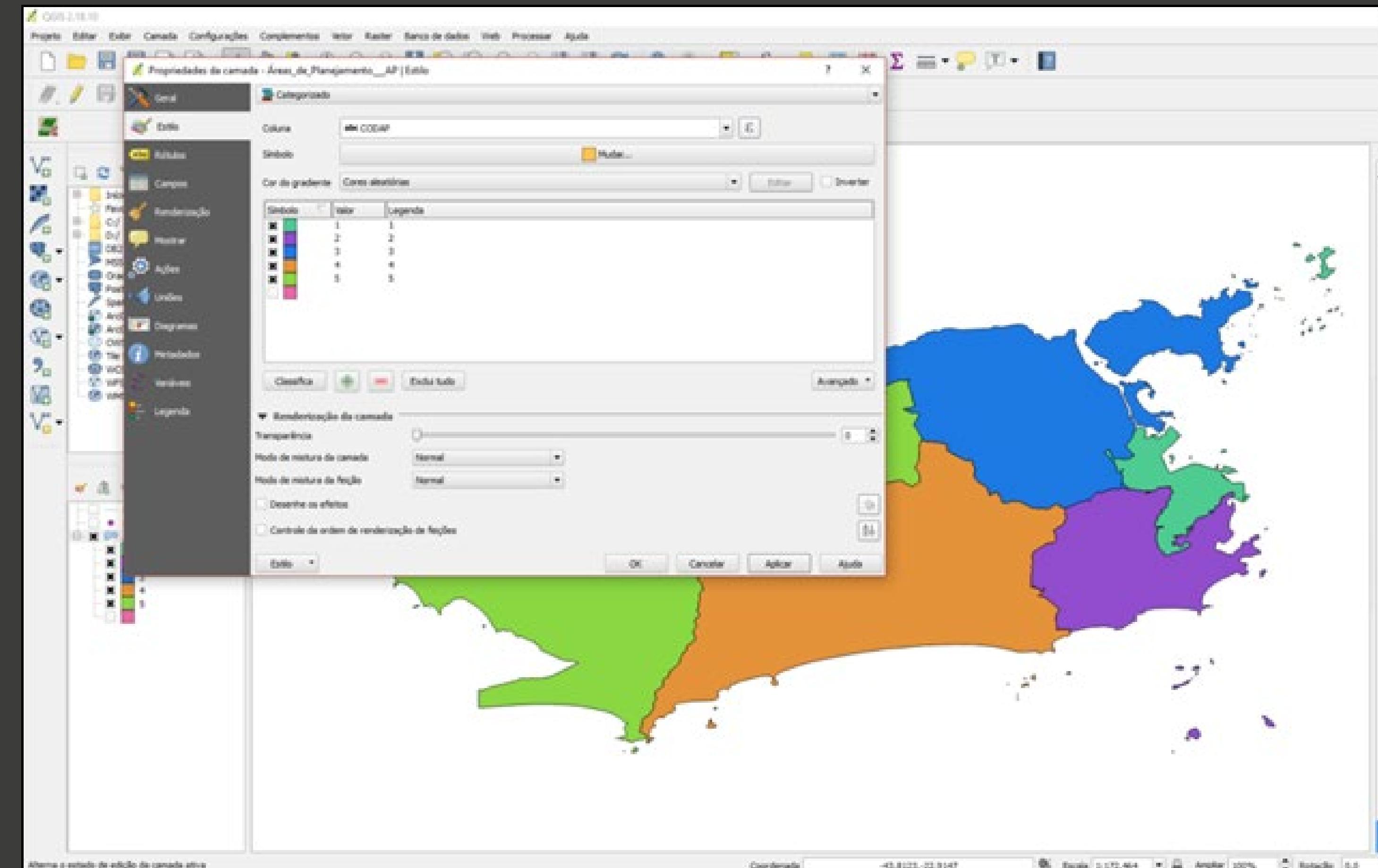


Figura 37 - Exemplo de simbologia zonal.

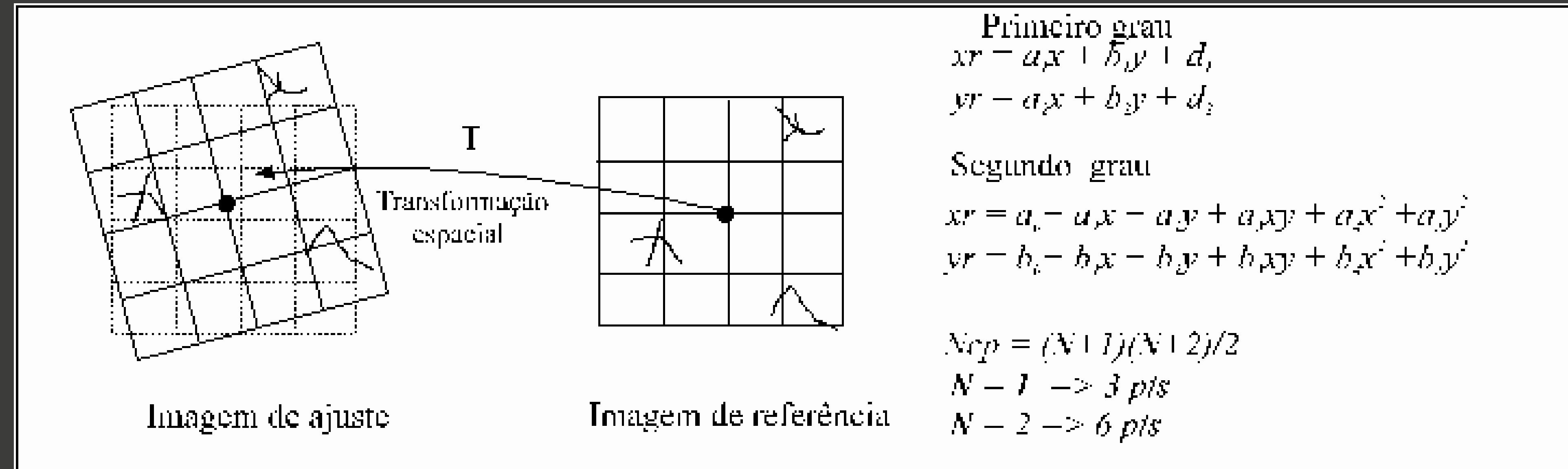


Figura 38 - Modelo de transformação geométrica.

Fonte: INPE (2012).

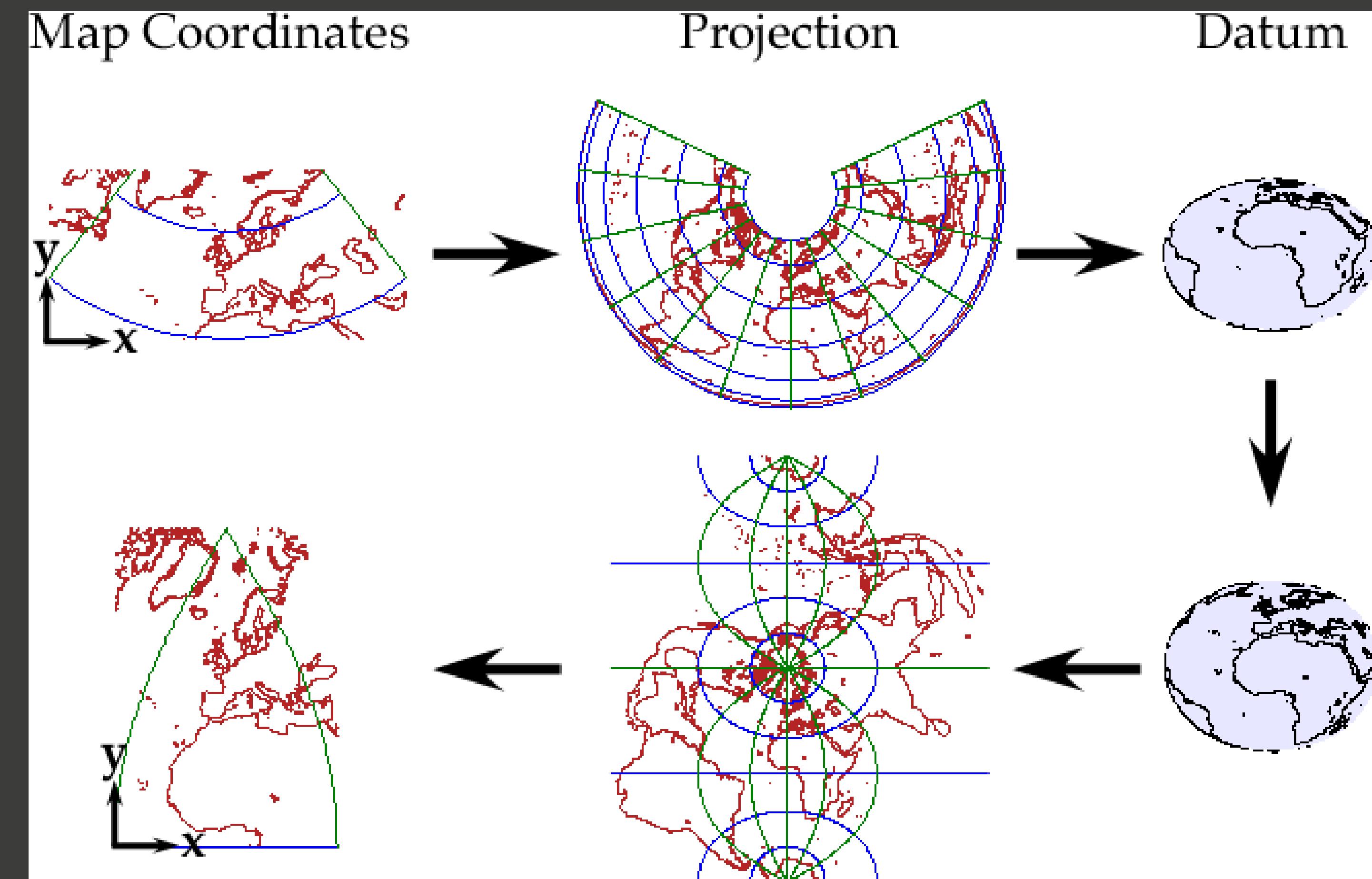


Figura 39 - Esquema de reprojeção de dados.

Fonte: https://www.ats.amherst.edu/software/gis/mapping_coordinate_data/reproject.gif