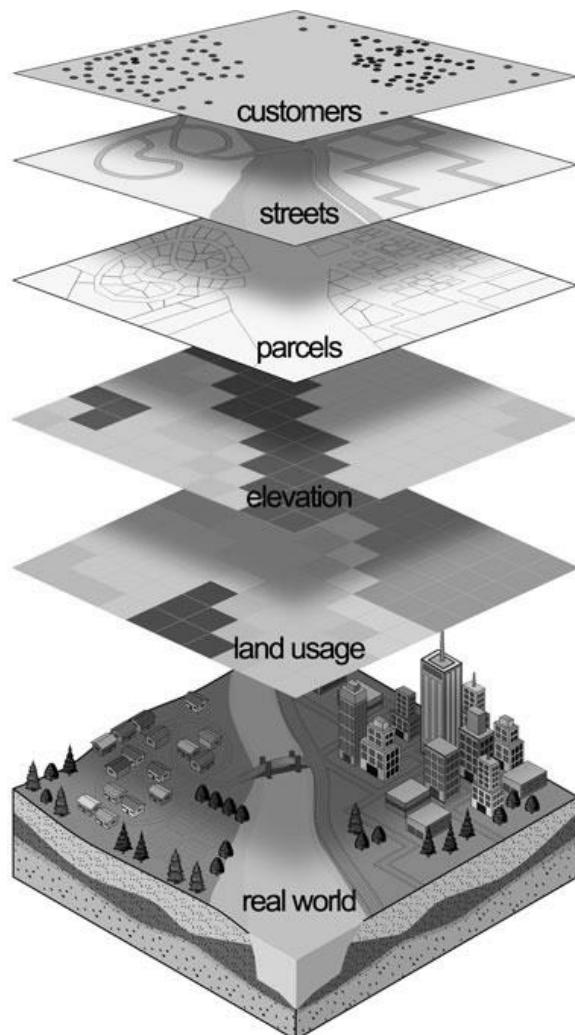


SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA



Autor	Cristina Catita: cmcatita@fc.ul.pt Pedro Mateus pjmateus@fc.ul.pt	Versão	3.0	Data	Set / 2020
--------------	--	---------------	-----	-------------	------------

Cristina Catita

2020

Ciências - Universidade de Lisboa

Este tutorial pretende ser um documento de apoio às aulas laboratoriais da unidade curricular Sistemas de Informação Geográfica do Departamento de Engenharia Geográfica, Energia e Geofísica da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Os exercícios apresentados são totalmente baseados na utilização do software ArcGIS (ESRI ®), versão 10.x.

Os exercícios apresentados neste tutorial e a sua resolução são adaptados do livro:

Mancebo Quintana, Santiago and Ortega Pérez, Emilio and Martín Fernández, Luis and Valentín Criado, Ana Cristina (2009). LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental: Ejercicios. Los autores, Madrid. ISBN 978-84-692-8534-3

Lista de Exercícios

Exercício 1 – Exercício de primeiro contacto	5
Exercício 2 – Exercício de Visualização	10
Exercício 3 – Exercício de criação de layouts de mapas	15
Exercício 4-1 – Análise de dados alfanuméricos: Tabelas	20
Exercício 4-2 – Análise de dados alfanuméricos: Tabelas + Gráficos	24
Exercício 5.1 – Sistemas de Referência: O comando Project e o uso da projeção ON-the-FLY	34
Exercício 5-2 – Sistemas de Referência: Georreferenciação	38
Exercício 5-3 – Sistemas de Referência: Importação de dados (Geometria: Ponto) com coordenadas conhecidas	42
Exercício 6-1 – Importação de Dados CAD e OpenStreetMap para ArcMap	46
Exercício 6-2 – Edição e tratamento de dados geométricos em ArcMap	51
Exercício 6-3 – Vectorização e Criação de novas camadas vectoriais (Shapefile)	62
Exercício 7-1 – Exercício de análise vetorial: avaliação multicritério, melhor localização	67
Exercício 7-2 – Análise Vetorial: Seleção por Localização	73
Exercício 8 – Produção de Um Modelo Digital de Elevação (MDE)	84
Exercício 9-1 – Exercício de análise raster: avaliação multicritério	89
Exercício 9-2 – Exercício de análise raster: Visibilidade	97
Exercício 9-3 – Exercício de análise raster: Acessibilidade	100

Introdução ao ArcGIS

1. Conhecendo o ArcGIS Desktop

O ArcGIS Desktop é um conjunto integrado de produtos (desenvolvido pela ESRI - *Environmental Systems Research Institute*) de software de SIG vocacionado para o utilizador construir o seu próprio Sistema de Informação Geográfica, o qual contem um conjunto de ferramentas para o armazenamento, manipulação, processamento de dados geográficos, análise e criação de mapas.

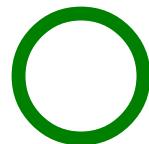
A aplicação encontra-se dividida nos seguintes módulos funcionais:

- **ArcCatalog**  : Aplicação destinada à gestão dos dados usados no software (conectar, pré-visualizar, criar ficheiros, modificar, etc.)
- **ArcMap**  : Aplicação Central do ArcGIS, onde é possível trabalhar com toda a informação de natureza geográfica (geometria e semântica), gerar novos mapas e manipular mapas já existentes com ferramentas próprias disponíveis no ArcToolbox.
- **ArcToolbox**  : Apresenta várias ferramentas, extensões do ArcMap, que permitem a realização de uma série de operações mais elaboradas com dados de natureza geográfica.
- **ArcReader**  : Aplicativo que permite visualizar e explorar ficheiros já criados no ArcMap.
- **ArcScene**  : Aplicativo que permite a criação de dados geográficos em 3D, permite ainda a criação de vídeos e animações sobre uma cena virtual em 3D.
- **ArcGlobe**  Aplicativo que permite usar as ferramentas do ArcGIS sobre um globo virtual 3D.

Exercício 1 – Exercício de primeiro contacto



20 min



Fácil

INTRODUÇÃO

Após a instalação do software ArcGIS pretende-se comprovar que tudo funciona corretamente.

OBJETIVOS E COMANDO NOVOS

- **Desktop Administrator:** Verificação dos programas e licenças no Desktop Administrator
- **ArcMap:** Verificação de todos os programas Arcmap
- **ArcCatalog:** Verificação dos programas ArcCatalog

PASSOS

1. Verificar que o produto se encontra devidamente instalado
2. Interface do ArcMap
3. Interface do ArcCatalog

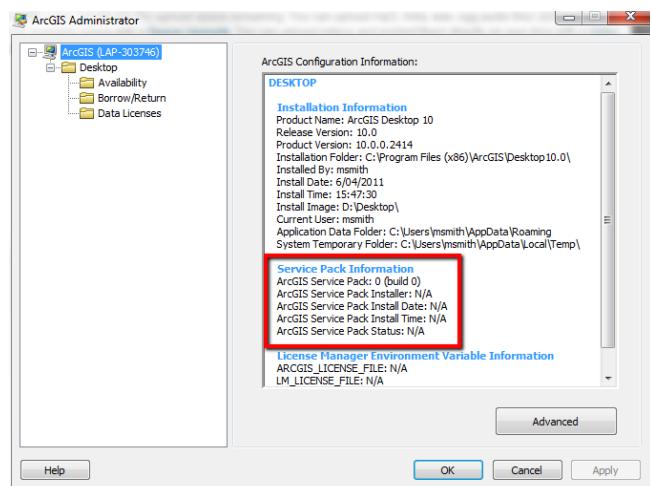
Resolução

1. Objetivo: Comprovar que a aplicação está instalada

A verificação realiza-se com a aplicação **Desktop Administrator**, que se encontra navegando pelo directório dos programas instalados.

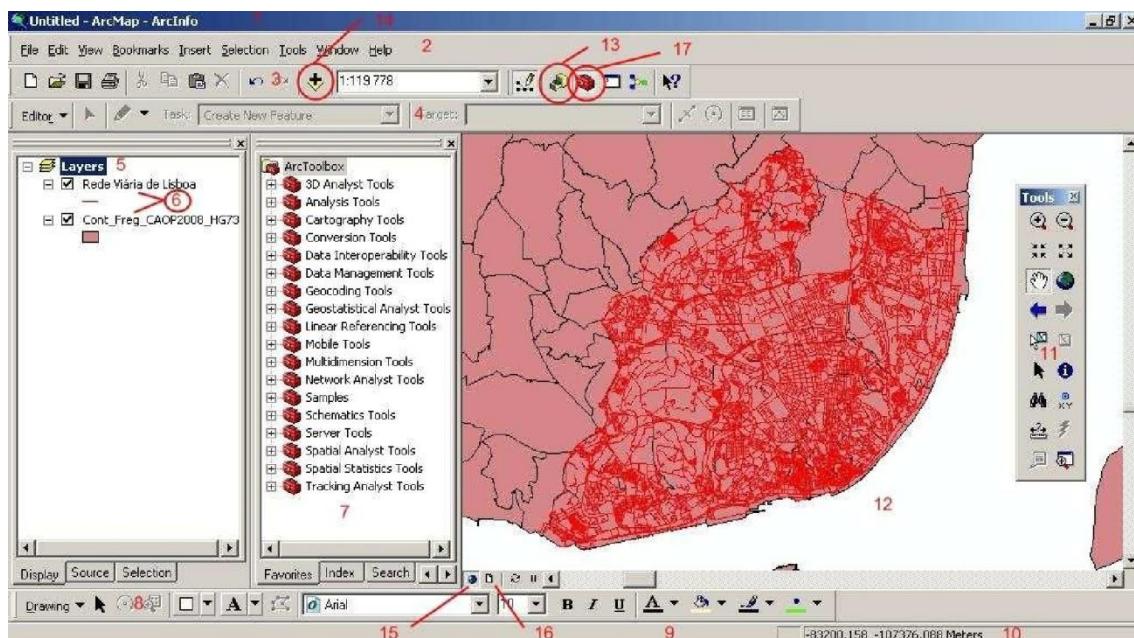
Executamos esta aplicação e na janela pode observar-se a versão do ArcGIS e os Service Packs instalados.

Clicando em **Software Product**, podemos comprovar o nível da licença disponível, ArcView, ArcEditor ou ArcINFO.



2. Objetivo: Interface do ArcMAP

O ArcMap fornece ferramentas para a criação de apresentações visuais dos dados, pesquisas, e criação de mapas com qualidade de apresentação. Adicionalmente inclui funções de análise, produção de gráficos e relatórios, e um conjunto de ferramentas para a criação e edição dos dados geográficos.



Exemplo de uma janela de Interface do ArcMap.

Legenda da Figura anterior:

- 1- Barra de título (mostra o nome do mapa);
- 2- Barra de menu principal;
- 3- Barra de ferramentas standard;

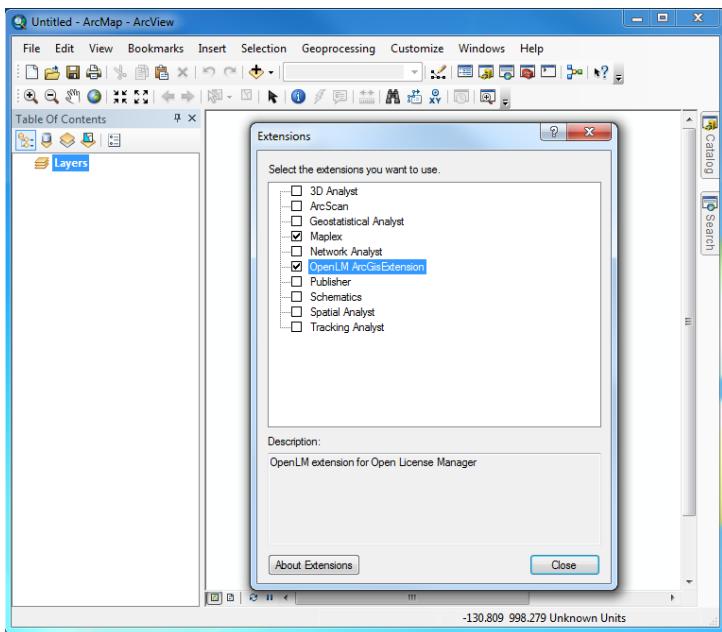
- 4- Barra de ferramentas de edição (Editor);
- 5- Data Frame (tem como objetivo organizar os *layers*, cada Data Frame pode ter uma configuração própria (por exemplo, o seu próprio sistema de coordenadas).
- 6- *Layers* (trata-se de um conjunto de entidades geográficas organizadas que representam objetos do mundo real e que partilham a mesma geometria em SIG e correspondem a objetos da mesmo tema (rede hidrográfica, rede viária, edificado, etc);
- 7- Ferramentas do ArcToolbox;
- 8- Barra de ferramentas de desenho (Drawing);
- 9- Barra de estado (além de reportar as coordenadas, mostra as descrições dos botões selecionados e das opções de menu);
- 10- Barra com as coordenadas do cursor (integrante da barra de estado);
- 11- Barra de ferramentas (como se pode reparar, todas as barras de ferramentas são ancoráveis com exceção da barra de estado);
- 12- Área de visualização;
- 13- Botão de acesso ao módulo ArcCatalog;
- 14- Botão de adição de *Layers* ao Data Frame;
- 15- Botão modo Data View (dever-se-á trabalhar neste modo sempre que se pretender visualizar inquirir, editar, explorar e analisar dados);
- 16- Botão modo Layout View (se pretender criar o mapa final, deve trabalhar neste modo);
- 17- Botão de acesso ao ArcToolbox.

ArcToolbox

O módulo ArcToolbox fornece as ferramentas para a conversão de dados, gestão de sistemas de coordenadas, mudanças de projeções de mapa, operações de transformação de coordenadas, operações de análise espacial, operações de construção de topologia, etc. O conjunto de todas as funcionalidades do ArcToolbox encontra-se organizado por grupos temáticos tal como se pode observar na Figura seguinte. É aqui que irá encontrar a maioria das ferramentas que irá utilizar ao longo das aulas laboratoriais.

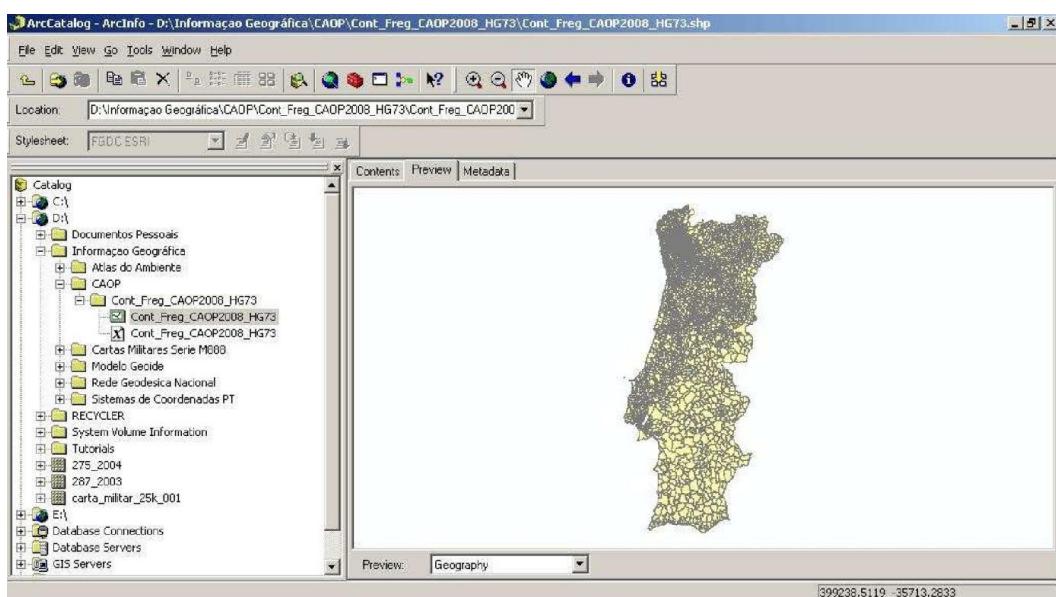


Caso alguma das extensões do ArcGIS não estejam ativam ou não apareçma no ArcToolbox, mas das quais possui licença, terá que as ativar usando o comando no menu **Customize > Extensions** e selecionar a respectiva extensão. Após esta operação poderá então usar a extensão no ArcToolbox normalmente.



3. Objetivo: Interface do ArcCatalog

Este módulo tem como objetivo organizar e gerir todos os dados SIG e inclui ferramentas para explorar e pesquisar informação geográfica, gravar e visualizar metadados (entende-se por metadados dados relativamente aos dados, por exemplo, sistema de coordenadas, data de aquisição dos dados, entidade responsável pela sua aquisição, etc), visualizar rapidamente qualquer conjunto de dados, definir e criar a estrutura geométrica e semântica para os *layers* de dados geográficos (criar shapefiles do tipo ponto, linha ou polígono, criar datasets, criar geodatabases, etc.).



Exemplo de uma janela de ArcCatalog

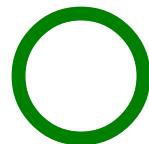
Parte da configuração do ambiente de trabalho de um projeto de SIG realizado no ArcGIS é efetuada neste módulo, visto tratar-se do módulo em que são definidas as diretórias de trabalho (como se pode ver na Figura anterior). Este módulo permite navegar pelas várias diretórias do seu PC, facilitando o acesso e a gestão dos dados. É também através do ArcCatalog que

são criados os diversos ficheiros que fazem parte da sua base de dados SIG. Uma estrutura *dataset* permite organizar ficheiros vindos de outros *software*, desde que o formato em que se encontrem seja compatível com o ArcGIS.

Exercício 2 – Exercício de visualização



40 min



Fácil

INTRODUÇÃO

Estamos a começar um projeto de sistemas de informação geográfica. O nosso cliente forneceu-nos informações acerca da área de estudo. A primeira tarefa é verificar as informações fornecidas pelo cliente.

OBJETIVOS E COMANDO NOVOS

Aprender os primeiros passos para gerar mapas, adicionar conteúdos ao mapa, utilizar a tabela de conteúdos, modificar a extensão de visualização.

- Barra de ferramentas Standard: Menu contextual do menu principal - Standard
- Criar um mapa novo: File - New Map File
- Guardar um mapa: File - Save
- Adicionar camadas: File - Add Data
- Adicionar camadas, adicionar uma pasta: Connect To Folder (Catalog)
- Adicionar camadas, desconectar uma pasta: Disconnect From Folder (Catalog)
- Eliminar camadas: Menu contextual da camada - Remove
- Tabela de conteúdos, carregar: Window - Table Of Contents
- Tabela de conteúdos, ordenar os registos
- Tabela de conteúdos, visível / não visível
- Tabela de conteúdos, expandir / contrair legenda
- Tabela de conteúdos, alterar nomes das camadas
- Tabela de conteúdos, criar grupos de camadas: Layers - New Group Layer
- Tabela de conteúdos, modo: Display / Source
- Barra de ferramentas Tools: Menu contextual do menu principal - Tools
- Extensão: ampliar: Tools - Zoom In, Tools - Fixed Zoom In
- Extensão: reduzir: Tools - Zoom Out ou Fixed Zoom Out
- Extensão: movimentar: Tools - Pan
- Extensão: completa: Tools - Full Extent
- Extensão: Menu contextual da camada - Zoom To Layer
- Obter informação: Tools - Identify
- Obter informação da camada: Menu contextual da camada: Properties - Source

INFORMAÇÃO DE BASE

-  “Alt_Hidro_LX_SC.mdb”, personal geodatabase
-  “PNSC.tif”, imagem em formato .tif
-  “mde_sintracascais.tif”, imagem em formato .tif
-  “Estac_MetroLX.shp”, camada de pontos em formato *shapefile*
-  “Museus_LX.shp”, camada de pontos em formato *shapefile*
-  “Rede_VarialLX.shp”, camada de linhas em formato *shapefile*
-  “Altimetria_Lisboa.shp”, camada de linhas em formato *shapefile*
-  “Altimetria_SintraCascais.shp”, camada de linhas em formato *shapefile*
-  “Freg_Lisboa.shp”, camada de polígonos em formato *shapefile*
-  “Geo_Lisboa.shp”, camada de polígonos em formato *shapefile*
-  “tin_lisboa”, camada em formato ESRI TIN
-  “tin_sintracascais”, camada em formato ESRI TIN

PASSOS

1. Criar um mapa novo e guardá-lo com o nome “Mapa1”.
2. Adicionar ao mapa toda a informação fornecida.
3. Eliminar do mapa a informação repetida, ajustar a ordem das camadas e explorar as funções de visibilidade.
4. Alterar os nomes das camadas (“Parque Natural de Sintra-Cascais” em vez de “PNSC.tif”; “mde_sintracascais” em vez de “mde_sintracascais.tif”) e criar grupos para camadas que provêm da mesma fonte (grupo “Altimetria” contendo “Alt_SintraCascais” e “Altimetria_Lisboa”).
5. Visualizar toda a informação usando as ferramentas de zoom e pan.
6. Mostrar a informação da localização das camadas e informação sobre os seus elementos.

Resolução

- Objetivo: Criar um mapa novo e guardá-lo com o nome “Mapa1”.

Abrir o ArcMap.

Ao aparecer a janela de início do ArcMap, basta selecionar **New Maps - Blank Map**.

Caso contrário, o ArcMap cria um mapa novo sem necessitar de fazer nada.

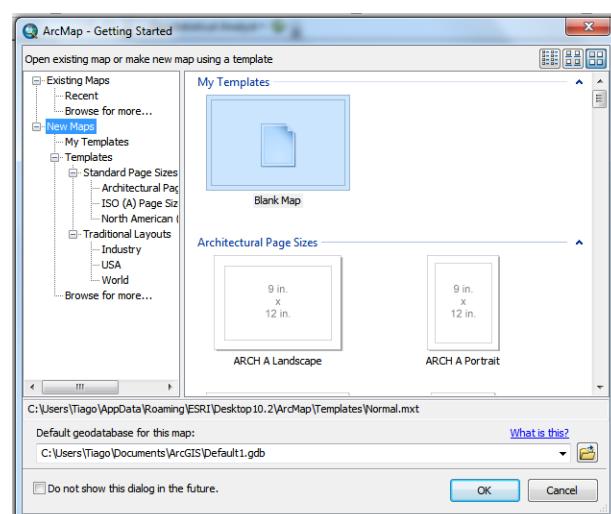
Comprovar que o menu *Standard* está carregado.

Em qualquer momento pode criar um mapa novo usando **File - New - Blank Map**.

File - Save:

Navegar para os directórios

File name: “Mapa1”



- Objetivo: Adicionar ao mapa toda a informação fornecida (incluindo as camadas da geodatabase “Alt_Hidro_LX_SC.mdb”).

File - Add Data - Add Data:

Adicionar a conexão com a pasta que contém a informação fornecida: **Connect To Folder**

Desconectar o resto das pastas (acelera a adição de camadas): **Disconnect From Folder**

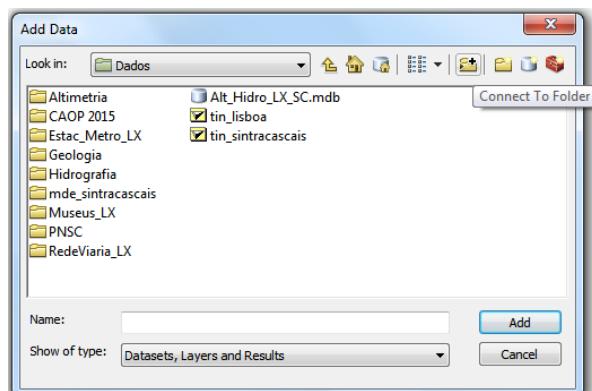
Navegar pelos directórios: **Look in** e **Up One Level**

Abrir a geodatabase “Alt_Hidro_LX_SC.mdb”: duplo clique

Selecionar as 2 camadas (“Hidro_LX_SC” e “Alt_LX_SC” e adicioná-las com o botão **Add**

File - Add Data - Add Data:

Selecionar o resto das camadas contidas em várias pastas com uma designação alusiva ao tema e adicioná-las com o botão **Add**



3. Objetivo: Eliminar do mapa a informação repetida, ajustar a ordem das camadas e explorar as funções de visibilidade.

Comprovar que a tabela de conteúdos está carregada: **Window - Table Of Contents**.

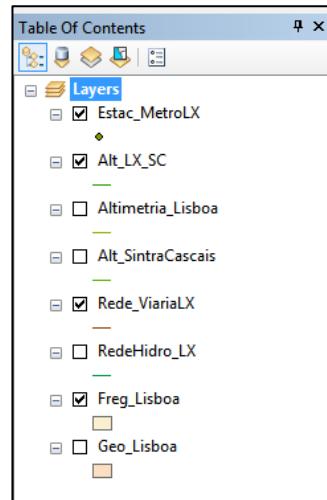
Tornar as camadas visíveis / não visíveis: desmarcando os quadros situados à esquerda das camadas que ficam invisíveis. Pode-se seleccionar todas com a tecla Control.

Ampliar / Recolher as legendas: carregar nos símbolos “-” e “+” à esquerda das camadas, Pode-se ampliar / recolher todas com a tecla Control.

Ordenar as camadas, carregar continuamente e arrastar “Estac_MetroLX” para cima e “Freg_Lisboa” para baixo.

Tornando visíveis / não visíveis “Alt_LX_SC” e “Altimetria_SintraCascais” verifica-se que a segunda camada está contida na primeira, para a eliminar: Menu contextual da camada “Altimetria_SintraCascais” através do botão do lado direito do rato e selecciona-se **Remove**. Atenção, não estamos a eliminar a camada da sua localização original, apenas do nosso mapa.

Da mesma forma, verifica-se que “Altimetria_Lisboa” é redundante, sendo esta também eliminada através do **Remove**.



4. Alterar os nomes das camadas (“Parque Natural de Sintra-Cascais” em vez de “PNSC.tif”; “mde_sintracascais” em vez de “mde_sintracascais.tif”) e criar grupos para camadas que provêm da mesma fonte (grupo “Altimetria” contendo “Alt_SintraCascais” e “Altimetria_Lisboa”).

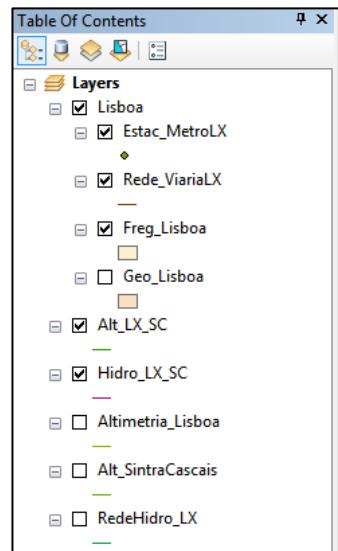
Clicar na camada “PNSC.tif”, voltar a clicar novamente passado uns segundos, **mudar o nome para** “Parque Natural de Sintra-Cascais”.

Clicar na camada “mde_sintracascais.tif”, voltar a clicar novamente passado uns segundos, **mudar o nome para** “Modelo digital de terreno de Sintra-Cascais”.

Menu contextual “**Layers**” através do botão do lado direito do rato e selecionar **New Group Layer**.

Clicar em “New Group Layer”, mudar o nome para “Lisboa”.

Mudar o modo da tabela de conteúdos para **Source**, comprovar que “Alt_LX_SC” e “Hidro_LX_SC” estão dentro da mesma geodatabase.



5. Objetivo: Visualizar toda a informação usando as ferramentas de zoom e pan.

Tornar visíveis / não visíveis as várias camadas.

Comprovar que a barra de ferramentas *Tools* está carregada.



Modificar a extensão usando **Zoom In** e **Zoom Out**

Modificar a extensão usando **Fixed Zoom In** e **Fixed Zoom Out**.

Deslocar a extensão usando **Pan**.

Modificar a extensão para todas as camadas usando **Full Extent**.

Modificar a extensão de uma camada, através do menu contextual da camada - **Zoom To Layer**.

6. Objetivo: Mostrar a informação da localização das camadas e informação sobre os seus elementos.

Tornar visível a camada “Freg_Lisboa” e não visíveis as restantes camadas.

Modificar a extensão no menu contextual da camada “Freg_Lisboa” - *Zoom To Layer*.

Obter informação da camada “Freg_Lisboa”: Menu contextual da camada “Freg_Lisboa” -*Properties* - **Source**. O ArcMap indica a extensão da camada, o tipo de formato digital, o directório da camada, o tipo de camada (raster ou vectorial - ponto, linha ou polígono).

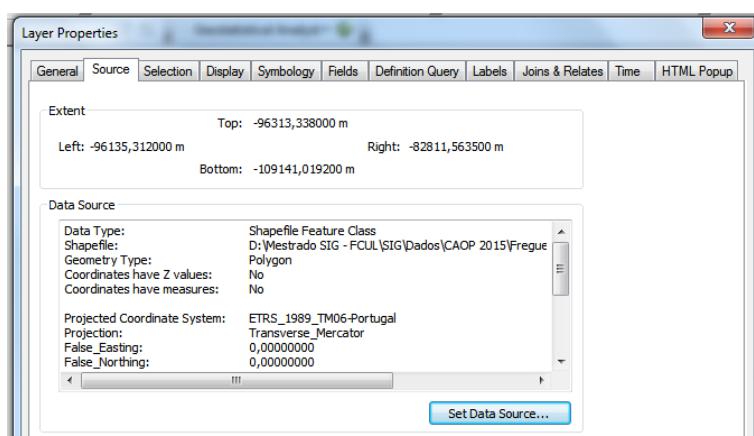
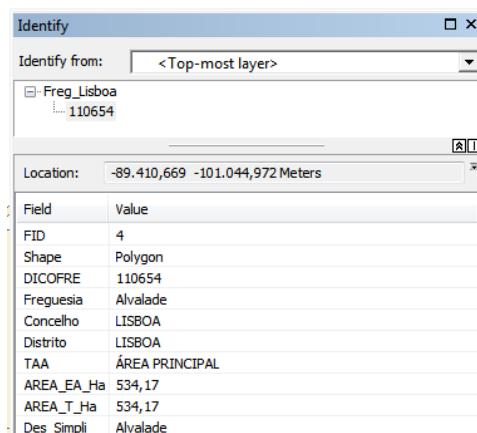
Obter informação de alguns elementos da camada “Freg_Lisboa” - **Identify**.

Obter informação de alguns elementos da camada “Estac_MetroLX”.

Obter informação de alguns elementos da camada “Modelo digital de terreno de Sintra-Cascais”.

Obter informação de alguns elementos da camada “tin_lisboa”.

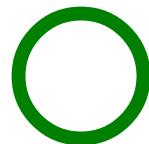
É importante perceber as diferenças entre os conteúdos das camadas vectoriais, raster e TIN.



Exercício 3 – Exercício de criação de layouts de mapas



50 min



Fácil

INTRODUÇÃO

Pretende-se realizar um mapa hipsométrico e/ou hidrográfico dos concelhos, Sintra e Cascais e produzir um mapa geológico do concelho de Lisboa.

OBJETIVOS E COMANDO NOVOS

Aprender os primeiros passos da produção de mapas, simbologia das camadas, criação de elementos auxiliares do mapa, etc.

- Visualização, simbologia: Menu contextual da camada - *Properties - Symbology*
- Modo *Layout View*
- Barra de ferramentas *Layout*: Menu contextual do menu principal - *Layout*
- Extensão do *layout*, ampliar: *Layout - Zoom In* ou *Layout-Fixed Zoom In*
- Extensão do *layout*, reduzir: *Layout-Zoom Out* ou *Layout-Fixed Zoom Out*
- Extensão do *layout*, deslocar: *Layout-Pan*
- Extensão do *layout*, completa: *Layout-Zoom Whole Page*
- Tamanho do papel: Menu contextual do mapa ou *File - Page and Print Setup*
- Propriedades gerais de um símbolo: Menu contextual do símbolo - *Properties - General*
- Adicionar título: *Insert - Title*
- Adicionar texto: *Insert - New Text*
- Adicionar legenda: *Insert - Legend*
- Adicionar orientação: *Insert - North Arrow*
- Adicionar escala: *Insert - Scale Bar* ou *Scale Text*
- Adicionar imagem: *Insert - Picture*
- Ver grelha: Menu contextual do mapa - *Grid - Grid*
- Imprimir o mapa: *File - Print*
- Exportar o mapa: *File - Export Map*
- Fazer uma cópia do mapa: *File - Save As*

INFORMAÇÃO DE PARTIDA

- “mde_sintracascais.tif”, modelo digital de elevação dos concelhos de Sintra e Cascais
- “Freg_Lisboa_Point.shp”, camada de pontos das freguesias do concelho de Lisboa
- “Freg_SC_Point.shp”, camada de pontos das freguesias dos concelhos de Sintra e Cascais
- “RedeHidro_SC.shp”, camada da rede hidrográfica dos concelhos de Sintra e Cascais
- “Sintra_Cascais.shp”, camada dos concelhos de Sintra e Cascais
- “Conc_Lisboa.shp”, camada do concelho de Lisboa
- “Geo_Lisboa.shp”, camada da Geologia de Lisboa

PASSOS

1. Preparar a vista do mapa geral da zona de estudo, incluindo as camadas “Conc_Lisboa”, “Geo_Lisboa”, “Freg_Lisboa_Point” ou “Sintra_Cascais”, “Freg_SC_Point”, “mde_sintracascais” ou “RedeHidro_SC”.
2. Desenhar os mapas geológico ou hipsométrico / hidrográfico e representá-los com os elementos: título, legenda, orientação, etc.

Resolução

1. Objectivo: Desenhar um mapa geológico do concelho de Lisboa

Abrir o ArcMap e criar um novo mapa.

Adicionar as camadas “Conc_Lisboa”, “Geo_Lisboa” e “Freg_Lisboa_Point”.

Simbolizamos a camada “Conc_Lisboa”: menu contextual - **Properties - Symbology**:

Features-Single Symbol

Selecionamos um tipo de linha/contorno do polígono e o seu preenchimento

Simbolizamos a camada “Geo_Lisboa”: Menu contextual - **Properties - Symbology**:

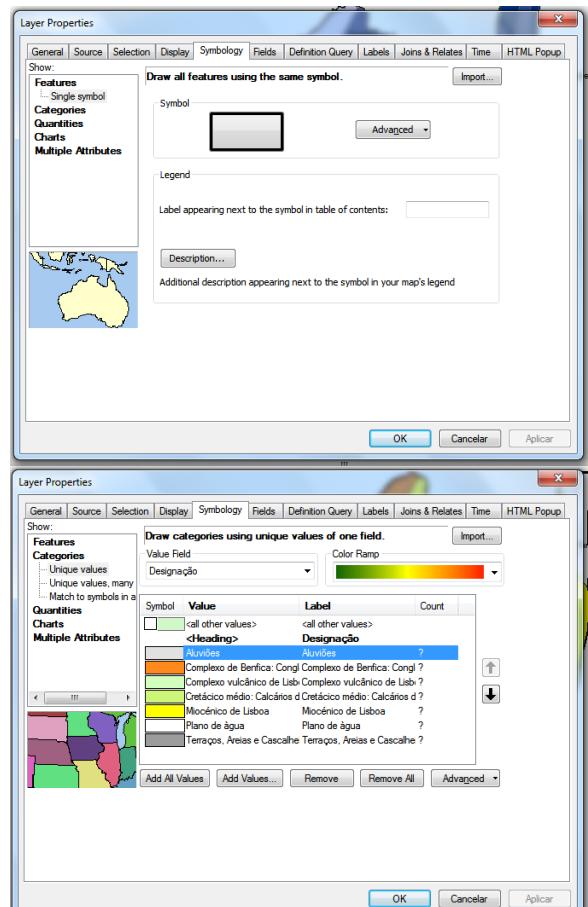
Categories-Unique Values

Selecionamos o campo que vamos usar para categorizar a geologia, que neste caso é “Designação”

Add All Values

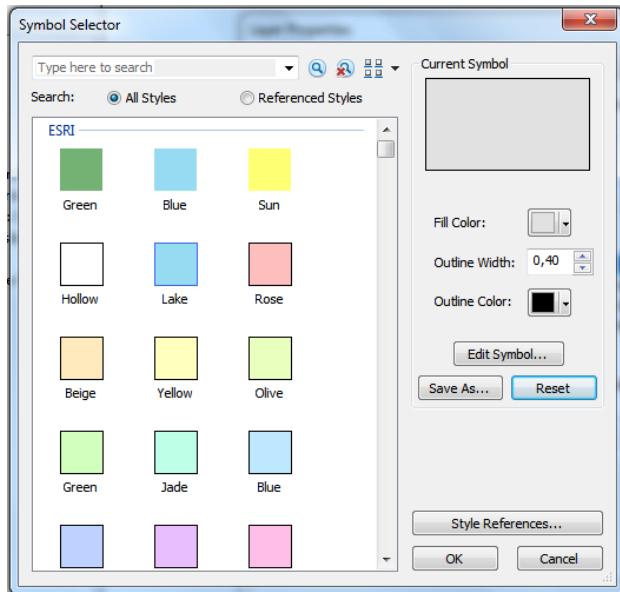
Selecionamos uma gama de cores clicando no botão junto a *Color Ramp*

Existem dois tipos de gamas de cores, as que contêm cores variadas, úteis para camadas qualitativas, a as que contêm rampas de cores contínuas, úteis para camadas qualitativas.



Podemos modificar qualquer cor fazendo duplo clique no símbolo. Modificamos a cor, *Fill Color*, e o contorno, *Outline*, ao nosso gosto.

Desmarcamos a entrada <all other values> para que esta não apareça na legenda.



2. Objectivo: Desenhar os mapas geológico ou hipsométrico / hidrográfico e representá-los com os elementos: título, legenda, orientação, etc.

Passamos ao modo de desenho do mapa clicando no botão **Layout View**.



Para facilitar o desenho do mapa modificamos a extensão do *layout* com as ferramentas **Zoom In**, **Zoom Out**, **Pan**, **Fixed Zoom In**, **Fixed Zoom Out** e **Zoom Whole Page**. A sua utilidade é análoga às ferramentas de controlo da extensão do mapa.

Uma vez definido o tamanho que terá o mapa, este é estabelecido em **File - Page and Print Setup**:

Desmarcamos **Use Printer Paper Settings**

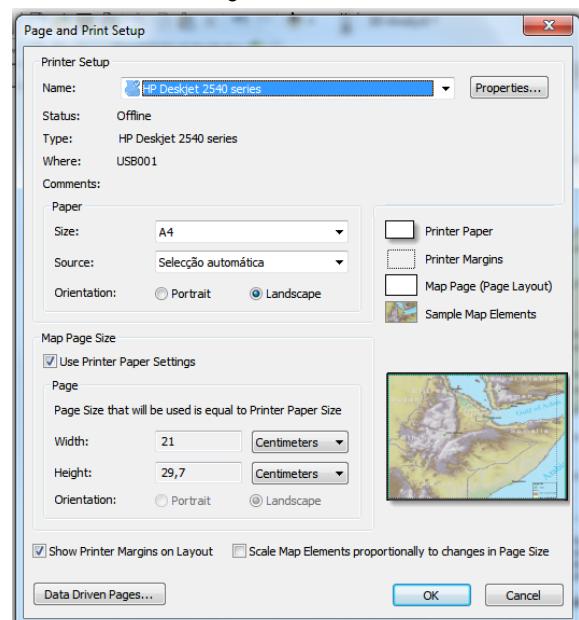
Selecionamos em **Page A4**

Selecionamos a orientação desejada em **Orientation**, **Landscape** ou **Potrait**

O ArcMap cria um marco para a vista do mapa, *dataframe*, com um tamanho em automático. Podemos ajustar o tamanho desejado no menu contextual de “Layers”-**Properties**:

Na janela **General** estabelecemos as unidades do mapa, para metros.

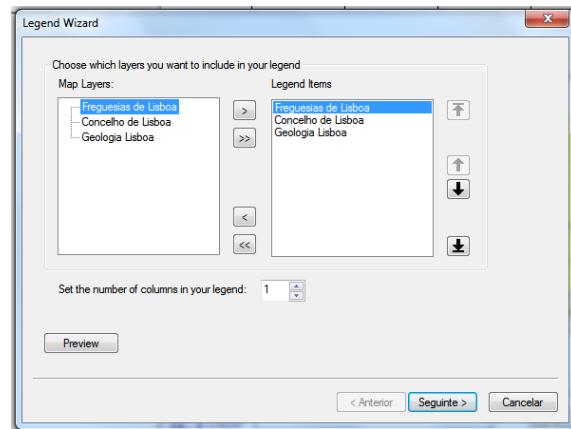
Na janela **Size and Position** estabelecemos a posição e tamanho do marco.



Inserimos a legenda no menu principal - **Insert - Legend**:

Respondemos às perguntas do assistente o melhor que podemos, qualquer incoerência pode ser corrigida posteriormente fazendo duplo clique na legenda.

Neste caso, do mapa geológico, usamos apenas 1 coluna da legenda, mas poderão ser usadas mais quando a informação é abundante, designamos a legenda por "Legenda" e colocamos uma cor de fundo.



Criamos uma caixa de desenho utilizando as ferramentas

Draw - Rectangle. Dividimos o retângulo em partes, onde serão colocados os diversos elementos, con a ferramenta **Draw - Line**.

Inserimos o título do mapa no menu principal - **Insert - Title**, e damos o formato que queremos fazendo duplo clique sobre o mesmo.

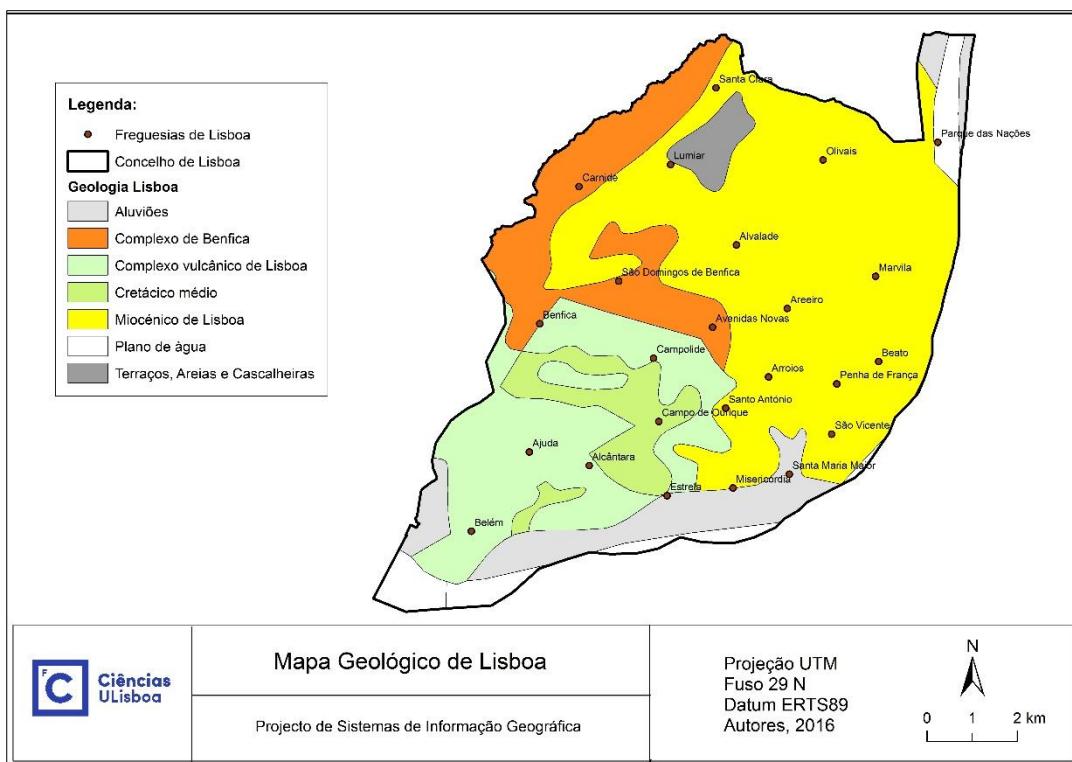
Inserimos a escala do mapa no menu principal - **Insert - Scale Text** ou **Insert - Scale Bar** e formatamos como pretendido.

Inserimos a orientação do mapa no menu principal - **Insert - North Arrow**.

Inserimos outros textos complementares no menu principal - **Insert - Text**, como o nome do projecto, sistema de referência, autoria, copyright, etc.

Inserimos un logotipo ou imagem no menu principal - **Insert - Picture**.

Uma vez finalizado o mapa, este guarda-se em **File-Save**, se pretender imprimir o mapa deve ir a - **File - Print** e se quiser exportar o mapa para posteriormente imprimir ou usar com imagem pode faze-lo em **File - Export Map**.



Utilizamos o layout já criado, pode-se criar outros mapas mudando apenas as camadas respetivas e consequentemente a legenda e os campos textos.

Adicionamos a camada referente ao modelo digital de elevação “mde_sintracascais”, “Sintra_Cascais” e “Freg_SC_point”.

Simbolizamos o MDE com o menu contextual da camada -
Properties- Symbology:

Método **Classified**

Clicar em **Classify** para estabelecer as classes, neste caso usamos o método **Defined Interval** porque se trata de um mapa hipsométrico, com classes do mesmo tamanho e intervalos pré-estabelecidos. Usamos um intervalo, **Interval Size**, de 50 metros.

Recomenda-se o estudo detalhado dos diferentes tipos de classificação de modo a compreender como se dividem os intervalos em cada um dos métodos existentes.

Selecionamos uma gama de cores apropriada.

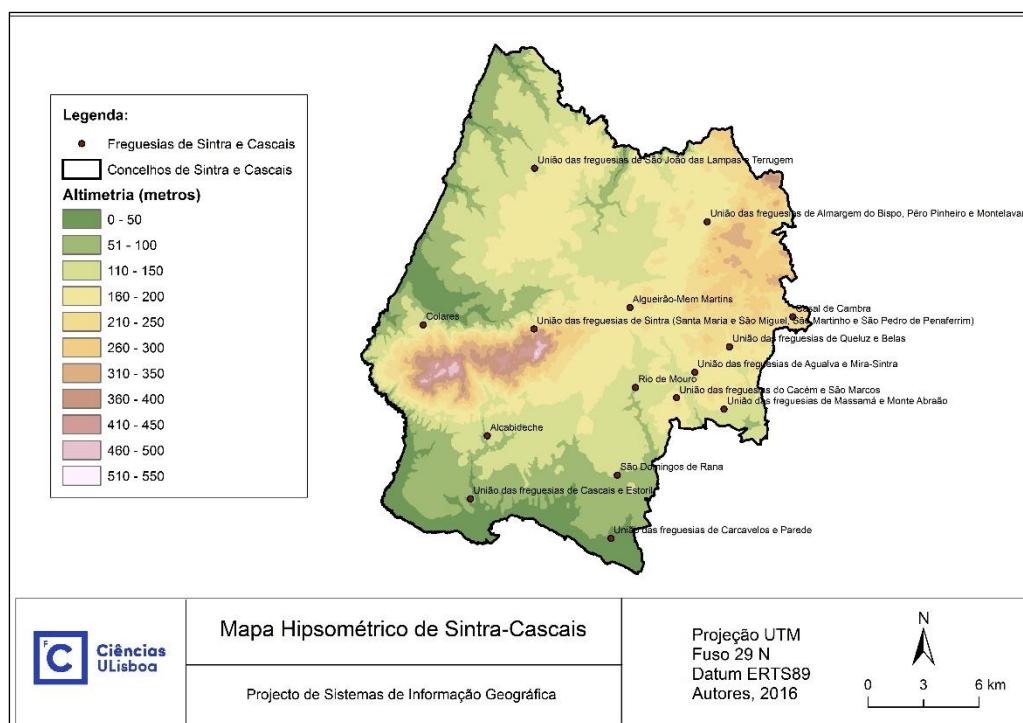
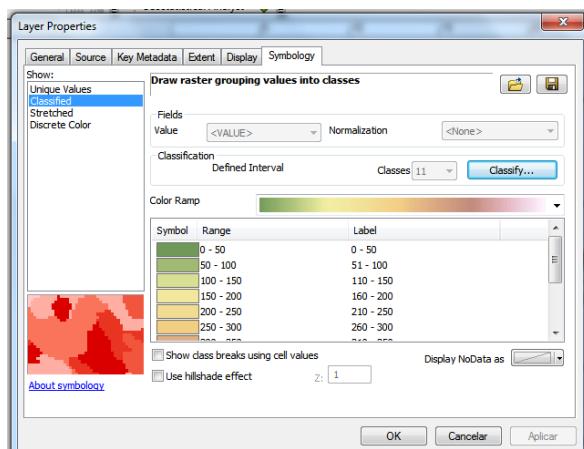
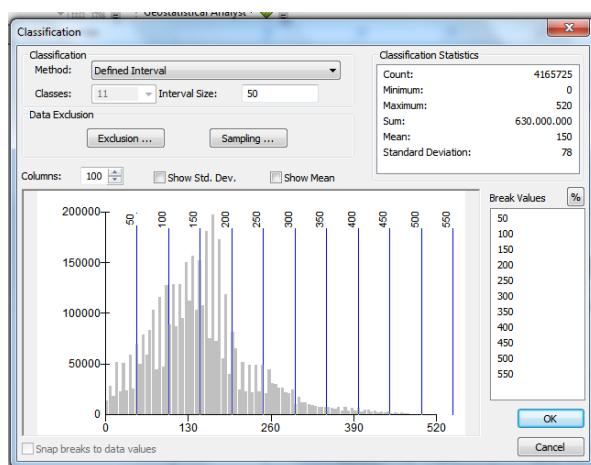
Formatamos as *Labels* clicando em **Label-Format Labels**, estabelecemos um número de casas decimais.

Adicionamos um efeito de sombra do terreno clicando em **Use hillshade effect**

Formatamos a legenda.

Modificamos o título do mapa.

E guardamos, imprimimos ou exportamos.



Exercício 4.1 – Análise de dados alfanuméricos: Tabelas



45 min



Médio

INTRODUÇÃO

Pretende-se responder a algumas perguntas simples de geografia política, demográfica e física.

OBJETIVOS E COMANDO NOVOS

Aprender a realizar consultas em tabelas, estatísticas por campos e relações entre tabelas

- Visualizar tabelas, abrir tabela: menu contextual de uma camada - Open Attribute Table
- Visualizar tabelas, abrir tabela: menu contextual de uma tabela - Open
- Visualizar tabelas, número de registos selecionados e número de registos totais
- Visualizar tabelas, ver registos selecionados: Selected
- Visualizar tabelas, ver todos os registos: All
- Visualizar tabelas, ordenar os registos: menu contextual de um campo da tabela - Sort Ascending
- Visualizar tabelas, ordenar os registos: menu contextual de um campo da tabela - Sort Descending
- Análise alfanumérica, obter estatísticas: menu contextual de um campo da tabela - Statistics
- Análise alfanumérica, selecionar registos (SQL): Selection - Select by Attributes
- Análise alfanumérica, desselecccionar registos: Selection - Clear Selected Features
- Análise alfanumérica, selecionar todos os registos: Options - Select All
- Análise alfanumérica, selecionar os registos não selecionados, seleção inversa: Options - Switch Selection
- Análise alfanumérica, criar gráficos: Options - Create Graph
- Análise alfanumérica, relacionar tabelas: menu contextual da camada - Join
- Análise alfanumérica, eliminar relações entre tabelas: menu contextual da camada - Remove Join(s)
- Análise alfanumérica, obter estatísticas: menu contextual de um campo - Summarize
- Análise alfanumérica, exportar tabelas: Options - Export
- Análise alfanumérica, adicionar um campo: Options - Add Field
- Análise alfanumérica, calcular um campo: Options - Calculate Field

INFORMAÇÃO DE PARTIDA

- “Cities.sdc”, cidades da Europa
- “Country.sdc”, países do Mundo
- “Paises.dbf”, tabela de países do Mundo

PASSOS

1. Abrir o mapa da Europa, camada “cities”:

Realizar as seguintes pesquisas:

1.1. Selecionar as capitais: Quantas são? Quantas cidades existem no total?

1.1.1. Mostrar na tabela só as capitais

1.1.2. Ordená-las por ordem alfabética

1.1.3. Ordená-las por ordem alfabética inversa

1.1.4. Mostrar na tabela todas as cidades

1.2. Selecionar todas as cidades da Suécia

1.3. Selecionar as cidades que têm entre 100 000 e 500 000 habitantes: Quantas destas cidades não são francesas?

2. Abrir o mapa do mundo, camada “cntry06” e tabela “paises”

Realizar as seguintes pesquisas:

2.1. Quantos países existem? Qual o valor da área total de todos os países?

2.2. Ordenar a lista de países em função do da sua área: Qual é o maior país? E qual o mais pequeno?

2.3. Selecciona os países que têm uma área semelhante à de Portugal (80 000 - 100 000 km²): Quantos são?

2.4. Qual a área total dos 10 maiores países sem contar com a Antártida?

2.5. Desenha um gráfico de barras onde represente a área dos maiores 10 países.

2.6. Selecionar os países cuja moeda é o dólar: Quantos são? Qual é a sua população?

2.7. Pretende-se saber a quantidade de pessoas (população mundial) que usam o mesmo tipo de moeda para todas as moedas. Que moeda é usada em mais países? Que moeda é usa por mais pessoas?

Resolução

1. Abrir o mapa da Europa, camada “cities”:

Realizar as seguintes pesquisas:

1.1. Selecionar as capitais: Quantas são? Quantas cidades existem no total?

1.1.1. Mostrar na tabela só as capitais

1.1.2. Ordená-las por ordem alfabética

1.1.3. Ordená-las por ordem alfabética inversa

1.1.4. Mostrar na tabela todas as cidades

1.2. Selecionar todas as cidades da Suécia

1.3. Selecionar as cidades que têm entre 100 000 e 500.000 habitantes: Quantas destas cidades não são francesas?

Adicionar “Cities.sdc”.

1.1. Menu contextual da camada “Cities.sdc” - **Open Attribute Table**.

Options - **Select By Attributes**:

Method: **Create a new selection**

Expressão: "Capital" = 'Y', (muito útil: **Get Unique Values**)

Número de capitais: 53

Número de cidades: 1 567

1.1.1. **Show selected records**.

1.1.2. Menu contextual do campo "NAME" - **Sort Ascending**.

1.1.3. Menu contextual do campo "NAME" - **Sort Descending**.

1.1.4. **Show all records**.

1.2. Options - **Select By Attributes**:

Method: **Create a new selection**

Expressão: "CNTRYNAME" = 'Sweden'

1.3. Options - **Select By Attributes**:

Method: **Create a new selection**

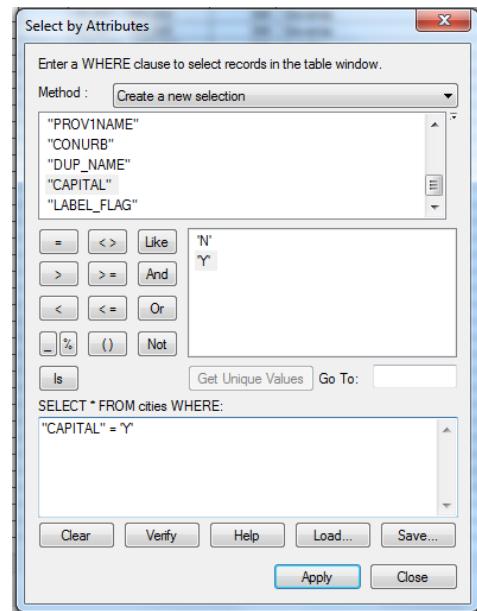
Expressão: "POP_CLASS" = '100,001 – 500,000'

Options - **Select By Attributes**:

Method: **Select from current selection**

Expressão: "CNTRYNAME" <> 'France'

Cidades entre 100 000 e 500 000 habitantes não francesas: 1 485



2. Abrir o mapa do mundo, camada “cntry06” e tabela “paises”

Realizar as seguintes pesquisas:

2.1. Quantos países existem? Que área têm no total?

2.2. Ordena em função do tamanho: Qual é o maior país? E qual o mais pequeno?

2.3. Selecciona os países que têm uma área semelhante à de Portugal (80 000 - 100 000 km²): Quantos são?

2.4. Qual a área total dos 10 maiores países sem contar com a Antártida?

2.5. Desenha um gráfico com esses 10 países e as suas respetivas áreas.

2.6. Selecciona os países cuja moeda é o dólar: Quantos são? Qual é a sua população?

2.7. Criar uma tabela .dbf de nome “estatística” com o nº de países que usa cada moeda. Responder às questões: Que moeda é usada em mais países? Que moeda é usada por mais pessoas?

Adicionar “Cntry06.sdc” e “paises.dbf”.

2.1. Menu contextual da camada “Cntry06.sdc” - **Open Attribute Table**.

Número de países: 248

Menu contextual do campo "SQKM" - **Statistics**.

Área: 146788275,25 km².

2.2. Menu contextual do campo “SQKM” - **Sort Ascending.**

Maior país: “Russia”.

País mais pequeno: “Maldives”.

2.3. Options - **Select By Attributes:**

Method: **Create a new selection**

Expressão: "SQKM" > 80000 AND "SQKM" < 100000

Países com área semelhante à de Portugal: 7.

2.4. Menu contextual do campo “SQKM” - **Sort Descending.**

Nono maior: “Argentina”.

Seleção manual: clicar à esquerda dos registos e deseleccionar a “Antarctica” com a tecla Control (Ctrl).

Menu contextual do campo “SQKM” - **Statistics.**

Área dos 10 maiores países: 73005852,73 km².

2.5. Options - **Create Graph:**

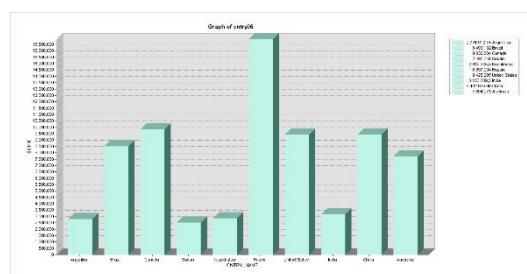
Value field: “SQKM”

X label field: “CNTRY_NAME”

Next:

Show only selected features / records on the graph

Graph in 3D View



2.6. Menu contextual da camada “cntry06” - **Joins and Relates - Join:**

Método: **Join attributes from a table**

Campo: “CNTRY_NAME”

Tabela: “países”

Campo: “CNTRY_NAME”

Options - **Select By Attributes:**

Method: **Create a new selection**

Expressão: "países.CURR_TYPE" LIKE '%Dollar%'

Países cuja moeda é o dólar: 51

Menu contextual do campo “cntry06.POP2005” - **Statistics.**

População dos países que cuja moeda é o dólar: 388 295 294 habitantes.

2.7. No menu contextual do campo “países.CURR_TYPE” - **Summarize:**

Campo: “países.CURR_TYPE”

Estatísticas: “cntry06.POP2005” - **Sum**

Na nova tabela criada (estatística):

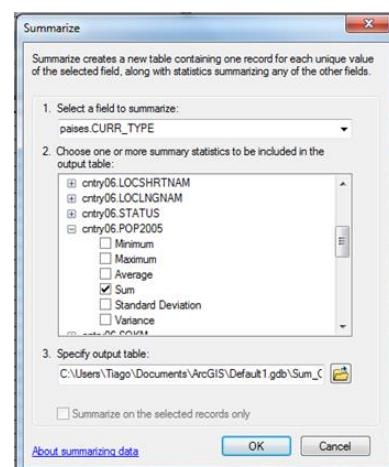
Menu contextual do campo “Count_CURR_TYPE” - **Sort Descending.**

Verifique que:

Moeda usada em mais países: Euro

Menu contextual do campo “Sum_POP2005”- **Sort Descending.**

Moeda usada por um maior número de pessoas: Renminbi Yuan, que é a moeda oficial da República Popular da China.



Exercício 4.2 – Análise de dados alfanuméricos: Tabelas + gráficos



1h 30 min



Médio

INTRODUÇÃO

Com este exercício pretende-se consolidar os conhecimentos da análise de dados alfanuméricos através da exploração da informação de tabelas.

OBJETIVOS

- Aprender a realizar consultas em tabelas, estatísticas por campos e relações entre tabelas
- Análise alfanumérica, relacionar tabelas: menu contextual da camada - Join
- Análise alfanumérica, exportar tabelas: Options - Export
- Análise alfanumérica, adicionar um campo: Options - Add Field
- Análise alfanumérica, calcular um campo: Options – Field Calculator
- Análise alfanumérica, criar gráficos: Options - Create Graph
- Explorar informação alfanumérica na web e importar essa informação para a base de dados SIG e relacioná-la com informação já existente.

INFORMAÇÃO DE PARTIDA

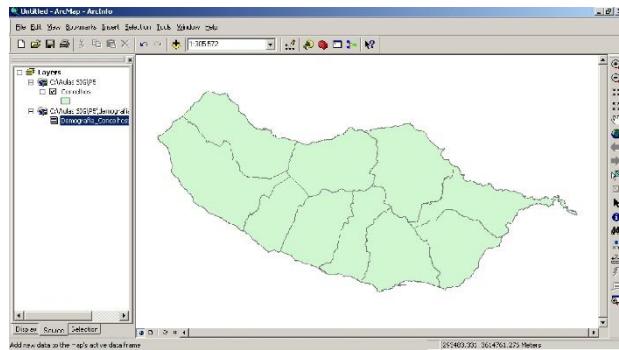
“concelhos.shp”, concelhos da ilha da Madeira

“demografia_concelhos.xls”, tabela excel com dados populacionais da Ilha da Madeira (fonte: Census do Instituto Nacional de Estatística)

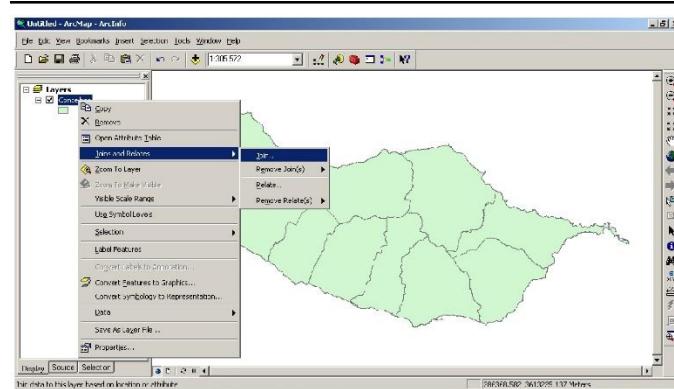
RESOLUÇÃO

1. Abrir um novo projeto ArcMAP e guardar o projeto como Madeira.mxd

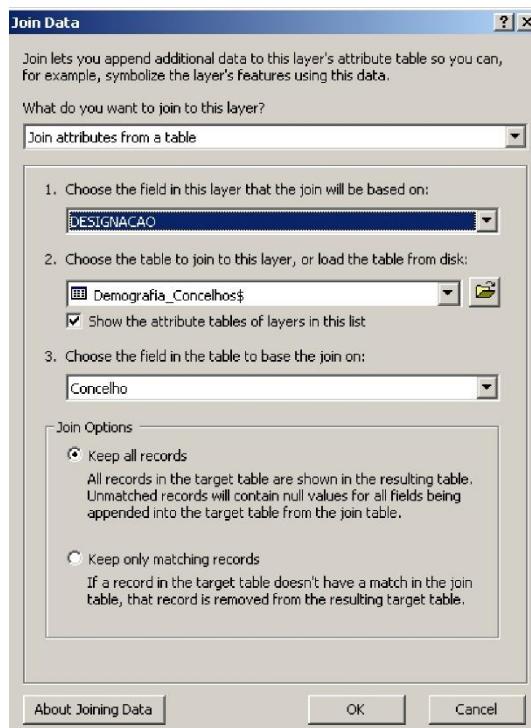
1.1. Adicionar a *shapefile* Concelhos.shp e a tabela demografia_concelhos.xls.



1.2. Efectue a junção entre a tabela de atributos dos Concelhos e a tabela demografia_concelhos.xls. Para tal, seleccione o layer Concelhos e com o botão direito do rato seleccione Joins and Relates>Join



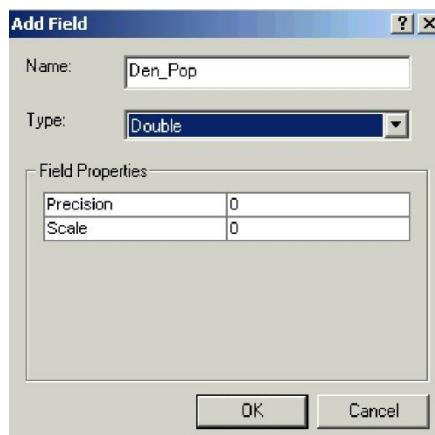
1.3. Preencha a janela que aparece no seu ecrã da maneira a se segue:



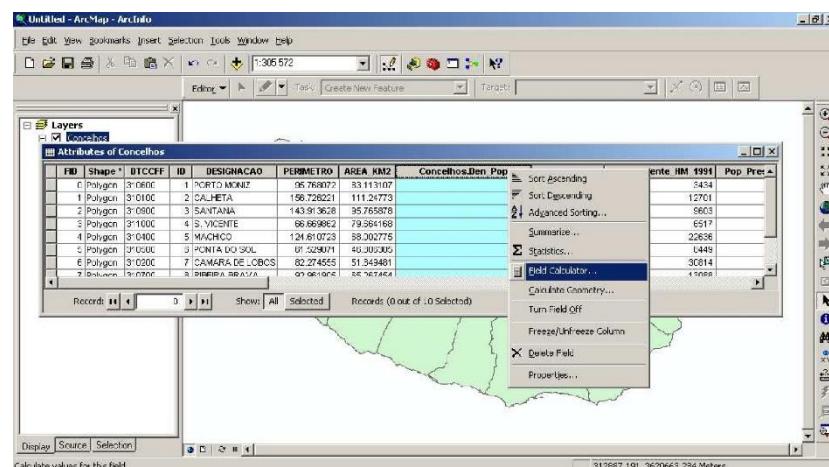
1.4. Pretende-se caracterizar os concelhos da região autónoma da Madeira em termos de densidade populacional e de variação populacional percentual entre 1991 e 2001. Para tal, serão criados novos atributos na tabela dos concelhos para determinar, a partir da informação de outros campos, o valor da densidade populacional e da variação da população, por concelho.

1.5. Crie então dois novos campos (colunas) na tabela dos concelhos

- 1.5.1. Abra a tabela dos concelhos
- 1.5.2. Options > Add Field
- 1.5.3. Novo Campo: Dens_Pop, tipo: Double



- 1.5.4. Selecione o novo campo Dens_Pop na tabela de atributos e com o botão direito do rato, selecione Field Calculator:



- 1.5.5. O cálculo da densidade populacional da população residente Homens e Mulheres em 1991 (Pop_Residente_HM_1991) é feito através da expressão:

$$\text{Dens_Pop} = \text{Int} [(\text{Pop_Residente_HM_1991}) / \text{Area_Km2}]$$

Faça OK, e verifique que o campo Dens_Pop ficou automaticamente preenchido.

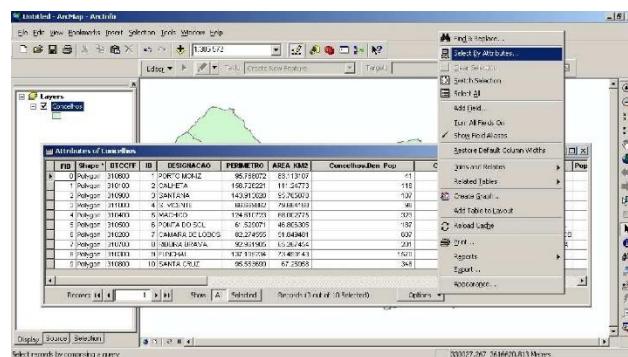
- 1.5.6. Caso tenha fechado, abra novamente a tabela dos concelhos
- 1.5.7. Options > Add Field
- 1.5.8. Novo Campo: Var_Pop, tipo: Double
- 1.5.9. O cálculo da variação de população entre 1991 e 2001 é calculado pela seguinte expressão:

$$\text{Var_Pop} = [(\text{Pop_Residente_HM_2001} / \text{Pop_Residente_HM_1991}) * 100] - 100$$

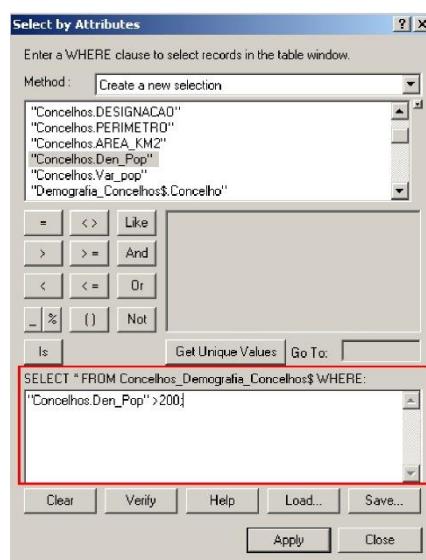
Faça OK, e verifique que o campo Var_Pop ficou automaticamente preenchido.

Os concelhos que perderam população entre 1991 e 2001 devem ter valores negativos, e os que ganharam população devem ter valores positivos.

- 1.6. Pretende-se agora determinar quais os concelhos cuja densidade populacional é superior a 200hab/km². Para tal, aceda à tabela de atributos dos Concelhos e com o botão direito do rato selecione Options>Select By Atributtes ou faça no menu Selection, Select By Atributtes:



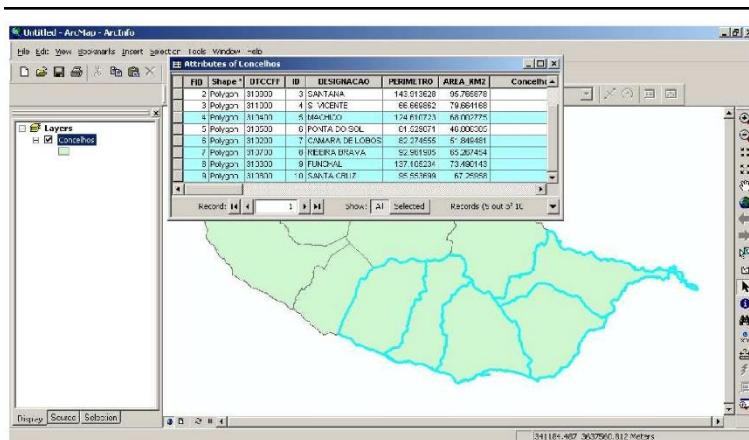
Agora execute a query WHERE Concelhos.Den_Pop > 200;



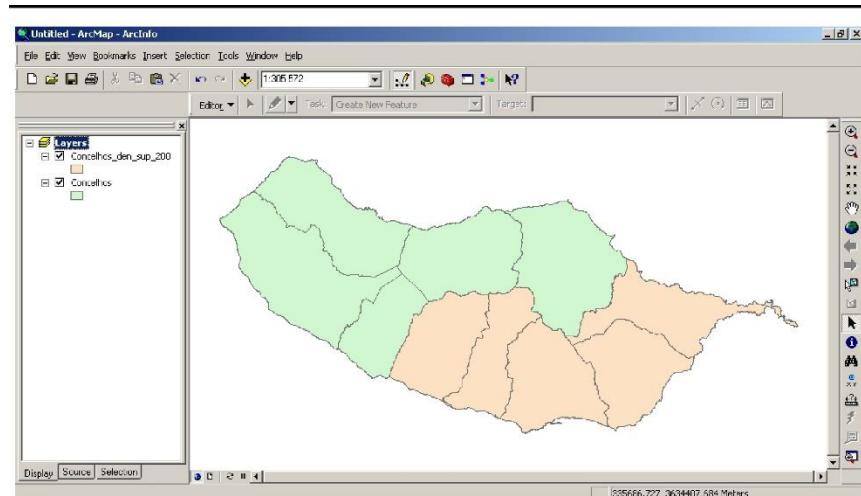
Repare na estrutura completa da query na linguagem SQL (Structured Query Language):

```
SELECT * FROM Concelhos
WHERE Concelhos.den_pop>200;
```

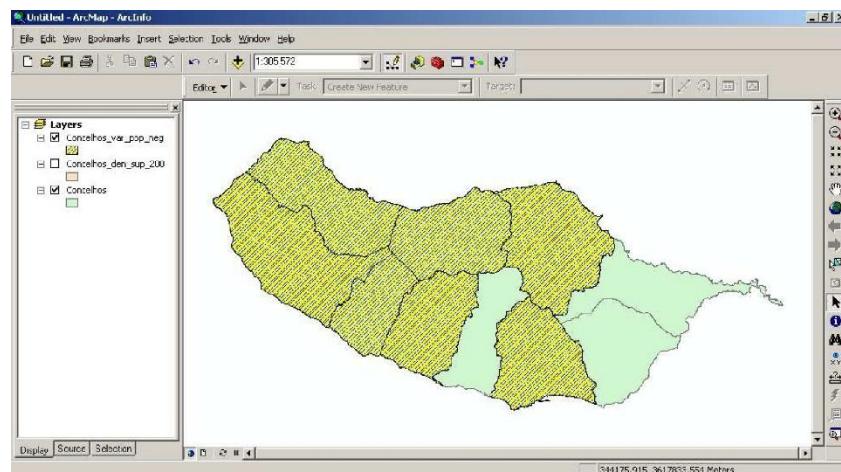
Verifique o resultado:



- 1.7. Guarde os resultados obtidos da seleção numa nova layer. Para tal, ainda com os elementos selecionados na query anterior, selecione o layer concelhos na tabela de conteúdos e com o botão direito do rato faça: Data > Export Data, verifique que está activa a opção “Selected features” e crie uma nova shapefile no seu directorio de trabalho de nome: concelhos_dens_pop200. Por fim permita que o ArcGIS adicione esta nova layer ao mapa:



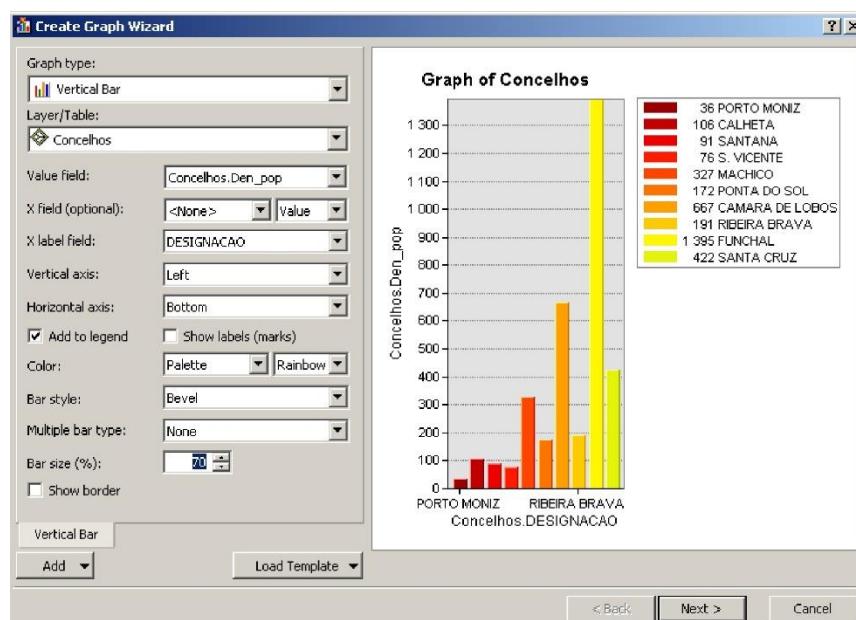
- 1.8. Repita os procedimentos de 1.6 a 1.7 para criar um novo layer (**Concelhos_var_pop_neg**) com os concelhos que tiveram uma variação populacional negativa (var_pop<0). Deverá obter o seguinte resultado:



2. Pretende-se agora criar um gráfico com a variação da população entre 1991 e 2001, outro com a densidade populacional nos concelhos da ilha da Madeira e um que combine os dois atributos.

2.1. Para criar um gráfico com a densidade populacional aceda à tabela de concelhos e no menu Table Options faça Create Graph:

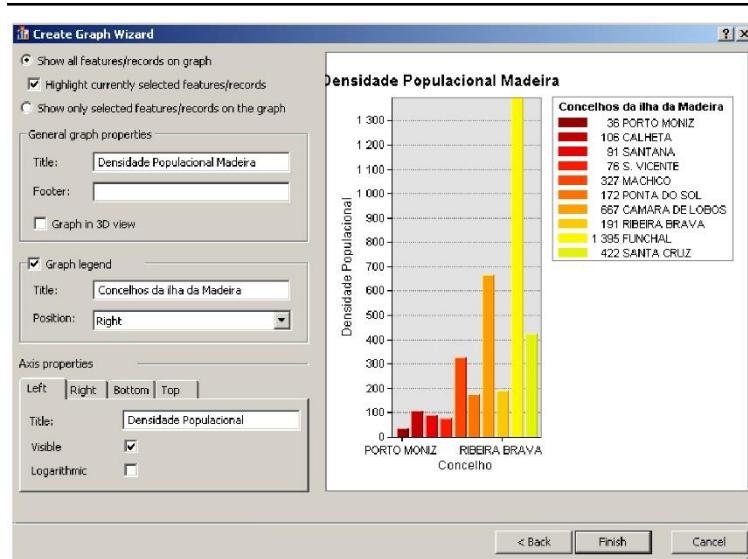
- o Como tipo de gráfico selecione Vertical Bar;
- o Em Layer/Table selecione o tema Concelhos;
- o Em Value field selecione o campo Concelhos.Den_pop;
- o Em x label field selecione o campo DESIGNACAO;
- o Em color selecione Palette e seleccione a paleta Rainbow;
- o Em Bar Style selecione Bevel;
- o Por fim selecione Next;



Na nova janela que aparecerá no seu ecrã, adicione os seguintes elementos ao seu gráfico:

- Em Title dê o nome de “Densidade Populacional Madeira” ao seu gráfico;
- Em Graph Legend>Title atribua um título à sua legenda (por exemplo: Concelhos da ilha da Madeira);
- Em Axis Properties>Left atribua o nome de Densidade Populacional;
- Em Axis Properties>Bottom atribua o nome de Concelhos;

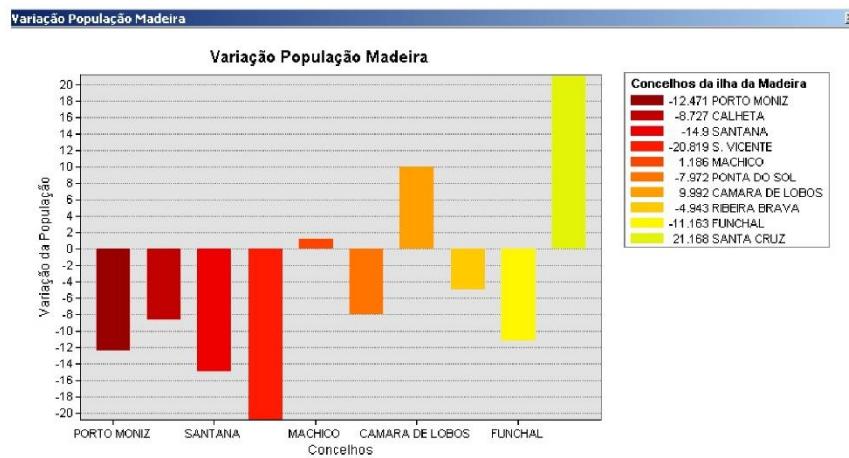
Por fim selecione Finish.



Deverá então visualizar o seu gráfico e exporte-o para um ficheiro .jpg.

- 2.2. Produza agora um novo gráfico com a variação da população na ilha da Madeira, mostrando de forma gráfica os concelhos que perderam e que ganharam população.

Deverá obter o resultado que se segue:



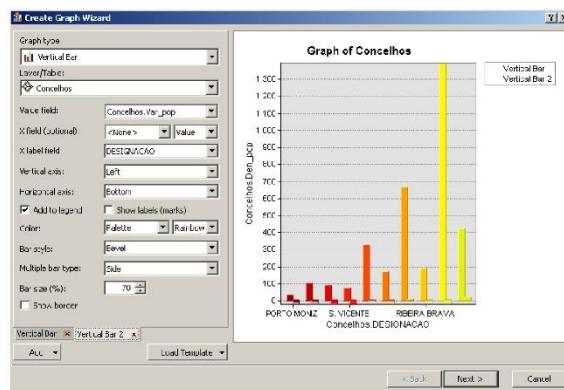
- 2.3. O próximo passo consiste na criação de um gráfico com os dois atributos (densidade populacional e variação da população).

- 2.3.1. Table Options > Create Graph.
- 2.3.2. Como tipo de gráfico selecione Vertical Bar;
- 2.3.3. Em Layer/Table selecione o tema Concelhos;
- 2.3.4. Em Value field selecione o campo Concelhos.Den_pop;
- 2.3.5. Em x label field selecione o campo DESIGNACAO;
- 2.3.6. Em color selecione Palette e escolha a paleta Rainbow;
- 2.3.7. Em Bar Style selecione Bevel;

Em seguida, selecione Add>New Series. Preencha a janela da seguinte forma:

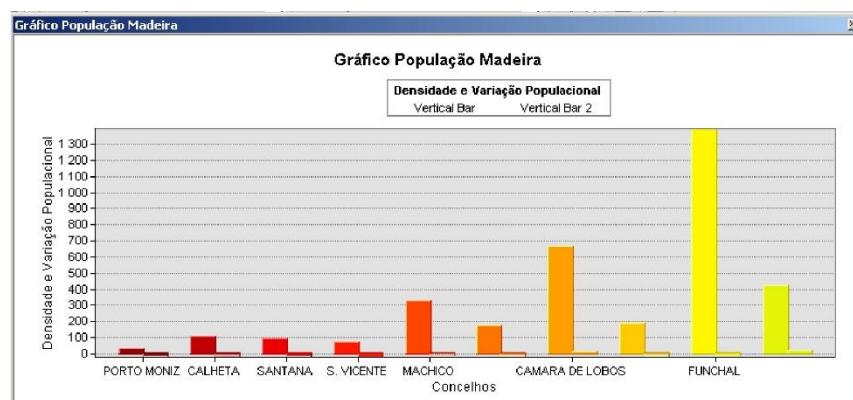
- 2.3.8. Como tipo de gráfico selecione Vertical Bar;
- 2.3.9. Em Layer/Table selecione o tema Concelhos;

- 2.3.10. Em Value field selecione o campo Var_pop;
- 2.3.11. Em x label field selecione o campo DESIGNACAO;
- 2.3.12. Em color selecione Palette e seleccione a paleta Rainbow;
- 2.3.13. Em Bar Style selecione Bevel;
- 2.3.14. Selecione Next.



- 2.3.15. Preencha a janela que se segue da seguinte forma:

- Em Title dê o nome de “**Gráfico População da Madeira**” ao seu gráfico;
- Em Graph Legend>Title atribua um título à sua legenda (Densidade e Variação Populacional) e selecione como posição o topo do gráfico (top);
- Em Axis Properties>Left atribua o nome de Densidade e Variação Populacional;
- Em Axis Properties>Bottom atribua o nome de Concelhos;
- Por fim selecione Finish.



DESAFIO semanal (executar na semana de trabalho autónomo)

Produção de um mapa temático com a densidade populacional na ilha da Madeira nos anos 1960, 1981, 2001, 2011.

Para o efeito recorra aos dados disponibilizados no portal PORDATA: <http://www.pordata.pt/>

Este site permite explorar informação dos censos obtidos pelo Instituto Nacional de Estatística e pode visualizar a informação através de tabelas, mapas ou gráficos, assim como exportar a informação que consulta para ficheiros de diferentes formatos. A ideia é obter uma tabela excel com os dados relativos à densidade populacional dos concelhos da ilha da Madeira e importar essa tabela para o seu projeto SIG em ArcGIS. Para o efeito terá que seguir os seguintes passos:

3.1. Selecione Municípios no Portal

3.2. Selecione o tema de informação que deseja consultar no portal PORDATA: Censos da População>Densidade populacional;

Pordata>Portugal>População>Censos da População>Densidade populacional

3.3. De seguida escolha a opção: Mais opções e dados



3.4. Selecione apenas os concelhos da ilha da Madeira na opção: Territórios

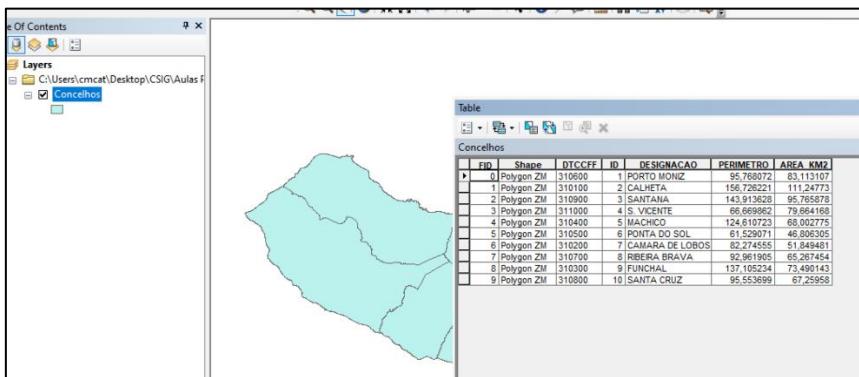
3.5. Selecione as datas: 1960, 1981, 2001, 2011;

3.5. Exporte o resultado para uma tabela excel;

3.4. Formate a tabela excel de modo a não conter linhas ou colunas em branco antes da informação útil e verificar que os nomes dos concelhos estão com mesma designação com que aparecem na tabela Concelhos (da shapefile) e na coluna “Designacao”, caso não estejam terá que fazer a edição manualmente na tabela excel;

Repare que sendo uma coluna do tipo texto, os valores devem respeitar exactamente as mesmas características (Maiusculas, escrita exatamente da mesma forma, etc..).

No Arcmap a sua tabela tem este aspeto:



A tabela original produzida pelo portal Pordata tem este aspecto:

Anos	Territórios			
	N.º milhares de habitantes por Km ²			
1960	Calheta (R.A.M.)	197,6	117,4	108,3
1981	Câmara de Lobos	574,5	599,1	668,2
2001	Funchal	1 294,4	1 487,4	1 371,5
2011	Machico	316,3	324,0	318,4
	Ponta do Sol	295,5	195,5	173,6
	Porto Moniz	77,9	48,0	35,5
	Ribeira Brava	200,0	172,5	170,2
	Santa Cruz	423,5	344,6	440,3
	Santana	145,7	117,3	91,8
	S. Vicente	143,6	105,2	76,7

Densidade populacional segundo os Censos
Fonte: INE e Pordata
Data utilizada: 2020-02-06

Informações:
• Dados da sétima, nona e décima contagem da população.
• Dados Pordata
• Dados utilizados: 2020-02-06

Dados obtidos em <http://www.pordata.pt> a 29-10-2020

Tabela deverá ficar com este aspecto: (verifique se o seu Arcmap usa o mesmo símbolo (, ou ,) para o numero decimal), deverá manter a mesma forma de representar números decimais, alterando na tabela excel caso seja necessário)

Concelho	1960	1981	2001	2011
Calheta	197,6	117,4	108,3	103,3
Câmara de Lobos	574,5	599,1	668,2	684,0
Funchal	1 294,4	1 487,4	1 371,5	1 469,5
Machico	316,3	324,0	318,4	319,5
Ponta do Sol	295,5	195,5	173,6	191,9
Porto Moniz	77,9	48,0	35,5	32,7
Ribeira Brava	305,0	207,7	192,5	204,5
Santa Cruz	430,3	344,6	440,3	527,7
Santana	145,7	117,3	91,8	80,8
S. Vicente	143,6	105,2	76,7	72,6

3.5. Efetue a operação de join entre ambas as tabelas Concelhos e a tabela excel do Pordata;

3.6. Crie um **layout** de um mapa da ilha da Madeira mostrando cada concelho com um gráfico Pie ou Barras o atributo “densidade populacional” nas vias datas 1960, 1985, 2001, 2011. Insira a legenda, a escala gráfica, a indicação do norte e o título do mapa e exporte para um ficheiro .jpeg.

Exercício 5.1 – Sistemas de Referência: O comando **Project** e o uso da projeção **ON-the-FLY**



30 min



Médio

INTRODUÇÃO

Os técnicos SIG são confrontados frequentemente com problemas relacionados com sistemas de referência. Em certos estudos é necessário integrar no mesmo projeto, dados em vários sistemas de referência, bem como ajustar toda a informação de trabalho para o mesmo sistema de referência comum.

Neste

COMANDOS NOVOS

- **Define Projection:** Os dados têm SRC mas o software desconhece
- **Enable Projection on-the-fly:** Projeção visual dos dados num SRC distinto do SRC dos dados
- **Projet:** reprojeção física dos dados num SRC distinta

INFORMAÇÃO DE PARTIDA

- “h040.shp” folha de uso do solo, camada de polígonos em formato *shapefile* (SRC: : **UTM fuso 30N datum ED50**)
- “h041.shp”, folha de uso do solo, camada de polígonos em formato *shapefile* (SRC: **UTM fuso 31N datum ED50**)
- “458-3-8.jpg”, imagem ortofotomapa em formato .jpg
- “A_458-38.shp”, curvas de nível, camada de linhas em formato *shapefile*

PASSOS

1. Reprojetar visualmente (on-the-fly) e efetivamente (projet) as folhas da carta uso do solo h040 e h041
 - A folha H040 está no sistema de projeção cartográfico: UTM fuso 30N datum ED50
 - A folha H041 está no sistema de projeção cartográfico: UTM fuso 31N datum ED50
2. Reprojetar visualmente (on-the-fly) e efetivamente (projet) as curvas de nível A_458-38.shp e o ortofotomapa 458-3-8.jpg.

Resolução

1. O comando **projeto On-the-fly** e usar o comando **Projeto**

Adicionar as camadas “h040.shp” e “h041.shp”.

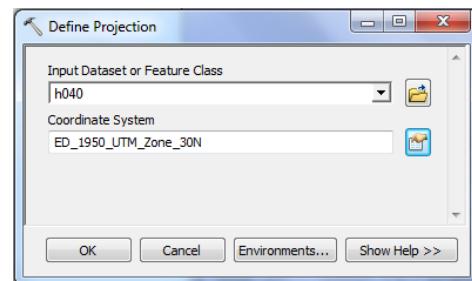
Obter informação sobre o sistema de referência das camadas: “<Undefined>”.

Definir o sistema de projeção da camada “h040.shp” para UTM fuso 30N datum ED50: ArcToolbox - Data Management Tools

- Projections and Transformations - **Define Projection**:

Input Dataset: “h040”

Coordinate System: Projected Coordinate Systems -
UTM - Europe - European Datum 1950 UTM Zone 30N



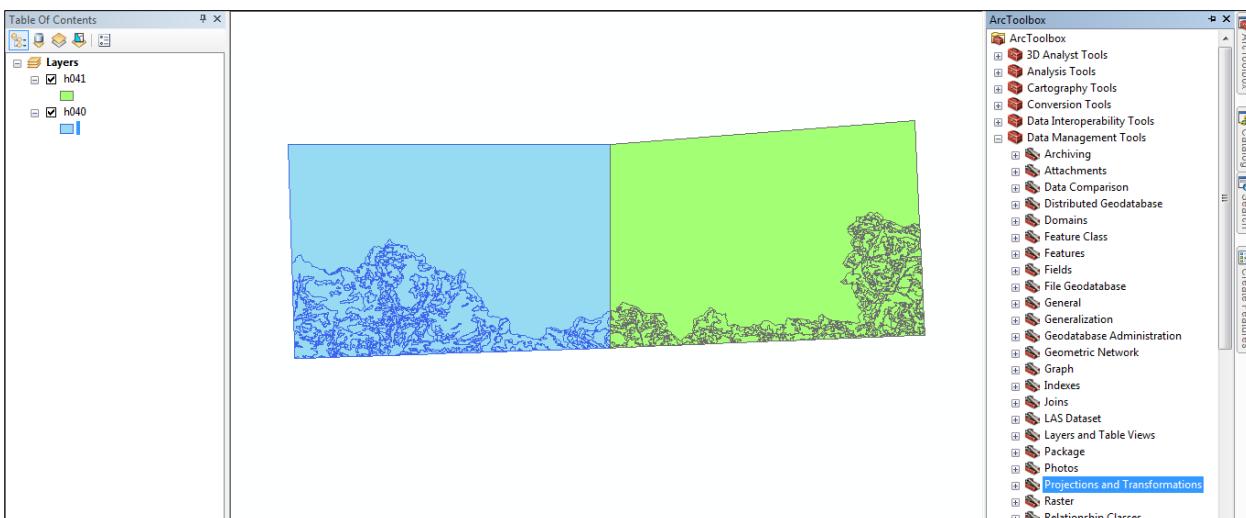
Definir o sistema de projeção da camada “h041.shp” para UTM fuso 31N datum ED50: ArcToolbox - Data Management Tools

- Projections and Transformations - Define Projection:

Input Dataset: “h041”

Coordinate System: Projected Coordinate Systems -
UTM - Europe - European Datum 1950 UTM Zone 31N

Alterar o sistema de referência do mapa para UTM fuso 30N ED50, disponível em *Layers - h040*.

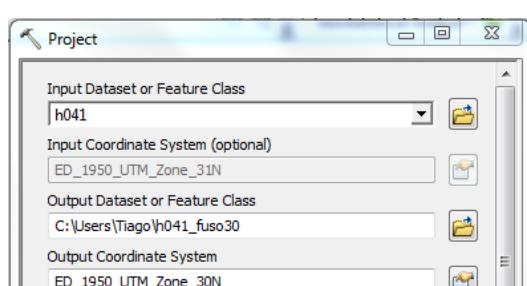


Criar uma camada nova tendo por base a “h041” no fuso 30N: ArcToolbox - Data Management Tools - Projections and Transformations - Project:

Input Dataset: “h041”

Output: “h041_fuso30”

Output coordinate system:
ED_1950_UTM_Zone_30N



Remover o sistema de projeção do mapa (“Layers” - *Properties - Coordinate System: Clear*) e comprovar que as camadas “h040” e “h041_fuso30” estão unidas definitivamente.

2. O comando projet On-the-fly e usar o comando Projet: curvas de nível e o ortofoto.

- 2.1. Crie um projeto Arcmap novo;
- 2.2. Adicione as camadas ““458-3-8.jpg” e “A_458_38.shp”.
- 2.3. Verifique qual o sistema de referência de cada uma das camadas.

Verifique que a camada:

458-3-8.jpg tem como SRC: **ED_1950_UTM_Zone_30N**

A_458_38.shp tem como SRC: **ETRS_1989_UTM_Zone_30N**

- 2.4. Defina o sistema de projeção do seu projeto Arcmap para ETRS_1989_UTM_Zone_30N.

Repare que a projeção cartografia (UTM na Zona/Fuso 30N) é a mesma, mas o datum é distinto. O datum ED_1950 é um datum local e o datum ETRS_1989 é global.

- 2.5. Reprojetate visualmente (on-the-fly) os dados para o SRC **ETRS_1989_UTM_Zone_30N**.

Pretende assim usar o método de transformação on-the-fly para converter os dados 458-3-8.jpg do datum entre ED50 para o datum ETRS89:

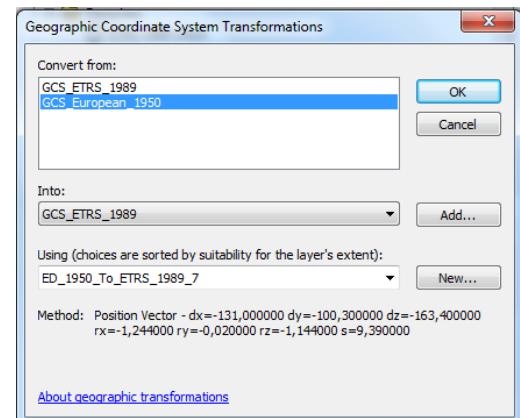
menu contextual de “Layers” - *Properties -Coordinate System:*

Transformations

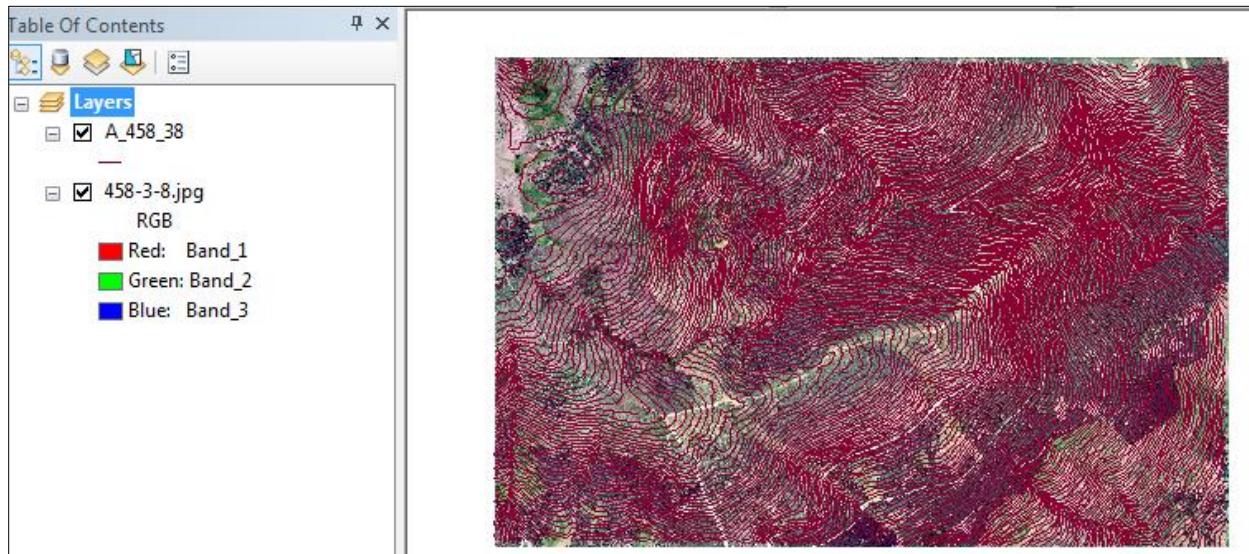
Convert from: GCS_European_1950

Into: GCS_ETRS_1989

Using: ED_1950_To_ETRS_1989_7 (7 parâmetros)



Verifique que as camadas ficaram sobrepostas! Contudo os sistemas de referencia cartograficos de ambas as camadas mantiveram-se inalteráveis! Apenas realizou uma reprojeção visual!



2.6. Agora pretende realmente reprojetar o seu ortofotomapa para o sistema ETRS_1989_UTM_Zone_30N:

Então na toolbox:

ArcToolbox - Data Management Tools - Projections and Transformations - Raster - Project Raster:

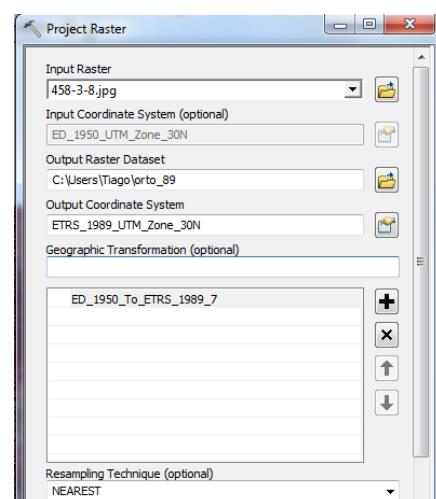
Input raster: "458-3-8.jpg"

Output raster: "orto_89"

Output coordinate system: ETRS_1989_UTM_Zone_30N

Geographic transformation: ED_1950_To_ETRS_1989_7

Resampling Technique: NEAREST



Verifique agora que as camadas de informação "orto_89" e "A_458_38.shp" coincidem definitivamente, pois enocntram-se no mesmo sistema de referencia!

Exercício 5-2 – Georreferenciação



30 min



Médio

INTRODUÇÃO

Neste exercício pretende-se colaborar no projeto de atualização cartográfica do Campus da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL). Para o efeito, detetou-se que não existe documentação digital sobre plantas dos espaços exteriores do Campus da FCUL e será necessário recorrer a informação externa para complementar a informação existente das plantas dos edifícios do Campus. A documentação externa que se conseguiu é um ortofoto da zona mas do qual desconhecemos o seu sistema de coordenadas. Como tal, com este exercício pretende-se georreferenciar o ortofoto, usando como apoio a planta dos edifícios do Campus da FCUL já existente no formato shapefile, e avaliar a qualidade dessa georreferenciação de acordo com a precisão planimétrica que se pretende.

OBJETIVOS E COMANDO NOVOS

Aprender a georreferenciar mapas ou ortofotos previamente digitalizados

- Barra de ferramentas Georeferencing: Menu contextual do menu principal - *Georeferencing*
- Georreferenciação: *Georeferencing – Layer*
- Georreferenciação: ajuste aproximado: *Georeferencing-Fit to Display*
- Georreferenciação: ajuste fino: *Georeferencing-Add Control points*
- Georreferenciação: ajuste fino: *Georeferencing-Input X and Y*
- Georreferenciação: ajuste fino: *Georeferencing-View Link table*
- Georreferenciação: ajuste fino: *Georeferencing: Rectify*

INFORMAÇÃO DE PARTIDA

- “Ortofoto.tif”, imagem em formato .tif (**sem sistema de referência de referência cartográfico conhecido**)
- “edifícios_FCUL.shp” camada de polígonos representando os edifícios do campus da FCUL em formato *shapefile*, que se encontra no **sistema PT-TM06/ETRS89**; Escala de representação: **1: 2000**;

PASSOS

1. Georreferenciação do ortofoto (sem sistema de referência conhecido) no sistema de referência PT-TM06/ETRS89 usando como apoio os edifícios do campus da FCUL (shapefile edifícios_FCUL.shp).

Resolução

1. Objectivo: Georreferenciar o ortofoto (sem sistema de referência conhecido) no sistema de referência PT-TM06/ETRS89 usando como apoio os edifícios do campus da da FCUL (shapefile edificios_FCUL.shp).

Abrir o ArcMap e adicionar a imagem do “ortofoto.tif” e a camada “edificios_FCUL.shp”.

Carregar a barra de ferramentas **Georeferencing**, Menú contextual do menu principal - **Georeferencing**

No menu **Georeferencing**, confirmar que a imagem activa é o “ortofoto.tif”.

Fazer um zoom sobre o layer edificios_FCUL

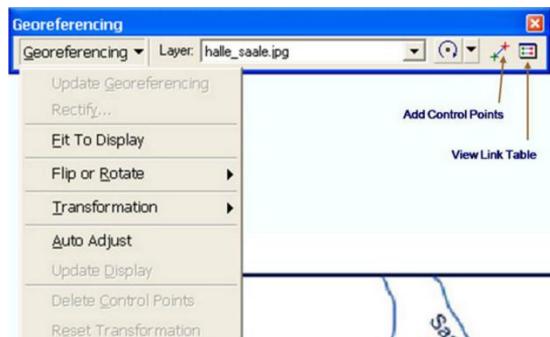
Trazer a imagem à extensão actual **Georeferencing-Fit to Display**

Repare que o ortofoto não está devidamente localizado e não se sobrepõe com a camada edificios_c8.shp.

Obtenha informação sobre o sistema de projecção da camada edificios_FCUL.shp

Fazer um ajuste fino da imagem ortofoto.tif, identificando pontos comuns entre a imagem e a camada dos edificios_FCUL, criando pontos de controlo:

a) No menu **Georeferencing** escolha **ADD Control Points**



b) Identificar um ponto comum:

c) Fazer um zoom na zona desse ponto

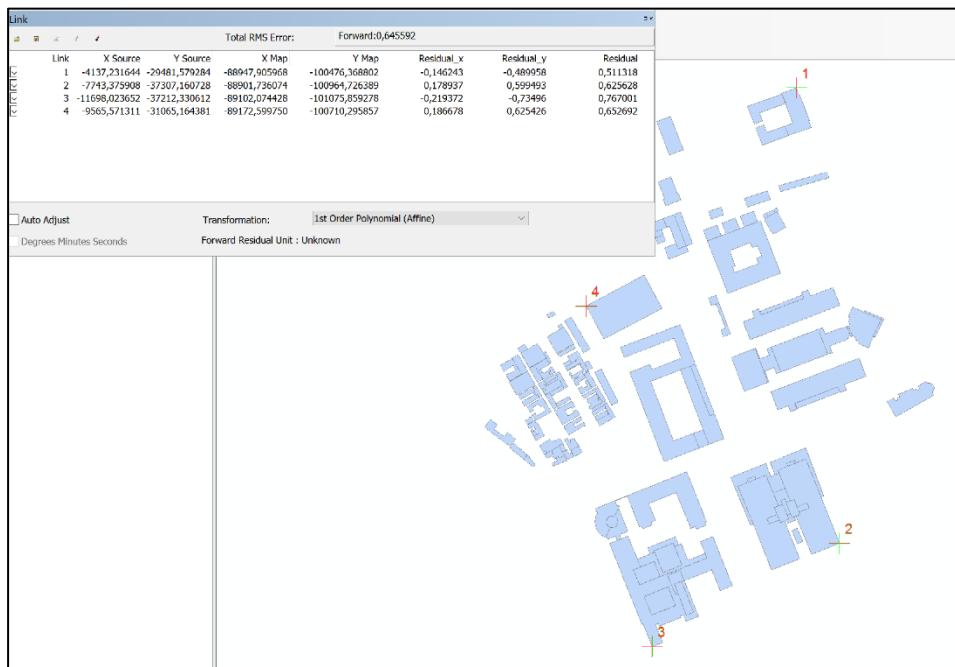
d) Criar um ponto de controlo: clique primeiro no ponto no ortofoto.tif e depois no ponto correspondente na camada edificios_FCUL.shp

e) Repetir o processo, criando vários pares de pontos correspondentes (selecione sempre primeiro um ponto na imagem que pretende georreferenciar e em seguida selecione o correspondente ponto na camada georreferenciada).

Critérios na escolha dos pontos:

1. Em número suficiente para executar a transformação matemática que escolher (normalmente no mínimo são 3 pontos não colineares, para uma transformação Afim (Affine) de 6 parâmetros);
2. Bem distribuídos pela região a georreferenciar;
3. Em número suficiente e com a distribuição adequada de forma ao Erro Médio Quadrático global ser inferior ao erro máximo admissível para a escala (ou resolução espacial) dos dados, que se está a usar no projecto.

Para avaliar os resíduos resultantes da georreferenciação com os pontos de controlo utilizados, selecione Georeferencing- **View Link Table** (a ideia geral é ir adicionando e substituindo os pontos de controlo com maiores resíduos por outros pontos de controlo até que a transformação (resultante da georreferenciação) apresente o menor erro médio quadrático global possível). Se cometeu algum erro, pode apagar o ponto abrindo a tabela dos pontos de controlo: **Georeferencing- View Link Table**, selecionando o ponto errado e eliminando com o botão situado à direita da janela.



Confira o valor dos resíduos para cada ponto de controlo, e confira o Total RMS Error (Total root mean square Error). Este valor deve ser inferior ao erro máximo admissível para a precisão planimétrica / resolução do seu projeto. Neste caso particular, a resolução geométrica da imagem é de 0.5 m (ou seja, não poderá diferenciar nenhum objeto de dimensão inferior a 0.5 m).

O **Total RMS Error** fornece informação de quão consistentes os seus pontos de controlo estão entre si e com o mapa de referência (neste exercício com a shapefile edificios_FCUL). Note-se que um valor baixo não significa necessariamente uma boa georreferenciação, significa que você georreferenciou de forma consistente. Um RMS elevado indica que os seus pontos de controlo são menos consistentes uns com os outros, em comparação com um baixo RMS. Uma maneira de resolver este problema é identificar pontos de controlo problemáticos e substituir ou remover esses pontos. No entanto, deve sempre reavaliar o quanto bem a sua imagem mapeia a área de estudo em comparação com os mapas (shapefiles) de referência.

Uma vez terminado o processo e aceite o valor do RMS total, efetue a transformação matemática pretendida e selecione no menu Georeferencing- **Rectify**, e adicione a imagem transformada ("ortofoto_georref.tif") à tabela de conteúdos, com Layers > Add Data.



Neste momento o seu ortofoto original (ortofoto.tif) foi georreferenciado para o sistema de referência da shapefile edificios_FCUL.shp, ou seja, foi transformado para o sistema PT-TM06/ETRS89. Quaisquer elementos novos que crie (novas shapefiles) usando como referência espacial o “ortofoto_georref.tif”, estes ficarão necessariamente referenciados ao sistema PT-TM06/ETRS89.

Exercício 5-3 – Sistemas de Referência: Importação de dados (Geometria: Ponto) com coordenadas conhecidas



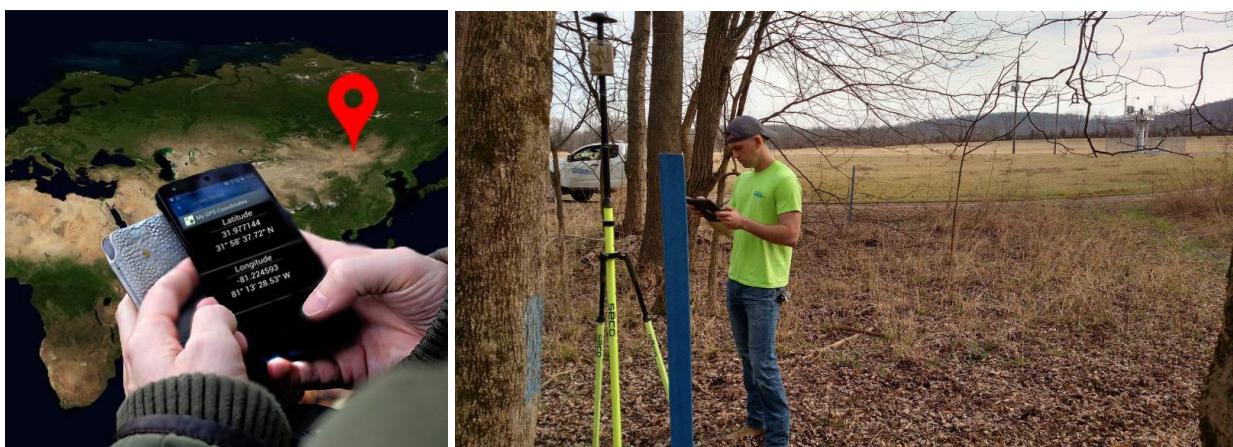
20 min

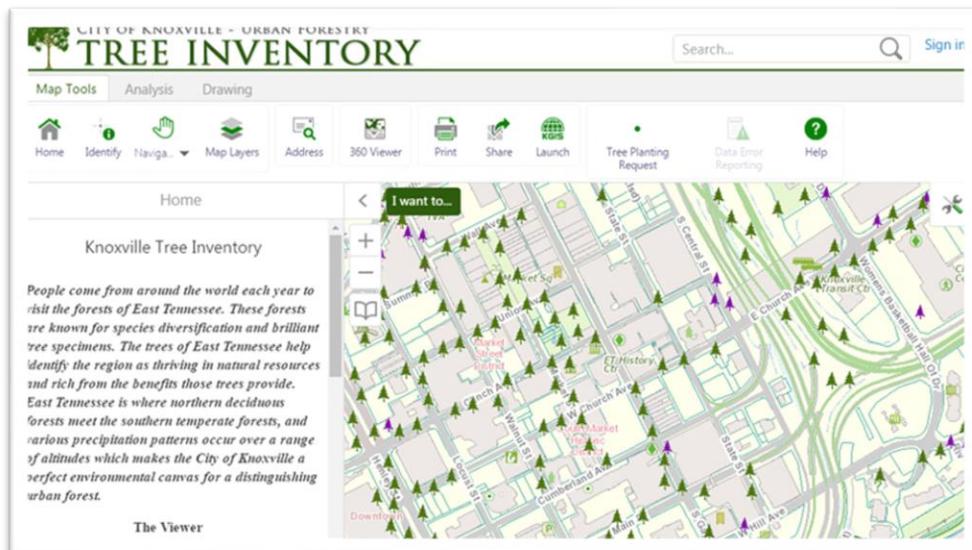


Fácil

INTRODUÇÃO

Para se trabalhar com SIG é necessário muitas vezes adquirir informação e convertê-la para o formato legível pelo software. Neste exercício vai usar pontos com coordenadas conhecidas, que poderia ter adquirido num levantamento no terreno com GPS ou mesmo através do GPS do seu telemóvel (com a qualidade posicional que lhe estiver associada) que vão ser usadas para criar uma shapefile do tipo ponto em ArcGIS, representando **árvores notáveis** na cidade de Lisboa. Estes pontos vão ser usados como referência para a vectorização de polígonos que definam espaços verdes urbanos.





OBJETIVOS E COMANDO NOVOS

- Aprender a importar ficheiros (tipo texto ou folhas excel) com coordenadas de pontos (ID, X, Y) ou (ID, Lat, long) para o ArcGIS usando o comando File > ADD Data > ADD XY Data.
- Criar novas shapefiles a partir de ficheiros com coordenadas de pontos

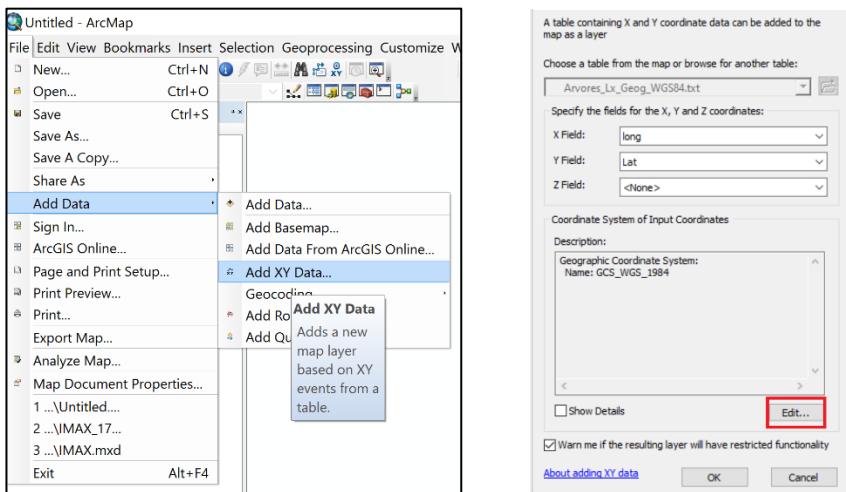
INFORMAÇÃO DE PARTIDA

- Arvores_Lx_Geog_WGS84.txt (Tabela com as coordenadas de árvores notáveis de Lisboa, em sistema Geográfico, Datum: WGS84, Elipsoide: WGS84)
- Freg_Lisboa.shp: Freguesias da Cidade de Lisboa no sistema ETRS89/TM06-PT

RESOLUÇÃO

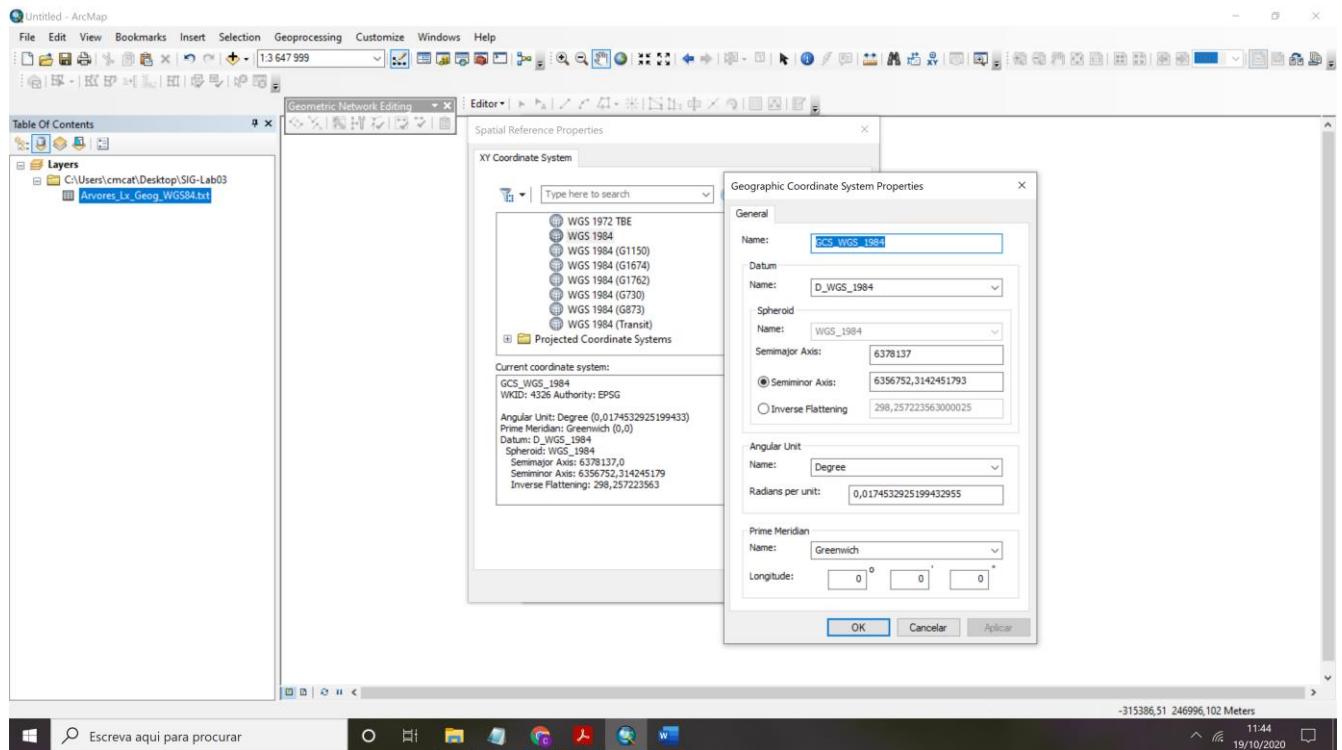
1. Criação de um novo projecto em ArcGIS (Eps_Urbanos_LX.mxd) e importação das coordenadas das árvores notáveis da Cidade de Lisboa;

- a) Importe o ficheiro Arvores_Lx_Geog_WGS84.txt no Arcmao através da ferramenta File > ADD Data > Add XY Data



(atenção ao formato do ficheiro: tem que ter cabeçalho com o nome das colunas na 1ª linha, os valores das colunas têm que estar separados (por exemplo por espaços, vírgulas, tabs ou ponto e vírgula)).

b) Especifique quais as colunas que representam a coordenada X (que é a Long) e a coordenada Y (que é a Latitude); Ao adicionar um ficheiro de pontos através deste procedimento é criado uma camada de informação temporária que tem que ser exportada para uma shapefile, senão não fica com ela guardada no seu disco do PC;



Especifique também (no botão EDIT da janela de importação) que as coordenadas destes pontos estão no sistema: Geographic Coordinate Systems > World > WGS84

c) Exporte o layer temporário events (layer que foi gerado a partir da importação do ficheiro .txt) para uma nova shapefile de nome **arvores_lx.shp**.

d) Adicione ao seu mapa a *layer* das freguesias de Lisboa (Freg_Lisboa.shp) para ter um enquadramento das freguesias.



e) Verifique que espécies distintas de árvores existem na freguesia em que se encontra o Campus da FCUL, usando os atributos da tabela das árvores notaveis;

Exercício 6-1 – Importação de Dados CAD e OpenStreetMap para ArcMap



30 min



Médio

INTRODUÇÃO

Para este exercício tivemos acesso a um ficheiro CAD com a planta do espaço da cidade Universitária (Campus_UL.dxf), obtido a partir de técnicas fotogramétricas. Pretende-se importar a informação que se encontra nesse ficheiro CAD para um projeto ArcMap com o objetivo de complementar a informação dos exercícios 5-1-5.3. Para o efeito, a informação contida no ficheiro CAD terá que ser validada e corrigida do ponto de vista topológico antes de ser usada em SIG. Esta aula pretende demonstrar como se importam dados CAD para um SIG e como se tratam esses dados para poderem ser usados em SIG.

OBJETIVOS E COMANDO NOVOS

- Importar dados CAD para SIG
- Criação de topologia
- Edição topológica
- Correção topológica

INFORMAÇÃO DE PARTIDA

- “Campus_UL.dxf”, ficheiro CAD no formato .dxf da planta do Campus da cidade Universitária da Universidade de Lisboa.
- “Ortofoto_georref.tif”, imagem em formato .tif (georreferenciada no exerc. 5.2)
- “edifícios_FCUL.shp” camada de polígonos representando os edifícios do campus da FCUL em formato *shapefile*, que se encontra no sistema PT-TM06/ETRS89
- “Area_estudo_UL.shp” camada de polígono representando a área geográfica do campus da UL nas imediações da Reitoria da UL;

Resolução

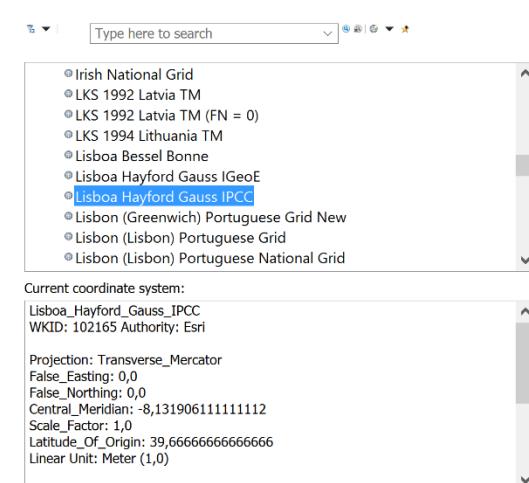
1. Importação de dados CAD Campus_UL.dxf para ArcMap

Os dados CAD podem ser visualizados como uma entidade única (group layer), ou cada *layer* pode ser visto separadamente. Eles apresentam duas entradas no catálogo: primeiro, o ficheiro CAD que representa a combinação de todos os *layers*; e depois, a entrada da coleção que pode ser expandida para mostrar as *feature classes* individuais para os pontos (Points), linhas (Polylines - são qualquer linha definida por três ou mais pontos), polígonos (Polygons) ou anotações (Annotation) das

várias layers, multipatch, etc.-

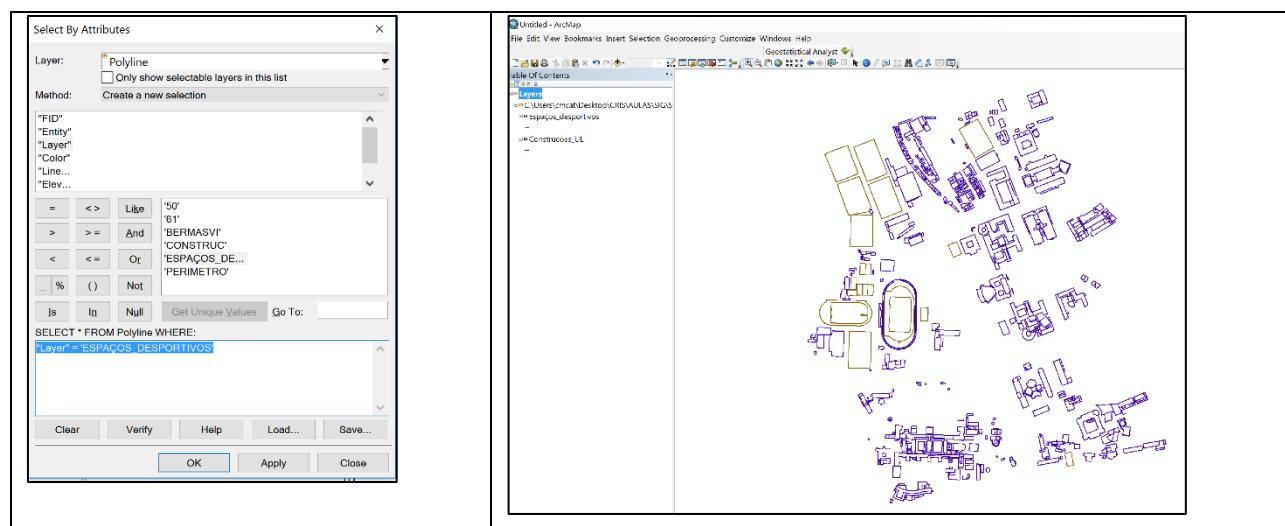
1. Inicie o módulo ArcCatalog: Selecione Iniciar>Programas>ArcGIS>ArcCatalog. No ArcCatalog escolha a sua diretoria de trabalho e insira nessa mesma diretoria os ficheiros disponíveis para a aula prática (Campus_UL.dxf).

1. Atribua um sistema de referência ao ficheiro Campus_UL.dxf. Para tal, invoque o módulo ArcToolbox e selecione Data Management Tools>Projections and Transformations>Define Projection. Em Input Dataset or Feature Class seleccione o ficheiro Campus_UL.dwg e em Coordinate System selecione **Lisbon Hayford Gauss IPCC**. Por fim selecione OK.



3. Em ArcMap faça ADD Layer e adicione ao mapa o Campus_UL.dxf.

4. Verifique cada layer do grouplayer Campus_UL.dxf total. Usando apenas o layer “**Polyline**” execute uma query para selecionar apenas os elementos do “**Layer**” = “**CONSTRUC**’ e exporte os elementos selecionados para uma shapefile “**construcoes.shp**’. Repita o processo para selecionar apenas os elementos do “**Layer**” = ‘**ESPAÇOS_DESPORTIVOS**’ e exporte os elementos selecionados para uma shapefile “**espacos_desportivos.shp**’



2. Importação de dados do OpenStreetMap para ArcMap, via QGIS

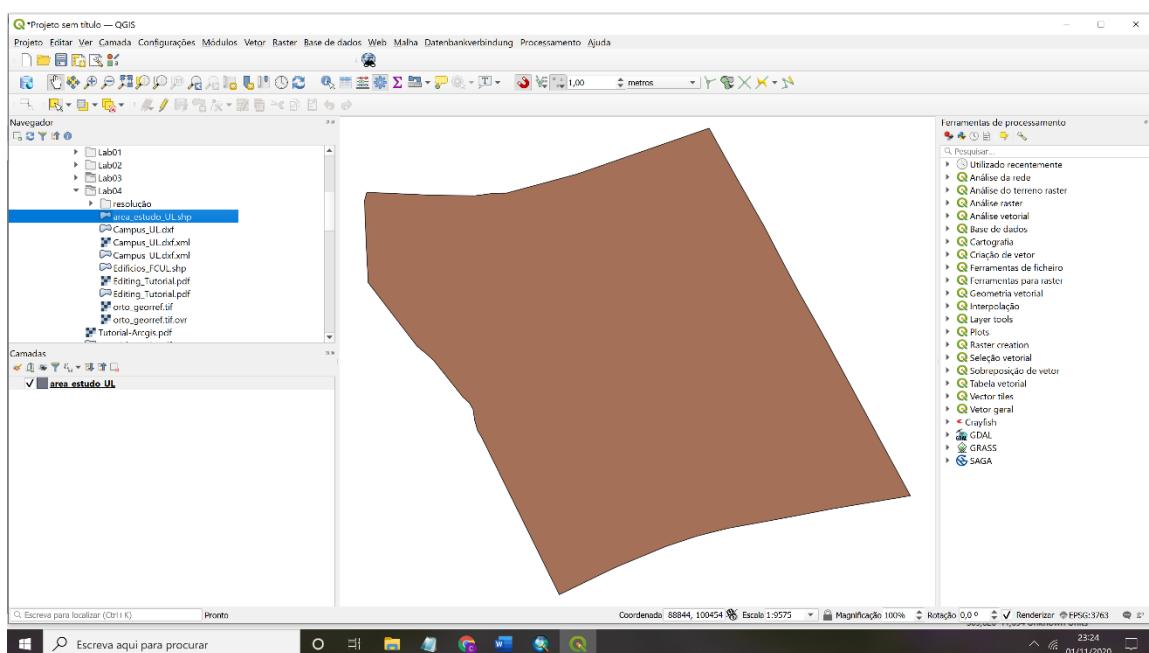
Os dados do OpenStreetMap podem ser disponibilizados de várias formas. Este site contém informação relevante para o efeito: <http://openstreetmap.pt/como-usar-os-dados/>

Neste exercício vamos ter que aceder a outro software para facilitar o processo de acesso a estes dados, ou seja o QGIS (<https://qgis.org/en/site/forusers/download.html>). O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU. O QGIS é um projecto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Funciona em Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e suporta inúmeros formatos de vectores, rasters e bases de dados, e funcionalidades. Mais informações em https://qgis.org/pt_PT/site/about/index.html

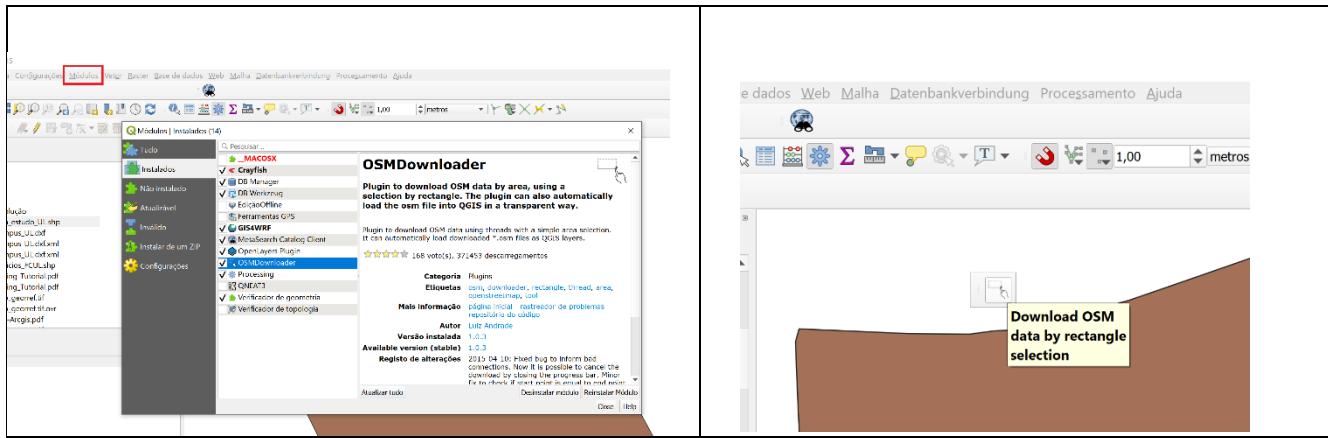
Um tutorial para o QGIS e SIG: https://docs.qgis.org/3.10/pt_PT/docs/gentle_gis_introduction/

1. Inicie o QGIS

2. Verifique o Navegador (browser) e aceda à sua directória de trabalho para adicionar a camada de informação Area_estudo_UL.shp ao mapa;



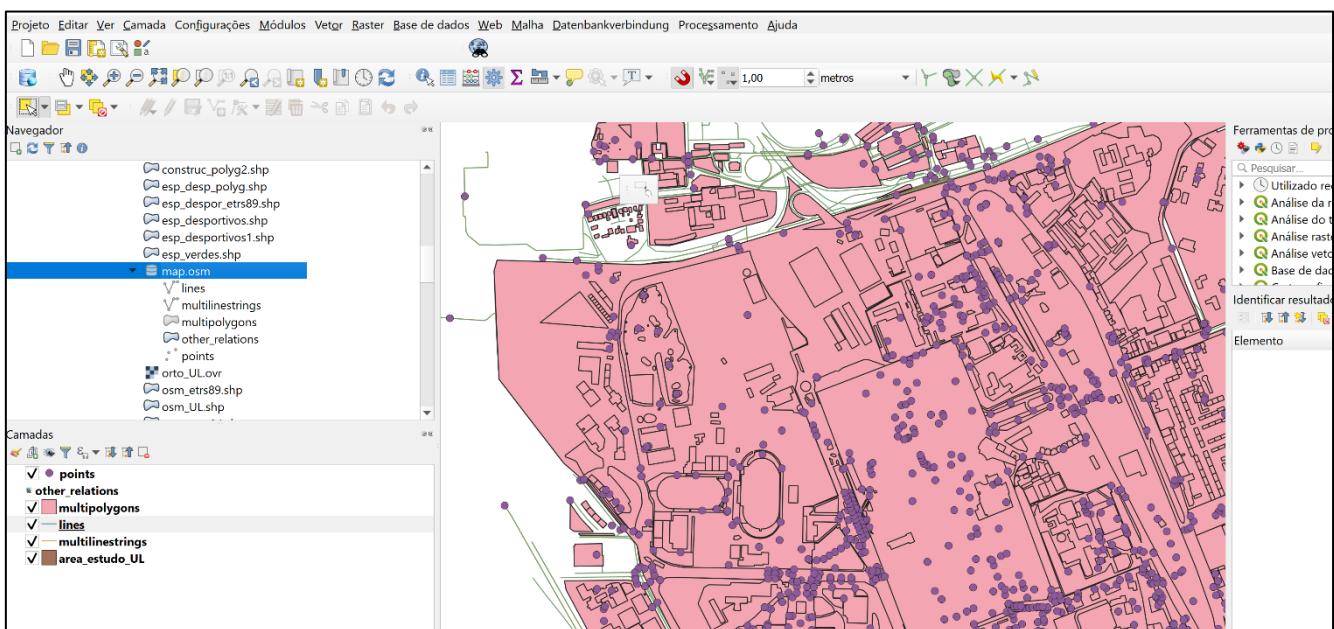
3. No Menu Modulos (Plugin's) vamos analisar se o Plugin para importação dos dados do OpenStreetMap está instalado, caso contrário terá que o instalar:



4. Defina o rectângulo em torno da área de estudo e aguarde pelo download dos dados do OpenStreetMap, a partir do servidor de acesso. Guarde os dados num ficheiro **osm_UL.osm**.

Terá para o efeito que estar conectado à internet.

O ficheiro osm é constituído por um grupo de ficheiros, cada um com os elementos de geometrias pontos, linhas ou polígonos:

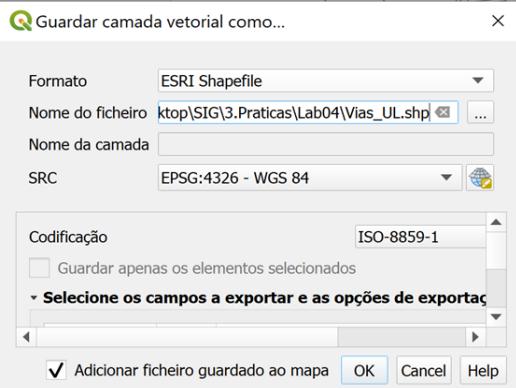


Explore um pouco do conteúdo da informação do OSM, abrindo as tabelas de atributos de cada camada de geometria.

5. Exporte para uma shapefile as vias mais completas que se encontram na camada lines; Para o efeito selecione a camada na lista e faça Exportar > Guardar Elementos como

Formato: ESRI Shapefile
Nome: Vias_UL.shp
Sistema de Referência (SRC): Geographic/WGS84

Coloque esta nova camada na sua diretoria de trabalho;



Exercício 6-2 – Edição e tratamento de dados geométricos em ArcMap



30 min



Médio

Na sequência do exercício anterior vamos proceder a algum tratamento dos dados adquiridos:

- 1. Reprojeção os dados para o sistema de referência cartográfico: PT-TM06/ETRS89**
- 2. Recortar pelo limite da área de estudo**
- 3. Edição de elementos geométricos indevidamente vetorizados**
- 4. Conversão de objetos do tipo polyline para polygon**

INFORMAÇÃO DE PARTIDA

- “Campus_UL.dxf”, ficheiro CAD no formato .dxf da planta do Campus da cidade Universitária da Universidade de Lisboa.
- “Ortofoto_georref.tif”, imagem em formato .tif (georreferenciada no exerc. 5.2)
- “edifícios_FCUL.shp” camada de polígonos representando os edifícios do campus da FCUL em formato *shapefile*, que se encontra no sistema PT-TM06/ETRS89
- “Area_estudo_UL.shp” camada de polígono representando a área geográfica do campus da UL nas imediações da Reitoria da UL;
- “Vias_UL.shp”, camada de linhas em formato *shapefile* obtida a partir do OSM com todas as vias da zona do Campus da UL;
- “construcoes.shp” camada de linhas em formato *shapefile* obtida a partir do ficheiro CAD com todas as construções do campus da UL
- “espacos_desportivos.shp” camada de linhas em formato *shapefile* obtida a partir do ficheiro CAD com todas os espaços desportivos do campus da UL

- 1. Reprojeção os dados para o sistema de referência cartográfico: PT-TM06/ETRS89**

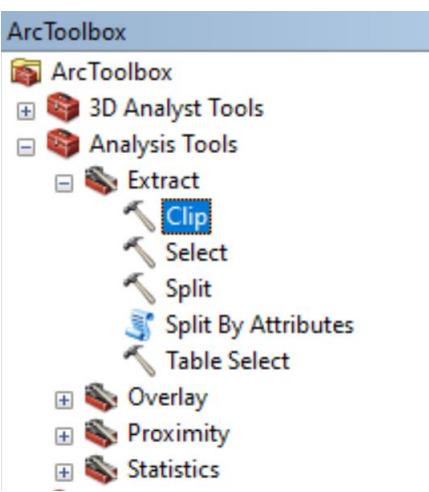
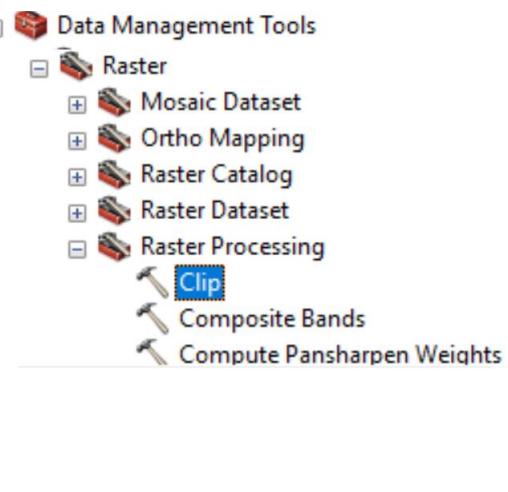
De forma a compatibilizar os seus dados das construções e dos espaços desportivos com os restantes dados do Campus da UL, terá que proceder a uma reprojeção das camadas:

- A) “construcoes.shp” e “espacos_desportivos.shp” do sistema **Lisbon Hayford-Gauss IPCC** para o sistema **PT-TM06/ETRS89**
- B) “Vias_UL.shp”, do sistema **Geographic WGS84** para o sistema **PT-TM06/ETRS89**

Para o efeito recorra à toolbox **Data ManagementTools > Projections and Transformations > Project**. Use um dos métodos disponíveis para conversão entre os dois sistemas!

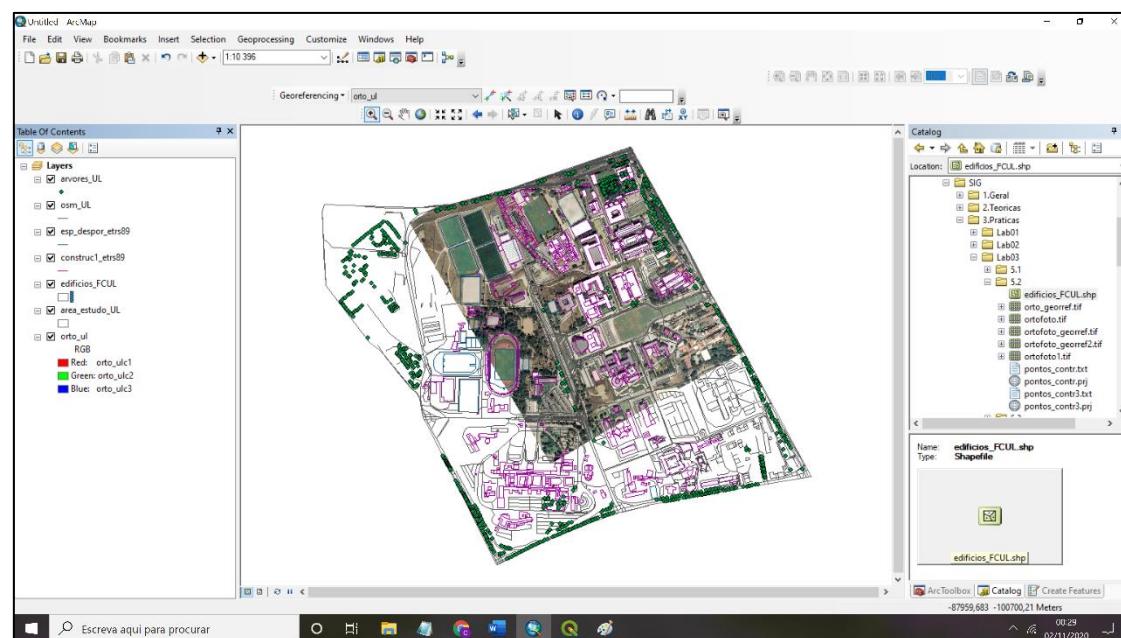
2. Recortar pelo limite da área de estudo

Para obter os dados obtidos anteriormente apenas na sua área de estudo terá que usar a ferramenta CLIP:

Se os dados a recortar são vector	Se os dados a recortar são raster
	

Use como camada de recorte (CLIP feature) o limite da área de estudo **Area_estudo_UL.shp**

- Efetue o CLIP das camadas:
- Vias_UL.shp (do exerc 6.1)
 - Orto_georref.tif (do exerc. 5.2)
 - arvores_lx.shp (do exerc. 5.3)



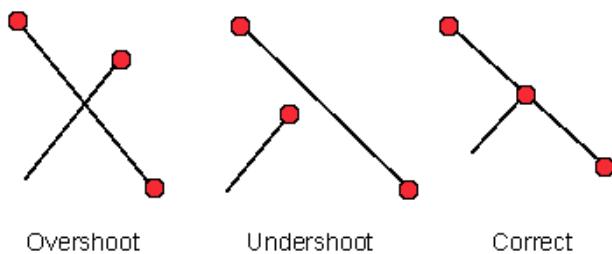
3. Edição de elementos geométricos indevidamente vetorizados e criação de Topologia

O próximo passo consistirá em converter todas as construções e espaços desportivos, originalmente gerados como polylines, para polígonos fechados; acontece que no processo de vectorização são cometidos com frequência muitos erros de topologia que reperem um tratamento o qual pode ser manual ou automatizado;

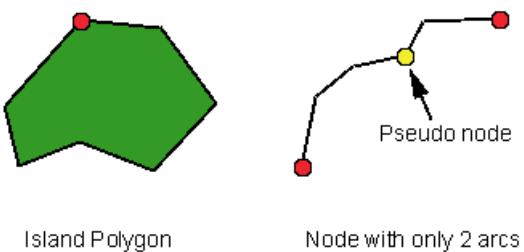
Revisão de problemas que podem ocorrer durante a vectorização em CAD

Durante a edição cartográfica ou durante a vetorização podem ser cometidos determinados erros topológicos tais como:

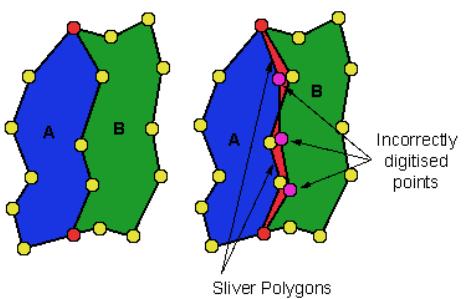
1. Dangles (Overshoots e Undershoots gerados em intersecções de linhas mal resolvidas)



2. Pseudo-Nodes (produzidos quando as linhas são segmentadas)

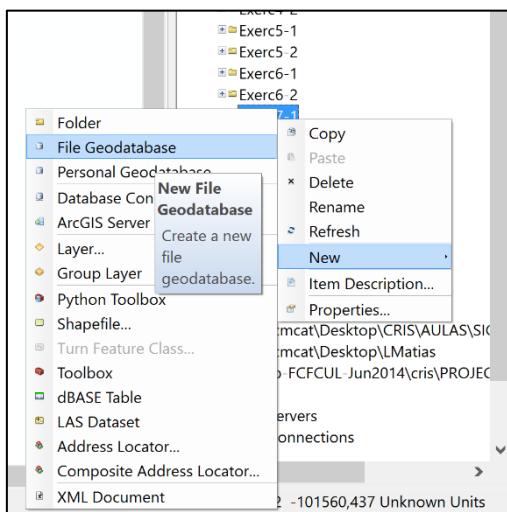


3. Slivers (polígonos erráticos gerados pela sobreposição de linhas que supostamente deviam coincidir)



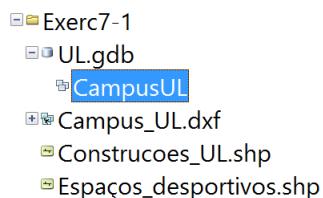
Neste exercício vamos aprender a usar algumas das ferramentas de edição para esse efeito.

1. No ArcCatalog crie, na sua pasta de trabalho, uma nova **Geodatabase**. Para tal, selecione a pasta e com o seu botão direito do rato selecione **New>File Geodatabase** e atribua-lhe o nome **UL.gdb**.

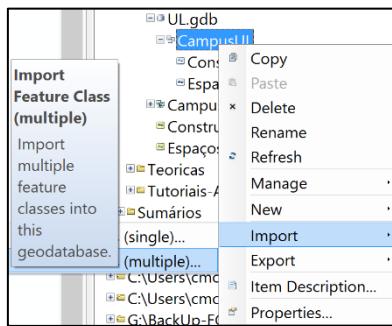


2. Na geodatabase **UL.gdb** vai agora criar uma **Feature Dataset** (trata-se de uma coleção de *feature classes* (coleção de elementos com o mesmo tipo de geometria) que partilham relações espaciais). Para tal, selecione a Geodatabase **UL.gdb** e com o botão direito do seu rato selecione **New>Feature Dataset**. Aparecerá uma janela que deverá ser preenchida da seguinte forma:

- No campo **Name** atribua o nome **CampusUL**;
- Selecione Seguinte;
- Selecione o sistema de coordenadas **ETRS_1989_Portugal_TM06**
- Selecione Seguinte;
- Não atribua nenhum sistema de coordenadas vertical, portanto selecione Seguinte;
- Atribua como valor de tolerância 0.001 m em XY, Z e M.
- Por fim selecione Finish.



3. O próximo passo consiste em importar os elementos das shapefiles “**construcoes.shp**” para a Feature Dataset. Para efectuar a importação selecione a Feature Dataset e com o botão direito do rato selecione **Import > Feature Class (single)**.

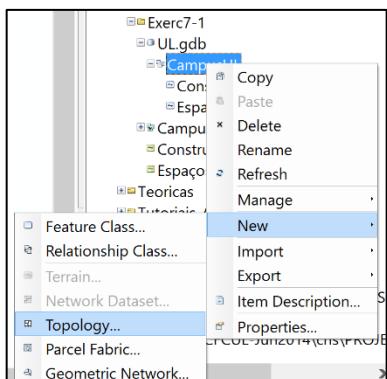


- Por fim seleccione OK.

Os próximos passos têm como objetivo criar uma **topologia** que mais tarde o irá auxiliar na correção dos erros topológicos que os dados CAD possam apresentar.

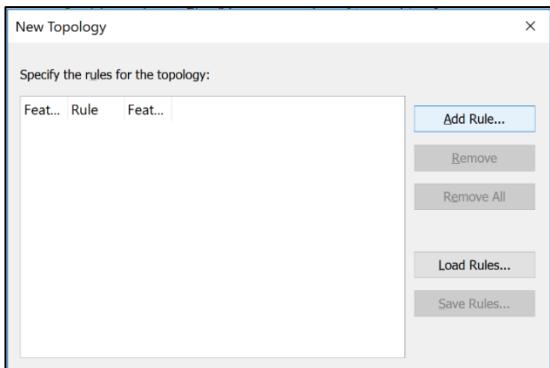
"Topologia refere-se à natureza das relações espaciais que se podem determinar a partir da informação posicional de um objeto em relação a outro. Fornece a informação sobre a conectividade das primitivas geométricas que podem ser interpretadas da geometria subjacente."

4. Para proceder à criação da topologia selecione a Feature Dataset **CampusUL** e, com o botão direito do seu rato, selecione **New>Topology**.



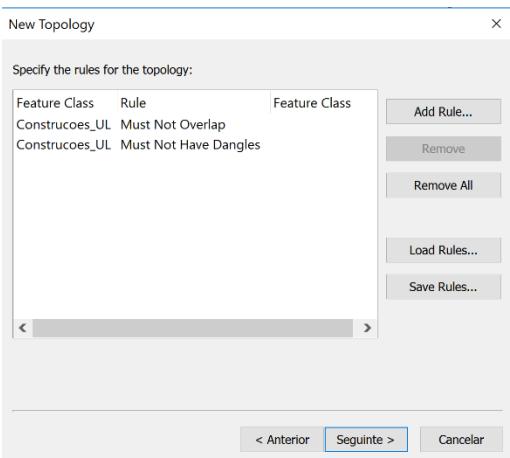
- Na janela **New Topology > Seguinte**;
- **Enter a name for your topology:** CampusUL_Topo
- **cluster tolerance** 0.001 m (cluster tolerance consiste na distância para a qual todos os vértices ou linhas são considerados idênticos ou coincidentes).
- Seleccione **Seguinte**;
- No passo seguinte selecione a *feature class* Construcoes para executar a nova topologia.
Seleccione **Seguinte**;
- No passo que se segue, em **Enter the number of ranks**, atribua o valor 1 (este valor controla o quanto os elementos de uma determinada *feature class* se podem mover em relação às características das outras classes quando a topologia é validada).
Seleccione **Seguinte**;

- O passo que se segue é crucial para a nova topologia que está a criar. É neste passo que se criam as regras para a nova topologia relativamente às linhas, polígonos e pontos que os seus ficheiros contêm. É o utilizador que define as regras dependendo dos erros topológicos que pretende corrigir. Para adicionar uma regra seleciona-se **Add Rule**.



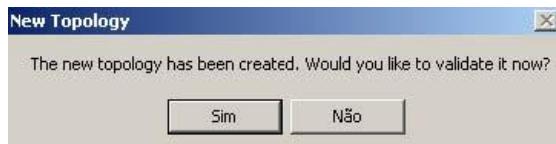
No caso dos elementos que compõem as suas shapefiles, são todos do tipo linha, como tal as regras que deverá construir devem corresponder aos tipos de erro que são cometidos quando se vetorizam linhas. Ou seja,

- Não permitir sobreposições entre linhas (**Must Not Overlap**);
- Avaliar possíveis erros de undershooting e de overshooting (**Must Not Have Dangles**);

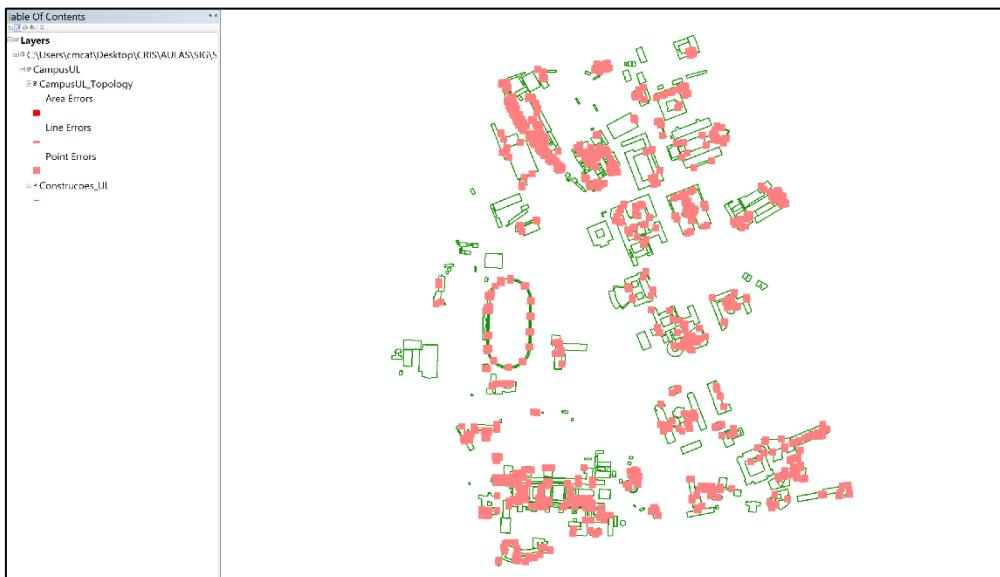


Selecione **Seguinte** e por fim **Finish**.

De seguida selecione que pretende validar a topologia: **Sim**



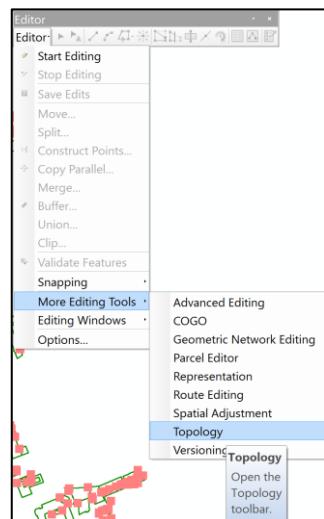
5. Adicione ao seu mapa o layer “**CampusUL_topology**”, gerado no passo anterior. Este layer encontra-se na Feature Dataset da geodatabase **UL.gdb**. Aparecerá uma janela a perguntar se também pretende adicionar ao seu mapa todas as *feature classes* que fazem parte da topologia criada. Selecione **Sim**. Deverá então visualizar no seu mapa todos os elementos do tema “*Construcoes.shp*” que apresentam erros topológicos para as regras topológicas que adicionou anteriormente.



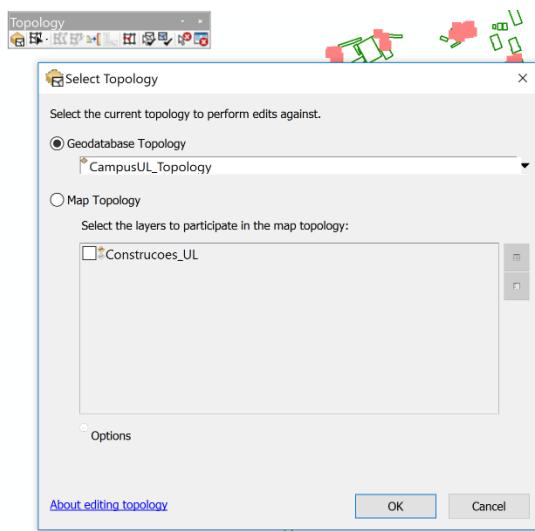
6. Para proceder à avaliação individual de cada erro topológico encontrado, selecione o menu Customize > Toolbars > Editor. Aparecerá no seu ecrã a barra de ferramentas que se segue.



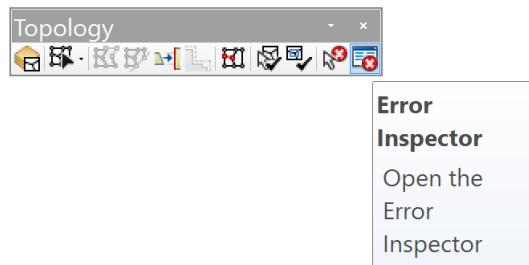
7. Em Editor, selecione Start Editing (para alterar ou começar a editar qualquer feature class é sempre necessário invocar esta ferramenta; após a edição de uma feature class é sempre necessário fazer Save e depois Stop Editing na mesma barra de ferramentas). Em seguida, selecione **More Editing Tools >Topology**.



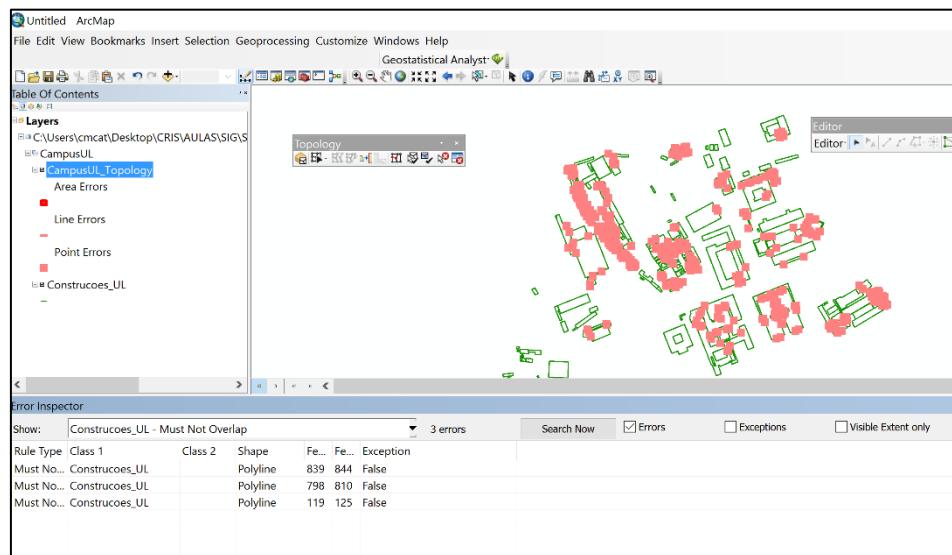
Aparecerá no seu ecrã a barra de ferramentas Topology (esta barra de ferramentas também poderia ter sido invocada através do menu View>Toolbars>Topology). Faça agora **Select topology**.



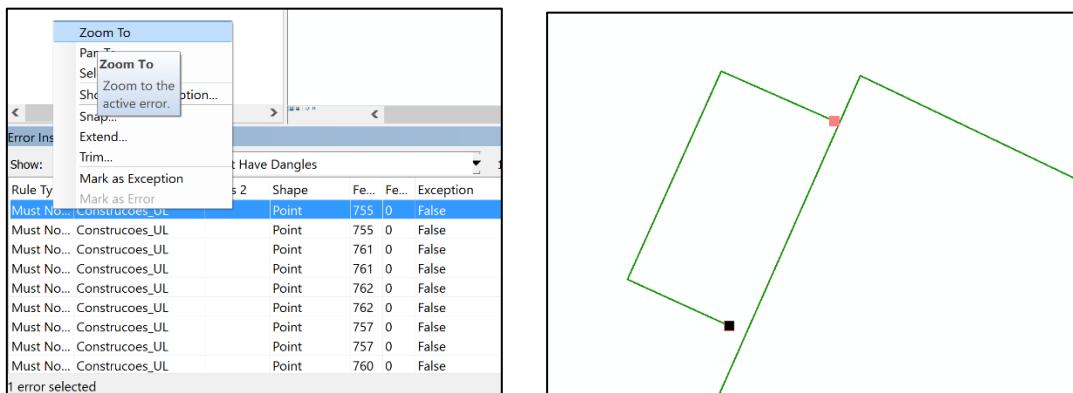
8. Para visualizar os erros topológicos encontrados selecione a ferramenta **Error Inspector** na barra Topology.



Na tabela, desative a opção **Visible Extent Only**. E selecione os erros encontrados por cada uma das regras topológicas que definiu.



Para visualizar os possíveis erros de *undershooting* e de *overshooting*, selecione **Construcoes_UL – Must Not have dangles** e depois selecione **Search Now**. Para visualizar individualmente cada erro, selecione na tabela o erro encontrado e com o botão direito do rato faça **Zoom To**:



Para cada tipo de erro, existem diferentes correções que o ArcGIS permite efetuar. Estas correções dependem apenas do tipo de erro topológico (que é consequência direta das regras impostas durante a criação da topologia). Para as regras que foram impostas, podem ser efetuadas as seguintes correções:

Entidade	Regra	Possíveis Correções
Linha	Must Not Overlap	Subtrair
Linha	Must Not Have Dangles	Extender a linha, "cortar" a linha (trim)

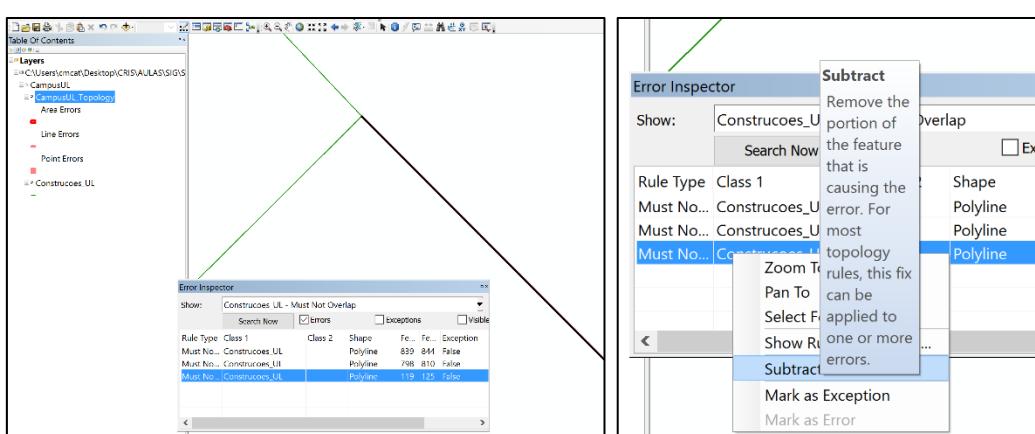
Nota: O ArcGIS identifica essencialmente possíveis erros que estão presentes na planta (que dependem das regras impostas e da tolerância atribuída pelo utilizador), ou seja, muitos dos erros que o software identifica como sendo um erro poderão não o ser (muito provavelmente não serão) mas apenas geometrias que estando nas condições da regra topológica são assinaladas mas que não representam um erro real. Por exemplo, uma linha que represente o fim de uma estrada sem ligação a qualquer outra estrada, será assinalada como um dangle, contudo o extremo dessa linha não representa um erro, mas sim a realidade, neste caso terá que ser marcado como exceção!

9. Correção dos erros topológicos

Erros do tipo: Construcoes_UL – Must not overlap (linhas que estejam sobrepostas a outras)

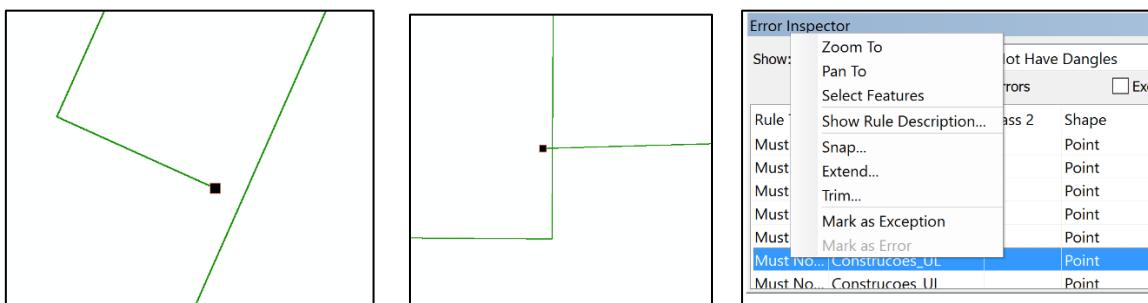
O erro encontrado encontra-se marcado com a cor preta. Para erros deste tipo, a única correção possível é subtrair a linha.

Para corrigir este erro, selecione o erro na tabela e com o botão direito do seu rato selecione **Subtract**.



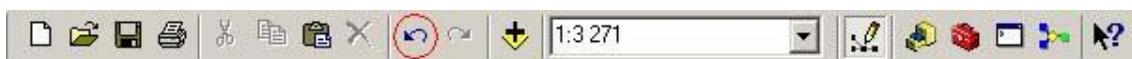
Efetue o mesmo procedimento para os restantes erros deste tipo. Caso verifique que o erro marcado não é realmente um erro selecione-o e, com o botão direito do rato, faça **Mark as Exception**.

Erros do tipo: Construcoes_UL – Must Not Have Dangles (linhas com pontas soltas: undershoots ou overshoots)

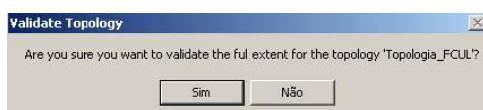


O erro encontrado encontra-se marcado com a cor preta. Para erros deste tipo, pode fazer uma das seguintes operações: **Snap**, **Extend**, **Trim** ou **Mark as Exception**. Em qualquer das três primeiras operações o software solicita uma tolerância (distância) que pretende usar para corrigir o erro.

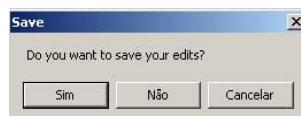
No caso de se enganar a corrigir um dos erros, poderá sempre fazer **Undo** na sua barra de ferramentas Standard, seguido de **Search Now** na sua tabela de erros.



Quando tiver corrigido todos os erros topológicos, resta validar e guardar a topologia. Para tal, selecione **Validate Entire Topology** na sua barra de ferramentas **Topology**. Selecione **Sim** quando lhe for questionado se pretende validar toda a topologia.



Para guardar as alterações efetuadas, selecione **Stop Editing** na sua barra de ferramentas Editor e selecione **Sim** quando aparecer uma janela no seu ecrã a questionar se pretende guardar todas as alterações efetuadas.



4. Conversão de objetos do tipo polyline para polygon

A criação de polígonos a partir de linhas é bastante fácil se as linhas estiverem corrigidas topologicamente.

Após a correção da topologia, use a tool **Data Management Tool > Features > Feature to Polygon** e converta a camada dos espaços desportivos para polygon e a camada das construções que tratou topologicamente, também para polygon;

Verifique que nem todas as features foram convertidas, devido ao facto de as polylines não constituírem polígonos fechados.



Exercício 6-3 – Vectorização e Criação de novas camadas vectoriais (Shapefile)



30 min



Médio

1. Vectorização de novos edifícios do Campus da UL usando o EDITOR;
2. Criar uma camada do tipo point para vectorização dos postes de iluminação publica do Campus da FCUL
3. Criar uma camada do tipo polígono para vectorização dos espaços verdes do Campus da FCUL
4. Inserção de atributos em tabelas alfanuméricas: Atributos de Geometria e Atributos gerais

INTRODUÇÃO

Projeto de atualização cartográfica do Campus da Universidade de Lisboa. Pretende-se criar espaços verdes, pontos de interesse e novos caminhos no espaço do campus da FCUL.

Para tal, vai recorrer aos dados que adquiriu nos exercícios anteriores

OBJETIVOS E COMANDO NOVOS

Aprender a vetorizar e editar camadas

- Barra de ferramentas Editor: Menu contextual do menu principal - Editor
- Edição, iniciar edição: Editor - Start Editing
- Edição, criar formas: Editor - Create Features
- Edição, editar atributos: Editor - Attributes
- Edição, guardar edição: Editor - Save Edits
- Edição, terminar edição: Editor - Stop Editing
- Edição, snapping: Editor - Snapping
- Edição, adicionar vértices: Menu contextual de uma linha - Insert Vertex
- Edição, remover vértices: Menu contextual de um vértice - Remove Vertex

INFORMAÇÃO DE PARTIDA

-  “Ortofoto_georref.tif”, imagem em formato .tif (georreferenciada no exerc. 5.2)
-  “edifícios_FCUL.shp” camada de polígonos representando os edifícios do campus da FCUL em formato *shapefile*, que se encontra no sistema PT-TM06/ETRS89
-  “Area_estudo_UL.shp” camada de polígono representando a área geográfica do campus da UL nas imediações da Reitoria da UL;
-  “construcoes.shp” camada de linhas em formato *shapefile* obtida a partir do ficheiro CAD com todas as construções do campus da UL

-  “espacos_desportivos.shp” camada de linhas em formato *shapefile* obtida a partir do ficheiro CAD com todas os espaços desportivos do campus da UL

PASSOS

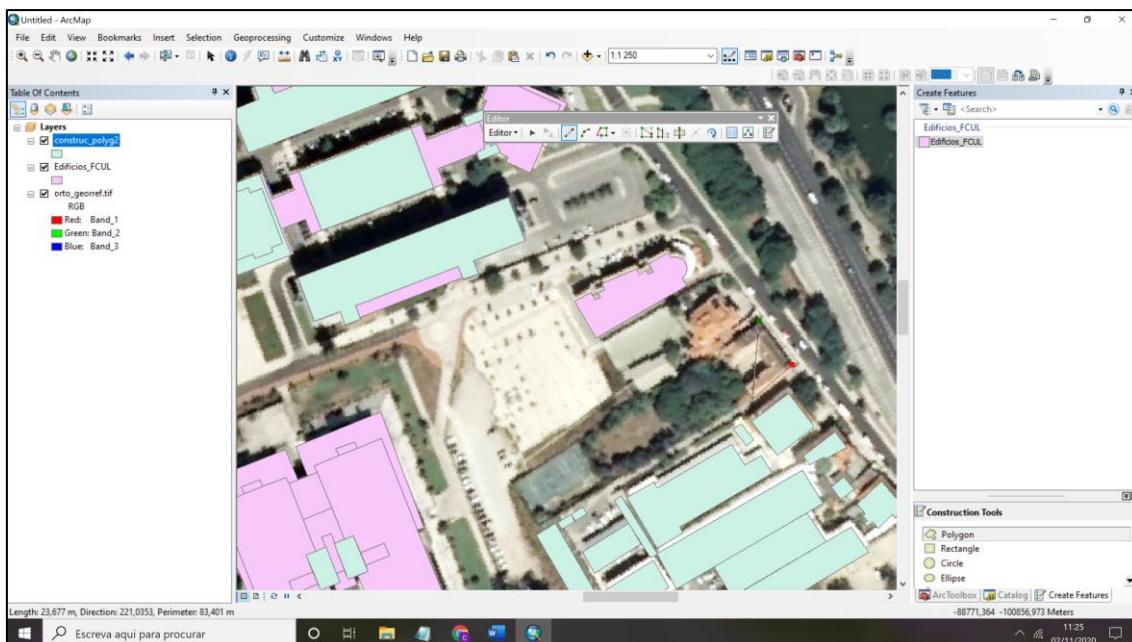
1. Vectorização de novos **edifícios que não constem na shapefile dos Edificios_FCUL.shp**,
2. Vectorização de **Candeeiros de iluminação publica** (nova shapefile do tipo POINT) no campus da FCUL,
3. Vectorização de **espaços verdes do campus da FCUL** (shapefile do tipo POLYGON), adicionando as seguintes colunas:
Descrição (tipo Text); área (tipo Double); perímetro (tipo Double)

1. Vectorização de novos edifícios do Campus da UL usando o EDITOR;

Pretende-se complementar a informação geométrica dos Edificios_FCUL.shp com novos edifícios não vetorizados, para o efeito

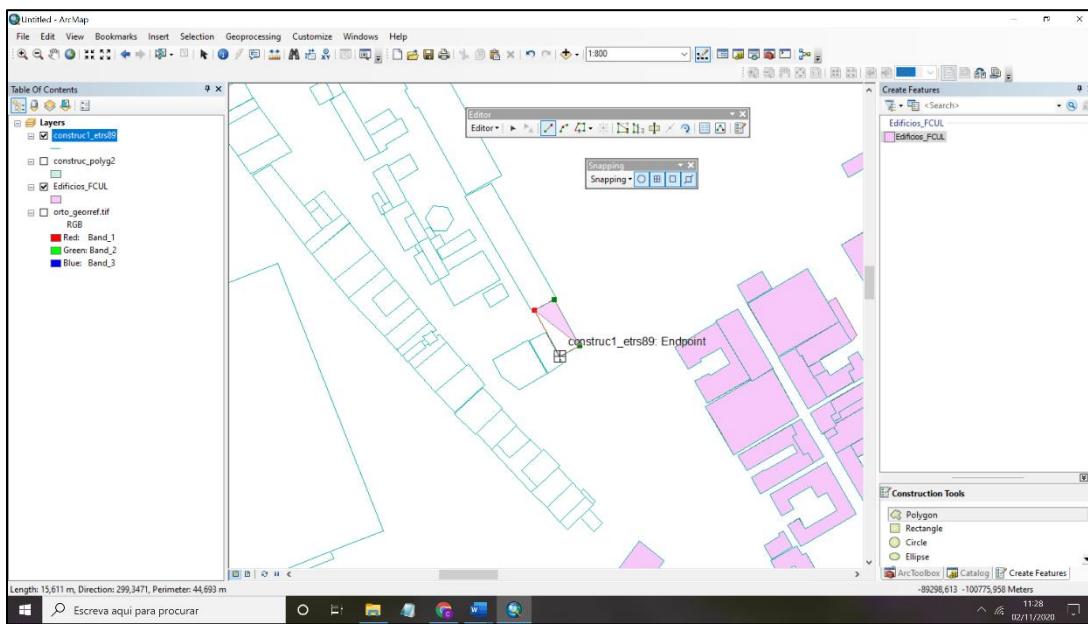
- 1.1 Abrir o EDITOR e em *Editor - Start Editing*, estabelecendo que a camada em edição é a camada “**Edificios_FCUL.shp**”.
- 1.2. Usando como apoio os elementos do ponto 4.do exerc. 6.2 (Construções convertidas para polígonos) pode usar a funcionalidade de **COPY e PASTE** do EDITOR, e assim poderá copiar todos os edifícios da camada **Construcoes** tratados topologicamente, para a camada dos “**Edificios_FCUL.shp**”.
- 1.3. Alguns dos Edifícios podem ter que ser vectorizados manualmente:

- i) Usando o Ortofoto_georref.tif como referência:



- ii) Usando os elementos das Construções como referência. Neste caso ative a ferramenta **Snapping Tool** para

“agarrar” vértices e edges da shapefile das construções e deste modo facilita a sua vectorização



1.4. Guardar a edição dos pontos de interesse em *Editor - Save Edits* e terminar a edição em *Editor - Stop Editing*.

2. Vectorização de Candeeiros de iluminação publica (nova shapefile do tipo POINT) no campus da FCUL,

2.1. Abrir o ArcCatalog e navegar até ao diretório da pasta de trabalho. Criar uma camada de formato shapefile vazia com o nome “**Illumin_FCUL.shp**”, do tipo point com o sistema de referência PT-TM06/ETRS89.

Adicionar a camada criada ao mapa e abrir a tabela de atributos.

- Adicionar um novo campo com o nome “**altura**” do tipo *real*.

2.2 Abrir o EDITOR e em *Editor - Start Editing*, estabelecendo que a camada em edição é a camada “**Illumin_FCUL.shp**”.

2.3. Vetorize alguns dos postes de iluminação publica, usando como apoio o *orto_georef.tif*; atribuindo uma altura a cada poste de iluminação;

2.4. Guardar a edição dos pontos de interesse em *Editor - Save Edits* e terminar a edição em *Editor - Stop Editing*.

3. Vectorização de espaços verdes do campus da FCUL

3.1. Abrir o ArcCatalog e navegar até ao diretório da pasta de trabalho. Criar uma camada de formato shapefile vazia com o nome “**Esp_Verdes_FCUL.shp**”, do tipo polígono com o sistema de referência PT-TM06/ETRS89.

Adicionar a camada criada ao mapa e abrir a tabela de atributos.

- Adicionar um novo campo com o nome “**descricao**” do tipo *Text* e eliminar o campo “*Id*”. Selecionar uma simbologia adequada para facilitar a visualização dos caminhos a vetorizar.
- Adicionar um novo campo com o nome “**area**” do tipo *Double*
- Adicionar um novo campo com o nome “**perimetro**” do tipo *Double*

3.2 Abrir o EDITOR e em *Editor - Start Editing*, estabelecendo que a camada em edição é a camada “**Esp_Verdes_FCUL.shp**”.

3.3. Localizar, por exemplo, o jardim do edifício C8 junto à entrada Este do edifício C8 e onde se situa a estátua de José Pinto Peixoto.

Selecionar a opção de edição, *Editor - Editing Windows - Create Features*.

Em *Construction Tools* selecionar a tipologia *Polygon* e clicar num dos cantos do jardim. Continuar a clicar, adicionando vértices ao longo da extremidade do jardim. Quando quiser terminar de desenhar o polígono dá um duplo clique para adicionar o ultimo vértice e o polígono fechar-se-á automaticamente.

Preencher o atributo do polígono criado em *Editor - Editing Windows - Attributes*, indicando no campo referente à descrição que se trata do “Jardim C8”, por exemplo.

Procedimentos semelhantes serão feitos para os restantes espaços verdes referidos anteriormente.

3.4. Calcular automaticamente as áreas e perímetro de todos os espaços verdes vetorizados

Abrir a tabela de atributos dos **Esp_Verdes_FCUL.shp**, selecionar a coluna **Area** e com o botão direito do rato, faça Calculate Geometry > Area (square meters)

De seguida selecione a coluna **Perímetro** e om o botão direito do rato, faça Calculate Geometry > Perimeter (m)

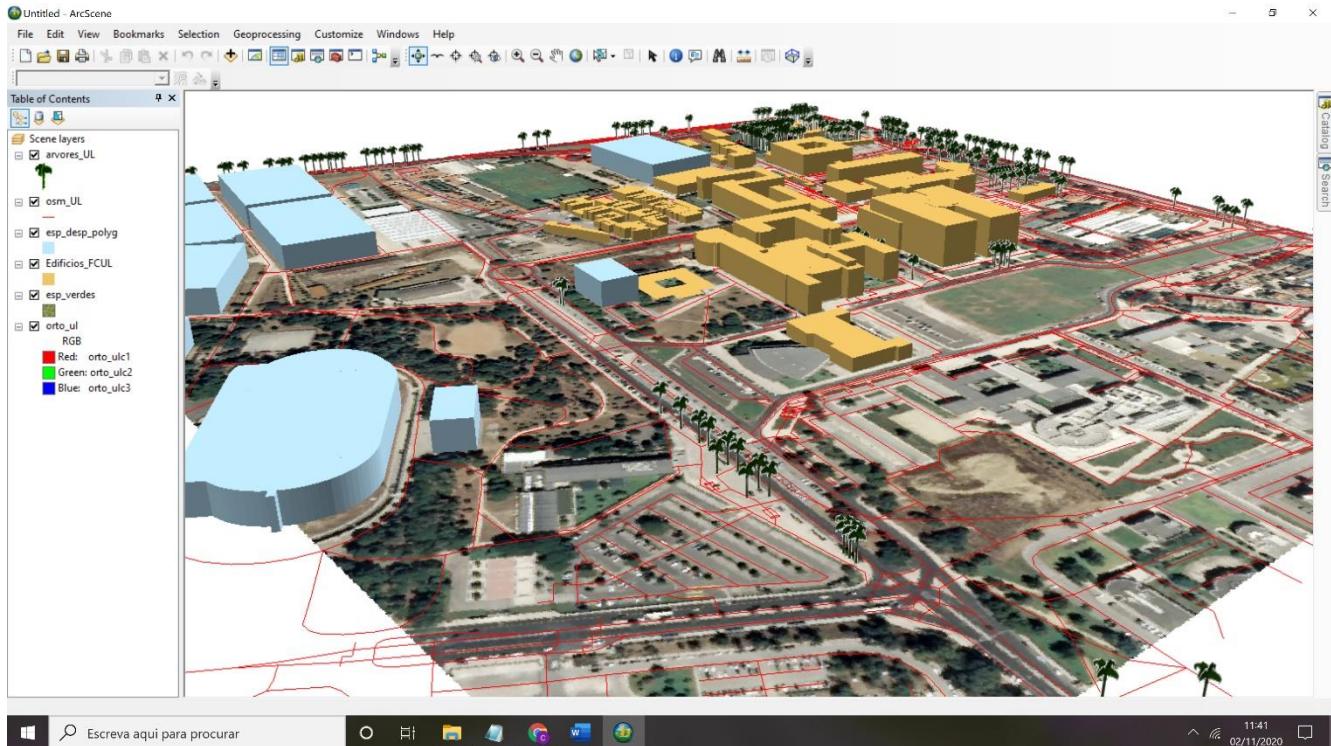
3.5. Guardar a edição dos pontos de interesse em *Editor - Save Edits* e terminar a edição em *Editor - Stop Editing*.

Se quiser modificar um polígono, em modo edição, fazer duplo clique no polígono. Os vértices do polígono ficam editáveis e podem ser movidos para outra posição. Pode ser feita também a adição de novos vértices ao polígono, clicando sobre uma linha do polígono, acede-se ao menu contextual da linha com o botão do lado direito do rato e seleciona-se *Insert Vertex*. Para remover um vértice do polígono o processo é semelhante, acede-se ao menu contextual do vértice que se pretende remover, com o botão do lado direito do rato e seleciona-se *Remove Vertex*.

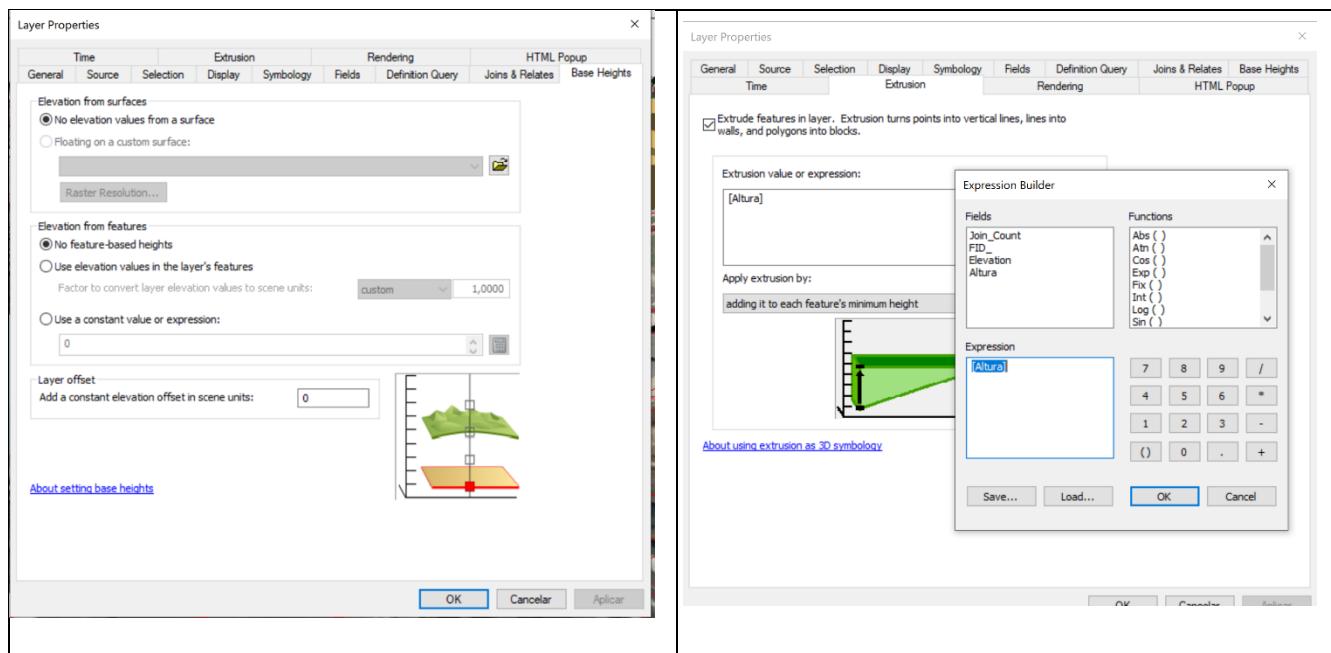


A título de exemplo pode adicionar as suas camadas ao ArcSCENE e criar uma cena em 3D de todos os seus elementos criados;

Abra a aplicação ArcSCENE do Arcgis e adicione as camadas geradas.



Para cada camada crie uma simbologia adequada e use as propriedades das camadas para definir a **Base Heights** e **Extrusion** definindo a base de referência onde assentam os objetos e as alturas dos mesmos, respectivamente.



Exercício 7-1 – Exercício de análise vetorial: avaliação multicritério, melhor localização



45 min



Médio

INTRODUÇÃO

A sua consultora de projetos SIG recebe a proposta para realizar um novo estudo para a identificação dos melhores locais no distrito de Lisboa para criar um grande parque recreativo. Trata-se de identificar a melhor localização de uma determinada atividade segundo um conjunto de critérios. Esta metodologia conhece-se por Avaliação Multi-Critério.

OBJETIVOS E COMANDO NOVOS

Aprender a estabelecer regras topológicas e editar camadas segundo essas regras, criar polígonos a partir de linhas

- Análise Vetorial, *buffer*: Arctoolbox-Analysis tools-Proximity-Buffer
- Análise Vetorial, *clip*: Arctoolbox-Analysis tools-Extract-Clip
- Análise Vetorial, *multipart to singlepart*: Arctoolbox-Data Management Tools - Features-Multipart to Singlepart
- Análise alfanumérica, cálculo de áreas: Menú contextual de um campo – Calculate Geometry
- Análise Vetorial, *eliminate*: Arctoolbox- Data Management Tools – Generalization - Eliminate

INFORMAÇÃO DE PARTIDA

- “rios_dlx.shp”, camada de rede hidrográfica do distrito de Lisboa
- “redev_dlx.shp”, camada de rede viária do distrito de Lisboa
- “freg_dlx.shp” camada de polígonos representando os limites de freguesias do distrito de Lisboa
- “lim_dlx.shp” camada de polígonos representando o limite do distrito de Lisboa
- “corine_dlx.shp” camada de polígonos representando classes de ocupação dos solo do distrito de Lisboa
- “REN_dlx.shp” camada de polígonos representando os limites das Reservas Ecológicas Nacional (REN) do distrito de Lisboa

PLANEAMENTO

1. Pretende-se encontrar os locais para as áreas recreativas no distrito de Lisboa que verifiquem os seguintes critérios:

- Estar próximo de um rio (1000 m)
- Estar afastado de centros urbanos (500 m)
- Estar próximo de uma estrada (1000 m)

- Não estar em nenhuma área de REN
- Ter uma área mínima de 1000 ha

2. Criar um mapa final (criação de layout e todos os elementos que constituem um mapa) com as áreas possíveis para a construção do parque classificado de acordo com a área disponível em cada local encontrado.

Resolução

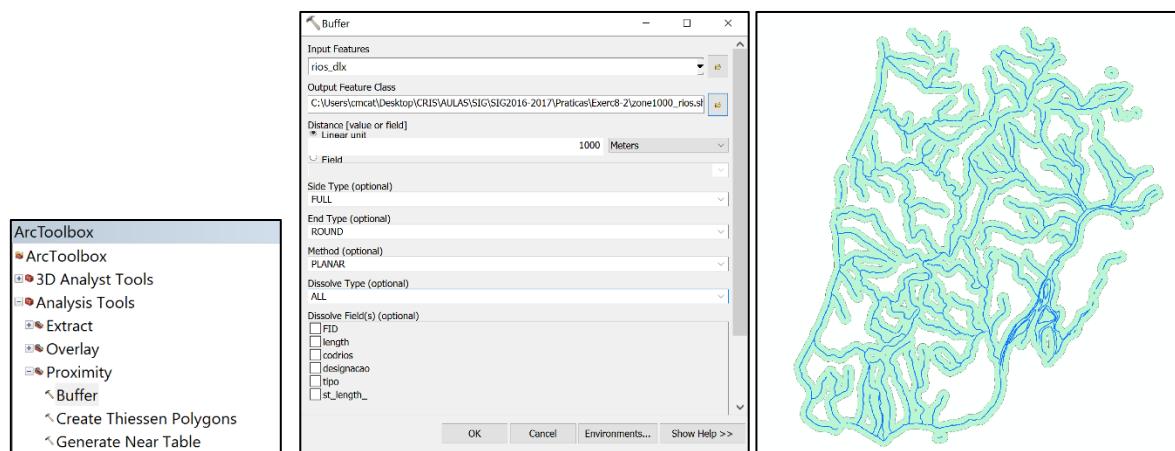
1. Criar um tema por cada um dos primeiros quatro critérios.

1.1. Criar o tema “próximo de um rio (1000 m)”

Inicie uma sessão ArcMap e adicione todos os temas disponibilizados para a realização do exercício em questão.

Deixe apenas visível o tema rios_lx.shp.

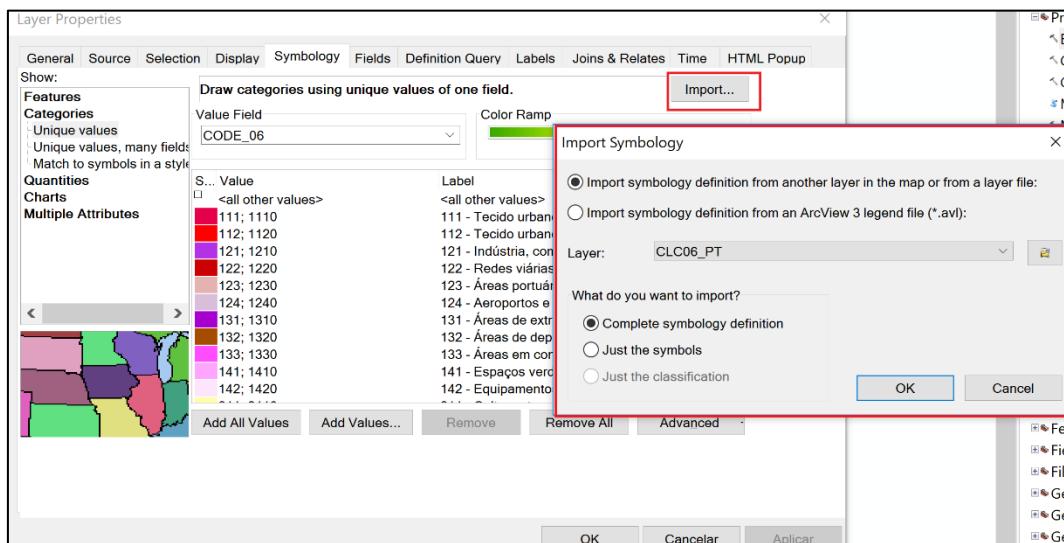
Para criar um zonamento de 1000m em torno dos rios, use o comando *ArcToolbox-Analysis tools-Proximity-Buffer*



Como output designe a nova shapefile com o zonamento de **zone1000_rios.shp**, coloque no campo Distance – Linear Unit = 1000 meters, e em Dissolve = ALL (para dissolver as fronteiras dos vários buffers gerados).

1.2. Criar o tema “afastado de centros urbanos (500 m)”

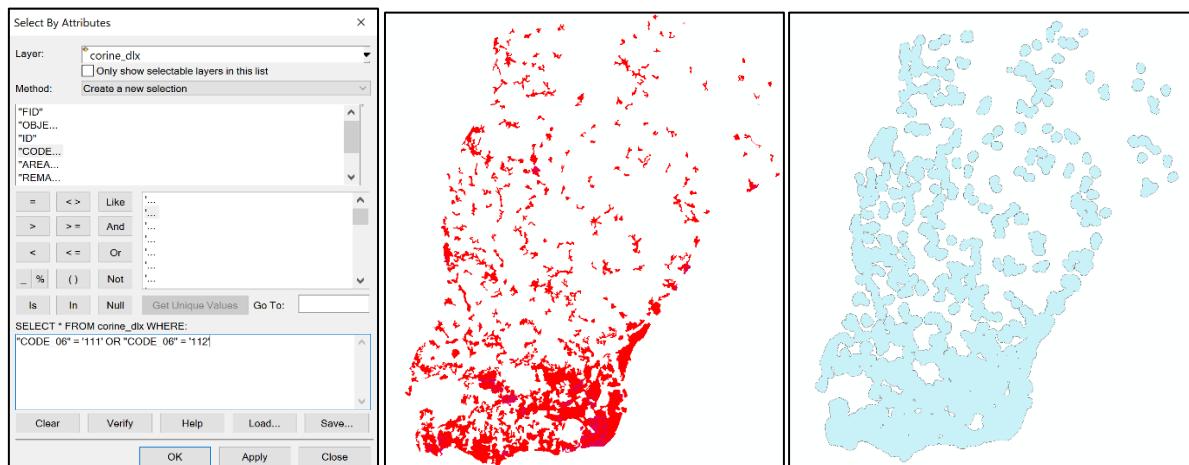
Para obter este tema terá que criar um tema de centros urbanos a partir da cartografia de ocupação do solo (Mapa Corine LandCover, fornecido gratuitamente pela DGT (Direção Geral de Ordenamento do Território). No seu projeto ArcMap, coloque agora visível apenas a camada corine_dlx.shp. Use as propriedades da camada e simbolize-a usando as propriedades do layer CLC06_PT.lyr também fornecido nos dados desta aula.



Consulte a tabela desta camada e verifique qual a classe de ocupação do solo correspondente a “Tecido urbano contínuo” e “Tecido urbano descontínuo”?

Resposta: Classes CODE_06=111 e CODE_06=112

Selecione estas classes através de uma query (**Selection > Select by attributes**) e guarde o resultado numa nova shapefile, **urb_dlx.shp**. Simbolize esta camada com a simbologia do layer CLC06_PT.lyr.



Para criar um zonamento de 500m em torno dos centros urbanos, use o comando **Arctoolbox-Analysis tools-Proximity-Buffer**:

Output: zone500_urb.shp

Distance: 500

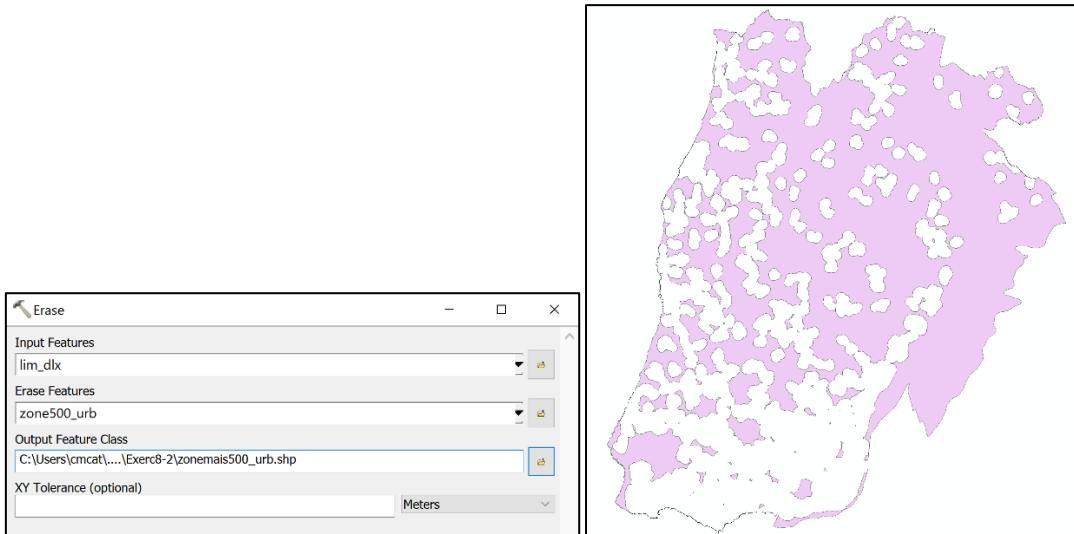
Dissolve: ALL

Após a obtenção deste buffer, o que queremos é a zona que está para além do buffer. Para se obter a zona pretendida, basta usar o limite do distrito e a função ERASE, usando como Erase Features, a shapefile zone500_urb.shp: **Arctoolbox-Analysis tools-Overlay- Erase**.

Input Features: lim_dlx.shp

Erase Features: zone500_urb

Output feature class: zonemais500_urb



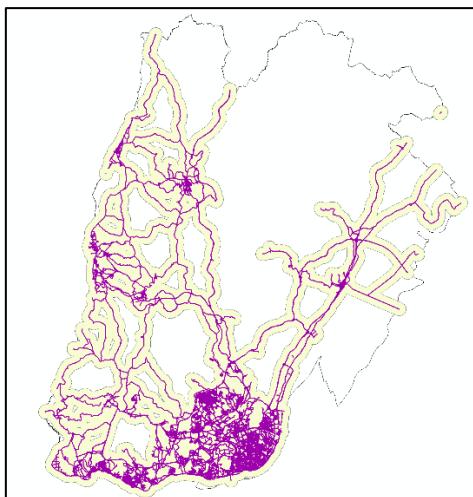
1.3. Criar o tema “próximo de uma estrada (1000 m)”

Para criar um zonamento de 1000m em torno das estradas, use o comando *Arctoolbox-Analysis tools-Proximity-Buffer*.

Output: zone1000_redev.shp

Distance: 1000

Dissolve: ALL



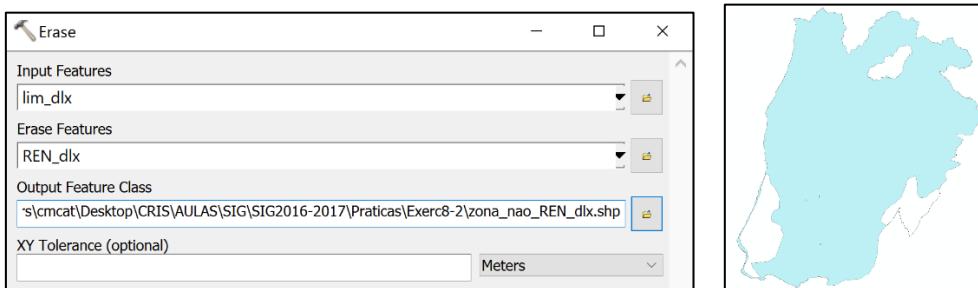
1.4. Criar o tema “não conter áreas REN”

À semelhança do que efetuou para os centros urbanos, deve fazer um ERASE das áreas de REN (REN_dlx.shp) no distrito de Lisboa (lim_dlx.shp):

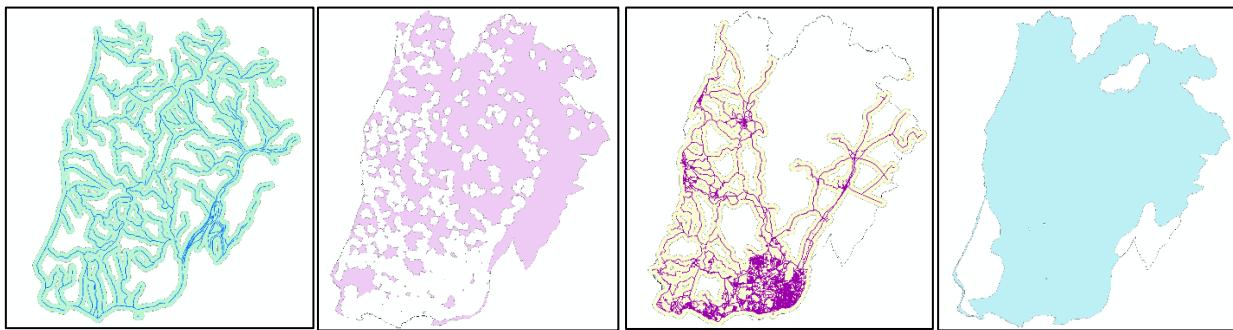
Input Features: lim_dlx.shp

Erase Features: REN_dlx.shp

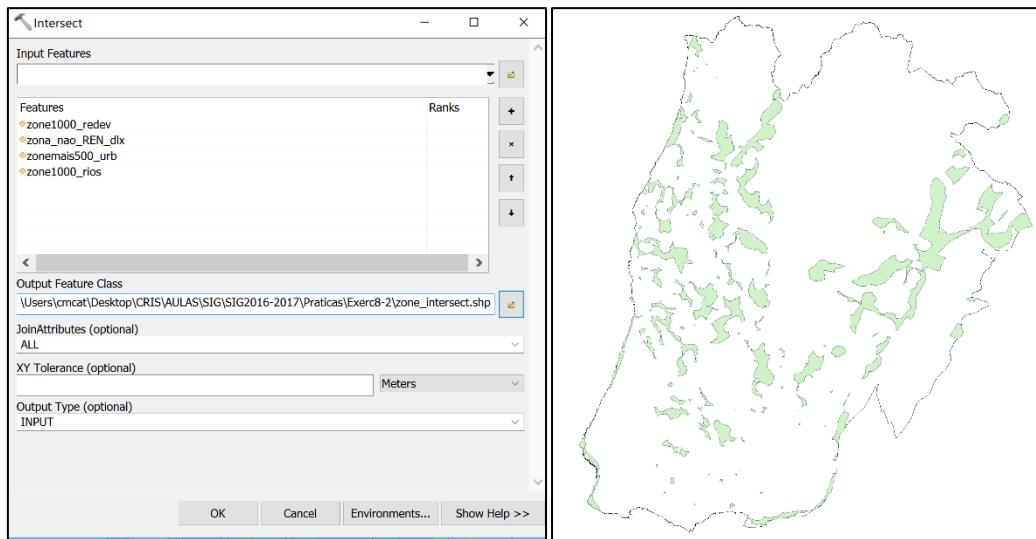
Output feature class: zona_nao_REN_dlx.shp



Nesta fase já tem os resultados dos quatro primeiros critérios. Mas para obter uma zona que verifique os 4 critérios em simultâneo temos que intersectar espacialmente as zonas produzidas por cada um dos resultados destes critérios e produzir o tema zone_intersect.shp:

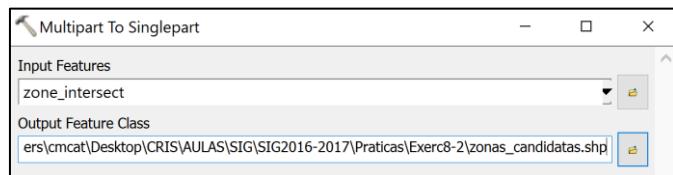


Arctoolbox-Analysis tools-Overlay-Intersect

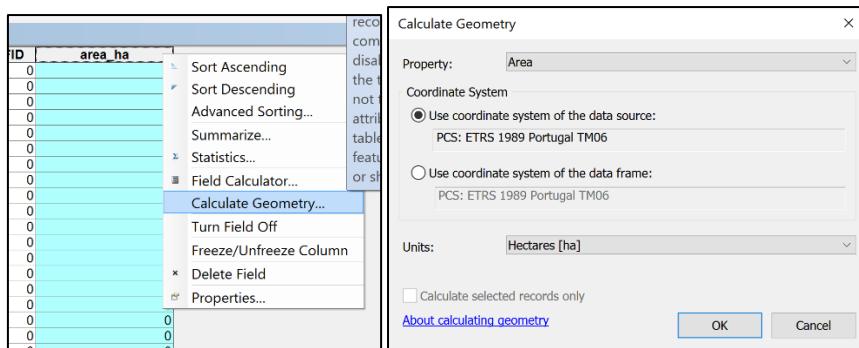


1.5. Criar um novo campo na tabela zone_intersect.shp, para calculo da área de cada polígono candidato a área recreativa.

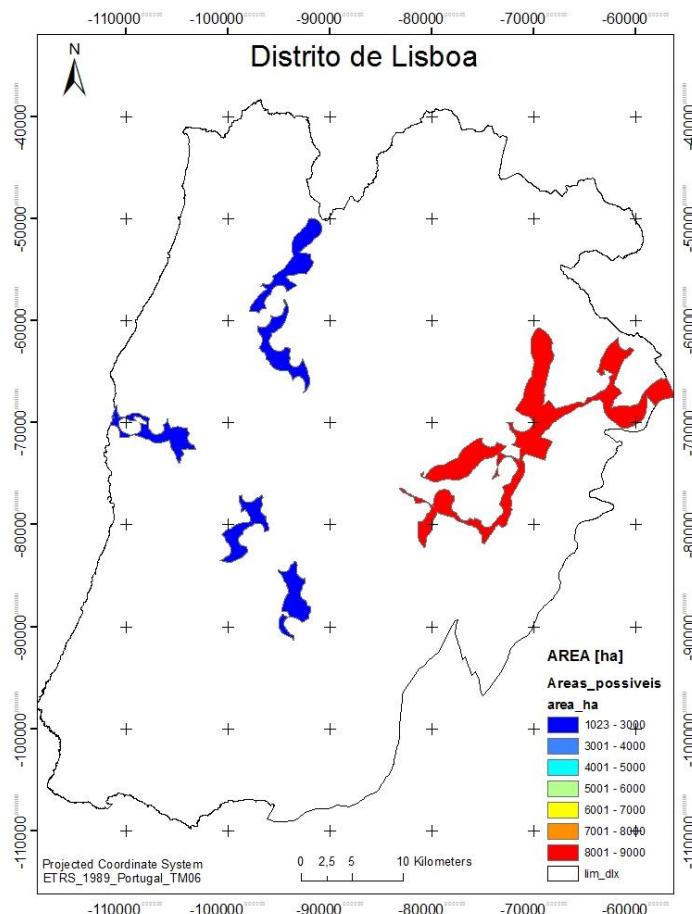
Antes de calcular a área de cada polígono individualmente vai ter que os individualizar através do comando Arctoolbox – Data Management Tools – Features – Multipart to Singlepart. E assim cria o tema zonas_candidatas.shp



Após criar este tema, deve abrir a tabela de atributos correspondente e no **menu Table** faça **Add Field**, adicionando uma nova coluna de nome “**área_ha**” do tipo **double**. Preencha de seguida esta coluna automaticamente com o comando **Calculate Geometry**



Finalmente selecione apenas os polígonos com **área_ha > 1000**, usando o comando **Selection > Select by attributes**, exportando para um novo tema o resultado (**areas_possiveis.shp**) Por fim, e para apresentar o resultado cartográfico ao cliente, deve criar um layout cartográfico adequado (ver exemplo na figura seguinte):



Exercício 7-2 – Análise Vetorial: Seleção por Localização



1h30m



Médio

INTRODUÇÃO

Em análise espacial grande parte das pesquisas que se efetuam estão relacionadas como a posição geográfica dos objetos que analisamos ou estão focadas nas relações espaciais existentes entre objetos de camadas distintas. Este exercício tem como objetivo explorar as funções de análise espacial que se baseiam nas relações espaciais existentes entre objetos de camadas distintas pressupondo a existência de topologia devidamente validada.

OBJETIVOS

Este exercício é constituído por um conjunto de pesquisas subdivididas em vários exercícios que se descrevem de seguida:

Exercício 1 – Criação de uma camada com a freguesia com maior área geográfica do concelho de Santana

Exercício 2 - Criação de um novo traçado de estrada que estabelece a ligação entre Funchal e Machico e Machico e Ponta Delgada

Exercício 3 - Determinação do número de localidades que se encontram a menos de 3 km da estrada criada

Exercício 4 – Criação de uma camada com os limites de freguesia que a nova estrada atravessa.

Exercício 5 – Criação de uma camada com o maior troço da nova estrada inserido na mesma freguesia.

Exercício 6 – Criação de uma tabela com a área geográfica e das localidades que se encontram a menos de 6 km da nova estrada que esteja a menos de 10 km da localidade Curral das Freiras.

Exercício 7 – Determinação do troço de maior elevação da nova estrada.

Exercício 8 – Determinação da temperatura e precipitações médias anuais da zona de maior elevação da Ilha da Madeira.

Exercício 9 – Identificação do concelho que beneficia (em termos do valor de densidade populacional) mais com a estrada projetada no exercício 2.

INFORMAÇÃO DE PARTIDA

A base de dados deste exercício é constituída por um conjunto de camadas vetoriais da ilha da Madeira no Sistema de Coordenadas: UTM Zona 28 Porto Santo 1936:

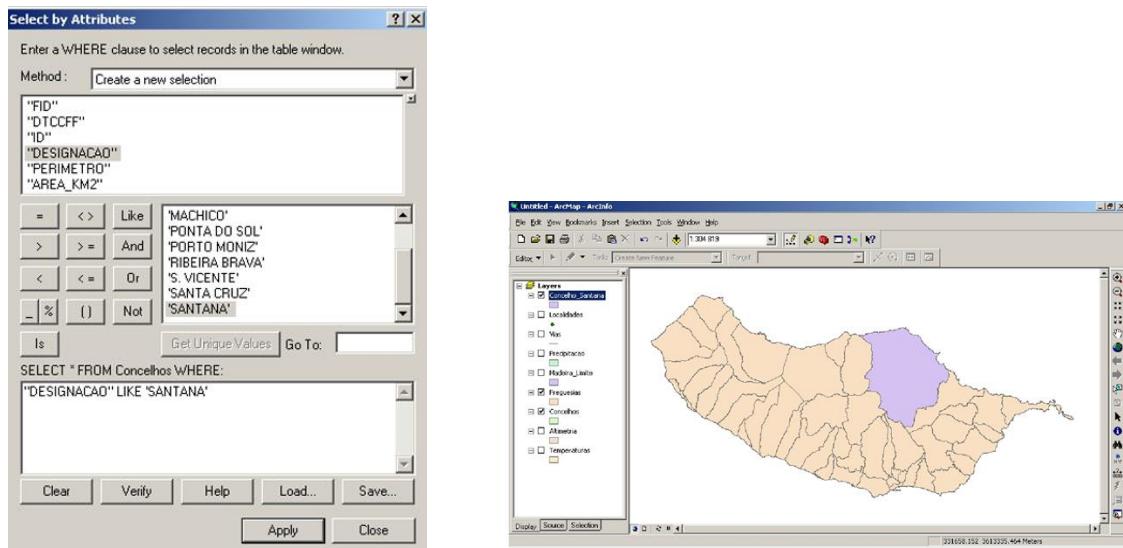
- ☒ Demografia_concelhos.xls – dados dos Censos da Ilha da Madeira
- ☒ Concelhos.shp – Limites de Municípios
- ☒ Freguesias.shp – Limites de Freguesias
- ☒ Madeira_Limite.shp – Limite da Ilha da Madeira
- ☒ Precipitação.shp – Classes de precipitação média da Ilha da Madeira
- ☒ Temperaturas.shp – Classes de temperatura média da Ilha da Madeira

- Vias.shp – rede viária da ilha da Madeira
- Pontos_Cotados.shp – Pontos com cota conhecida
- Localidades.shp – Localização pontual de localidades da Ilha da Madeira

RESOLUÇÃO

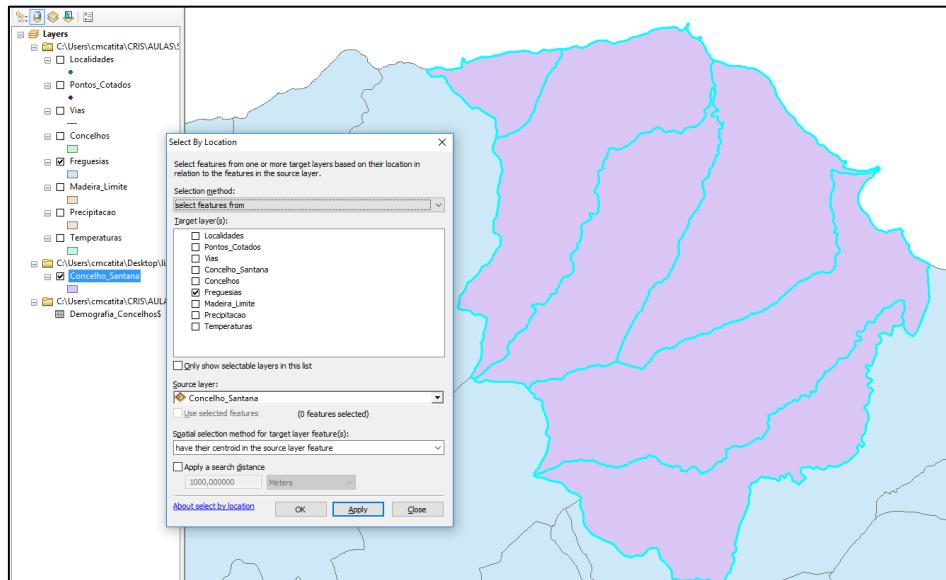
Exercício 1 – Criação de uma camada com a freguesia com maior área geográfica do concelho de Santana

1.1. Para resolver este problema é necessário, numa primeira fase, isolar o concelho de Santana num layer à parte. Para tal, pode efetuar uma seleção por atributos. Para efetuar a seleção por atributos selecione o layer Concelhos e com o botão direito do rato selecione Open Attribute Table. Na sua tabela de atributos selecione Options > Select By Attributes. Efetue a query representada na figura que se segue. Guarde o resultado da query num novo layer e atribua-lhe o nome de Concelho_Santana. Para tal selecione o layer Concelhos e com o botão direito do rato selecione Data-Export Data, e designe a nova shapefile de Concelho_Santana.shp.



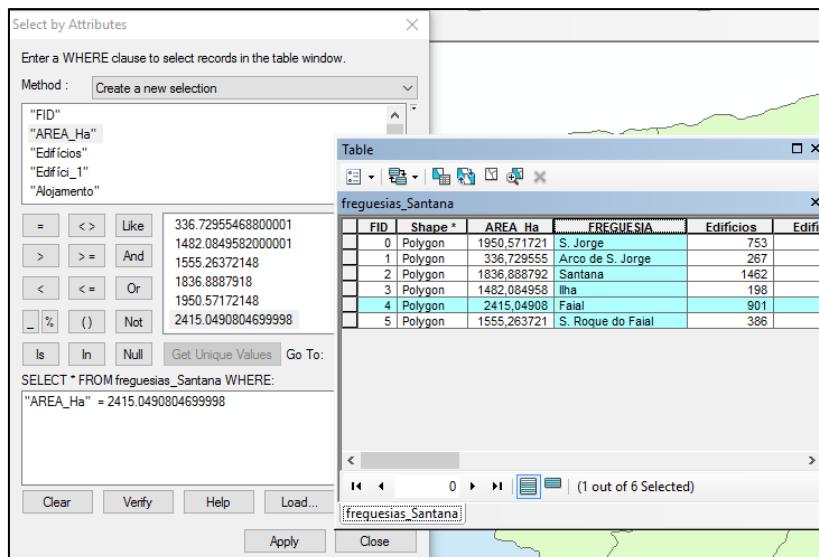
1.2. O passo seguinte consiste na determinação das freguesias que fazem parte do Concelho de Santana. Para tal, poderá efetuar uma **seleção por localização espacial**. Para efetuar esta seleção acceda ao menu Selection>Select By Location:

"Features selected from Freguesias have their centroid in the source layer feature (Concelho_Santana)":



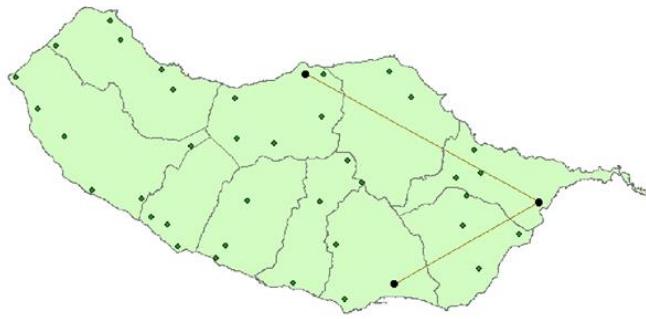
Exporte o resultado para uma nova camada: Freguesias_Santana.shp.

- 1.3. Para determinar a freguesia com maior área geográfica efetue uma nova query, usando o Select by Attributes e procure nos valores da tabela o máximo do campo AREA_Ha:



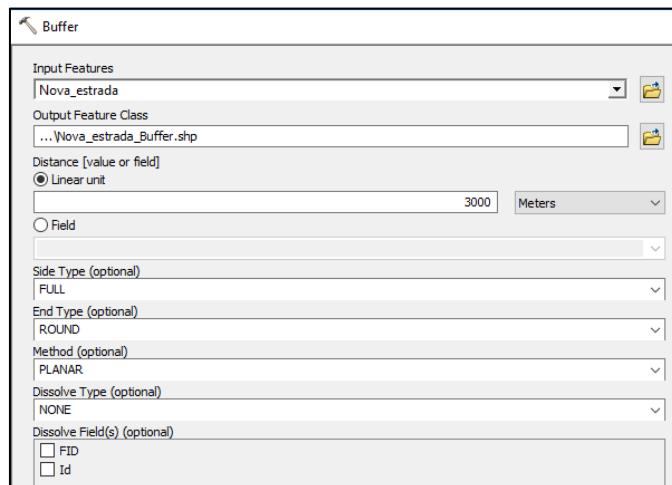
Exercício 2 - Criação do traçado de uma nova estrada que estabelecerá a ligação entre Funchal, Machico e Ponta Delgada.

- 2.1. Antes de mais selecione as 3 cidades na camada localidades.shp e exporte a sua seleção para uma nova camada (cidades3.shp)
 - 2.2. No ArcCatalog crie uma nova shapefile (nova_estrada.shp) do tipo linha (polyline), definindo o sistema de coordenadas do projeto, e em modo de edição vetorize a estrada que liga as cidades selecionadas em 2.1:

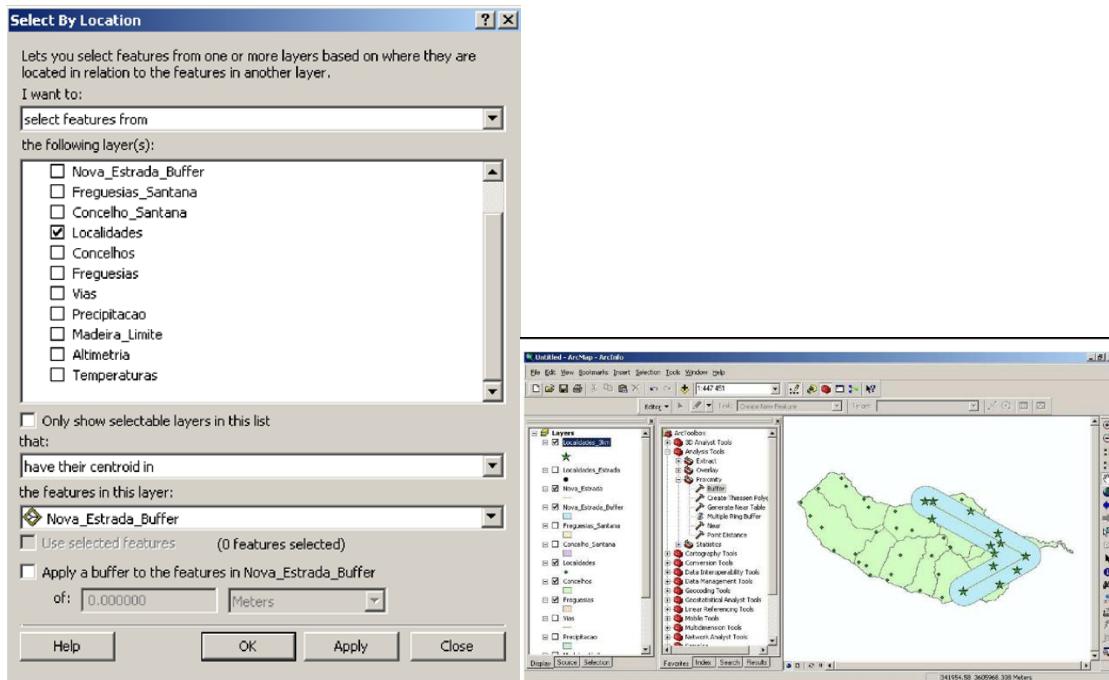


Exercício 3 - Determinação do número de localidades que se encontram a menos de 3 km da nova_estrada.shp

- 3.1. Para a determinação das localidades que se encontram a menos de 3000m da estrada vetorizada, é necessário criar uma zona de influência com esse raio, ou seja, um Buffer. Para efetuar esta operação deverá invocar o módulo ArcToolbox - Analysis Tools – Proximity - Buffer. Preencha os campos necessários da maneira representada na figura que se segue.



- 3.2. Resta isolar as localidades que se encontram na zona de influência criada no passo 3.1. Para tal, pode efetuar uma seleção por localização espacial acedendo ao menu Selection > Select By Location e selecione os layers e opções conforme indicado na figura que se segue:

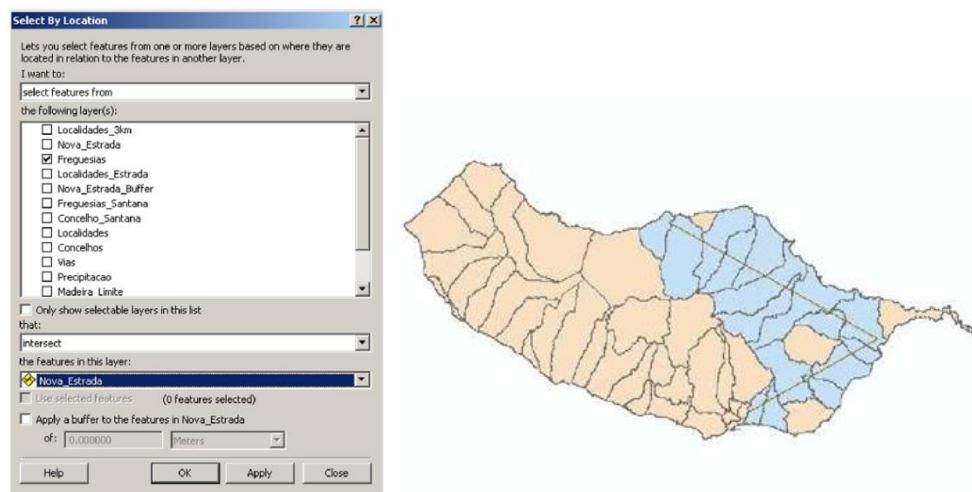


Guarde os resultados obtidos num novo layer e atribua-lhe o nome Localidades_3km.

3.3. Resta saber quantas cidades se encontram dentro deste limite. Para tal, aceda à tabela de atributos do novo layer criado e efetue essa análise usando por exemplo o summarize ou uma simples inspeção ao número de registos da tabela.

Exercício 4 – Criação de uma camada com os limites de freguesia que a nova estrada atravessa.

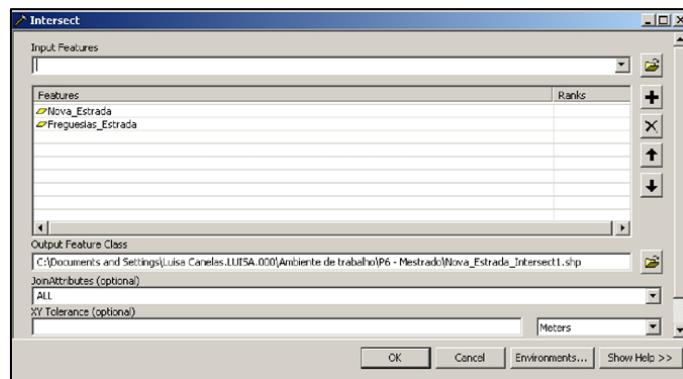
4.1. Para determinar quais as freguesias atravessadas pela estrada vitorizada no exercício 2, basta efetuar uma seleção por localização. Para tal, aceda ao menu Selection>Select By Location e preencha a janela conforme a imagem que se segue (Localidades Intersect Nova_estrada)



Guarde o resultado obtido num novo layer e atribua-lhe o nome Freguesias_Estrada.

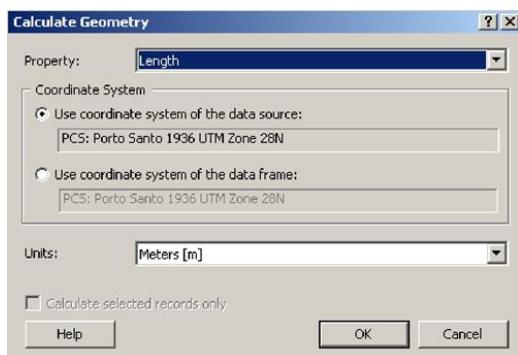
Exercício 5 – Criação de uma camada com o maior troço da nova estrada inserido na mesma freguesia.

5.1. Para determinar o comprimento do maior troço inserido na mesma freguesia é necessário dividir a estrada criada no exercício 2 em troços, cada um pertencente a uma freguesia. Esta operação corresponde a uma intersecção espacial. Para efetuar a intersecção espacial selecione no ArcToolbox - Analysis Tools > Overlay > Intersect. Preencha a janela tal como mostra a figura que se segue:

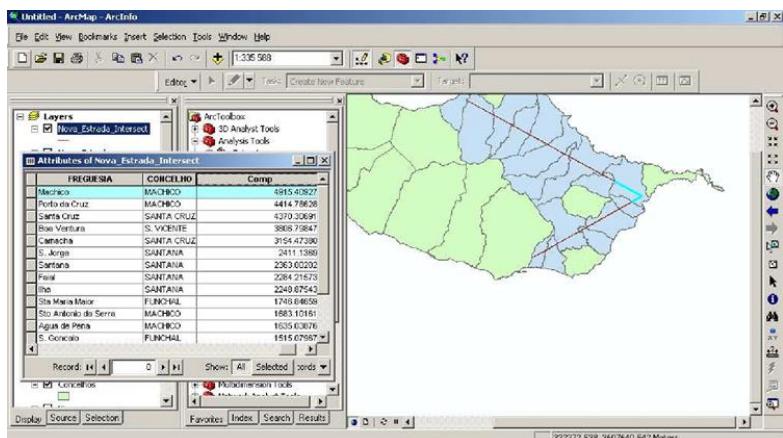


O resultado da intersecção espacial deverá aparecer num novo layer (Nova_Estrada_Intersect.shp). Aceda à tabela de atributos do novo layer e selecione as diferentes linhas da tabela para evidenciar os vários troços resultantes da aplicação da intersecção espacial.

5.2. Para se conhecer o comprimento de cada novo troço de estrada, é necessário criar uma nova coluna na tabela de atributos do novo layer. Para proceder à criação de uma nova coluna na tabela de atributos selecione o menu Options>Add Field. Atribua o nome Comp e selecione como tipo, o Double. Para calcular automaticamente o comprimento de cada troço use a funcionalidade Calculate Geometry.



5.3. Resta saber qual o maior troço e o respetivo comprimento. Para tal selecione a coluna Comp e com o botão direito do rato selecione Sort Descending. O primeiro valor corresponderá ao troço com maior comprimento.



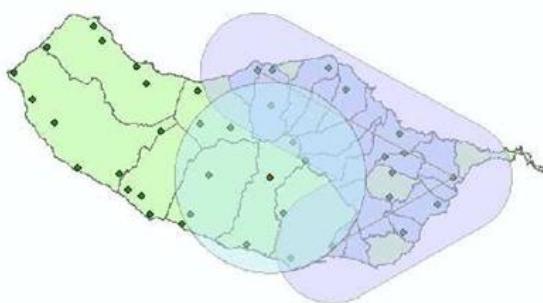
Pode-se então concluir que o maior troço de estrada apresenta um comprimento de 4915 metros (este comprimento poderá variar ligeiramente, consoante a vectorização que efetuou).

Exercício 6 – Criação de uma tabela com a área geográfica das localidades que se encontram a menos de 6 km da nova estrada e a menos de 10 km da localidade Curral das Freiras.

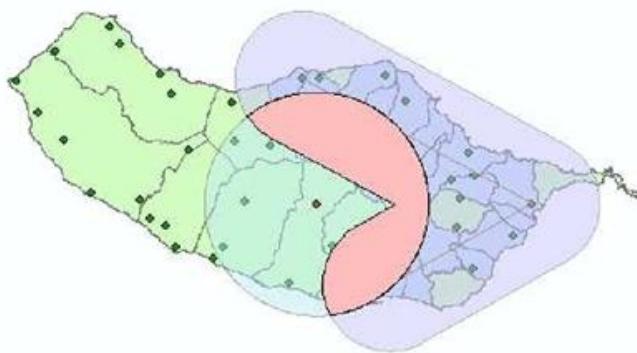
6.1 Numa primeira fase é necessário isolar a localidade de Curral das Freiras. Para tal, deverá efetuar uma seleção por atributos. Aceda à tabela de atributos do layer localidades e efectue a query. No final guarde o resultado obtido num novo layer e atribua-lhe o nome Curral_das_freiras.shp.

6.2 O próximo passo consiste na criação de duas zonas de influência (Buffer):

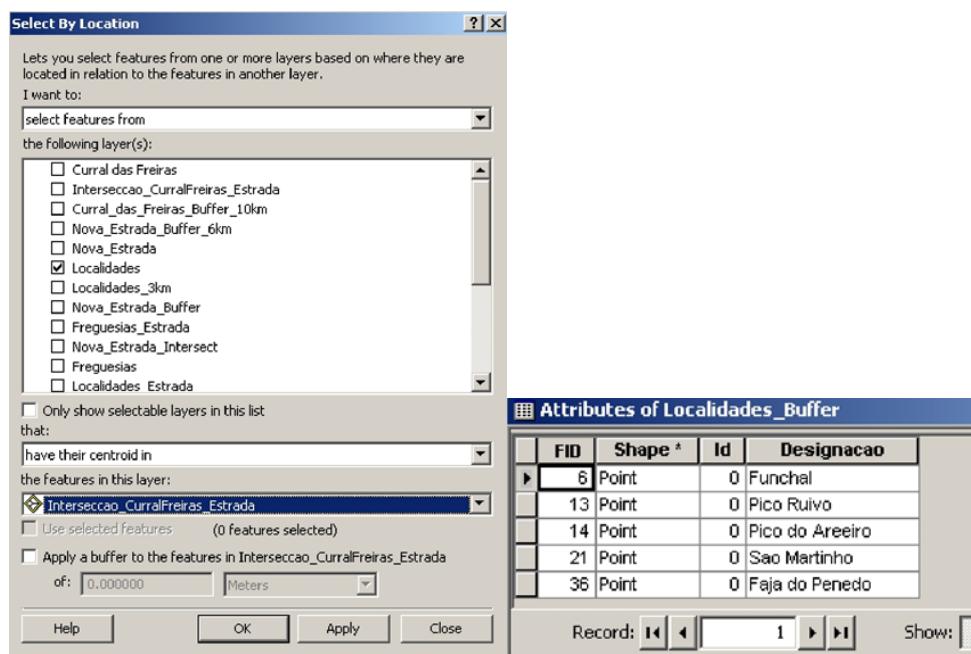
- Uma que represente um zonamento de 6 km em torno da nova estrada;
- Outra que represente um zonamento de 10 km em torno da localidade de Curral das Freiras.



6.3. Tendo as duas zonas de influência criadas, podemos agora isolar a área geográfica em que ambas se intersectam. Para isolar estas áreas, pode-se recorrer à função de intersecção espacial. Para isolar a área pretendida, use a função Intersect em Analysis Tools>Overlay>Intersect, obtendo assim o layer Intersecao_CurralFreiras_estrada.shp.



6.4. Por fim, resta determinar quais as localidades que se situam na área geográfica calculada no passo anterior. Para tal, pode-se efetuar uma seleção por localização geográfica. Aceda então ao menu Selection>Select By Location e preencha a janela conforme consta a imagem que se segue.

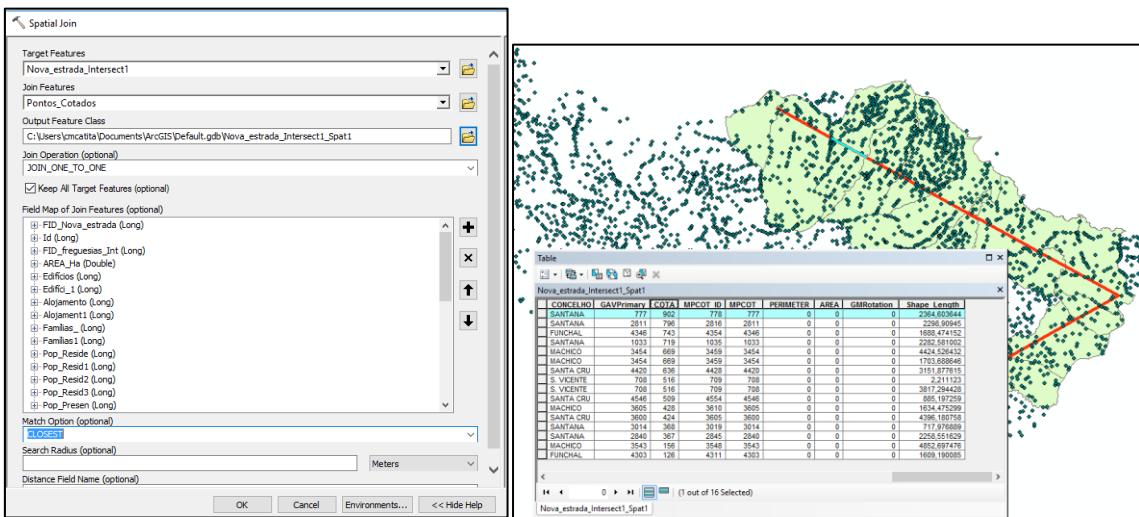


Guarde o resultado obtido num novo layer e atribua-lhe o nome Localidades_Buffer.shp. Aceda à sua tabela de atributos. Como pode verificar, as localidades que fazem parte da área geográfica criada são: Funchal, Pico Ruivo, Pico do Areeiro, São Martinho e Faja do Penedo.

Exercício 7 – Determinação do troço de maior elevação da nova estrada.

3.1. A tabela de atributos dos troços da estrada por freguesia (layer construído no exercício 5, Nova_Estrada_Intersect.shp) não contém qualquer informação acerca da altitude a que se encontra a estrada.

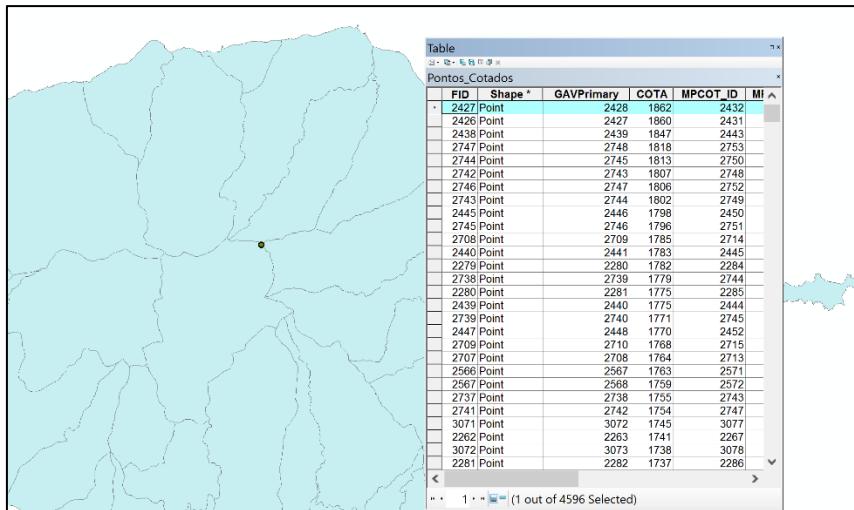
Para atribuir o valor da cota aos troços da nova estrada terá que identificar o valor da cota do ponto cotado que lhe está mais próximo. Para tal efetue uma operação de Spatial Join, usando o operador CLOSEST tal como a seguir se apresenta:



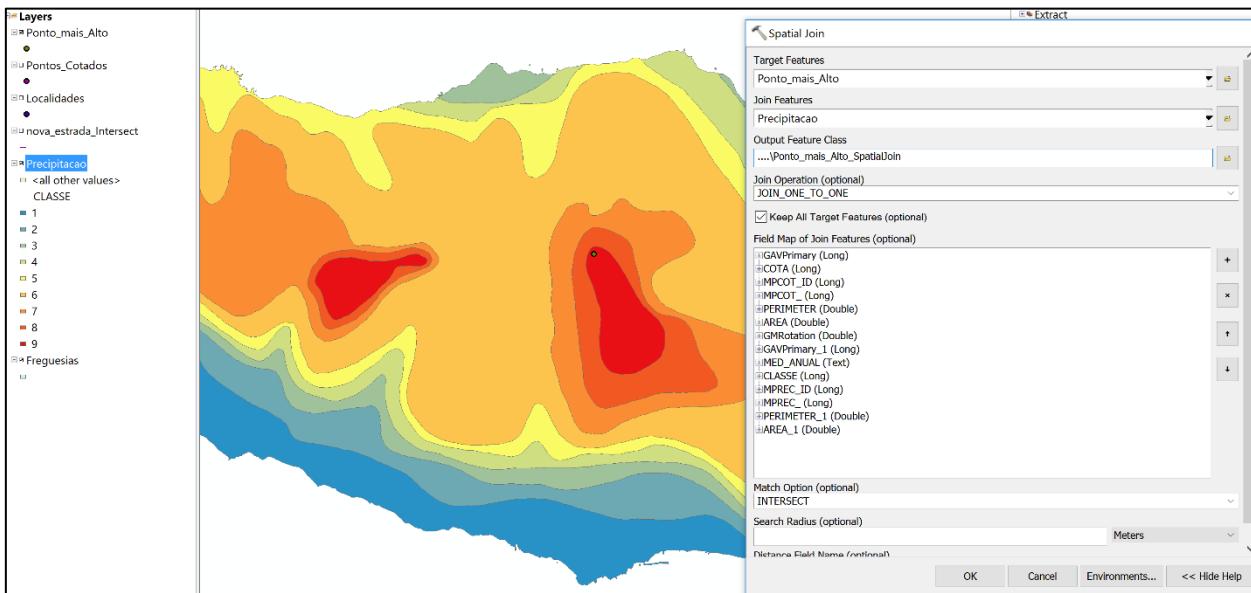
Verifique a tabela de atributos dos troços da nova estrada (Nova_estrada_intersect.shp) , após a execução do Spatial Join, que cada troço recebeu os atributos (inclusive o valor de cota) do ponto cotado que lhe está mais próximo. Selecione então o troço com cota mais elevada e exporte-o para uma nova shapefile (troco_cota_max.shp).

Exercício 8 – Determinação da temperatura e precipitações médias anuais da zona de maior elevação da Ilha da Madeira.

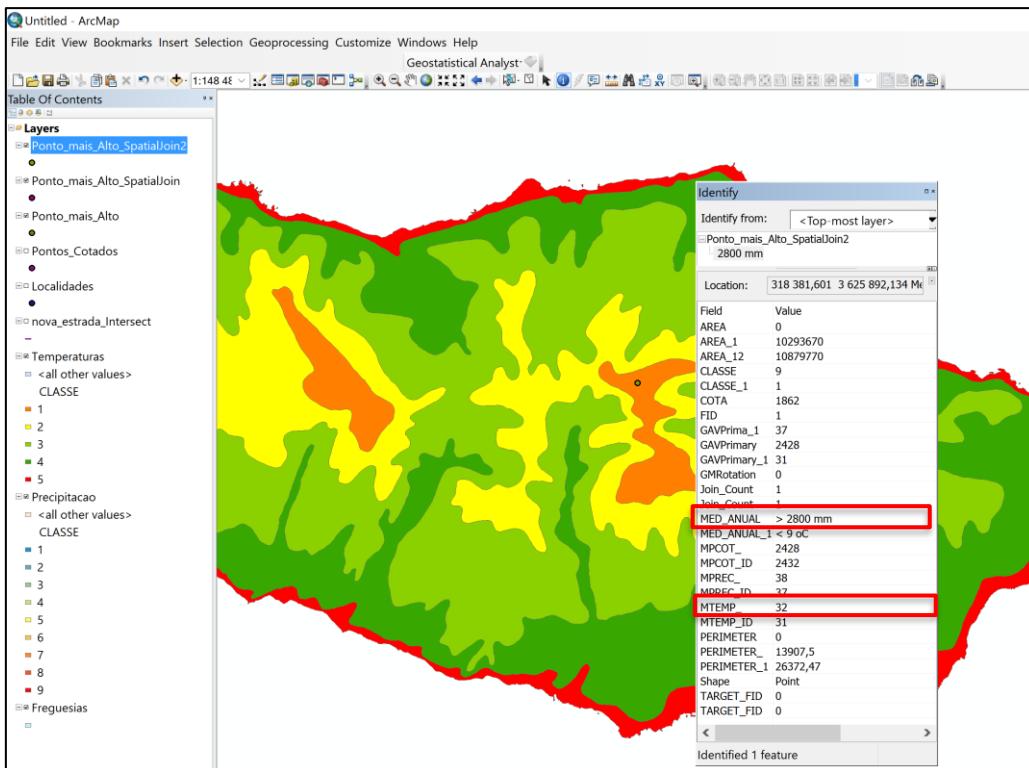
8.1 Comece por criar um novo layer com o ponto de cota mais elevada. Para tal aceda à tabela de atributos do layer Pontos_Cotados, selecione a coluna COTA e com o botão direito selecione Sort Descending (a primeira linha da tabela corresponderá ao ponto com maior cota). Selecione esse ponto e exporte-o para uma nova shapefile, atribuindo-lhe o nome Ponto_Mais_Alto.shp.



8.2. Usando a operação de Spatial Join, atribua ao ponto mais elevado os valores de precipitação e depois repete a operação para obter os valores de temperatura correspondentes, usando o operador INTERSECT:



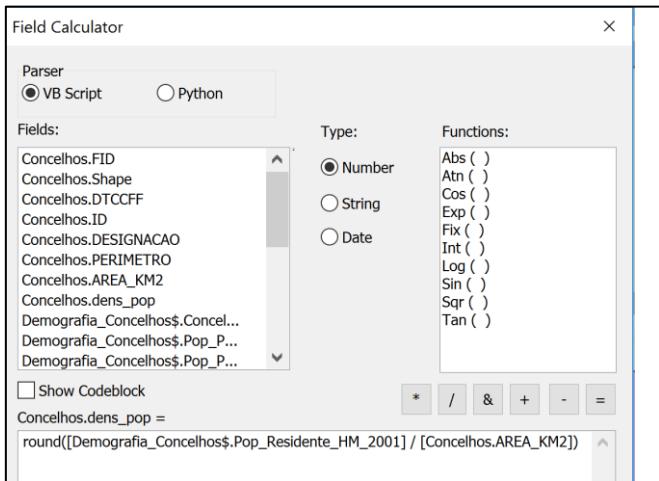
Por fim analise os atributos do ponto mais alto com o comando IDENTIFY:



Exercício 9 – Identificação do concelho com maior densidade populacional que contém parte da estrada projetada no exercício 2.

9.1. Deverá realizar uma operação de JOIN entre a camada dos concelhos.shp e a folha excel demografia_concelhos.xls.

De seguida adicione um novo campo à tabela dos concelhos, com ADD FIELD (dens_pop, tipo double) e use o Field Calculator para calcular a densidade populacional.



9.2. Tendo a densidade populacional calculada, resta conhecer quais os concelhos atravessados pela nova estrada e entre esses identificar o concelho que tem a maior densidade populacional. Para se conhecerem os Concelhos atravessados pela estrada criada no exercício 2, efetue um Select by location:

Input Feature: Concelhos

Join Feature: nova_estrada

Operator: Intersect

Guarde o resultado obtido num novo layer e atribua-lhe o nome Concelhos_Estrada.shp. Para conhecer qual o Concelho que apresenta maior densidade populacional aceda à tabela de atributos do layer Concelhos, selecione o campo Dens_Pop e com o botão direito do seu rato selecione Sort Descending. Como pode verificar, o concelho que mais beneficiará com a nova estrada será o concelho do Funchal.

Exercício 8 – Produção de Um Modelo Digital de Elevação (MDE)



1h30m



Médio

INTRODUÇÃO

Exercício de SIG 3D com um pequeno projecto para as ilhas açorianas do Pico e Faial. Realização de um modelo digital de elevação, mapa de declives e exposição de vertentes, geração de curvas de nível e vista 3D das ilhas.

OBJETIVOS E COMANDO NOVOS

Aprender a realizar análise 3D em ArcMap, ArcScene e ArcGlobe

- Barra de ferramentas 3D Analyst: Menu contextual do menu principal - 3D Analyst
- Análise 3D, criar modelo digital de elevação, TIN: ArcToolbox - 3D Analyst Tools - Data Management - TIN - Create TIN
- Análisis 3D, criar modelo digital de elevación, Hutchinson: ArcToolbox - 3D Analyst Tools - Raster Interpolation - Topo to Raster
- Análise 3D, criar camada de sombras: ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Surface - Hillshade
- Análisis 3D, criar camada de curvas de nível: ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Surface - Contour
- Análisis 3D, criar camada de declives: ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Surface - Slope
- Análisis 3D, criar camada de exposição de vertentes: ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Surface - Aspect
- Abrir ArcScene: Início - Todos os programas - ArcGIS- ArcScene
- Abrir ArcGlobe: Início - Todos os programas - ArcGIS- ArcGlobe
- Visualização 3D, altitudes: Menu contextual da camada - Properties - Base Heights
- Visualização 3D, fator de exagero vertical: Menu contextual da cena - Scene Properties - General

INFORMAÇÃO DE PARTIDA

- “curvalnivelfaial.shp”, camada vetorial com as curvas de nível da ilha do Faial (equidistância de 10m)
- “curvasnivelpico.shp”, camada vetorial com as curvas de nível da ilha do Pico (equidistância de 10m)
- “pontosfaial.shp” camada vetorial com os pontos cotados da ilha do Faial
- “pontospico.shp” camada vetorial com os pontos cotados da ilha do Pico

PLANEAMENTO

1. Criar os modelos digitais de elevação da ilha do Faial e de Pico utilizando uma interpolação linear (TIN) e produzir uma camada de sombras.
2. Inserir o modelo em ArcScene (visualizador 3D).
3. Gerar curvas de nível, declives e exposição de vertentes

Resolução

1. Objetivo: Criar os modelos digitais de elevação da ilha do Faial e de Pico utilizando uma interpolação linear (TIN) produzir uma camada de sombras.

1. Abrir um novo projeto em ArcMap (poderá ser realizado também em ArcScene).
2. Adicionar as camadas vectoriais: *pontosfaial* e *curvasnivelfaial*
3. Criar um modelo digital de elevação da ilha do Faial. Primeiramente vai-se efectuar uma interpolação linear (TIN).

- ArcToolbox - 3D Analyst Tools - Data Management - TIN - Create TIN

Gera-se o *Modelo Digital de Elevação* interpolando linearmente as curvas de nível e os pontos cotados (se possuir-se, por exemplo, uma camada linear com os rios, esta poderia servir como linhas de ruptura)

Input Features:

“*pontosfaial*”, Height Field “*Elevation*”, SF

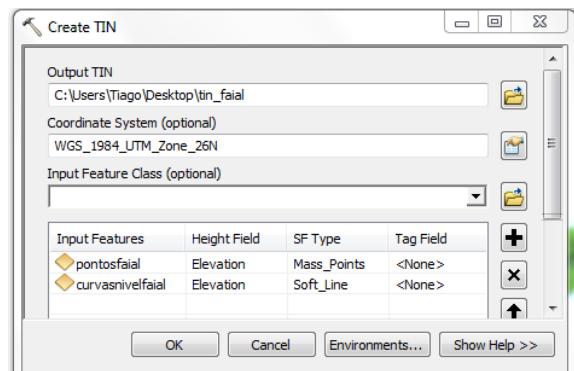
Type “*Mass_Points*”

“*curvasnivelfaial*”, Height Field “*Elevation*”,

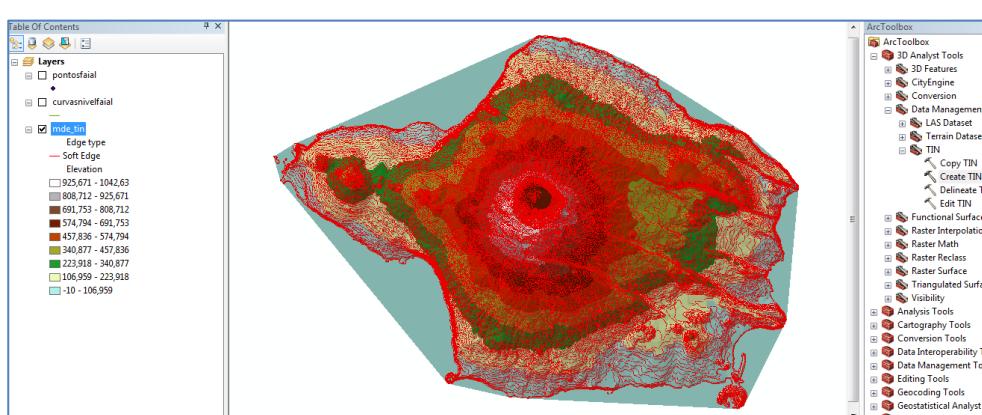
SF Type “*Soft_Line*”

Output: “mde_tin”

Nota: Caso existisse uma camada com linhas de ruptura estas seriam “*Hard_Line*”



O sistema de referência é o WGS_1984_UTM_Zone_26N.



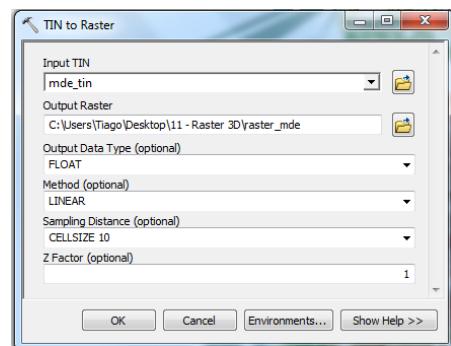
De modo a produzir o mapa de sombras terá de se converter o TIN para Raster, visto que o algoritmo do *Hillshade* não aceita como input o TIN produzido. Para tal, deve-se utilizar a operação recorrendo ao seguinte comando:

- ArcToolbox - 3D Analyst Tools - Conversion - From TIN - TIN to Raster

Input: mde_tin

Output Raster: raster_mde

Sampling Distance (optional): CELLSIZE 10

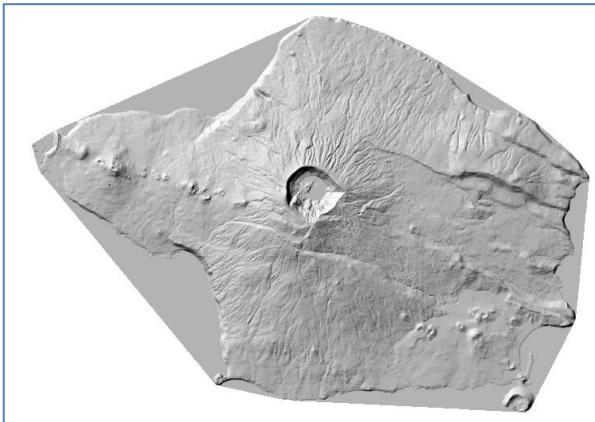
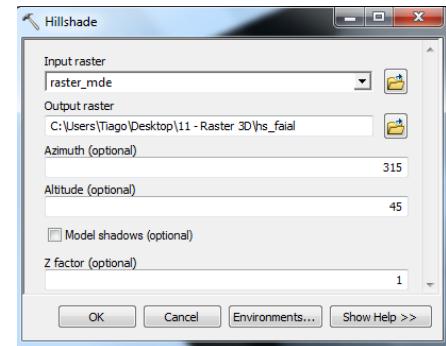


Obtido o raster com o nome “raster_mde” poderá ser realizado o mapa de sombras. Para tal, deve-se utilizar a operação recorrendo ao seguinte comando:

- ArcToolbox - 3D Analyst Tools - Raster Surface - Hillshade

Input raster: raster_mde

Output Raster: hs_faial



2. Objetivo: Inserir o modelo em ArcScene.

1. Abrir um novo projeto em ArcScene

2. Adicionar as camadas “raster_mde” e “toptr_faial” e simbolizam-se as camadas para uma melhor comparação.

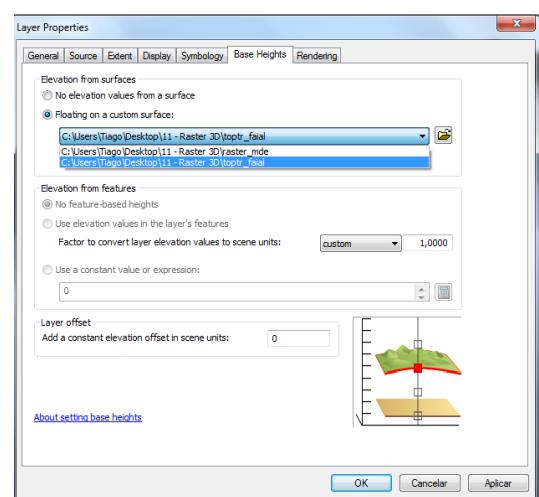
3. Estabelece-se as altitudes de “toptr_faial” no menu contextual da camada - Properties - Base Heights:

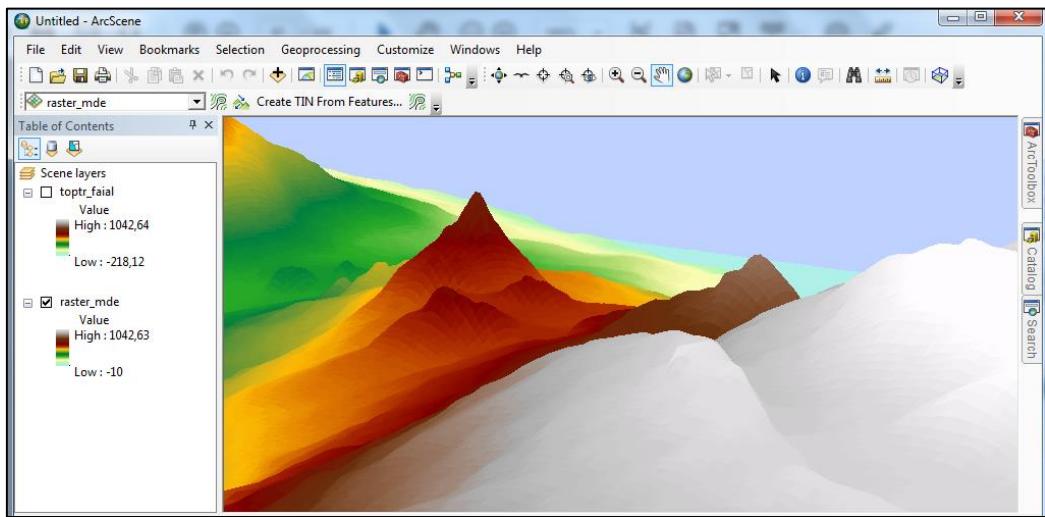
Altitudes a partir de “toptr_faial”

4. Introduz-se um fator de exagero vertical para melhorar a visualização, menu contextual da cena “Scene Layers”- Scene Properties - General:

Calcula-se o fator automaticamente com

Calculate From Extent





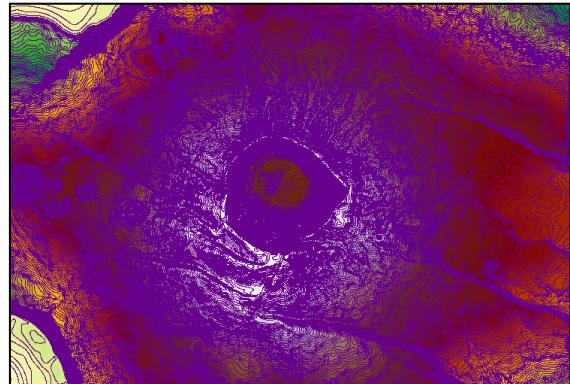
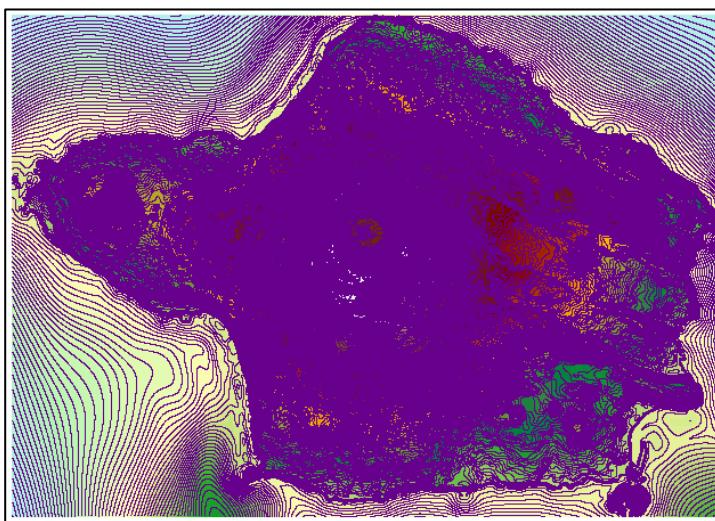
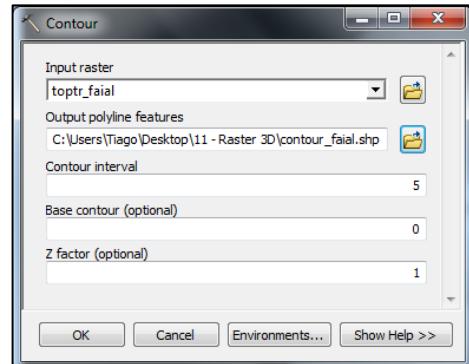
3. Objetivo: Gerar curvas de nível, declives e exposição de vertentes

1. Abrir um novo mapa em ArcMap ou ArcScene (sendo o ArcScene visualmente mais atrativo)
2. Adicionar o raster "toptr_faial"
3. Criar cruvas de nível com equidistância de 5 metros:
- ArcToolbox - 3D Analyst Tools - Raster Surface - Contour

Input raster: toptr_faial

Output polyline features: contour_faial

Contour interval: 5 (metros)

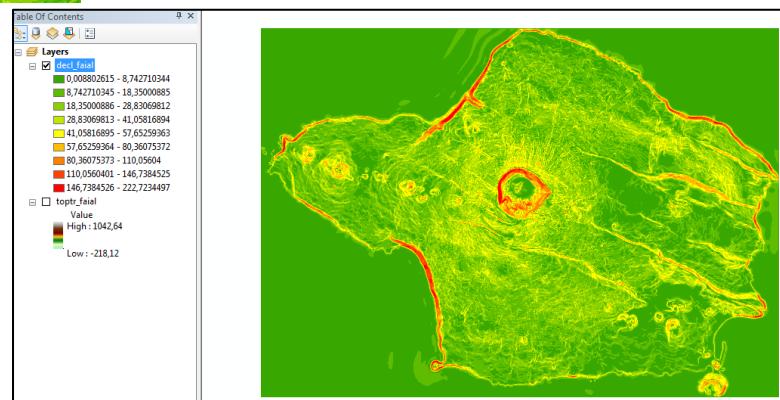
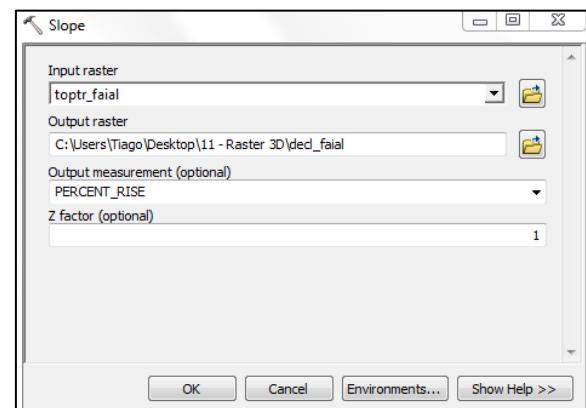
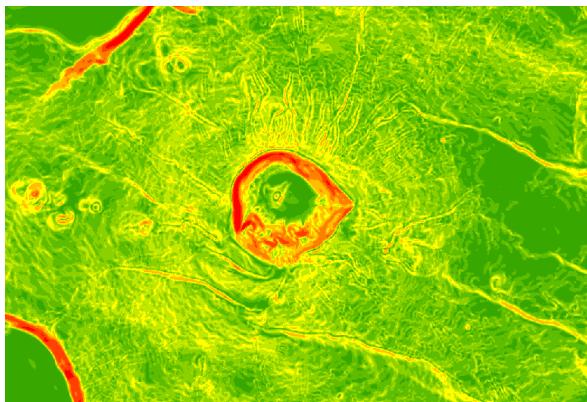


4. Criar mapa de declives em percentagem: ArcToolbox - 3D Analyst Tools - Raster Surface - Slope

Input raster: toptr_faial

Output raster: decl_faial

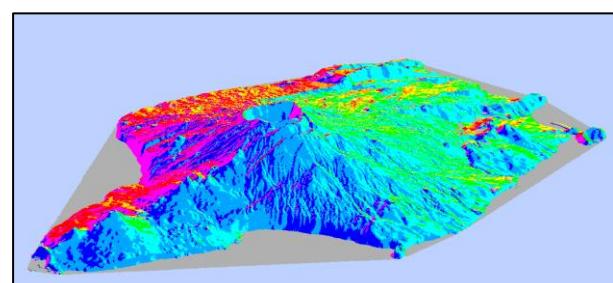
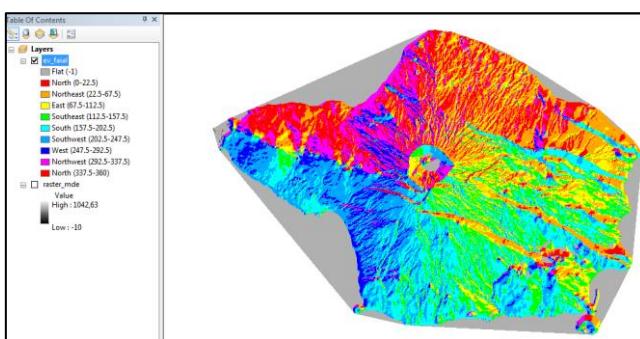
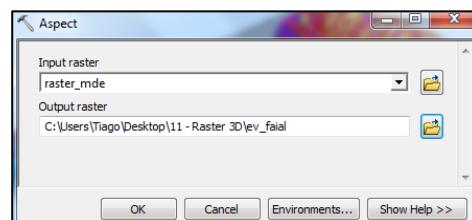
Output measurement: PERCENT_RISE



5. Criar mapa de exposição de vertentes tendo por base a camada “raster_mde”: *ArcToolbox - 3D Analyst Tools - Raster Surface - Aspect*

Input raster: raster_mde

Output raster: ev_faial



ArcScene com Base Heights:



Exercício 9-1 – Exercício de análise raster: avaliação multicritério



1h30m



Médio

INTRODUÇÃO

O objetivo deste exercício é o de criar um “Mapa de suscetibilidade de incêndio florestal”. Estes tipos de mapas podem ser úteis na análise de zonas mais desprotegidas e menos vigiadas. Para um melhor planeamento do território estes mapas são um instrumento fundamental na tomada de decisão de infraestruturas de vigia e de acessibilidades das forças de combate ao incêndio no terreno.

OBJETIVOS E COMANDOS

Aprender a realizar análise raster multicritério e acessibilidade

- *Conversion Tools – To Raster – Polygon to Raster*
- *Conversion Tools – To Raster – Polyline to Raster*
- Análise raster: *Spatial Analyst*
- Análise raster: *Spatial Analyst-Reclassify*
- Análise raster: *Spatial Analyst-Raster Calculator*
- Análise raster: guardar camada calculada
- Análise raster: *Spatial Analyst-Euclidean Distance*

INFORMAÇÃO DE PARTIDA

- “dtm_dlx”, modelo digital de terreno, no formato raster
- “Corine”, mapa de ocupação do solo, no formato shapefile tipo polígono
- “rede_viaria”, mapa de rede viaria no formato shapefile tipo linha
- “rede_hidrográfica”, mapa de rede viaria no formato shapefile tipo linha

PLANEAMENTO

1. O modelo de suscetibilidade proposto de incêndio florestal é baseado em vários elementos do território, tal como consta na Tabela 1:

Tabela 1

Suscetibilidade		Distância à rede viária (metros)	Distância às áreas recreativas (metros)	Distância à rede hidrográfica (Metros)	Declive do terreno (%)	Exposição de vertentes do terreno	Tipo ocupação do solo
Não Existe	0	>400	>1500	0-200	0-5	N	Áreas artificiais, Corpos de Água
Minima	25	200-400	1000-1500	200-500	5-10	NW, NE	Zonas Marítimas
Baixa	50	100-200	600-1000	500-1000	10-20	W,E	Zonas de Agricultura
Média	75	50-100	200-600	1000-1500	20-25	SE, SW	Zonas abertas com vegetação escassa
Máxima	100	0-50	0-200	>1500	>25%	S	Florestas e áreas de vegetação

O modelo final de cálculo de suscetibilidade deverá ponderar cada um destes factores de acordo com o seguinte modelo:

$$VIF = (P_1^* [AR] + P_2^* [RH] + P_3^* [DV] + P_4^* [EX] + P_5^* [RV] + P_6^* [OS]) / \sum P_i$$

em que:

- [AR]: Distância às áreas recreativas;
- [RH]: Distância à Rede Hidrográfica;
- [DV]: Declives;
- [EX]: Exposição de vertentes do terreno;
- [RV]: Distância à Rede Viária
- [OS]: Tipo de ocupação do solo;
- $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$: peso associado a cada variável

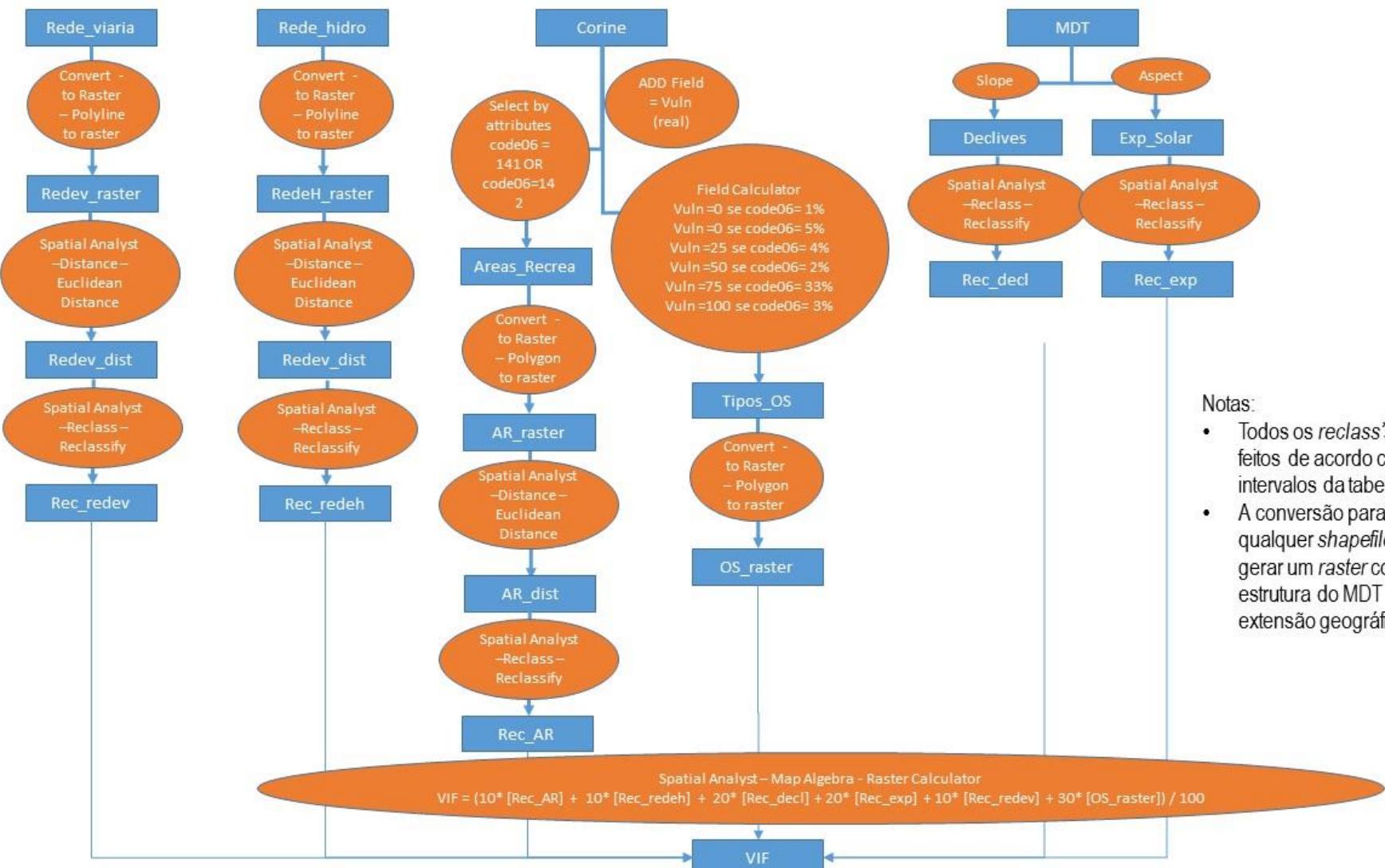
Para o exercício em questão pode testar uma solução de mapa de suscetibilidade com os seguintes pesos $P_1=10$, $P_2=10$, $P_3=20$, $P_4=20$, $P_5=10$, $P_6=30$

Sendo o modelo final calculado por:

$$VIF = (10* [AR] + 10* [RH] + 20* [DV] + 20* [EX] + 10* [RV] + 30* [OS]) / 100$$

RESOLUÇÃO

O modelo cartográfico seguinte mostra graficamente como se pode proceder para a resolução deste problema:

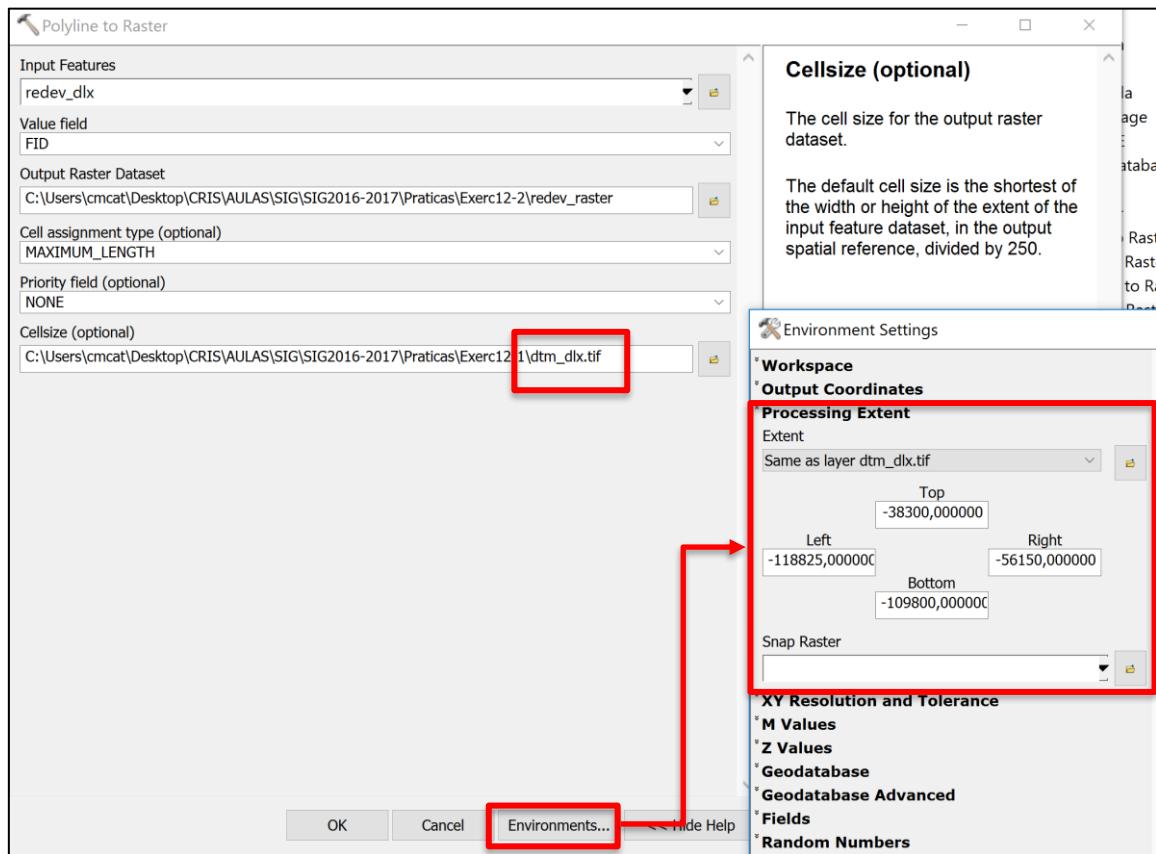


Notas:

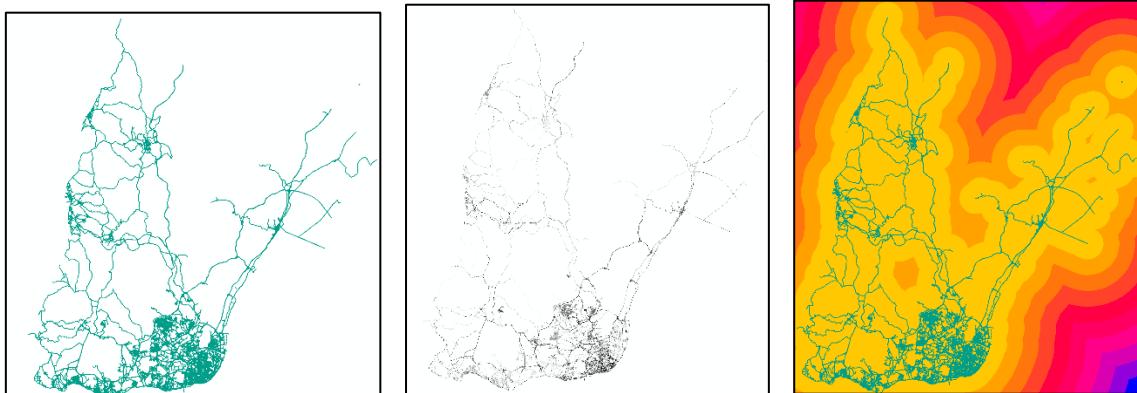
- Todos os reclass's são feitos de acordo com os intervalos da tabela 1;
- A conversão para raster de qualquer shapefile deve gerar um raster com a estrutura do MDT e a sua extensão geográfica;

1. Tratamento da rede viária.

1.1. ArcToolbox – Conversion Tools – To Raster – Polyline to raster



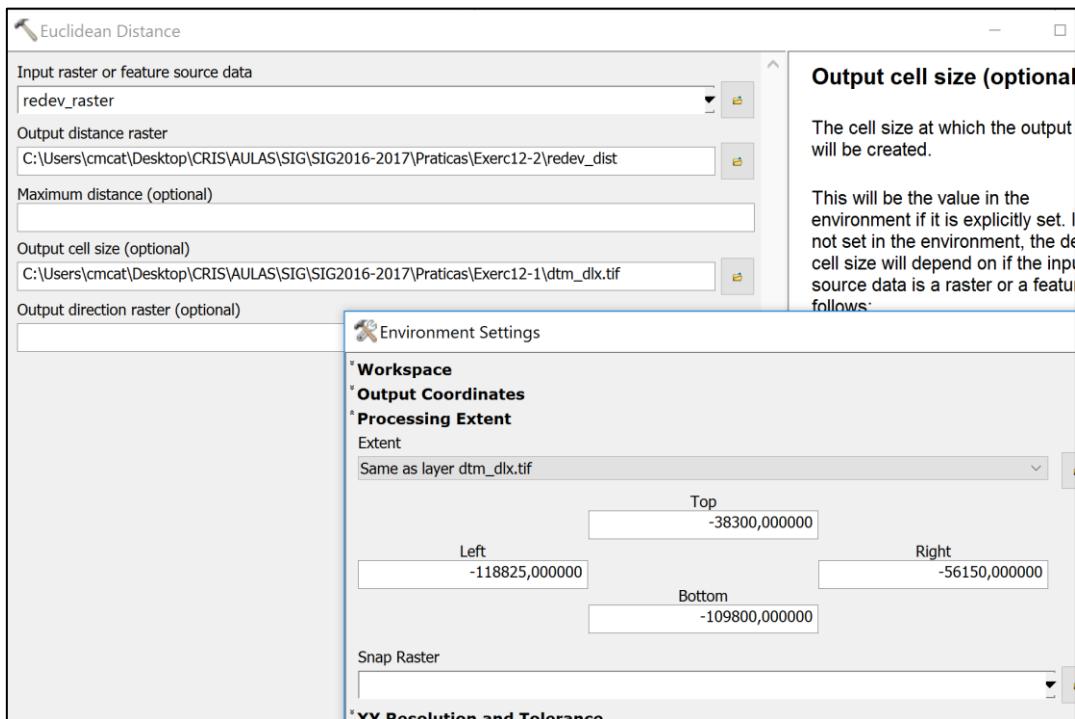
No campo *cellsize* coloque o ficheiro MDT (dtm_dlx.tif) para que o *output* fique com a mesma estrutura do MDT, e em *Environments>Processing Extent* idem para que o *output* fique com a mesma extensão geográfica do que o MDT.



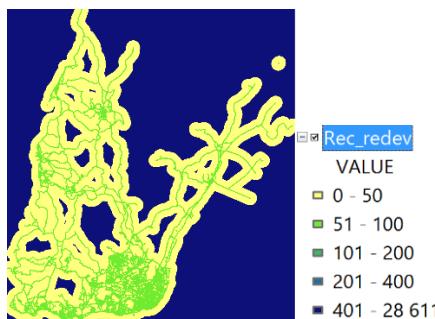
1.2. Active a extensão **Spatial Analyst** no menu **Customize-Extensions**

1.3. Calcule as distâncias à rede viária através da toolbox **Spatial Analyst – Distance – Euclidean Distance**.

Use o MDT como ficheiro *template* do *raster output*, e defina a área geográfica do *Processing Extent* a mesma do MDT, tal como no passo 1.1.

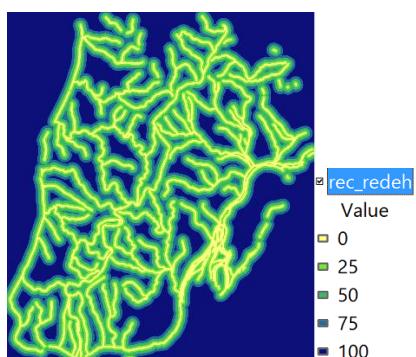


1.4. Reclassifique o ficheiro de distâncias às estradas de acordo com as classes de distância da tabela 1. Para o efeito use o *Spatial Analyst – Reclass – Reclassify* para gerar o ficheiro **Rec_redev.tif**:



2. Tratamento da rede hidrográfica

2.1. O processo é semelhante ao da rede viária, mas as classes de reclassificação são as que constam na tabela 1 para a rede hidrográfica, e gere o ficheiro **Rec_RedeH.tif**:



3. Tratamento da do mapa Corine

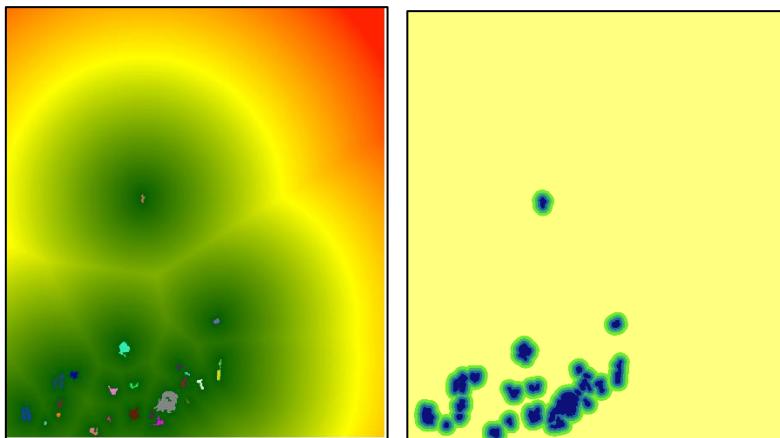
3.1. Usar o Select by Attributes e fazer a query "**CODE_06**" = '141' OR "**CODE_06**" = '142'

3.2. Exportar os polígonos da seleção para uma nova shapefile (**áreas_recrea.shp**)

3.3. Faça a conversão para raster: *Conversion Tools – To Raster – Polygon to raster*

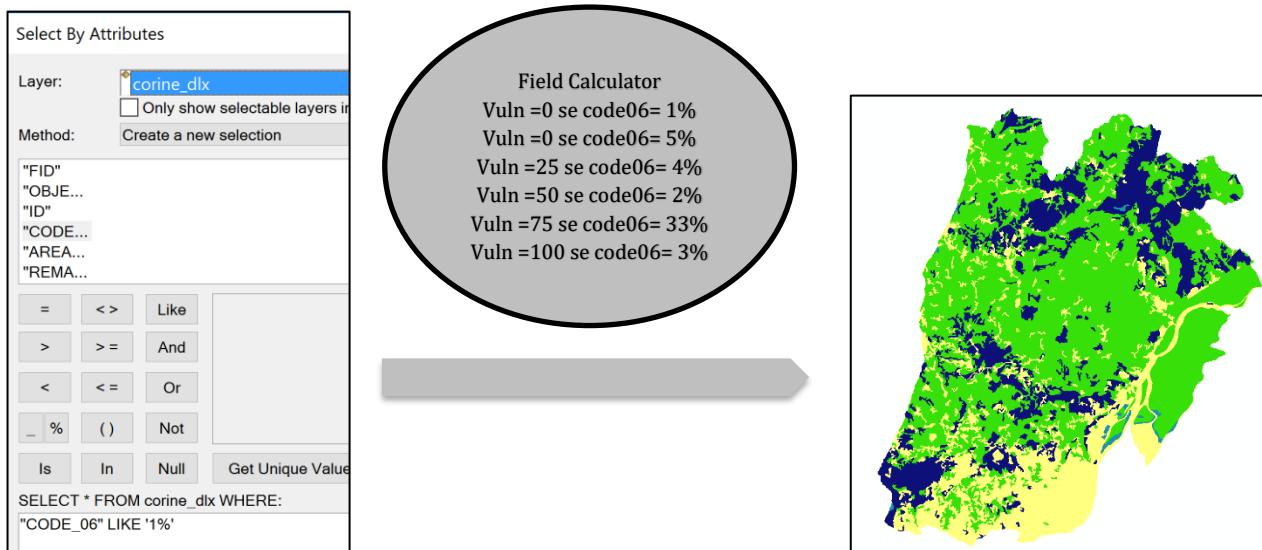
3.4. Calcule as distâncias às áreas recreativas usando o *Spatial Analyst – Distance – Euclidean Distance*

3.5. Reclassifique o ficheiro de distâncias às áreas recreativas de acordo com as classes de distância da tabela 1. Para o efeito use o *Spatial Analyst – Reclass – Reclassify (Rec_AR.tif)*



3.6. Adicione um novo campo à tabela **Corine_dlx.shp**, de nome **Vuln** (tipo *long integer* ou *real*)

3.7. Use o *Field Calculator* para preencher o campo **Vuln** de acordo com a seleção de classes de Ocupação do solo, apresentadas na tabela 1:



3.8. Converta o mapa corine para raster, usando como campo de codificação dos pixels de saída o campo **Vuln**

Conversion Tools – To Raster – Polygon to raster

Field: Vuln

Output: OS_raster.tif

4. Tratamento do mapa de declives

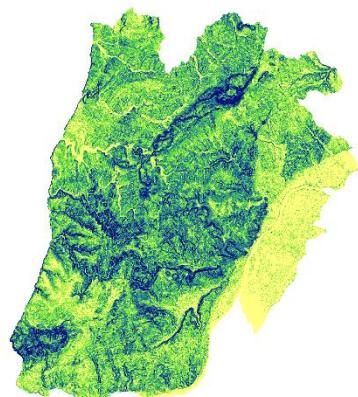
4.1. Calcule o mapa de declives em percentagem, a partir do mapa de elevações do terreno **dtm_dlx.tif**:

Spatial Analyst – Surface - Slope

4.2. Reclassifique o mapa de declives de acordo com as classes de declive da tabela 1, gerando o ficheiro (**rec_decl.tif**)



Mapa de declives (%) do Distrito de Lisboa



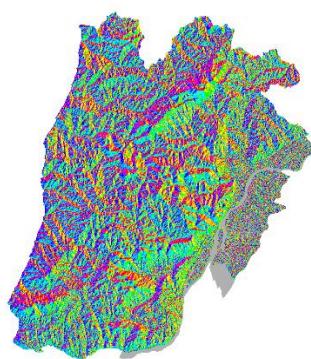
Mapa de declives Reclassificado de acordo com as classes da Tabela 1

4. Tratamento da do mapa de exposições das vertentes do terreno

4.1. Calcule o mapa de exposições das vertentes, a partir do modelo de elevação de terreno **dtm_dlx.tif**:

Spatial Analyst – Surface - Aspect

4.2. Reclassifique o mapa de exposições (**rec_exp.tif**) das vertentes de terreno de acordo com as classes de exposição da tabela 1:



Mapa de exposiões(graus) do Distrito de Lisboa

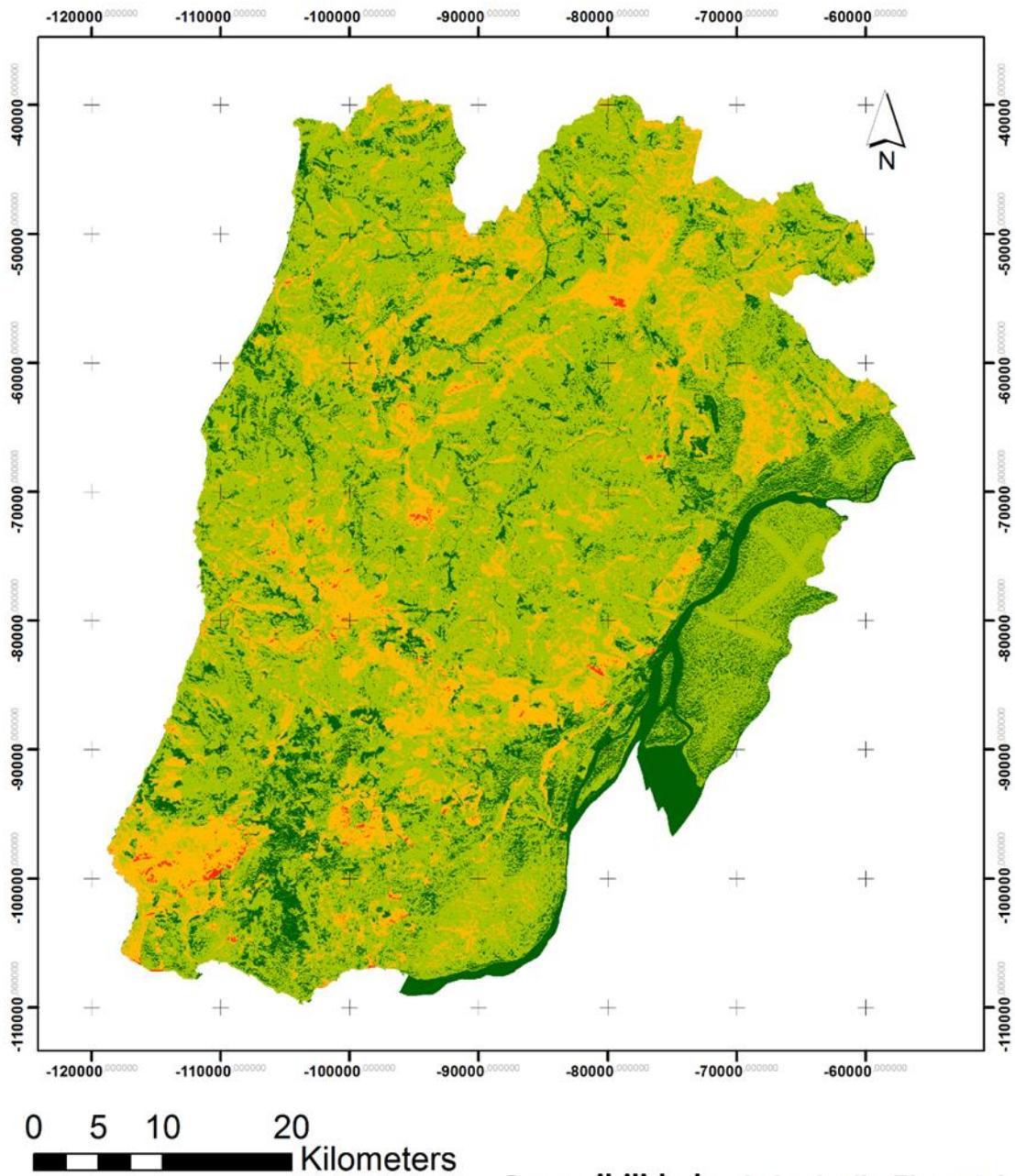


Mapa de exposiões de vertentes Reclassificado de acordo com as classes da Tabela 1

5. Cálculo do mapa de suscetibilidade de Incêndio Florestal (VIF)

5.1. Use a ferramenta do *Spatial Analyst – Map Algebra - Raster Calculator* e aplique o modelo de calculo de **suscetibilidade de Incêndio Florestal** proposto neste exercicio:

$$\text{VIF} = (10^* [\text{Rec_AR}] + 10^* [\text{Rec_redeh}] + 20^* [\text{Rec_decl}] + 20^* [\text{Rec_exp}] + 10^* [\text{Rec_redev}] + 30^* [\text{OS_raster}]) / 100$$

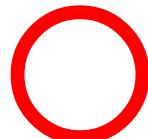


- [Green] 0 - 25 [Vulnerabilidade Miníma]
- [Light Green] 26 - 50 [Vulnerabilidade Baixa]
- [Yellow] 51 - 75 [Vulnerabilidade Média]
- [Red] 76 - 100 [Vulnerabilidade Elevada]

Exercício 9-2 – Exercício de análise raster: Visibilidade



1h45m



Elevado

INTRODUÇÃO

No exercício anterior produziu-se um “Mapa de suscetibilidade de incêndio florestal” o qual servirá para a análise que irá agora efectuar. O objetivo é avaliar se os postos de vigia florestal existentes no distrito de Lisboa são suficientes e estão eficazmente distribuídas na área de estudo, de forma a que os guardas florestais consigam vigiar visualmente as áreas de maior suscetibilidade obtidas no exercício 9.1, caso não se verifique, pede-se que apresente uma proposta de distribuição espacial dos novos postos de vigia de forma a colmatar as falhas dos postos existentes.

As novas torres de vigia devem obedecer aos seguintes critérios espaciais:

- 1. Colmatarem as falhas dos postos de vigia existentes e vigiarem áreas de suscetibilidade florestal elevada**
- 2. Localizarem-se em pontos de maior altitude da zona a implantar**
- 3. Ter um alcance de 20 km de visibilidade no caso de terrenos pouco acidentados (declive < 5%) e 10 km de visibilidade no caso de terrenos muito acidentados (declive > 5%).**

OBJETIVOS E COMANDOS

Aprender a realizar análise raster de visibilidade

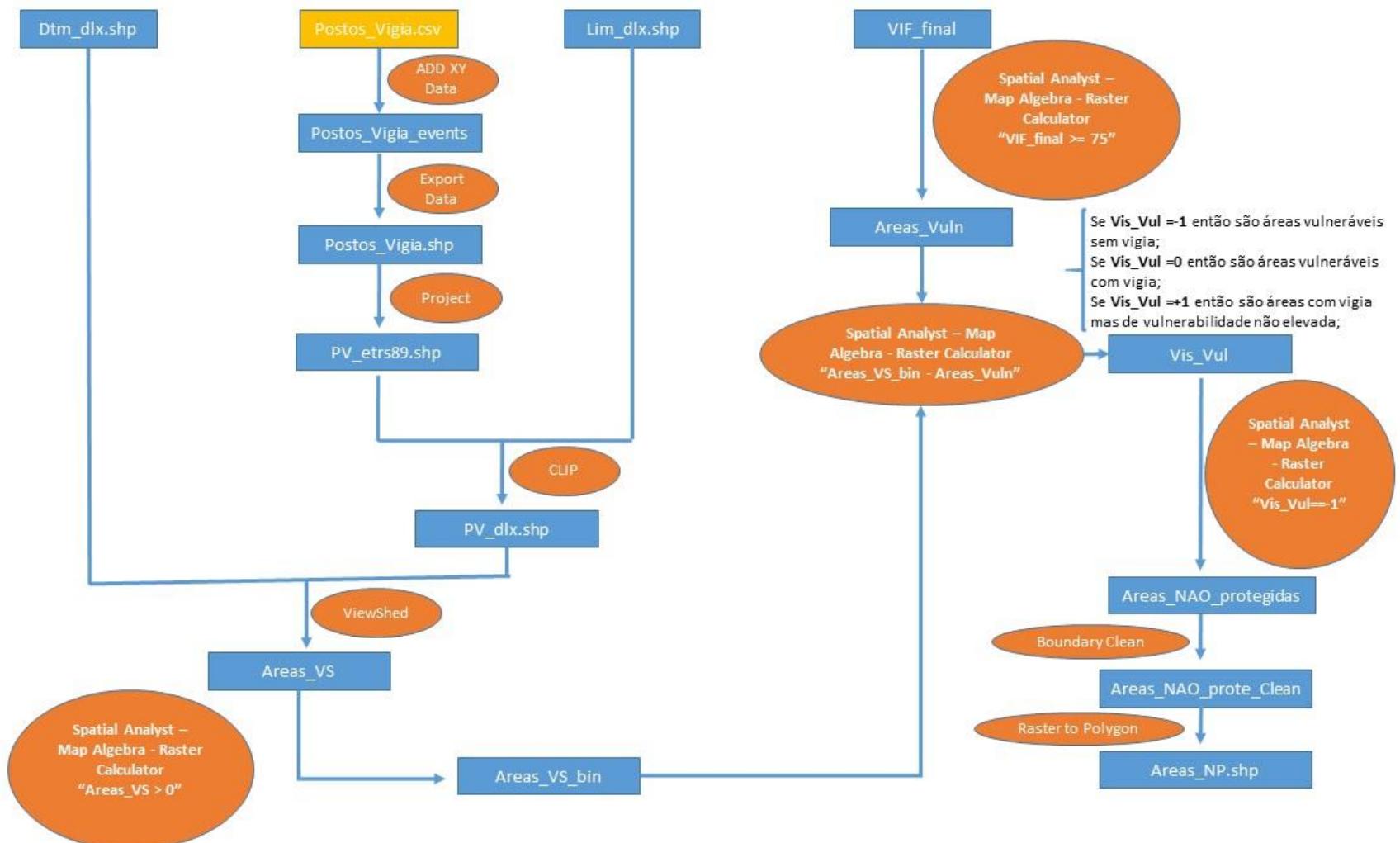
- Análise raster: *Spatial Analyst-Surface-ViewShed*
- Análise raster: *Spatial Analyst-Raster Calculator*

INFORMAÇÃO DE PARTIDA

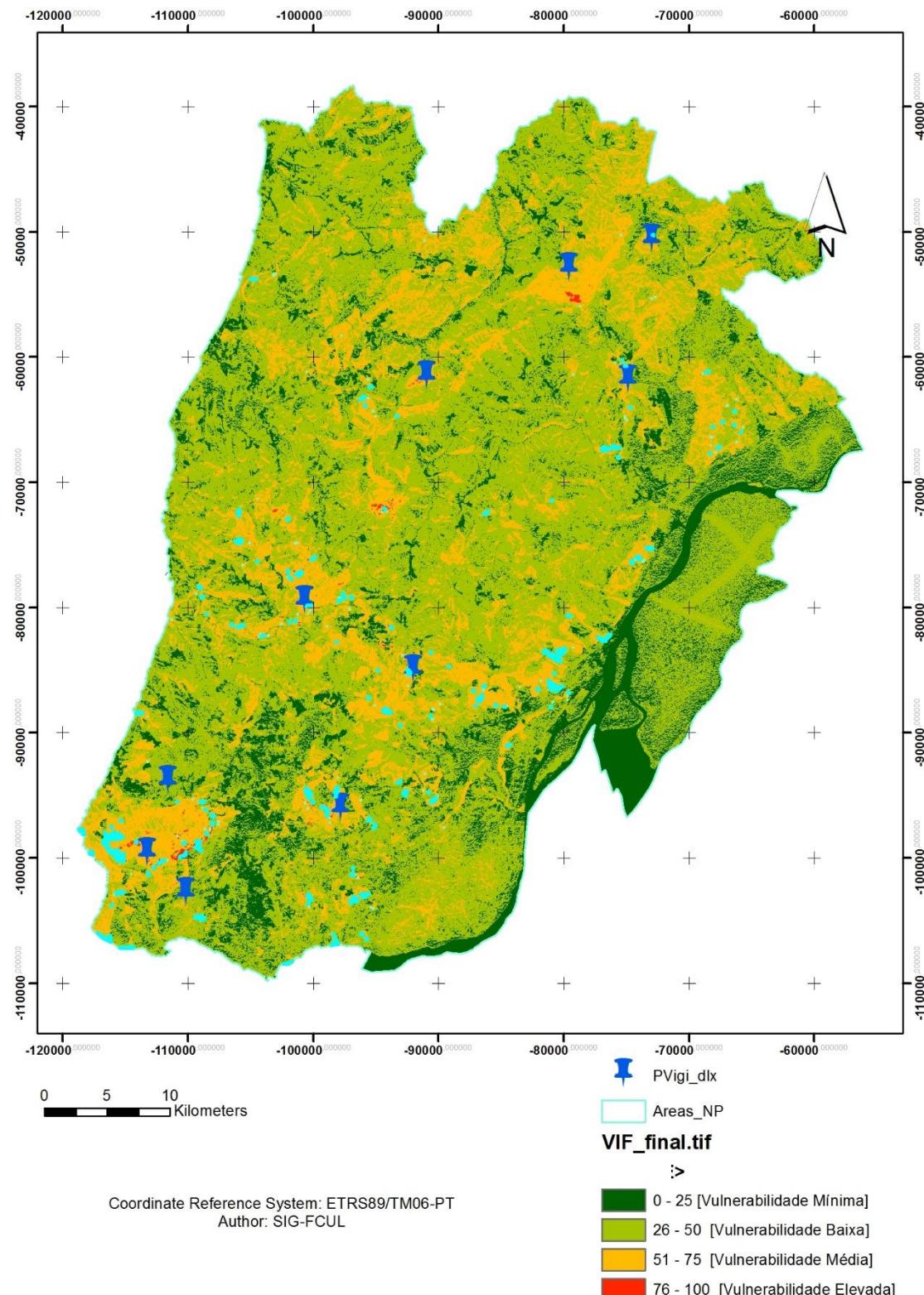
- “dtm_dlx.tif”, modelo digital de terreno do distrito de Lisboa, no formato raster, CRS: ETRS89/TM06-PT
- “VIF_final.lyr”, mapa de suscetibilidade de incêndio florestal para o distrito de Lisboa (result. do Exer. 9-1)
- Postos_vigia.csv lista de postos de vigia de Portugal Continental, no formato csv, CRS: Hayford-Gauss Dlx, Militar (Lisboa_Hayford_Gauss_IGeoE)
- “lim_dlx.shp”, mapa do limite do distrito de Lisboa, no formato shapefile tipo polígono

PLANEAMENTO

O modelo de identificação das áreas de **suscetibilidade de incêndio florestal elevada e não vigiadas** por qualquer Posto de Vigia pertencente à Rede Nacional de Postos de Vigia Florestal é proposto no modelo cartográfico seguinte:



De acordo com o esquema cartográfico anterior implemente as operações em ArcMap de modo a obter a solução Areas_NP.shp (polígonos de áreas vulneráveis não vigiadas). Nesta solução considere apenas os polígonos com área superior a 10 000 m² (1ha) para a avaliação da localização dos novos postos de vigia a implantar no Distrito de Lisboa.

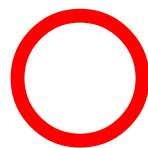


A partir do resultado apresentado, identifique uma estratégia de colocação de novas torres de vigia de acordo com os critérios enunciados no início do exercício.

Exercício 9-3 – Exercício de análise raster: Acessibilidade



1h45m



Elevado

INTRODUÇÃO

Neste exercício pretende-se avaliar as acessibilidades (caminho mais rápido) das corporações de bombeiros existentes no Distrito de Lisboa para as zonas de maior suscetibilidade de incêndio florestal. As acessibilidades vão ser avaliadas em termos de custo, o qual será determinado a partir da velocidade média de circulação sobre as estradas que depende do tipo de estrada e do declive do terreno. Assim consideram-se os seguintes valores de custo de circulação:

Declives (%)	Velocidade Média (km/h)	Custo (min / 10 km)
0-15 (com veículo a motor)	20	30
15-30 (com veículo a motor)	10	60
> 30 (a pé)	2	300

Tipo de Estrada	Velocidade Média (km/h)	Custo (min / 10 km)
Auto-estradas	100	6
Estradas principais	60	10
Outras Estradas	50	12

OBJETIVOS E COMANDOS

Aprender a realizar análise raster de acessibilidades

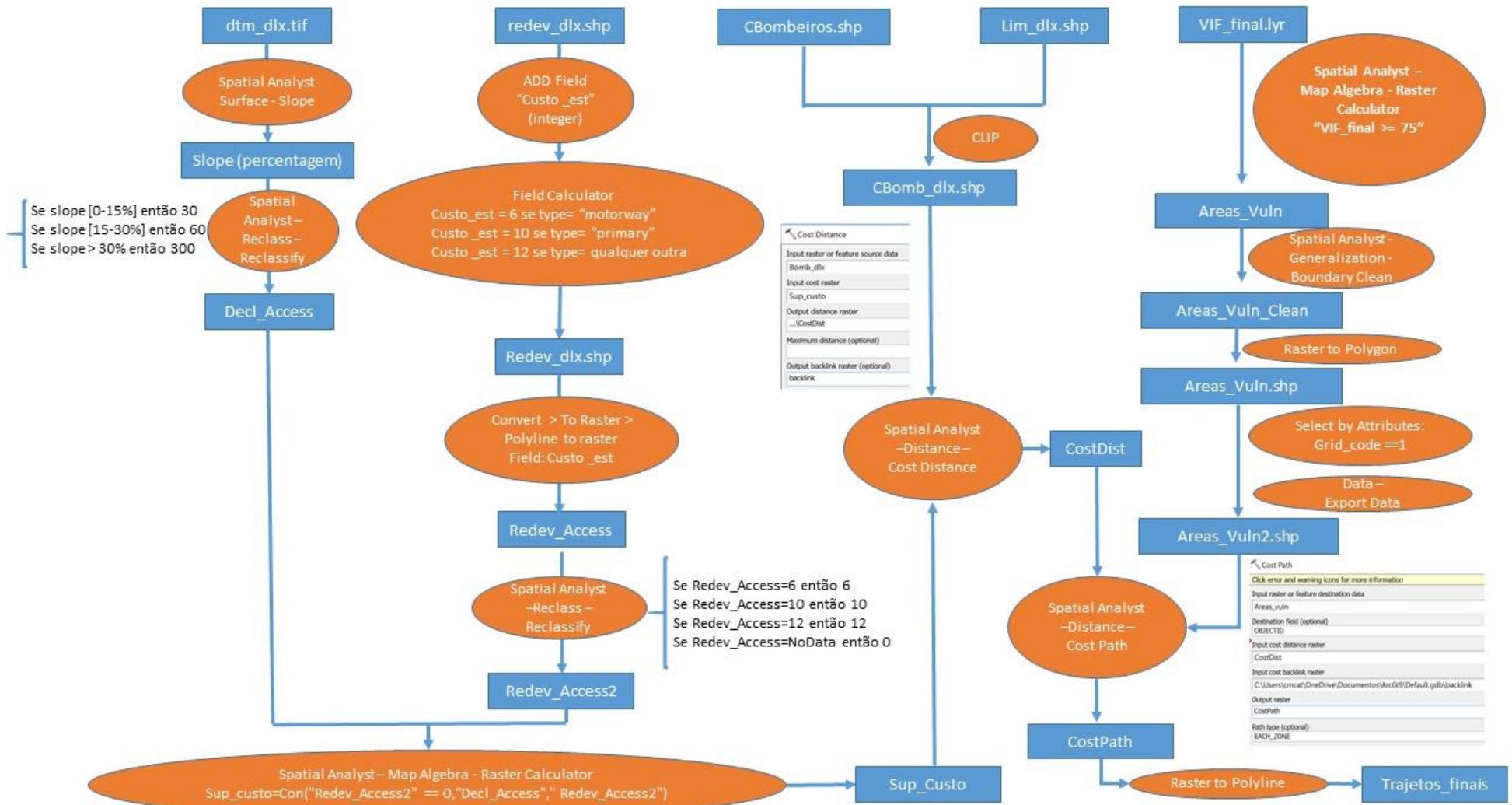
- Análise raster: *Spatial Analyst-Distance-Cost Weighted*
- Análise raster: *Spatial Analyst- Distance-Shortest Path*

INFORMAÇÃO DE PARTIDA

- ☒ “dtm_dlx.tif”, modelo digital de terreno do distrito de Lisboa, no formato raster, CRS: ETRS89/TM06-PT
- ☒ “VIF_final.lyr”, mapa de vulnerabilidade de incêndio florestal para o distrito de Lisboa (result. do Exer. 9-1)
- ☒ “redev_dlx.shp”, mapa de rede viaria do distrito de Lisboa no formato shapefile tipo linha
- ☒ “CBombeiros.shp” camada vetorial com os pontos correspondentes à localização das corporações de bombeiros de Portugal Continental
- ☒ “lim_dlx.shp”, mapa do limite do distrito de Lisboa, no formato shapefile tipo polígono

PLANEAMENTO

O modelo de identificação dos melhores trajetos desde as corporações dos bombeiros até às áreas de maior VIF é proposto no modelo cartográfico seguinte:



De acordo com o esquema cartográfico anterior implemente as operações em ArcMap de modo a obter a solução Trajetos_finais.shp. Obterá uma solução idêntica à seguinte:

