



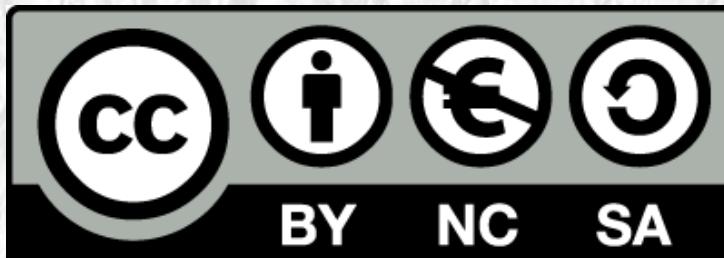
3º Encontro de Utilizadores QGIS Portugal

Workshop de Análise Espacial com QGIS - Análise de Redes -



Pedro Venâncio
Porto, 17 de Junho de 2016

Trabalho disponibilizado sob a licença:



**Creative Commons
Atribuição - Não Comercial - Partilha nos Mesmos Termos
CC BY-NC-SA 3.0 Portugal**

Esta licença permite que outros remisturem, adaptem e utilizem a obra noutras obras, para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito ao autor original e que licenciem as novas criações ao abrigo de termos idênticos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/pt/>

pedrongvenancio [at] gmail [dot] com

Introdução

- A partir da versão 2.14 LTR (lançada em 26.02.2016), o QGIS disponibiliza um conjunto de funcionalidades de análise de redes, através das ferramentas v.net.* do GRASS, integradas no Processing.
- O modelo de implementação no Processing, permite que a utilização destas ferramentas no QGIS seja significativamente mais simples e intuitiva do que na versão original do GRASS, já que a construção do modelo topológico de redes é feito de forma transparente para o utilizador.
- Para executar a maior parte das análises, basta dispor de uma layer de linhas (arcs) e outra[s] de pontos (nodes).

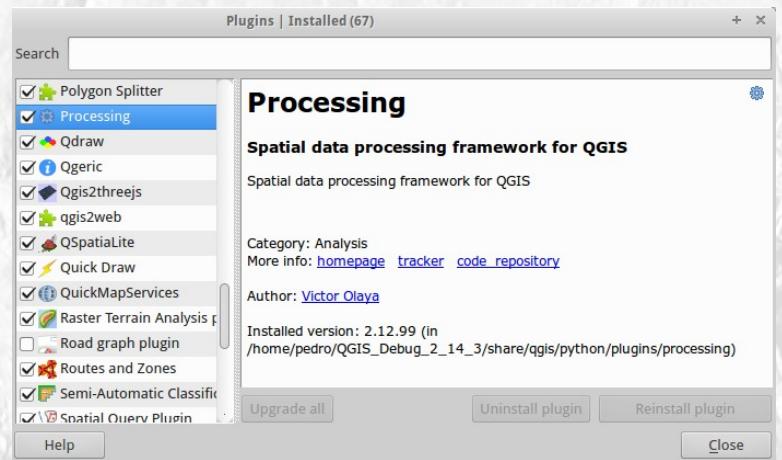
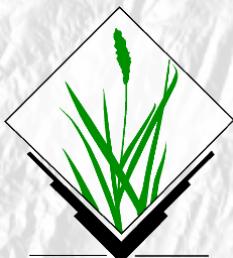
Introdução

- Para já, estas ferramentas apenas funcionam com o GRASS 7.0.x como base. No entanto, está prevista a adaptação para a utilização com o GRASS 6.4 e com o GRASS 7.1.x.
- É também necessário ter atenção à versão do Processing que se está a usar. As ferramentas v.net.* só estão disponíveis na versão mais recente do Processing (2.12.99), que é distribuída, por defeito, com o QGIS 2.14. Caso esteja instalada uma versão mais antiga (por exemplo, 2.12.2), tem de se desinstalar essa versão no Gestor de Plugins do QGIS (Plugins → Manage and Install Plugins), e automaticamente vai ficar disponível a versão 2.12.99.

Introdução

- Em suma:

Software	Versão
QGIS	2.14 ou superior
GRASS GIS	7.0.4
Processing	2.12.99



Instalação



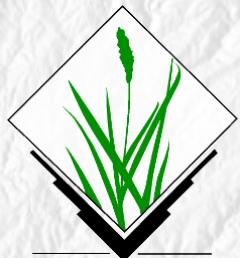
http://www.qgis.org/pt_PT/site/forusers/alldownloads.html#linux



http://www.qgis.org/pt_PT/site/forusers/download.html

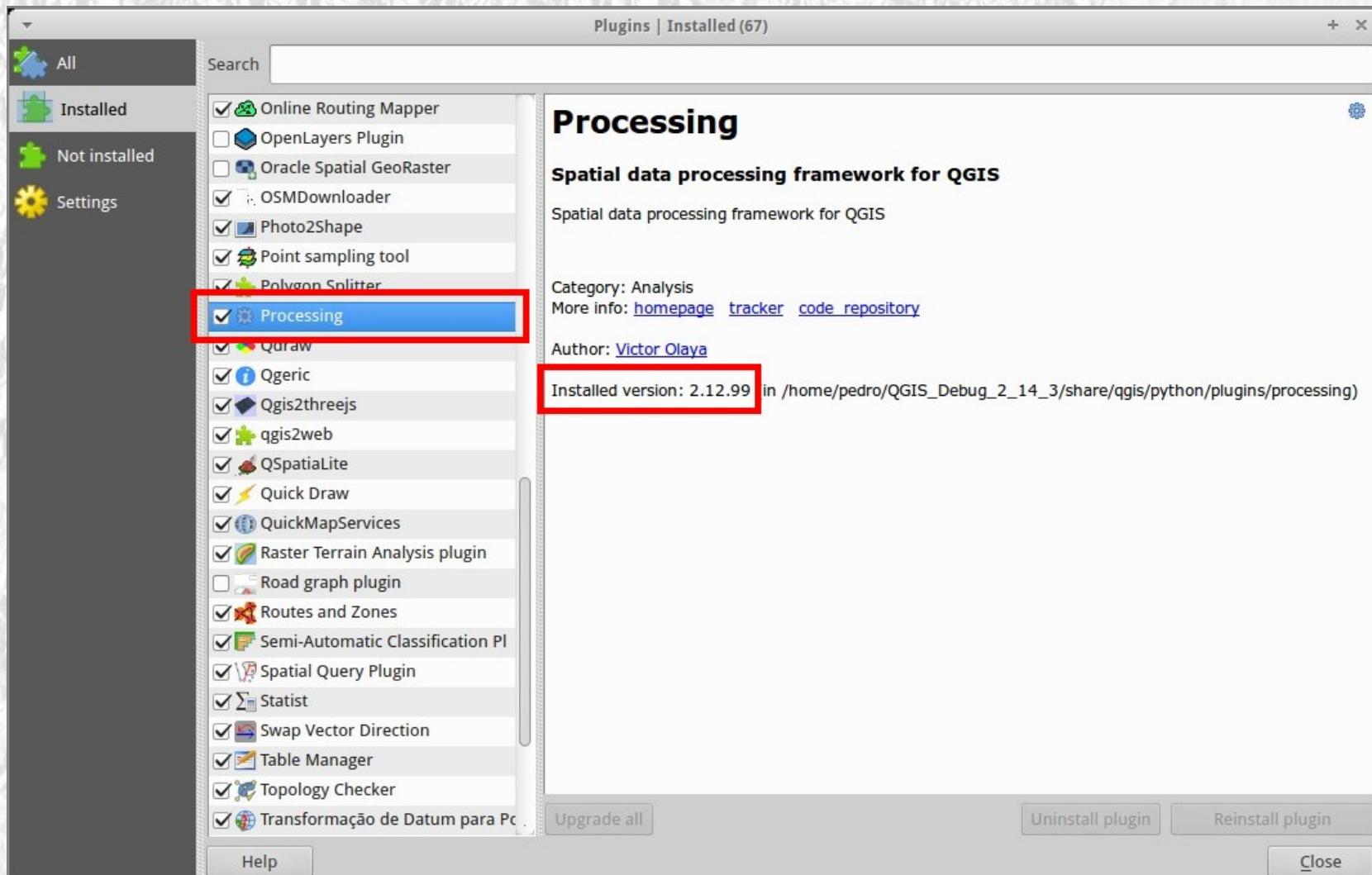


<http://www.kyngchaos.com/software/qgis>



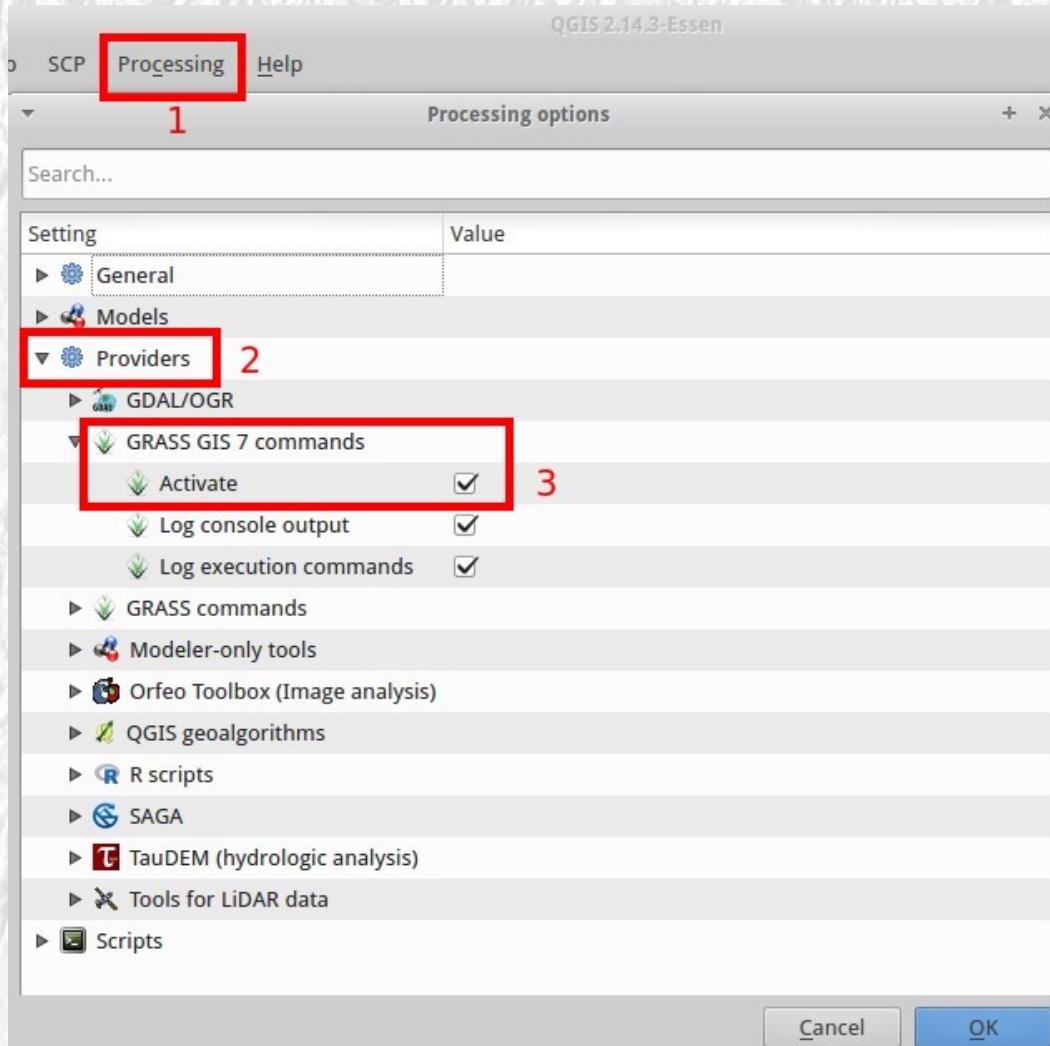
<https://grass.osgeo.org/news/56/15/GRASS-GIS-7-0-4-released>

Configuração



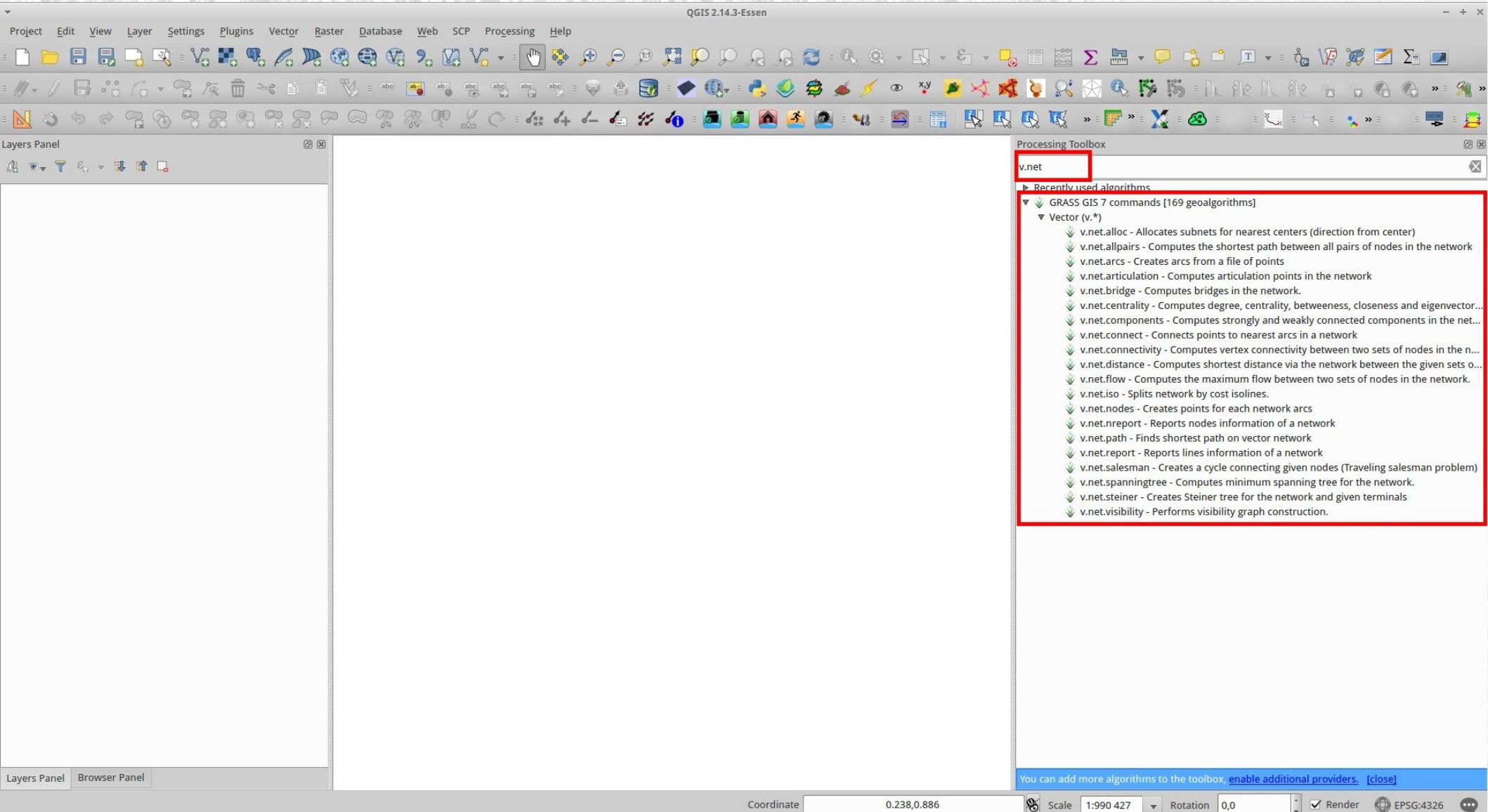
- Menu Plugins → Manage and Install Plugins, activa-se o Processing (confirmar a versão);

Configuração

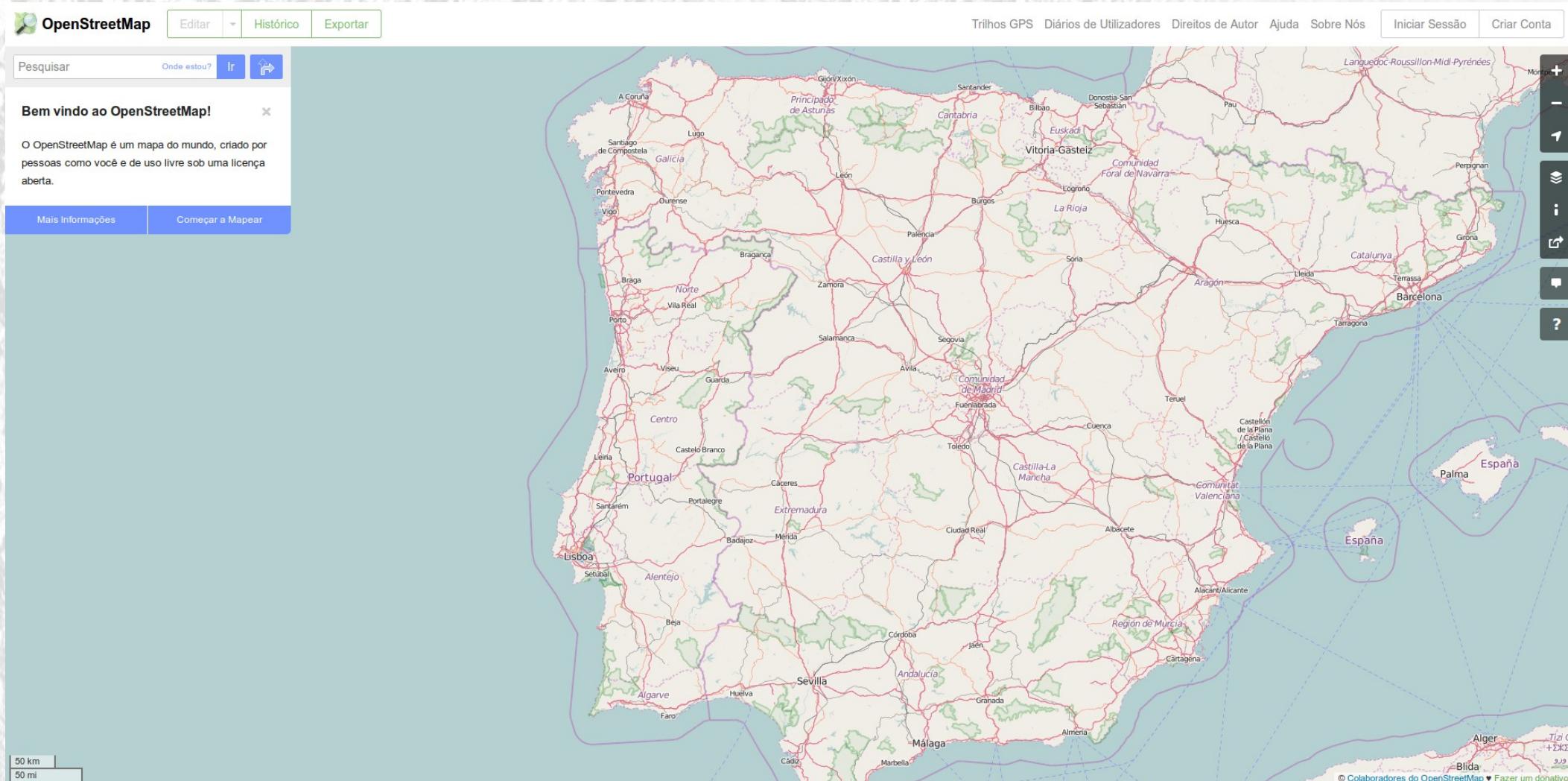


- Menu Processing → Options and Configuration → Providers, ativa-se o GRASS GIS 7 commands.

Configuração



Dados



Dados – Download SHP

GEOFABRIK® *downloads*

Download OpenStreetMap data for this region:

Portugal

[one level up]

Commonly Used Formats

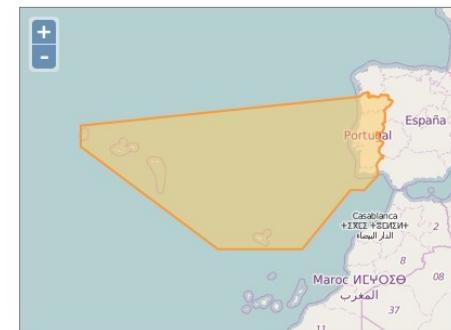
- [portugal-latest.osm.pbf](#), suitable for Osmium, Osmosis, imposm, osm2pgsql, mkgmap, and others. This file was last modified 7 hours ago and contains all OSM data up to 2016-06-09T20:28:03Z. File size: 127 MB; MD5 sum: 9473b5837ffd59a227cfca110e196362.
- [portugal-latest.shp.zip](#), yields a number of ESRI compatible shape files when unzipped. This file was last modified 5 hours ago. File size: 190 MB.

Other Formats and Auxiliary Files

- [portugal-latest.osm.bz2](#), yields OSM XML when decompressed; use for programs that cannot process the .pbf format. This file was last modified 3 days ago. File size: 214 MB; MD5 sum: 9473b5837ffd59a227cfca110e196362.
- [.poly_file](#) that describes the extent of this region.
- [.osc.gz_files](#) that contain all changes in this region, suitable e.g. for Osmosis updates
- [raw_directory_index](#) allowing you to see and download older files

Sub Regions

No sub regions are defined for this region.



Data/Maps Copyright 2015 [Geofabrik GmbH](#) and [OpenStreetMap Contributors](#) | Map tiles: Creative Commons BY-SA 2.0 Data: ODbL 1.0 | [Contact](#)

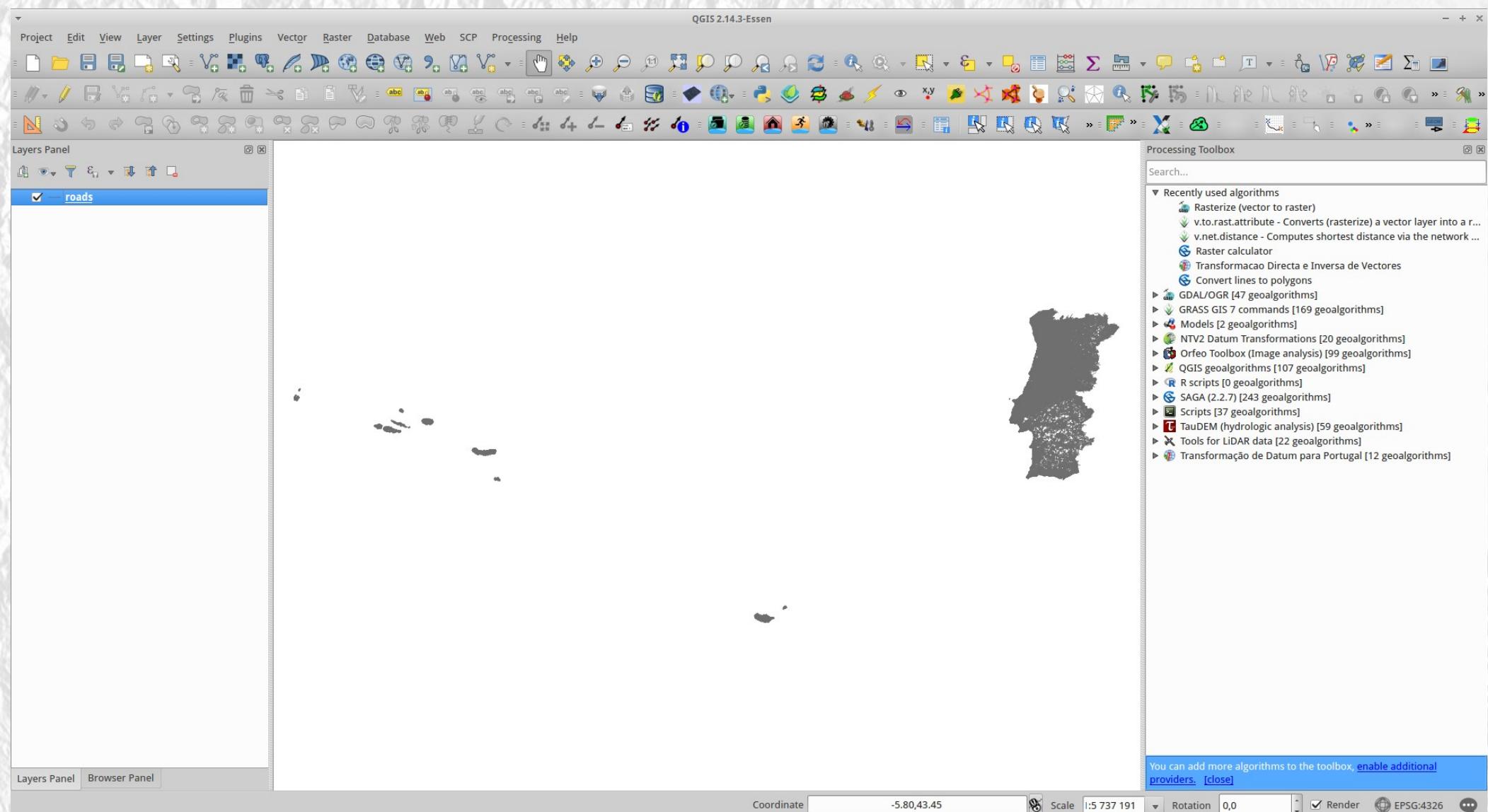
Not what you were looking for? Geofabrik is a consulting and software development firm based in Karlsruhe, Germany specializing in OpenStreetMap services. We're happy to help you with data preparation, processing, server setup and the like. [Check out our web site](#) and contact us if we can be of service.

Nicht das Richtige dabei? Die Geofabrik ist ein auf OpenStreetMap spezialisiertes Beratungs- und Softwareentwicklungsunternehmen in Karlsruhe. Gern helfen wir Ihnen bei der Datenaufbereitung, Datenkonvertierung, Serverinstallation und ähnlichen Aufgaben. [Besuchen Sie unsere Webseite](#) und sprechen Sie mit uns, wenn wir Ihnen helfen können.

Dados – Download SHP

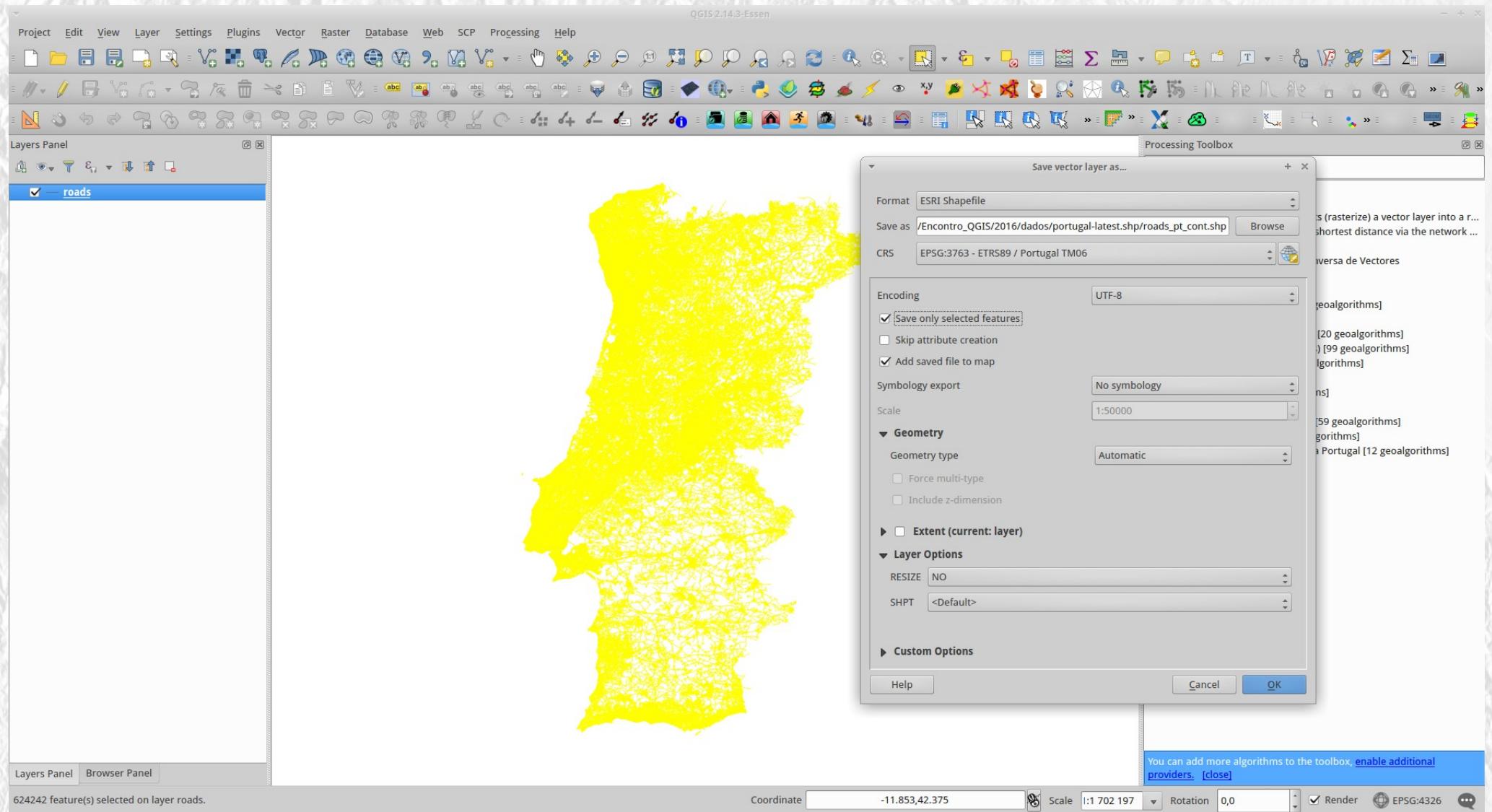
Nome	Tamanho	Tipo	Data de modificação
landuse.uor	4,7 MB	documento Xbase	Hoje às 10:15:06
landuse.prj	144 bytes	documento em texto simples	Hoje às 10:14:36
landuse.shp	22,1 MB	desconhecido	Hoje às 10:15:06
landuse.shx	491,7 kB	desconhecido	Hoje às 10:15:06
natural.cpg	6 bytes	documento em texto simples	Hoje às 10:14:36
natural.dbf	1,6 MB	documento Xbase	Hoje às 10:15:06
natural.prj	144 bytes	documento em texto simples	Hoje às 10:14:36
natural.shp	12,2 MB	desconhecido	Hoje às 10:15:06
natural.shx	171,8 kB	desconhecido	Hoje às 10:15:06
places.cpg	6 bytes	documento em texto simples	Hoje às 10:14:36
places.dbf	1,3 MB	documento Xbase	Hoje às 10:15:06
places.prj			s 10:14:36
places.shp			s 10:15:06
places.shx			s 10:15:06
points.cpg			s 10:14:36
points.dbf			s 10:15:06
points.prj			s 10:14:36
points.shp			s 10:15:06
points.shx			s 10:15:06
railways.cpg			s 10:14:36
railways.dbf			s 10:15:06
railways.prj			s 10:14:36
railways.shp			s 10:15:06
railways.shx	63,9 kB	desconhecido	Hoje às 10:15:06
README	519 bytes	documento em texto simples	Hoje às 10:15:06
roads.cpg	6 bytes	documento em texto simples	Hoje às 10:14:36
roads.dbf	64,6 MB	documento Xbase	Hoje às 10:15:06
roads.prj	144 bytes	documento em texto simples	Hoje às 10:14:36
roads.qml	50,1 kB	Arquivo de Qt Markup Language	Hoje às 11:45:04
roads.shp	190,5 MB	desconhecido	Hoje às 10:15:06
roads.shx	5,3 MB	desconhecido	Hoje às 10:15:06
waterways.cpg	6 bytes	documento em texto simples	Hoje às 10:14:36
waterways.dbf	1,6 MB	documento Xbase	Hoje às 10:15:06
waterways.prj	144 bytes	documento em texto simples	Hoje às 10:14:36

Dados



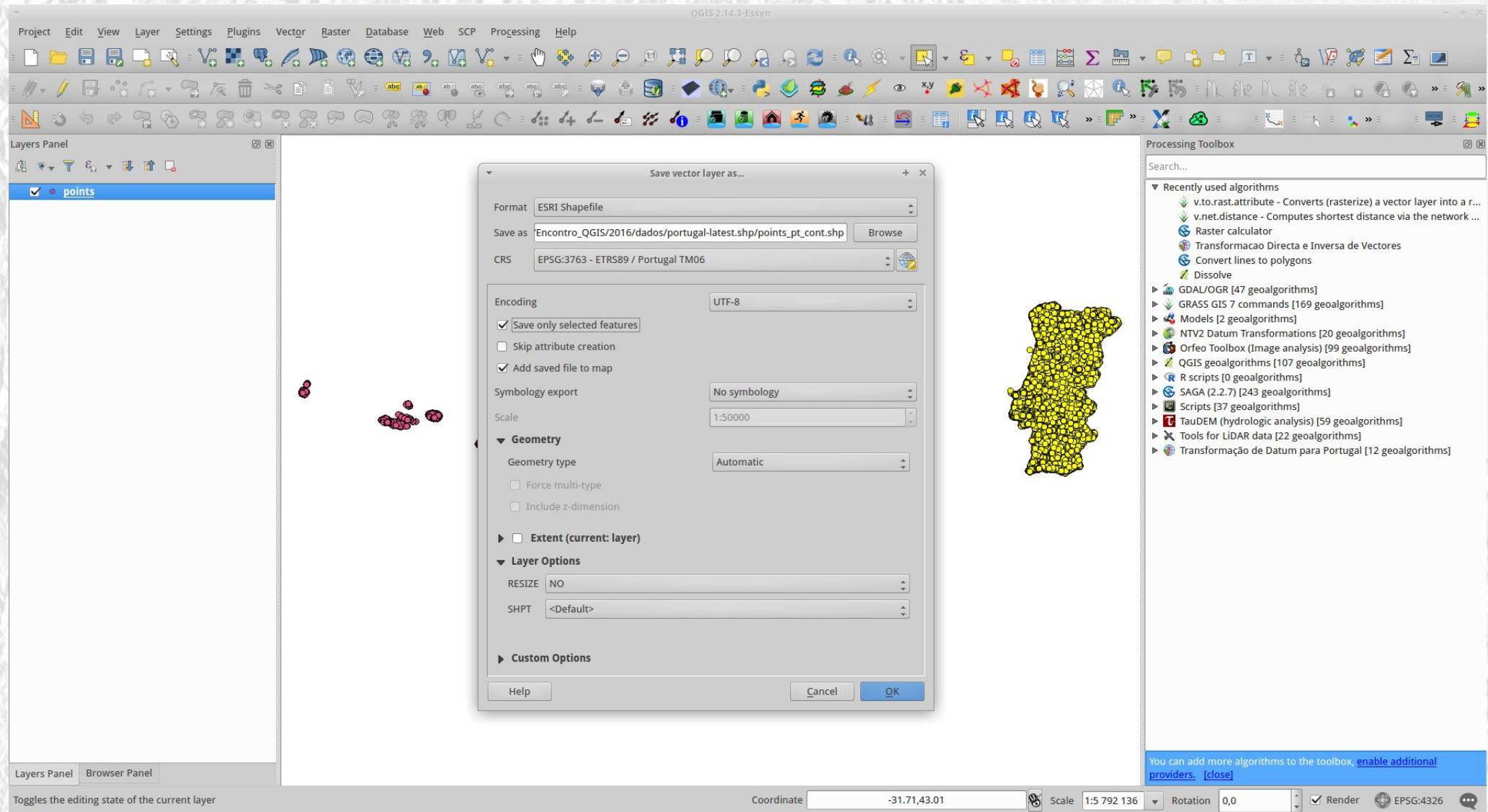
Dados

- Selecionar Portugal Continental e transformar de WGS84 (EPSG:4326) para PT-TM06/ETRS89 (EPSG:3763).



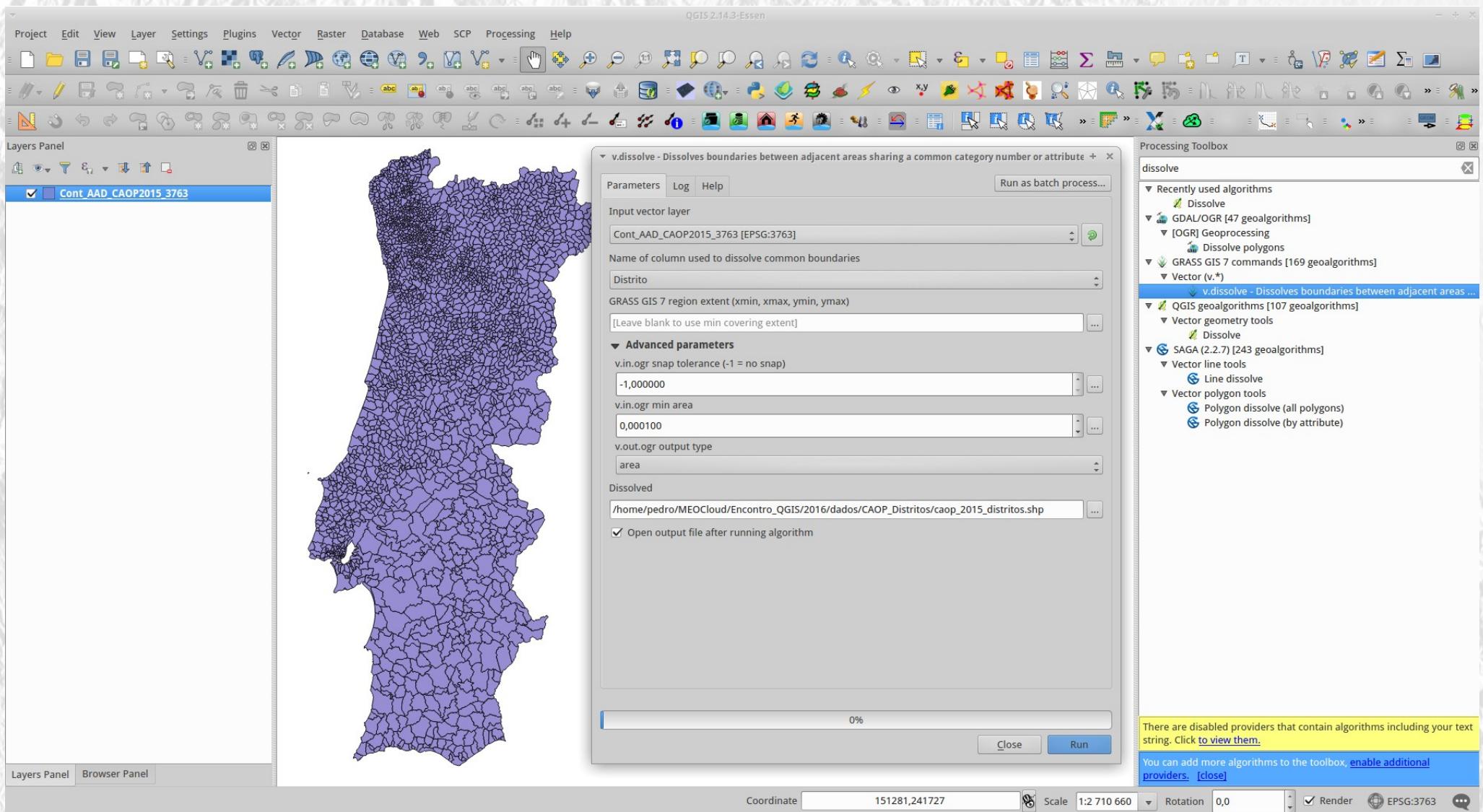
Dados

- Selecionar Portugal Continental e transformar de WGS84 (EPSG:4326) para PT-TM06/ETRS89 (EPSG:3763).



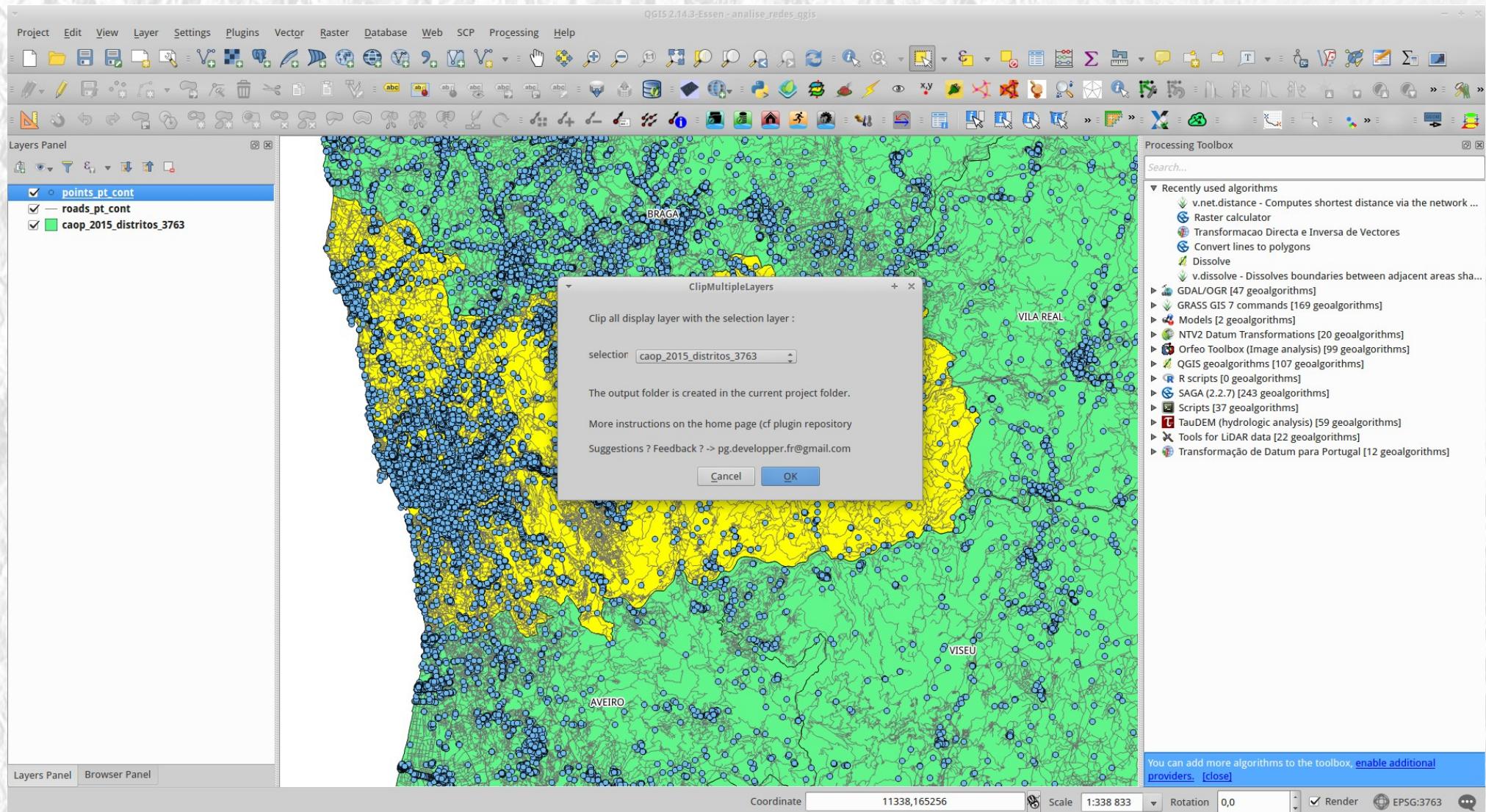
Dados

- Dissolve da CAOP 2015, pelo campo “Distrito” (v.dissolve).



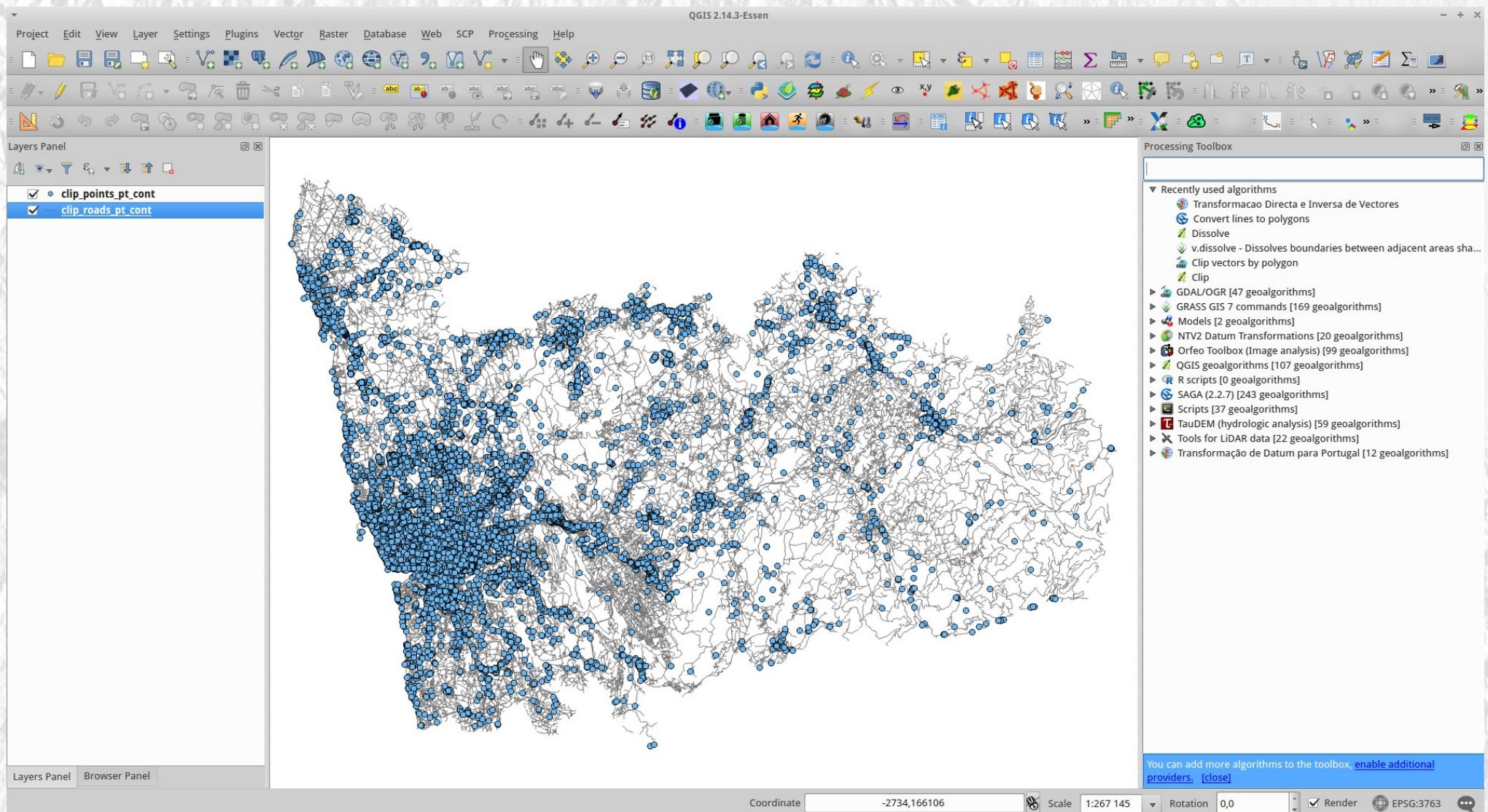
Dados

- Recorte da rede viária e dos pontos de interesse, pelo limite do distrito do Porto, em simultâneo, com o plugin Clip Multiple Layers.

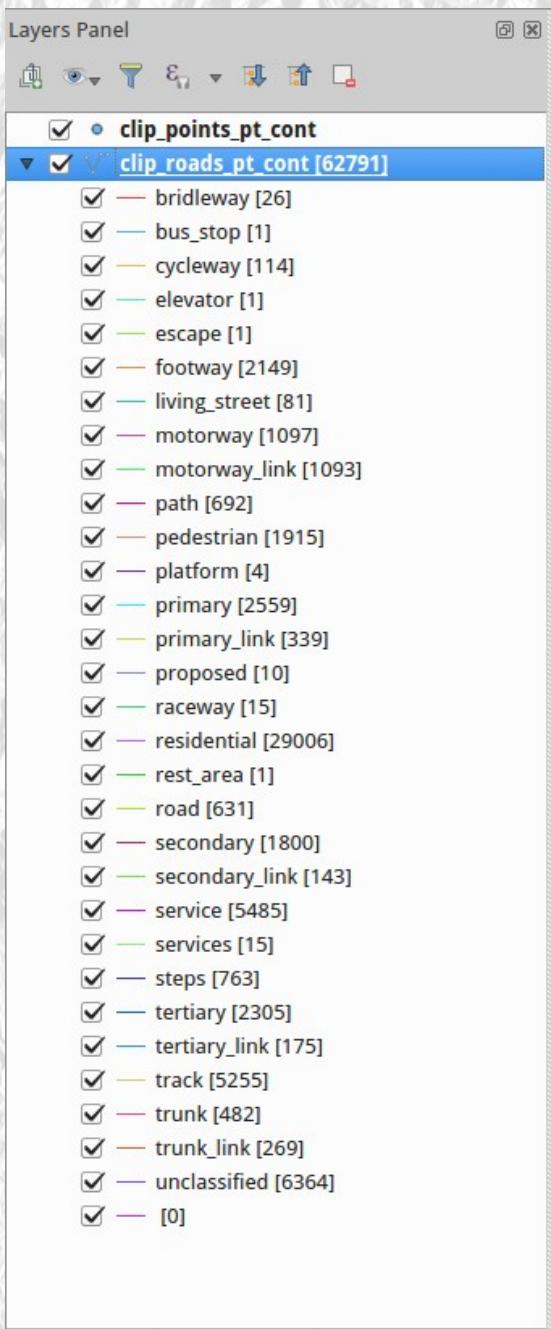


Dados

- Recorte da rede viária e dos pontos de interesse, pelo limite do distrito do Porto, em simultâneo, com o plugin Clip Multiple Layers.



Dados



- A rede viária do OpenStreetMap inclui todo o tipo de caminhos;
- Como aqui pretendemos calcular percursos rodoviários, em veículos motorizados, vamos descartar os troços que correspondem a ciclovias, caminhos não pavimentados, percursos pedestres, percursos equestres, escadarias, etc.;
- Na layer dos pontos de interesse, também só nos vão interessar os hospitais e as escolas, pelo que vamos selecionar apenas esses pontos.

Dados

Estradas/Caminhos

A chave highway é a chave primária usada para rodovias. É também muitas vezes a única chave. Existem convenções para seu uso em países particulares. Veja as páginas [Highway tag usage](#) e [Road](#) para mais orientações.

Chave	Valor	Element	Comentários	Visualização
highway	motorway		Auto-Estrada (Axx). <i>Via destinada apenas ao tráfego motorizado dotada de pelo menos duas vias em cada sentido, separadas por elementos físicos, com cruzamentos desnivelados e acesso restrito a nós de ligação. Equivalente a Freeway, Autobahn etc..</i>	
highway	motorway_link		Via de acesso à Auto-Estrada. <i>Estrada de acesso (rampa) de entrada e saída de uma Auto-Estrada. Normalmente com as mesmas restrições.</i>	
highway	trunk		Via-Rápida (IPxx, ICxx). <i>Estradas importantes que não são Auto-estradas. Tipicamente mantidas pelo governo central. Pode não ser necessariamente um estrada com vias separadas. No Reino Unido, muitas estradas "A" com dois dígitos (ex A34) eram formalmente designadas "Trunk roads" embora essa designação não seja absoluta...</i>	
highway	trunk_link		Via de acesso à Via-Rápida	
highway	primary		Estrada Nacional (ENxxx). <i>Existe uma lista com as EN em [1].</i>	
highway	primary_link		Via de acesso a Estrada Nacional	
highway	secondary		Estrada Regional (ERxxx). <i>Existe uma lista com as ER em [2].</i>	
highway	tertiary		Estrada Municipal (ENxxx)	
highway	unclassified		Estradas sem classificação administrativa. <i>As estradas não classificadas normalmente constituem a menor forma da rede viária.</i> <i>Nota: Isto não é uma marca para estradas em que ainda precisamos de escolher uma marca de "highway".</i>	
highway	unsurfaced		Estrada não pavimentada. <i>Estradas não pavimentadas têm o mesmo estatuto que as estradas não classificadas.</i>	
highway	track		Caminho. <i>Estrada sem revestimento (caminho agrícola, caminho florestal...)</i>	
highway	residential		Estrada Residencial. <i>Estrada de acesso ou em áreas residenciais mas que não sejam estradas classificadas (por exemplo nacionais ou regionais...)</i>	

Dados

The screenshot shows the QGIS interface with a map of a region containing a dense network of roads and numerous blue circular points representing data. The layers panel on the left lists various road types with their counts, such as bridge [26], bus_stop [1], cycleway [114], elevator [1], escape [1], footway [2149], living_street [81], motorway [1097], motorway_link [1093], path [692], pedestrian [1915], platform [4], primary [2559], primary_link [339], proposed [10], raceway [15], residential [29006], rest_area [1], road [631], secondary [1800], secondary_link [143], service [5485], services [15], steps [763], tertiary [2305], tertiary_link [175], track [5255], trunk [482], trunk_link [269], unclassified [6364], and [0].

The central part of the screen displays a "Select by expression - clip_roads_pt_cont" dialog. The expression field contains the following SQL-like query:

```
"type" = 'motorway' OR "type" = 'motorway_link' OR "type" = 'trunk' OR "type" = 'trunk_link' OR  
"type" = 'primary' OR "type" = 'primary_link' OR "type" = 'secondary' OR "type" = 'secondary_link' OR  
"type" = 'tertiary' OR "type" = 'tertiary_link' OR "type" = 'unclassified' OR "type" = 'residential' OR  
"type" = 'living_street'
```

The right side of the interface includes a Processing Toolbox, a Notes section, and a Values list where "living_street" is selected. The bottom status bar shows coordinates (447,201236), scale (1:267 145), rotation (0,0), and EPSG:3763.

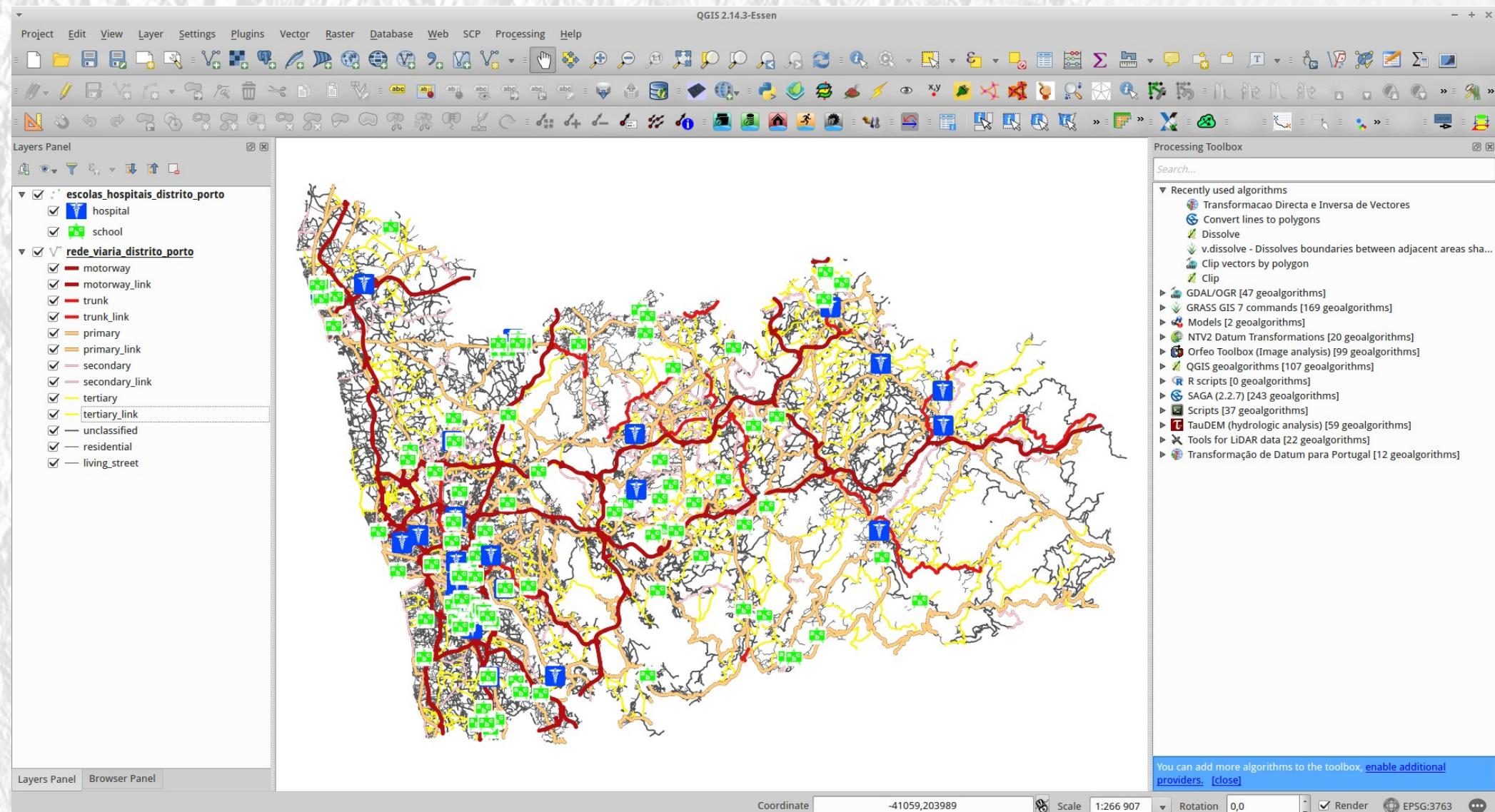
```
"type" = 'motorway' OR "type" = 'motorway_link' OR "type" = 'trunk' OR "type" = 'trunk_link' OR  
"type" = 'primary' OR "type" = 'primary_link' OR "type" = 'secondary' OR "type" =  
'secondary_link' OR "type" = 'tertiary' OR "type" = 'tertiary_link' OR "type" = 'unclassified' OR  
"type" = 'residential' OR "type" = 'living_street'
```

Dados

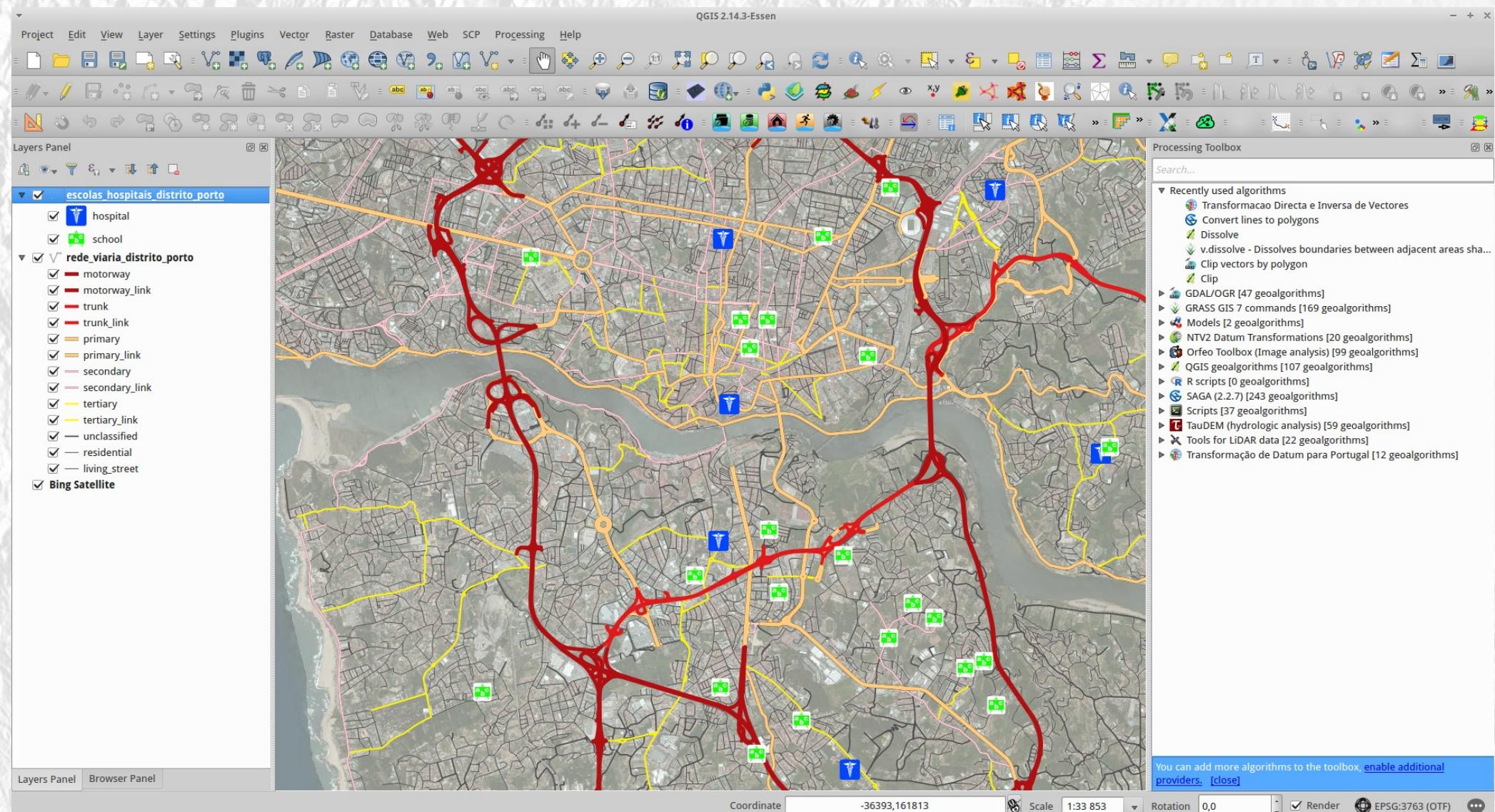
The screenshot shows the QGIS interface with a map of a region. The map displays a complex network of roads and paths in various colors (blue, purple, yellow, red). A legend on the left side of the map lists numerous road categories with their respective counts, such as 'bridleway [26]', 'bus_stop [1]', 'cycleway [114]', etc. A selection dialog box titled 'Select by expression - clip_points_pt_cont' is open in the center. It contains an 'Expression' field with the query: `"type" = 'hospital' OR "type" = 'school'`. To the right of the expression field is a 'Search' panel containing a list of available fields and values. The 'type' field is expanded, showing values like 'Distrito', 'Fuzzy Matching', 'General', etc., with 'school' selected. Below the search panel is a 'Values' list containing items such as 'religion', 'residential', 'restaurant', etc., with 'school' also present. At the bottom of the dialog are buttons for 'Load values', 'all unique', '10 samples', 'Select', and 'Close'. The bottom status bar of the QGIS window shows coordinates (40026,204970), scale (1:338 833), rotation (0,0), and EPSG:3763.

`"type" = 'hospital' OR "type" = 'school'`

Dados



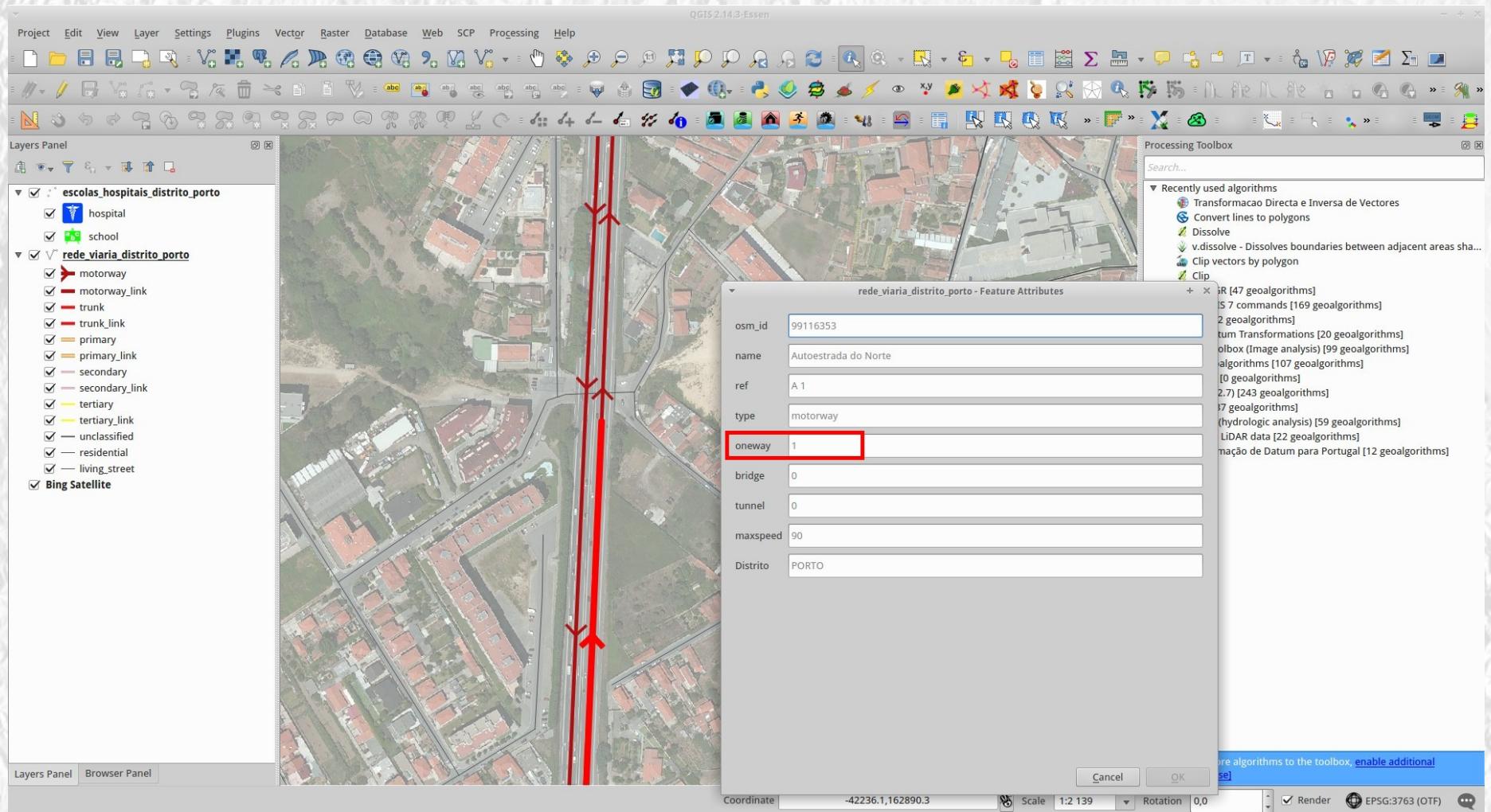
Dados



Preparação da Rede Viária

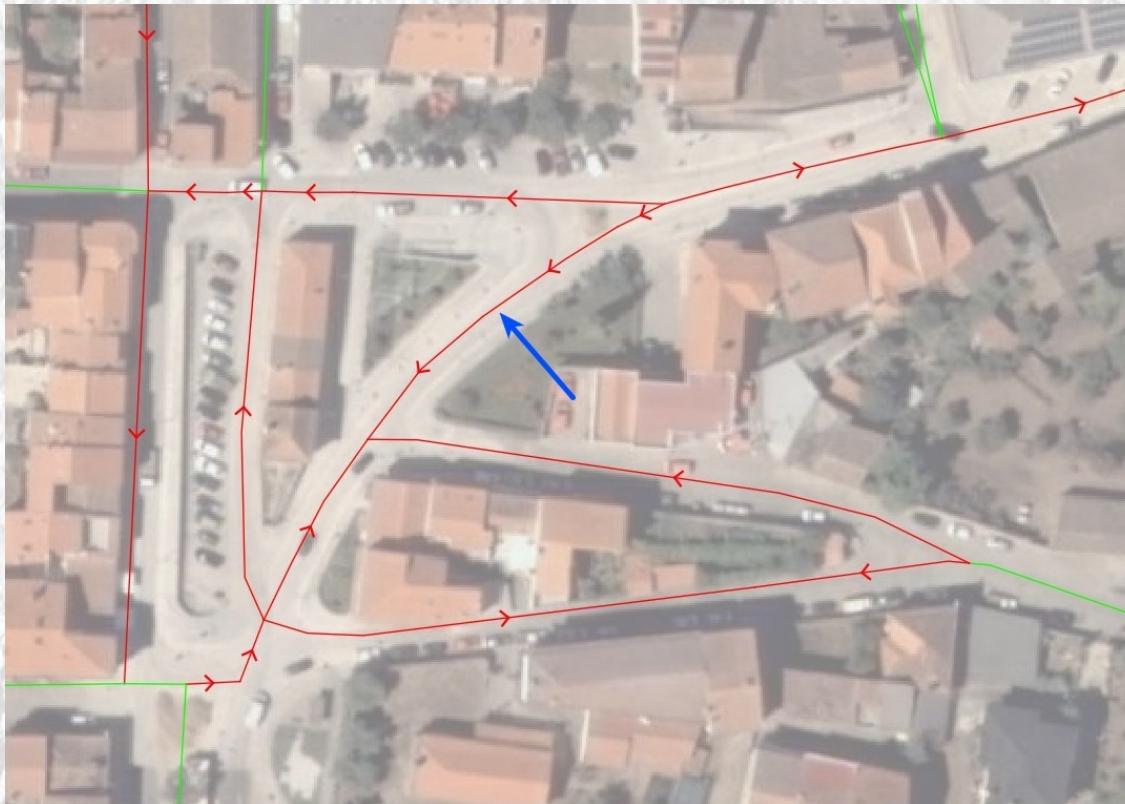
Troços de Sentido Único

- No OpenStreetMap, os troços de sentido único são assinalados com o valor “1” no campo “oneway”;



Troços de Sentido Único

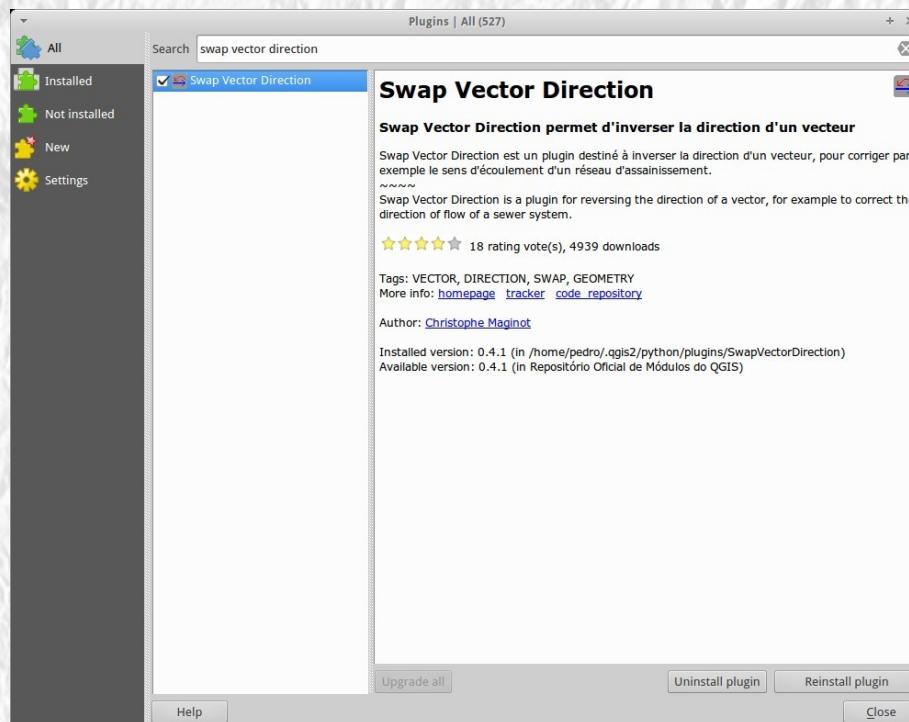
- Em contexto de produção, é necessário verificar se a rede viária é topologicamente consistente, não podendo ocorrer situações como a da imagem seguinte, onde existe um troço que tem o sentido de vetorização contrário ao sentido de trânsito, o que iria provocar um erro na análise de redes.



Preparação da Rede Viária

Troços de Sentido Único

- Portanto, é importante verificar todos os troços e orientar a direção dos que forem de sentido único na direção em que se processa o trânsito;
- Para corrigir este tipo de erros, é necessário inverter a direção do troço;
- Para o efeito, pode utilizar-se o plugin “Swap Vector Direction” do QGIS.



Custo

- É muito importante compreender a noção de “custo” nas análises de redes;
- Para interiorizar o conceito, basta pensar nas pesquisas que vulgarmente se fazem nas aplicações de GPS para automóvel;
- Quando se pretende deslocar do ponto A para o ponto B, a aplicação questiona se se deseja calcular a rota mais curta ou a rota mais rápida;
- Nesses casos, a aplicação coloca à disposição do utilizador dois parâmetros que vão servir de “custo” para o cálculo do percurso: a distância e o tempo de deslocação.



Troços de Sentido Único

- Para fazer a análise de redes no QGIS / GRASS, levando em consideração os sentidos de trânsito, tem de se usar 2 campos na tabela de atributos:
 - Um destinado a todos os troços, onde vai ficar refletido o “custo” que se estiver a considerar;
 - Um segundo campo destinado a indicar os troços de sentido único, que vão assumir o valor “-1”, independentemente da variável “custo” que estiver a ser utilizada;
 - Assim, um troço que tiver sentido único vai ter o valor do “custo” nesse primeiro campo, e vai ter valor “-1” no segundo campo;
 - Se um troço for de trânsito proibido, vai ter valor “-1” em ambos os campos.

Custo

- A distância é o parâmetro de “custo” mais simples de utilizar, já que basta calcular o comprimento de cada troço da rede viária: Field Calculator -> função \$length;
- Para o tempo de deslocação (em minutos), é necessário saber qual é a velocidade média / máxima em cada troço. Tendo esse valor em Km/h, basta aplicar a fórmula no Field Calculator:

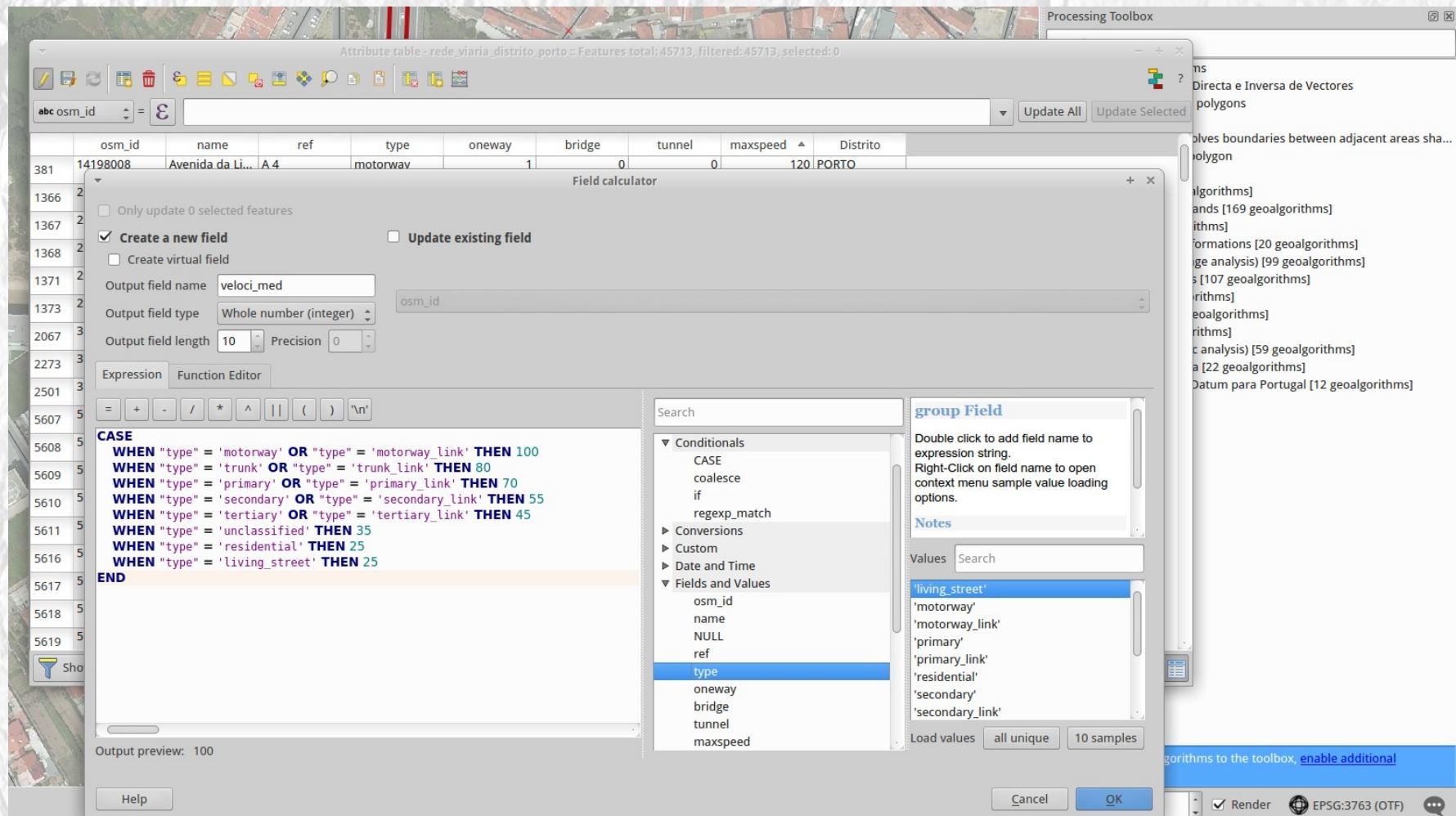
$$(\$length/1000) \times 60 / [\text{Velocidade média em Km/h}]$$

- Na tabela de atributos da rede viária do OpenStreetMap existe um campo “maxspeed”, mas está praticamente todo em branco, na área que estamos a utilizar (distrito do Porto).

Preparação da Rede Viária

Custo

- Assim, vamos começar por adicionar um campo à tabela de atributos e, com o Field Calculator, arbitrar uma velocidade média para cada tipo de via:



Custo - Distância

- Agora, vamos calcular a distância / comprimento de cada troço;
- Para isso, como temos troços de sentido único, vamos:
 - Criar um campo [dist_duplo], que vamos preencher integralmente com o comprimento (\$length) do troço;
 - Um segundo campo [dist_unico], que vamos preencher com o comprimento do troço (\$length) no caso dos troços com dois sentidos, e com valor “-1” nos troços de sentido único;
 - Para tal, usamos o Field Calculator.

Preparação da Rede Viária

Custo - Distância

The screenshot shows two instances of the QGIS Field Calculator dialog box.

Left Dialog (Field calculator):

- Create a new field Update existing field
- Output field name: dist_duplo
- Output field type: Whole number (integer)
- Output field length: 10 Precision: 0
- Expression: \$length
- Output preview: 410.783454975995

Right Dialog (Field calculator):

- Create a new field Update existing field
- Output field name: dist_unico
- Output field type: Whole number (integer)
- Output field length: 10 Precision: 0
- Expression:

```
CASE
WHEN "oneway" = 1 THEN -1
ELSE $length
END
```
- Output preview: -1

Function Search Results:

Left Function Search: Shows results for '\$length'.

Right Function Search: Shows results for '\$length'.

Preparação da Rede Viária

Custo - Distância

Attribute table - rede_viajaria_distrito_porto :: Features total: 45713, filtered: 45713, selected: 2												
	osm_id	name	ref	type	oneway	bridge	tunnel	maxspeed	Distrito	veloci_med	dist_duplo	dist_unico
3938	42193485	Rua da Agra	NULL	secondary	0	0	0	NULL	PORTO	55	289	289
3939	42193777	Avenida Mon...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	1196	1196
3940	42278314	NULL	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	50	50
3941	42278432	NULL	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	176	176
3942	42621523	Via Norte	EN 14	trunk	1	0	0	NULL	PORTO	80	2836	-1
3943	42621526	NULL	EN 14	trunk	1	0	0	NULL	PORTO	80	1168	-1
3944	42621528	Rua 5 de Out...	EN 208	primary	0	0	0	NULL	PORTO	70	727	727
3945	42621530	Rua 5 de Out...	EN 208	primary	0	0	0	NULL	PORTO	70	113	113
3946	42621531	Rua de Elaine...	EN 208	primary	0	0	0	NULL	PORTO	70	21	21
3947	42621532	NULL	EN 14	trunk	1	1	0	NULL	PORTO	80	36	-1
3948	42621533	NULL	EN 14	trunk	1	1	0	NULL	PORTO	80	30	-1
3949	42743767	Rua de Gome...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	152	152
3950	42743768	Rua José Teix...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	50	50
3951	42743769	Travessa do B...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	147	147
3953	42743771	Rua de Dom ...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	144	144
3954	42743772	Rua das Eirin...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	380	380
3955	42743773	Travessa das ...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	148	148
3956	42743774	Travessa de G...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	211	211
3957	42744003	Rua de Justin...	NULL	residential	1	0	0	NULL	PORTO	25	168	-1
3958	43247872	Rua Requese...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	117	117
3959	43530832	NULL	NULL	tertiary	0	0	0	NULL	PORTO	45	894	894
3960	43530834	NULL	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	208	208
3961	43530835	NULL	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	116	116
	42530036	Rua Francisco	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	204	204

Custo – Tempo em Minutos

- Como segundo método de custo, vamos usar o tempo em minutos;
- Da mesma forma, usamos dois campos, para considerar os troços de sentido único:
 - Campo [tmpo_duplo], obtido com a formula $(\$length/1000) \times 60 / [\text{Velocidade média em Km/h}]$;
 - Campo [tmpo_unico], onde se vai usar a mesma fórmula, exceto para os troços com “oneway” = 1, aos quais se vai atribuir o valor “-1”.

Preparação da Rede Viária

Custo – Tempo em Minutos

The image shows two side-by-side QGIS Field Calculator dialog boxes.

Left Dialog (Field calculator):

- Output field name:** tmpo_duplo
- Output field type:** Decimal number (real)
- Output field length:** 15, **Precision:** 2
- Expression:** `($length / 1000) * 60 / "veloci_med"`
- Notes:** A note states: "Double click to add field name to expression string. Right-Click on field name to open context menu sample value loading options."
- Fields and Values:** A list of fields including osm_id, name, NULL, ref, type, oneway, bridge, tunnel, maxspeed, Distrito, veloci_med, dist_duplo, and dist_unico. The "veloci_med" field is selected.
- Output preview:** 0.246470072985597

Right Dialog (Field calculator):

- Output field name:** tmpo_unico
- Output field type:** Decimal number (real)
- Output field length:** 15, **Precision:** 2
- Expression:** `CASE
WHEN "oneway" = 1 THEN -1
ELSE ($length / 1000) * 60 / "veloci_med"
END`
- Notes:** A note states: "Double click to add field name to expression string. Right-Click on field name to open context menu sample value loading options."
- Fields and Values:** A list of fields including osm_id, name, NULL, ref, type, oneway, bridge, tunnel, maxspeed, Distrito, veloci_med, dist_duplo, dist_unico, tmpo_duplo, Fuzzy Matching, and General. The "veloci_med" field is selected.
- Output preview:** -1

Preparação da Rede Viária

Custo – Tempo em Minutos

	name	ref	type	oneway	bridge	tunnel	maxspeed	Distrito	veloci_med	dist_duplo	dist_unico	tmbo_duplo	tmbo_unico
3938	Rua da Agra	NULL	secondary	0	0	0	NULL	PORTO	55	289	289	0.32	0.32
3939	Avenida Mon...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	1196	1196	2.87	2.87
3940	NULL	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	50	50	0.12	0.12
3941	NULL	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	176	176	0.42	0.42
3942	Via Norte	EN 14	trunk	1	0	0	NULL	PORTO	80	2836	-1	2.13	-1.00
3943	NULL	EN 14	trunk	1	0	0	NULL	PORTO	80	1168	-1	0.88	-1.00
3944	Rua 5 de Out...	EN 208	primary	0	0	0	NULL	PORTO	70	727	727	0.62	0.62
3945	Rua 5 de Out...	EN 208	primary	0	0	0	NULL	PORTO	70	113	113	0.10	0.10
3946	Rua de Elaine...	EN 208	primary	0	0	0	NULL	PORTO	70	21	21	0.02	0.02
3947	NULL	EN 14	trunk	1	1	0	NULL	PORTO	80	36	-1	0.03	-1.00
3948	NULL	EN 14	trunk	1	1	0	NULL	PORTO	80	30	-1	0.02	-1.00
3949	Rua de Gome...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	152	152	0.36	0.36
3950	Rua José Teix...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	50	50	0.12	0.12
3951	Travessa do B...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	147	147	0.35	0.35
3953	Rua de Dom ...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	144	144	0.34	0.34
3954	Rua das Eirin...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	380	380	0.91	0.91
3955	Travessa das ...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	148	148	0.36	0.36
3956	Travessa de G...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	211	211	0.51	0.51
3957	Rua de Justin...	NULL	residential	1	0	0	NULL	PORTO	25	168	-1	0.40	-1.00
3958	Rua Requese...	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	117	117	0.28	0.28
3959	NULL	NULL	tertiary	0	0	0	NULL	PORTO	45	894	894	1.19	1.19
3960	NULL	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	208	208	0.50	0.50
3961	NULL	NULL	residential	0	0	0	NULL	PORTO	25	116	116	0.28	0.28

Ligação entre os troços da rede

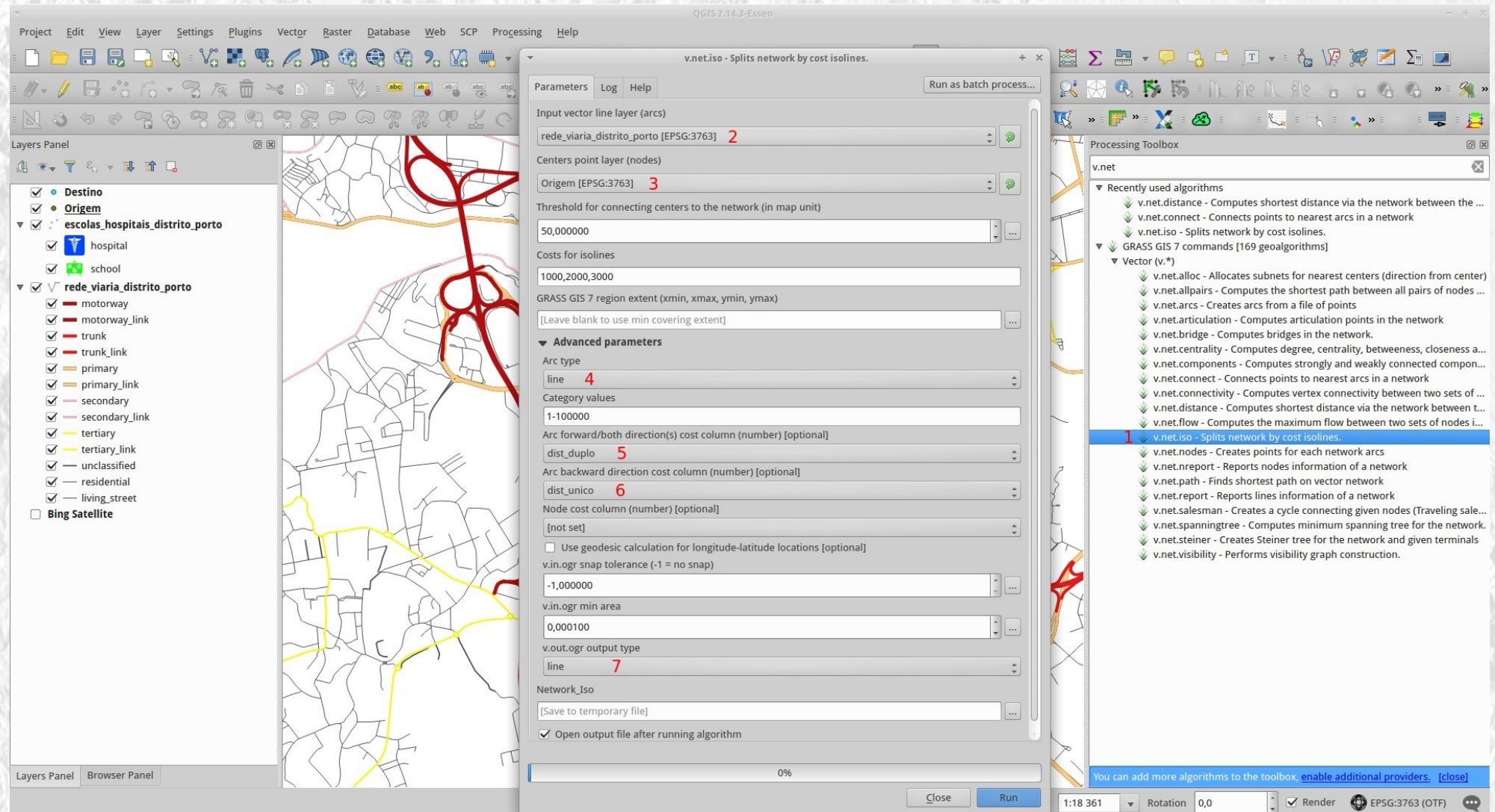
- Outra questão importante a analisar é a “quebra” das linhas nas interseções. Excepto nos casos de viadutos, túneis ou passagens desniveladas, todos as interseções de linhas devem estar “quebradas”, para haver ligação entre elas e para permitir o *routing*.



Preparação da Rede Viária

Teste da Topologia da Rede

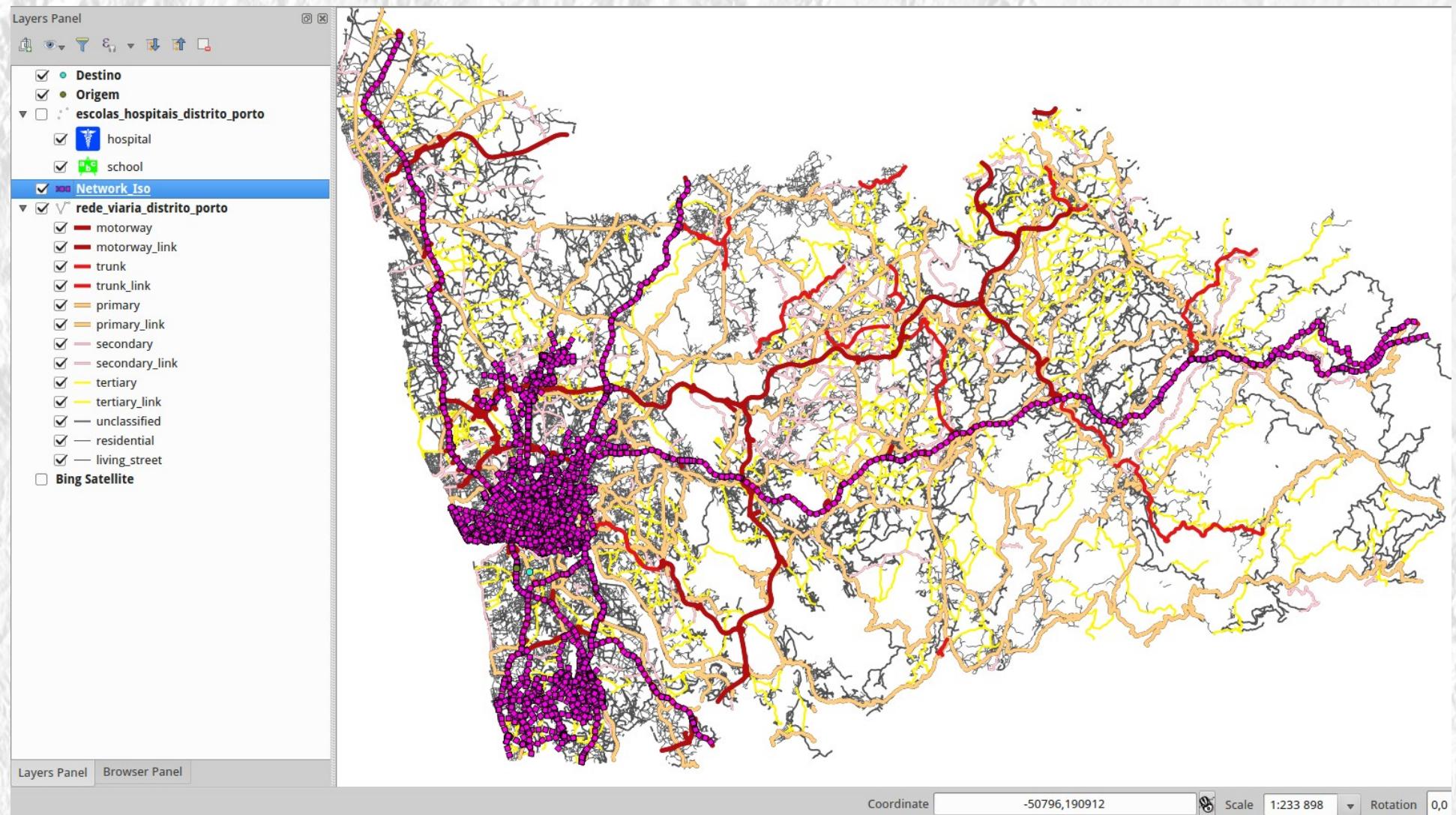
- Vamos fazer um primeiro teste, para avaliar a topologia da rede;



Preparação da Rede Viária

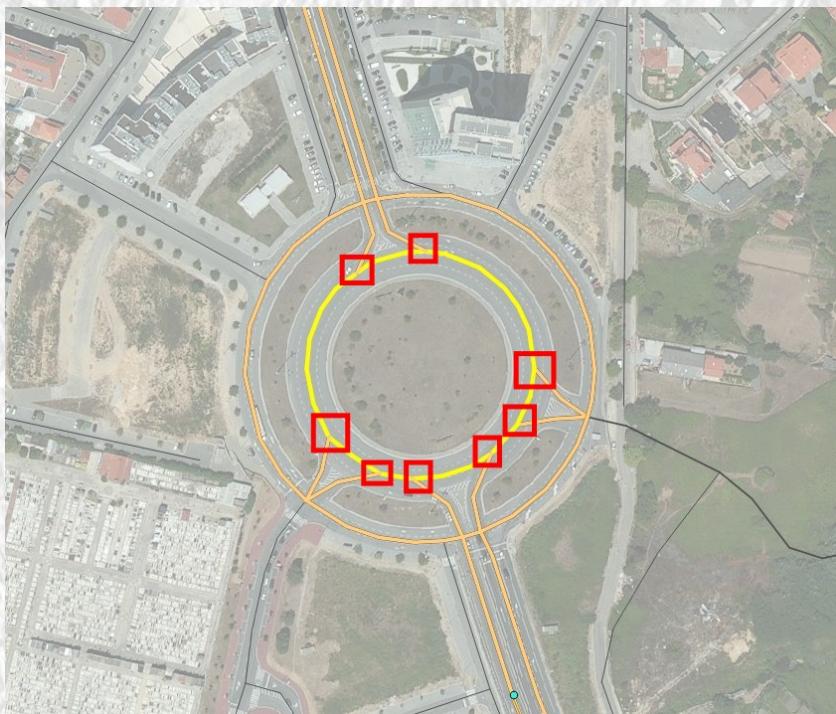
Teste da Topologia da Rede

- Constatase que a maior parte da rede não está conectada entre si;



Teste da Topologia da Rede

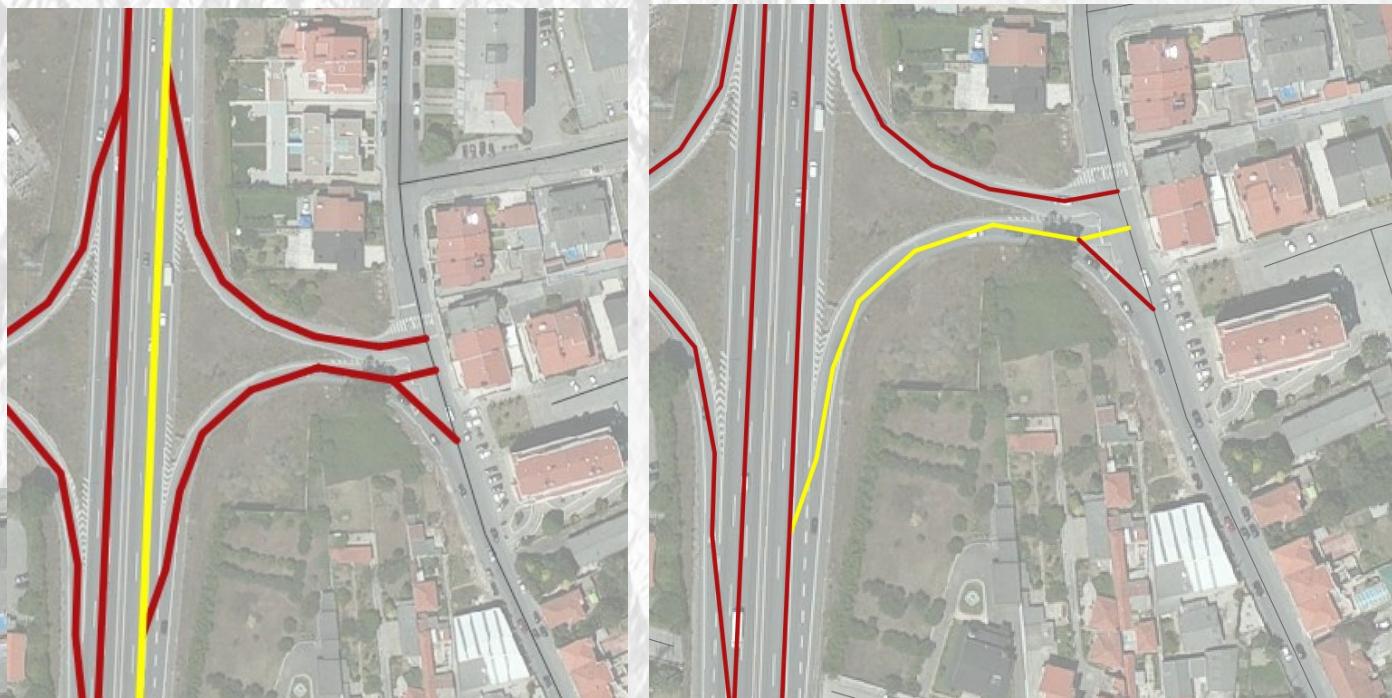
- Desta forma, não é possível fazer cálculo de rotas;
- Os problemas são facilmente detetáveis nas rotundas, onde se verifica que não existe ligação entre os troços de entrada e saída e os troços da própria rotunda;
- O mesmo se passa nos nós da autoestrada;



- A linha da rotunda (a amarelo) deveria estar seccionada nos 8 pontos assinalados, mas encontra-se num segmento único e fechado;
- Desta forma, as linhas que representam as 8 entradas/saídas da rotunda, ficam isoladas, como se não tivessem continuidade.

Preparação da Rede Viária

Teste da Topologia da Rede



- Neste nó da autoestrada, também estão bem patentes os erros na rede;
- Da forma como está construída, não é possível ao algoritmo de *routing* sair dessa via, nem depois conseguiria entrar na via residencial.



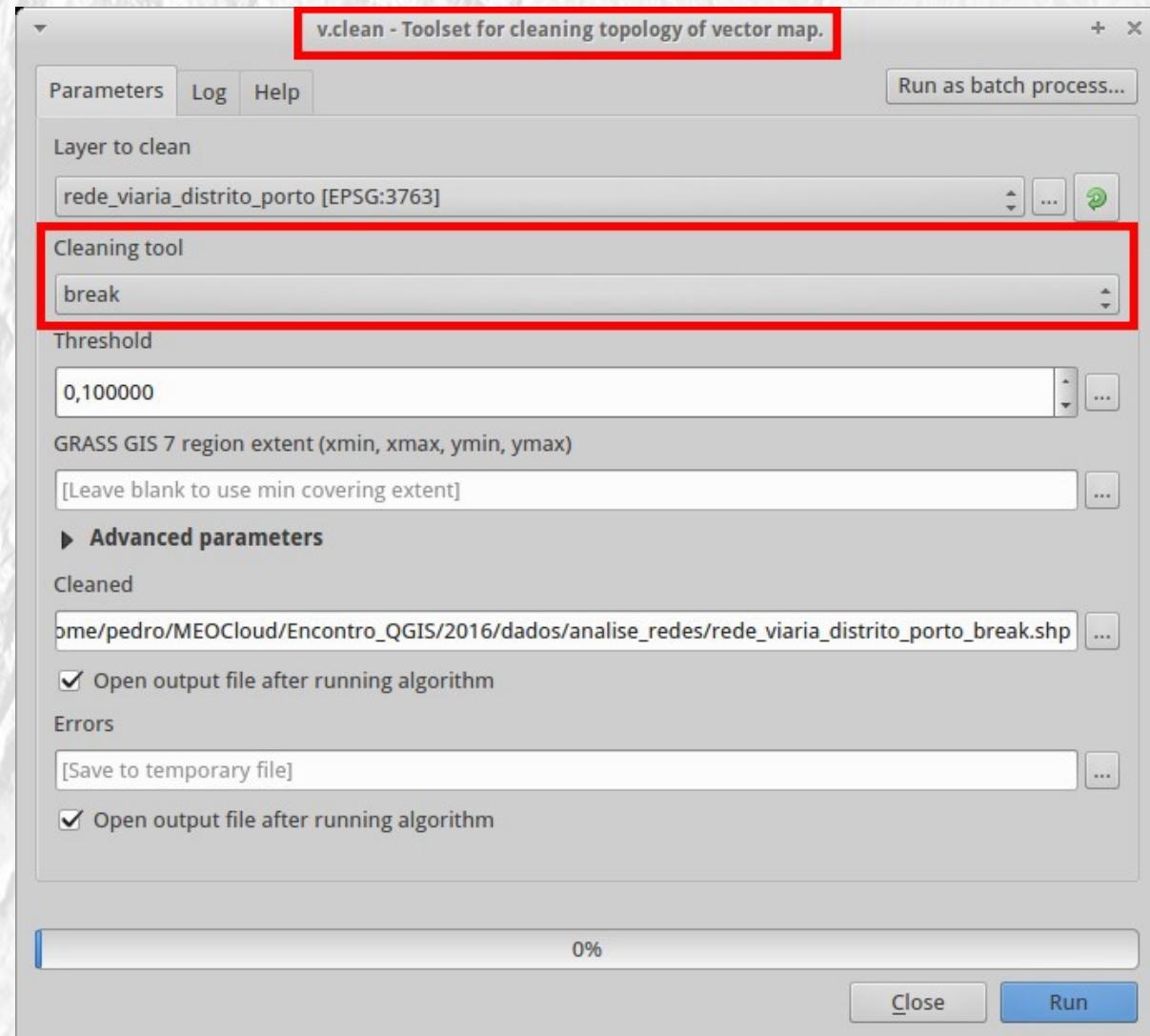
Teste da Topologia da Rede

- Este é um excelente exemplo académico dos erros que se podem cometer ao desenhar uma rede viária;
- A solução ideal passaria por fazer uma revisão completa desta rede, manualmente, ou utilizando scripts que ajudassem nessa tarefa;
- Como esse trabalho está fora do escopo do presente workshop, vai simplesmente correr-se uma ferramenta que vai “quebrar” todas as linhas nas interseções;
- Esta solução é bastante útil, mas quebra todas as interseções, inclusive nos viadutos, túneis, passagens desniveladas, etc.;
- No entanto, serve para a aproximação à análise de redes a que nos propomos, sendo certo que para uma aplicação de produção se exigia uma revisão exaustiva da rede.

Preparação da Rede Viária

Quebra das Linhas nas Intersecções

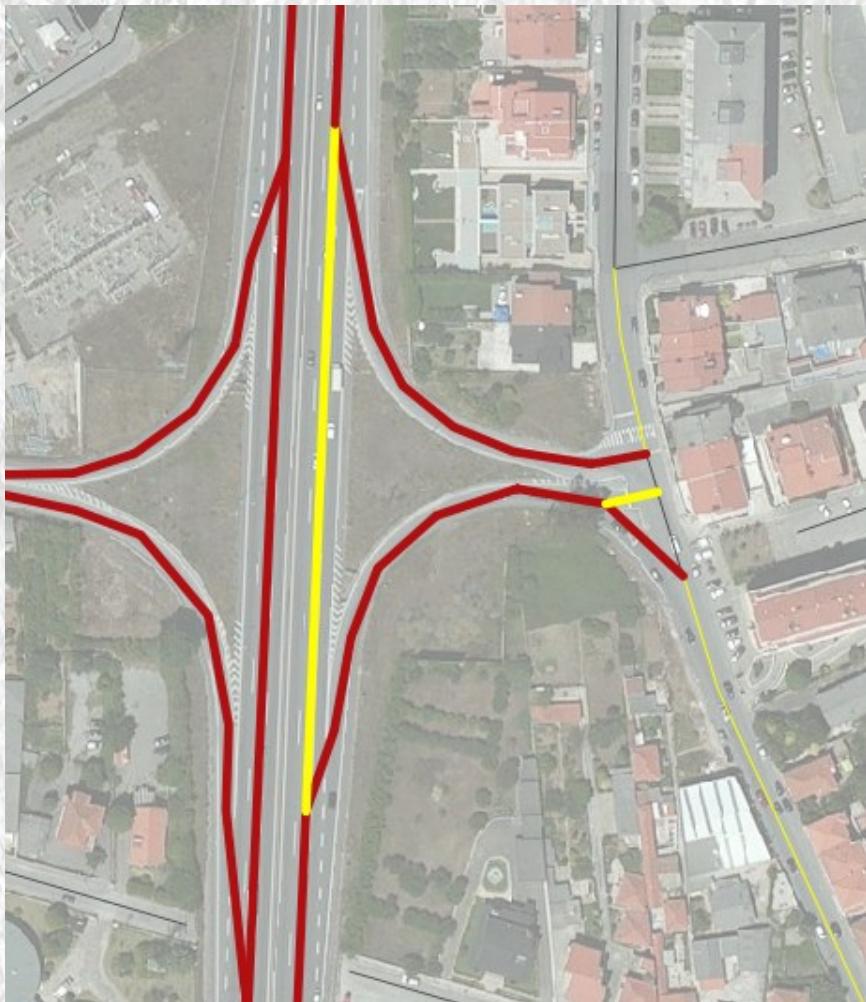
- **Ferramenta v.clean do Processing**



Preparação da Rede Viária

Quebra das Linhas nas Intersecções

- Neste nó o problema ficou solucionado;



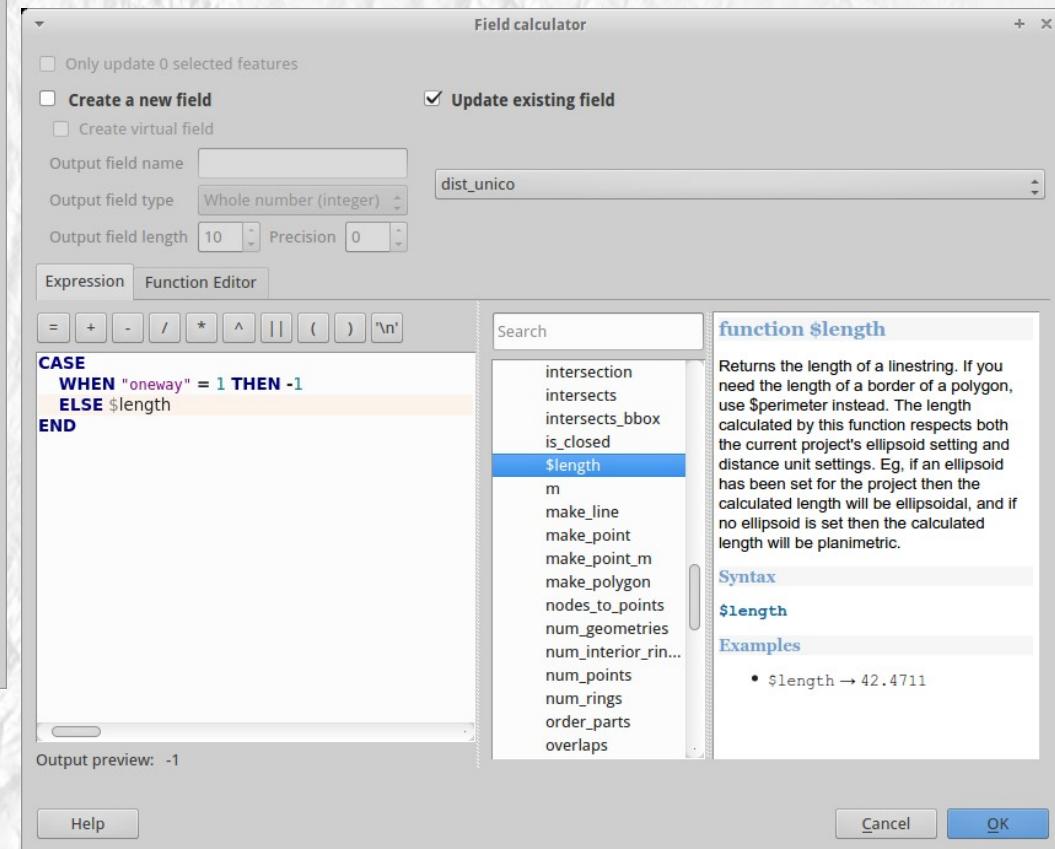
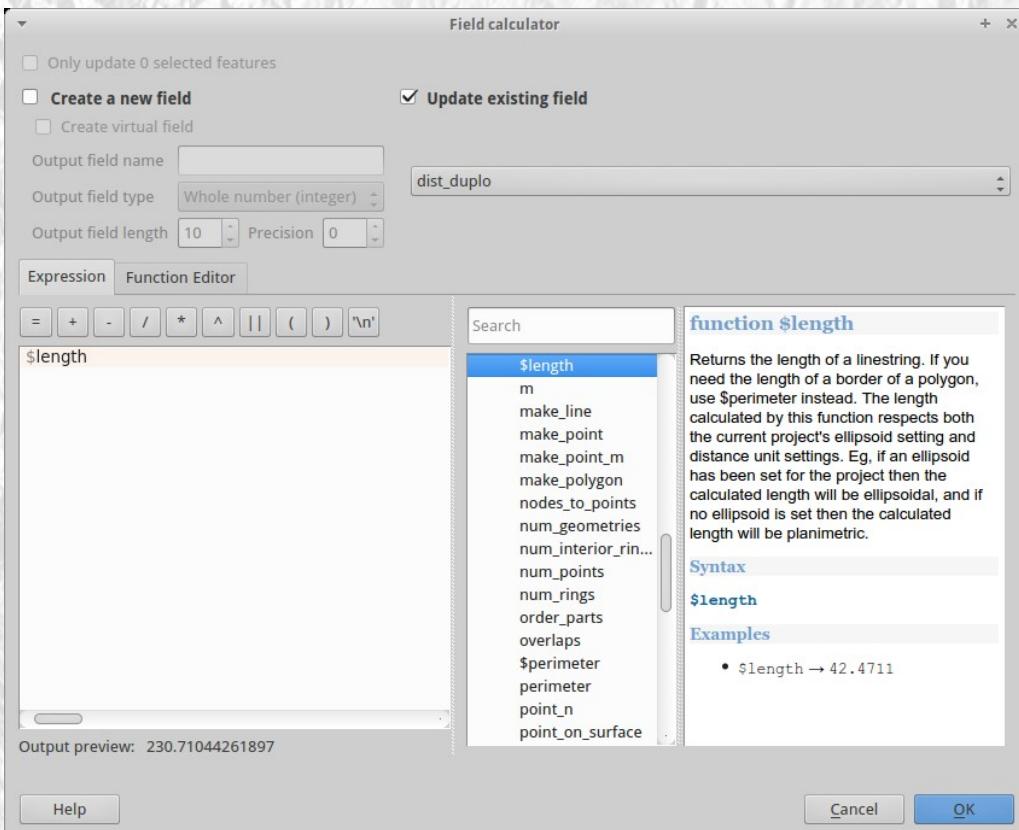
- Mas aqui passou a ser possível sair da autoestrada, num local onde existe um viaduto...



Preparação da Rede Viária

Quebra das Linhas nas Interseções

- É necessário agora recalcular todos os campos de “custo”, para refletir a nova configuração dos troços;



Preparação da Rede Viária

Quebra das Linhas nas Interseções

- É necessário agora recalcular todos os campos de “custo”, para refletir a nova configuração dos troços;

The image displays two side-by-side screenshots of the QGIS Field Calculator interface.

Left Window (Field calculator):

- Output field name:** tmpo_duplo
- Expression:** $(\$length / 1000) * 60 / "veloci_med"$
- Output preview:** 0.138426265571382

Right Window (Field calculator):

- Output field name:** tmpo_unico
- Expression:** CASE
WHEN "oneway" = 1 THEN -1
ELSE $(\$length / 1000) * 60 / "veloci_med"$
END
- Output preview:** -1

Both windows show a sidebar with various field names and a notes section.

Preparação da Rede Viária

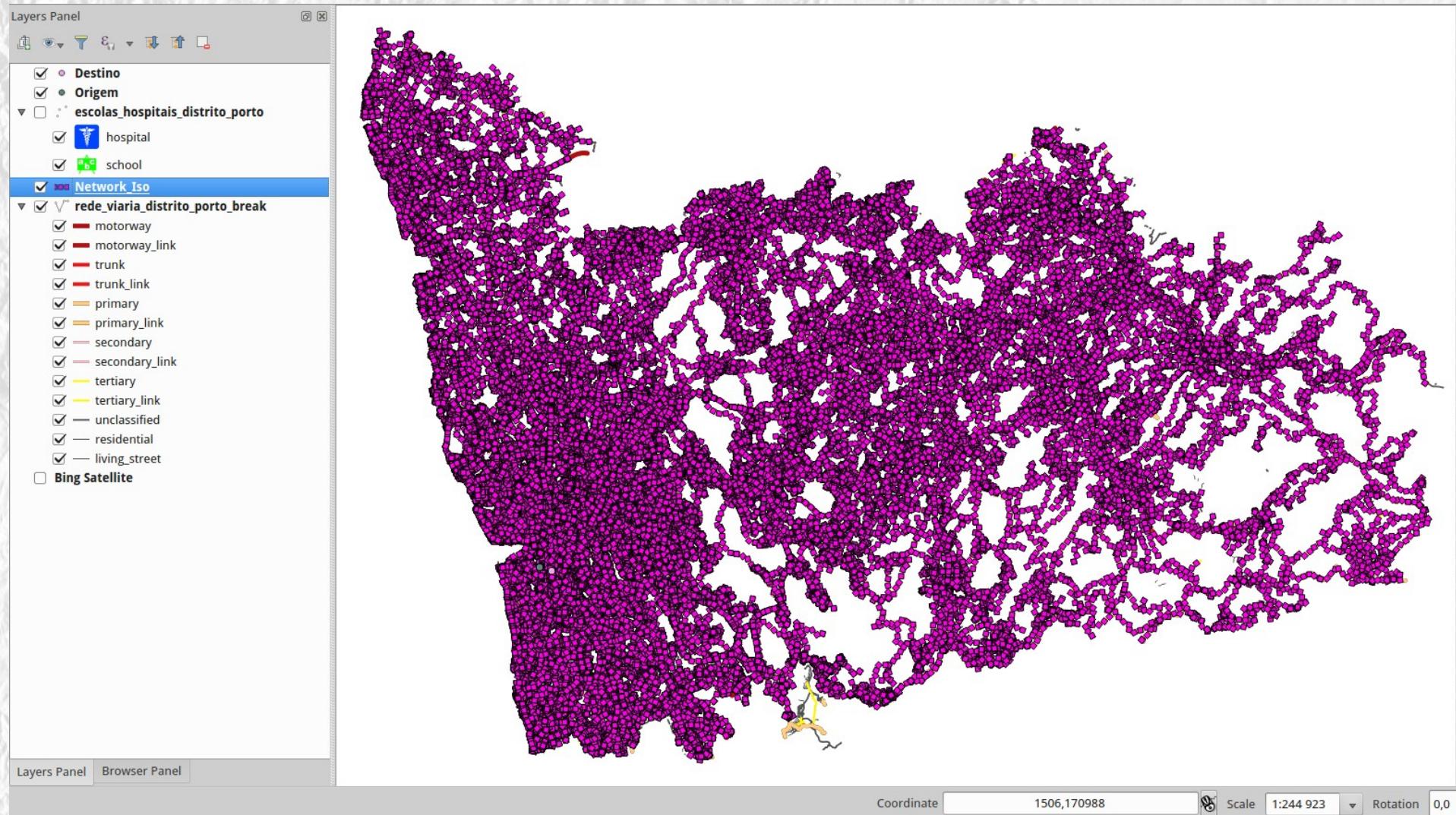
Quebra das Linhas nas Intersecções

- É necessário agora recalcular todos os campos de “custo”, para refletir a nova configuração dos troços;

	Attribute table - rede_viajaria_distrito_porto_break :: Features total: 94621, filtered: 94621, selected: 0												
	name	ref	type	oneway	bridge	tunnel	maxspeed	Distrito	veloci_med	dist_duplo	dist_unico	tmpos_duplo	tmpos_unico
94598	Rua de Sernam...	EN 260	secondary					PORTO					
94599	Autoestrada ...	A 4	motorway		1	0	0	120 PORTO	100	197	-1	0.118372892...	-1.000000000...
94600	Autoestrada ...	A 4	motorway		1	0	0	120 PORTO	100	267	-1	0.160136502...	-1.000000000...
94601	NULL	NULL	motorway_link		1	1	0	NULL PORTO	100	6	-1	0.003792889...	-1.000000000...
94602	NULL	NULL	motorway_link		1	1	0	NULL PORTO	100	198	-1	0.118511936...	-1.000000000...
94603	Avenida 25 d...	NULL	primary_link		1	1	0	NULL PORTO	70	113	-1	0.096800641...	-1.000000000...
94604	Avenida 25 d...	NULL	primary_link		1	1	0	NULL PORTO	70	1	-1	0.000787710...	-1.000000000...
94605	Rua de São Di...	NULL	tertiary		0	0	0	NULL PORTO	45	89	89	0.119040683...	0.119040683...
94606	Rua de São Di...	NULL	tertiary		0	0	0	NULL PORTO	45	15	15	0.019374768...	0.019374768...
94607	NULL	NULL	residential		1	0	1	NULL PORTO	25	2	-1	0.004099942...	-1.000000000...
94608	NULL	NULL	residential		1	0	1	NULL PORTO	25	6	-1	0.013879358...	-1.000000000...
94609	NULL	NULL	residential		1	0	0	NULL PORTO	25	7	-1	0.016512365...	-1.000000000...
94610	NULL	NULL	residential		1	0	0	NULL PORTO	25	8	-1	0.019834623...	-1.000000000...
94611	NULL	NULL	unclassified		0	0	0	NULL PORTO	35	17	17	0.028573263...	0.028573263...
94612	NULL	NULL	unclassified		0	0	0	NULL PORTO	35	138	138	0.236922354...	0.236922354...
94613	NULL	NULL	unclassified		0	0	0	NULL PORTO	35	22	22	0.037302285...	0.037302285...
94614	Autoestrada ...	A 4	motorway		1	1	0	NULL PORTO	100	69	-1	0.041393241...	-1.000000000...
94615	Autoestrada ...	A 4	motorway		1	1	0	NULL PORTO	100	97	-1	0.058013066...	-1.000000000...
94616	Autoestrada ...	A 4	motorway		1	1	0	NULL PORTO	100	78	-1	0.046513376...	-1.000000000...
94617	Via 8	NULL	primary		1	0	0	NULL PORTO	70	45	-1	0.038251421...	-1.000000000...
94618	Via 8	NULL	primary		1	0	0	NULL PORTO	70	13	-1	0.010756786...	-1.000000000...
94619	Ponte da Arr...	A 1	motorway		1	1	0	90 PORTO	100	5	-1	0.002875858...	-1.000000000...
94620	Ponte da Arr...	A 1	motorway		1	1	0	90 PORTO	100	3	-1	0.001991856...	-1.000000000...

Teste da Topologia da Rede

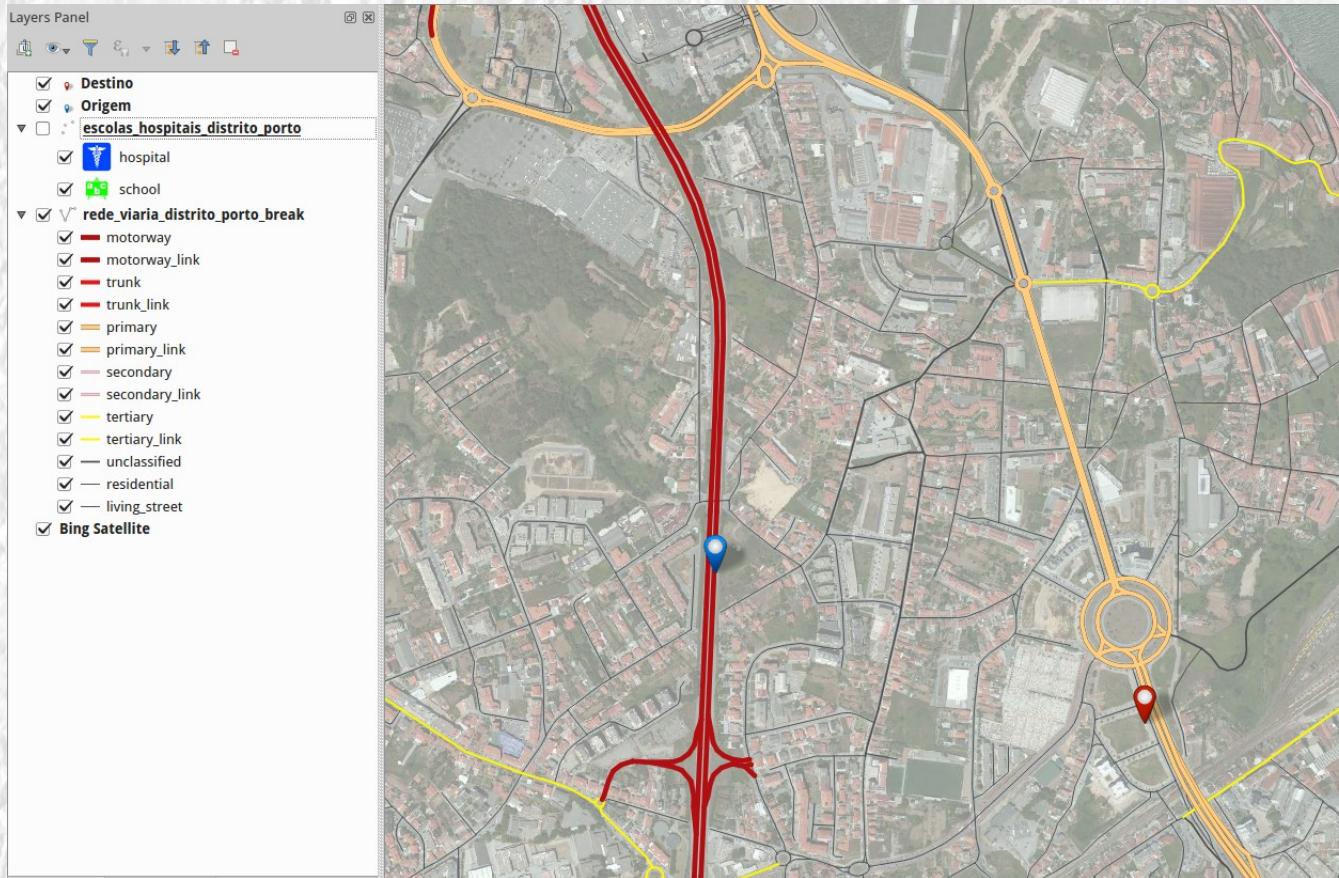
- Realizando o mesmo teste, verifica-se que agora a rede já está toda conectada;



EXERCÍCIOS

Percorso entre dois pontos (v.net.distance)

- Para calcular o percurso entre dois pontos, é necessário dispor de 3 layers:
- A da rede viária;
- Duas layers de pontos, uma para inserir o ponto de início e outra o ponto de destino.

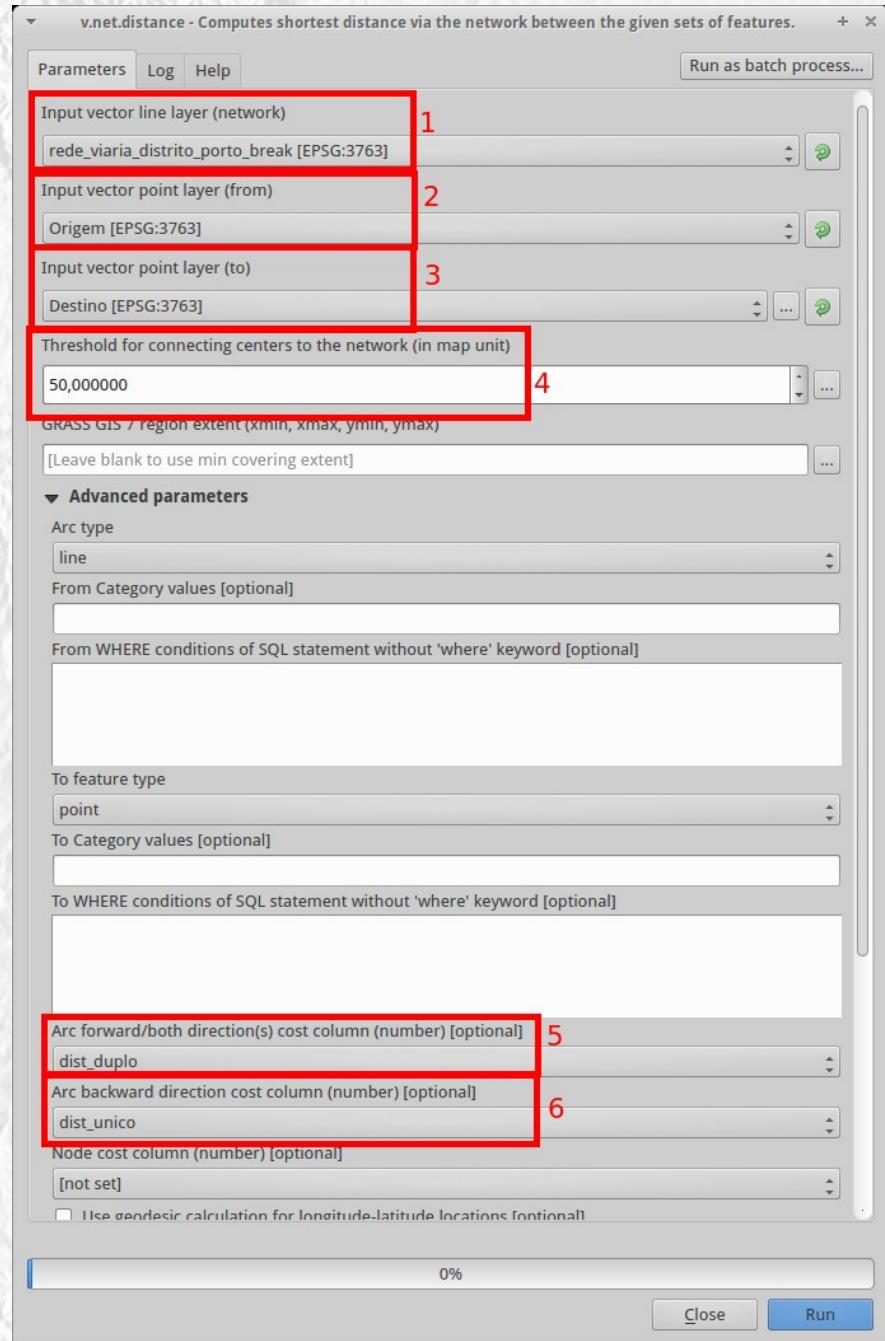


- De seguida, corre-se a ferramenta v.net.distance do Processing, indicando:

Percorso entre dois pontos (v.net.distance)

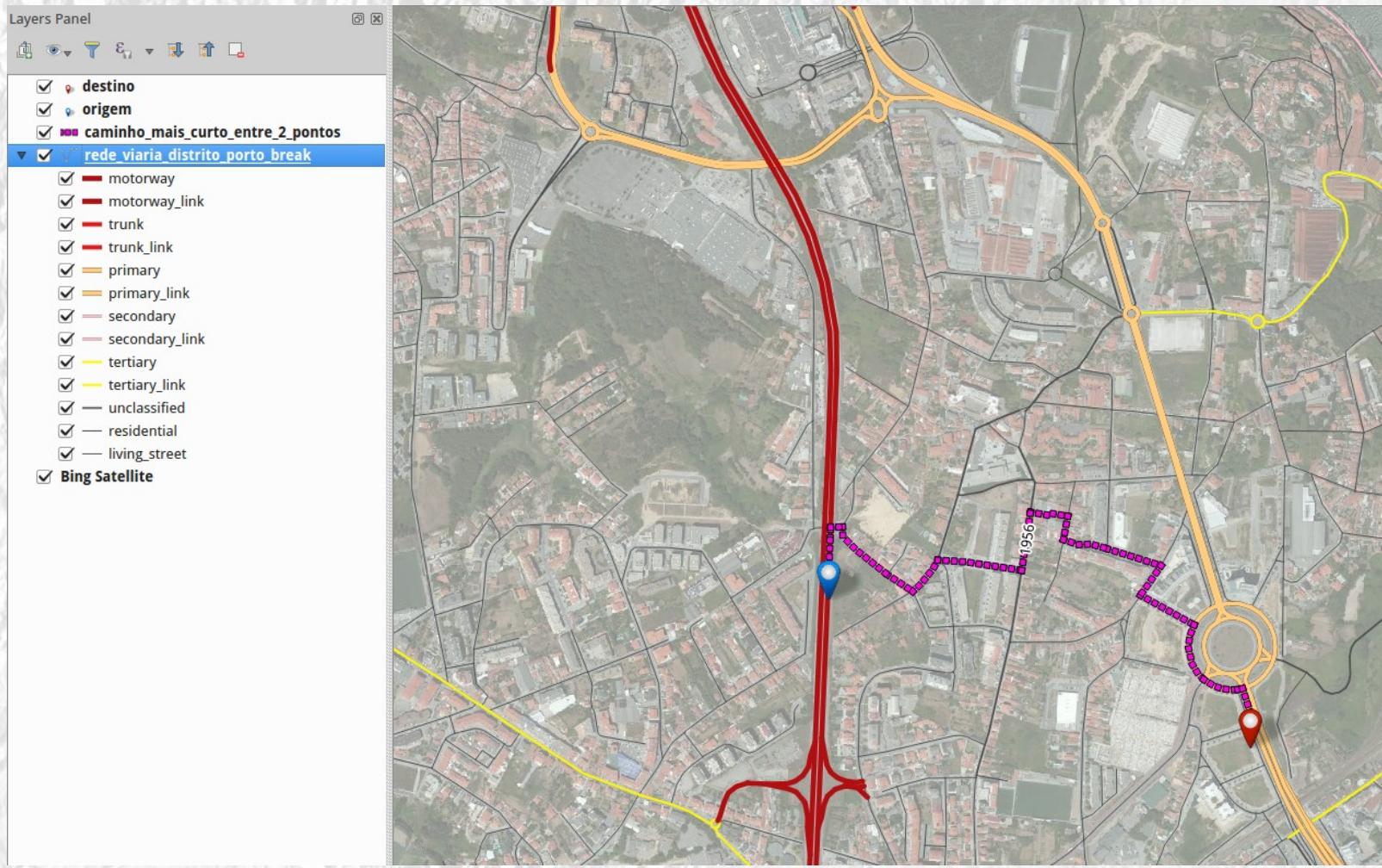
Caminho mais curto

- 1) A layer da rede viária;
- 2) A layer com o ponto de início;
- 3) A layer com o ponto de destino;
- 4) A margem que deve ser dada para unir os pontos de início e destino à rede, caso estes não estejam sobrepostos;
- 5) O campo com o valor do “custo” (distância) para todos os troços [dist_duplo];
- 6) O campo com o valor do “custo” (distância) para os troços de sentido único [dist_unico].



Percorso entre dois pontos (v.net.distance)

Caminho mais curto

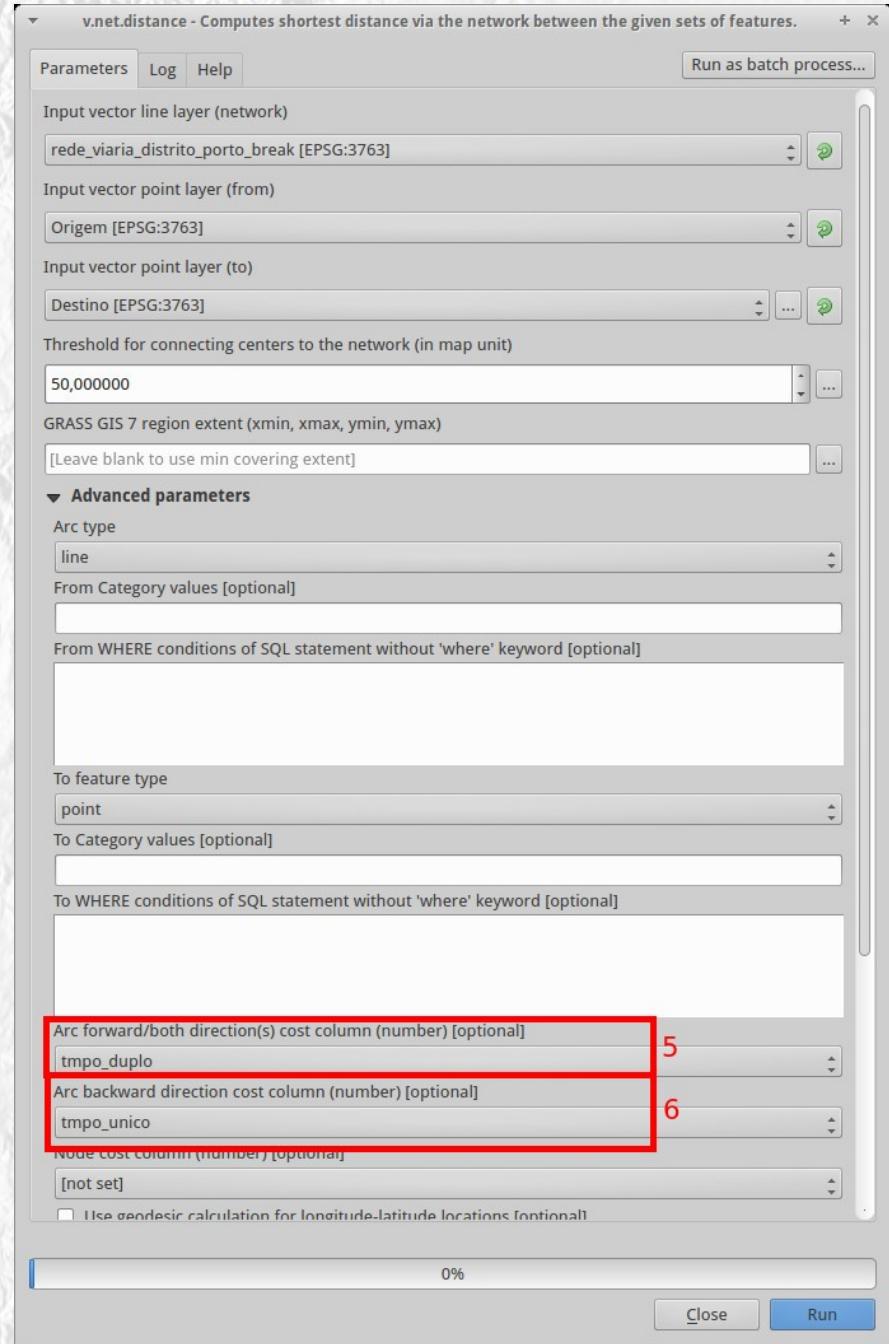


- Nota: Como se referiu, o tratamento aplicado à rede não considerou a saída da autoestrada apenas nos respetivos nós, por isso se verifica a saída na primeira interseção.

Percorso entre dois pontos (v.net.distance)

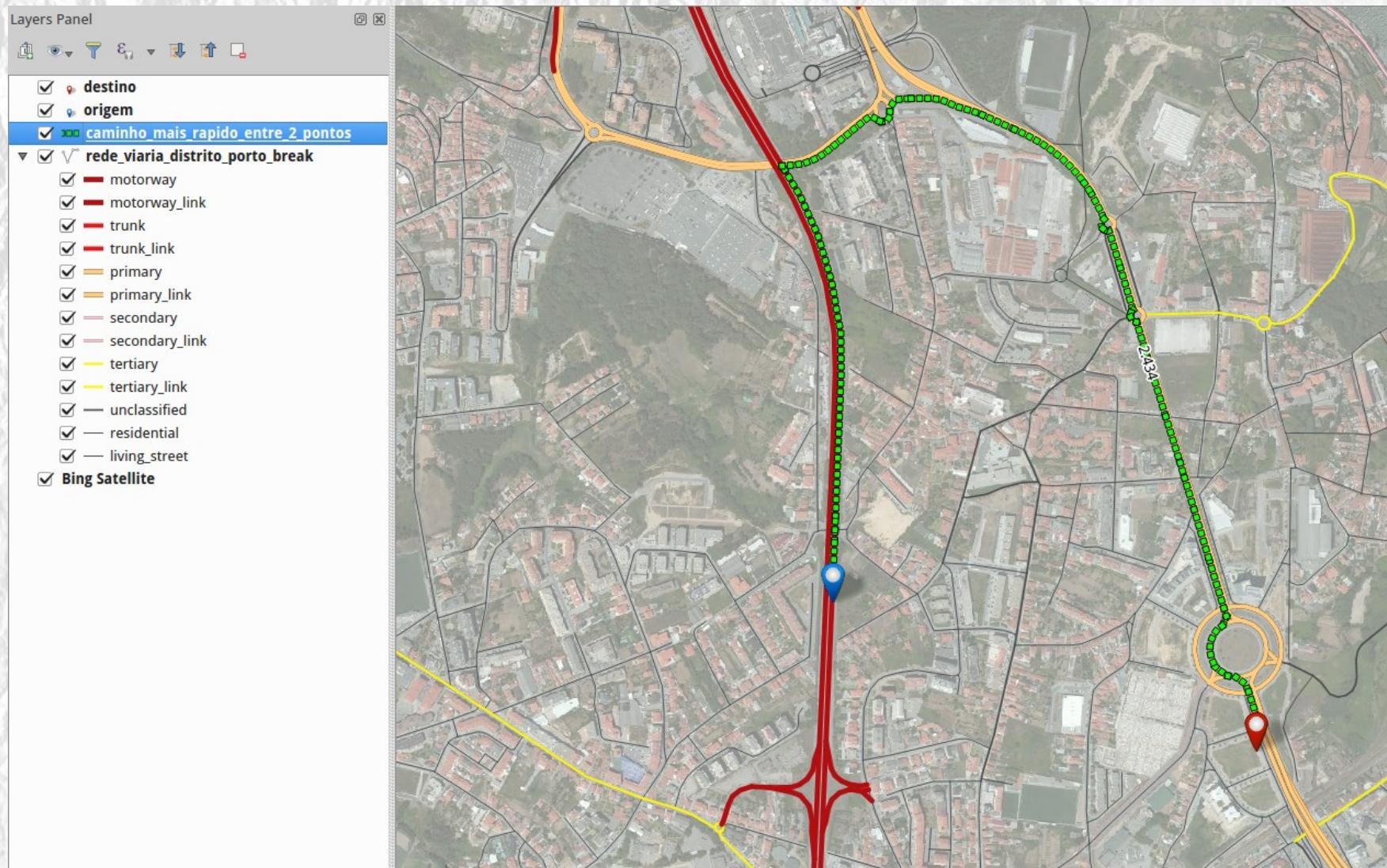
Caminho mais rápido

- 1) A layer da rede viária;
- 2) A layer com o ponto de início;
- 3) A layer com o ponto de destino;
- 4) A margem que deve ser dada para unir os pontos de início e destino à rede, caso estes não estejam sobrepostos;
- 5) O campo com o valor do “custo” (tempo) para todos os troços [tmpo_duplo];
- 6) O campo com o valor do “custo” (tempo) para os troços de sentido único [tmpo_unico].



Percorso entre dois pontos (v.net.distance)

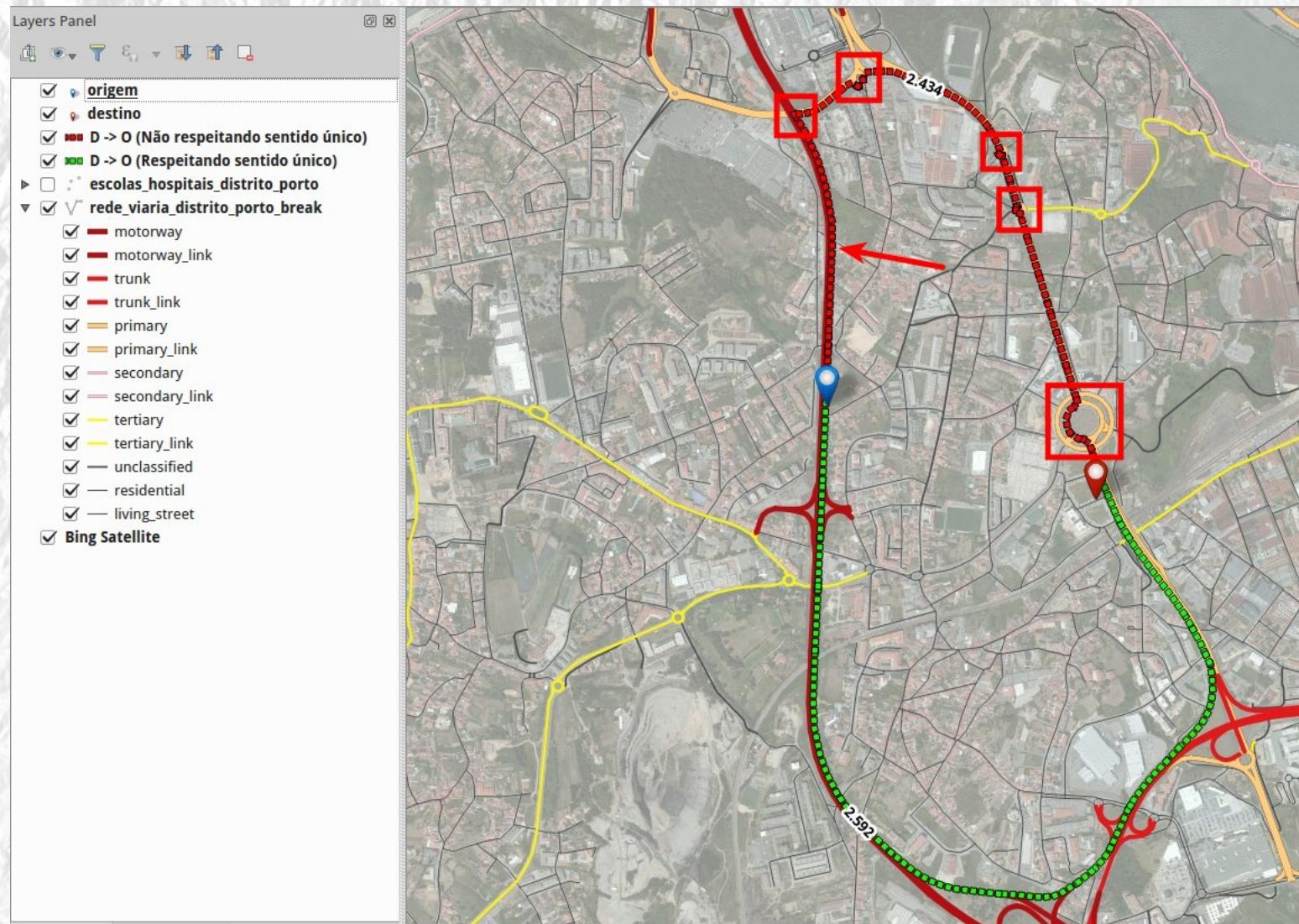
Caminho mais rápido



- Note-se que para o caminho mais rápido, o algoritmo selecionou troços das vias principais, onde a velocidade média é mais elevada.

Percorso entre dois pontos (v.net.distance)

Caminho mais rápido



- Fazendo o calculo inverso (do ponto Destino para o ponto Origem), considerando os troços de sentido único (verde) e ignorando essa informação (vermelho).

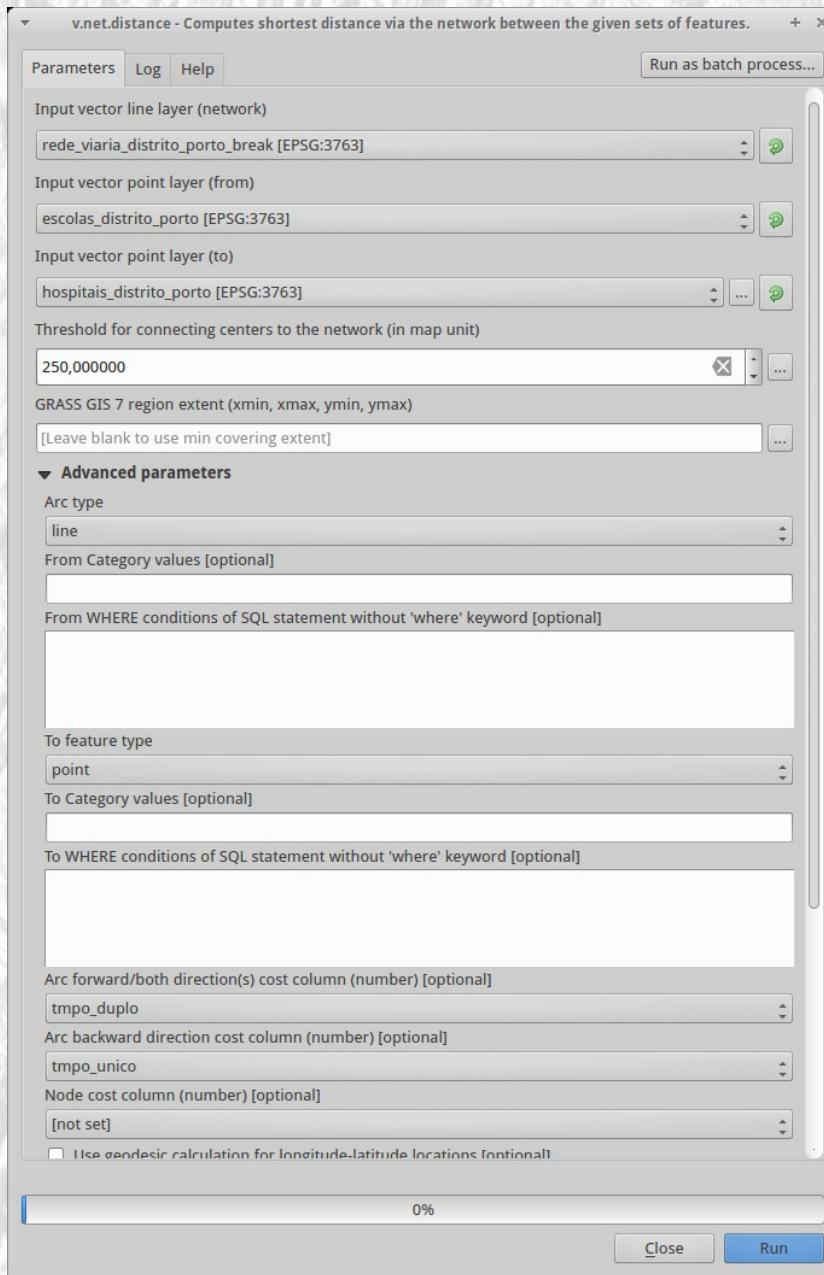
Percorso de “muitos-para-muitos” (v.net.distance)

Caminho mais rápido entre as escolas e os hospitais do distrito do Porto

- Neste exercício pretende determinar-se o trajeto mais rápido (pode também calcular-se o mais curto) entre cada escola e o hospital que se encontra a menos tempo de percurso;
- Para isso vão colocar-se as escolas e os hospitais (da layer dos pontos de interesse), em 2 layers separadas;
- De seguida, usa-se a mesma ferramenta v.net.distance, com a layer das escolas como origem, e a layer dos hospitais como destino;
- Aumenta-se a margem (*threshold*), para “puxar” as escolas e hospitais que estiverem afastados da rede viária, para o troço mais próximo, num raio de 250m;
- Como variáveis de “custo” usam-se os campos [timo_duplo] e [timo_unico];

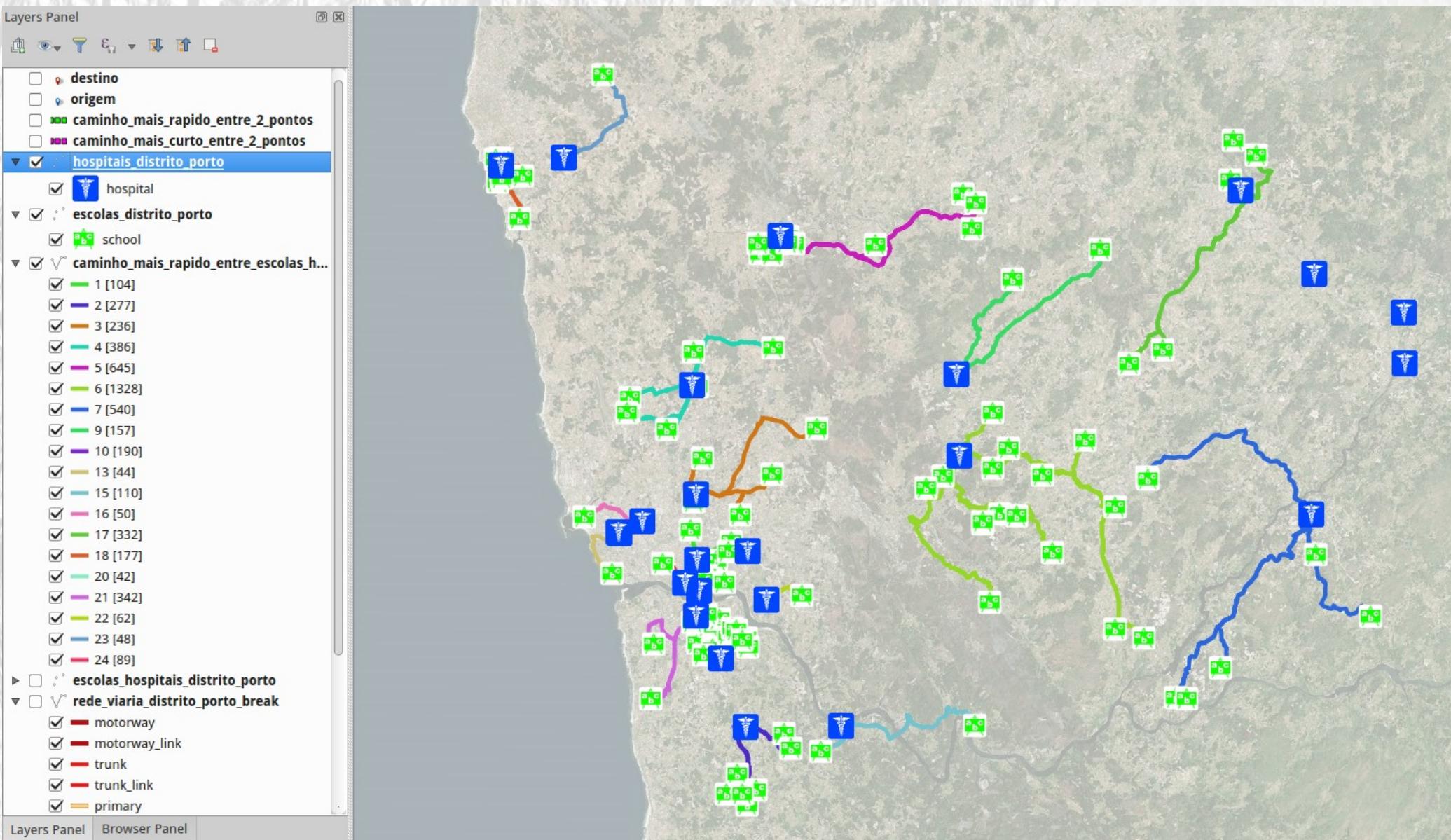
Percorso de “muitos-para-muitos” (v.net.distance)

Caminho mais rápido entre as escolas e os hospitais do distrito do Porto



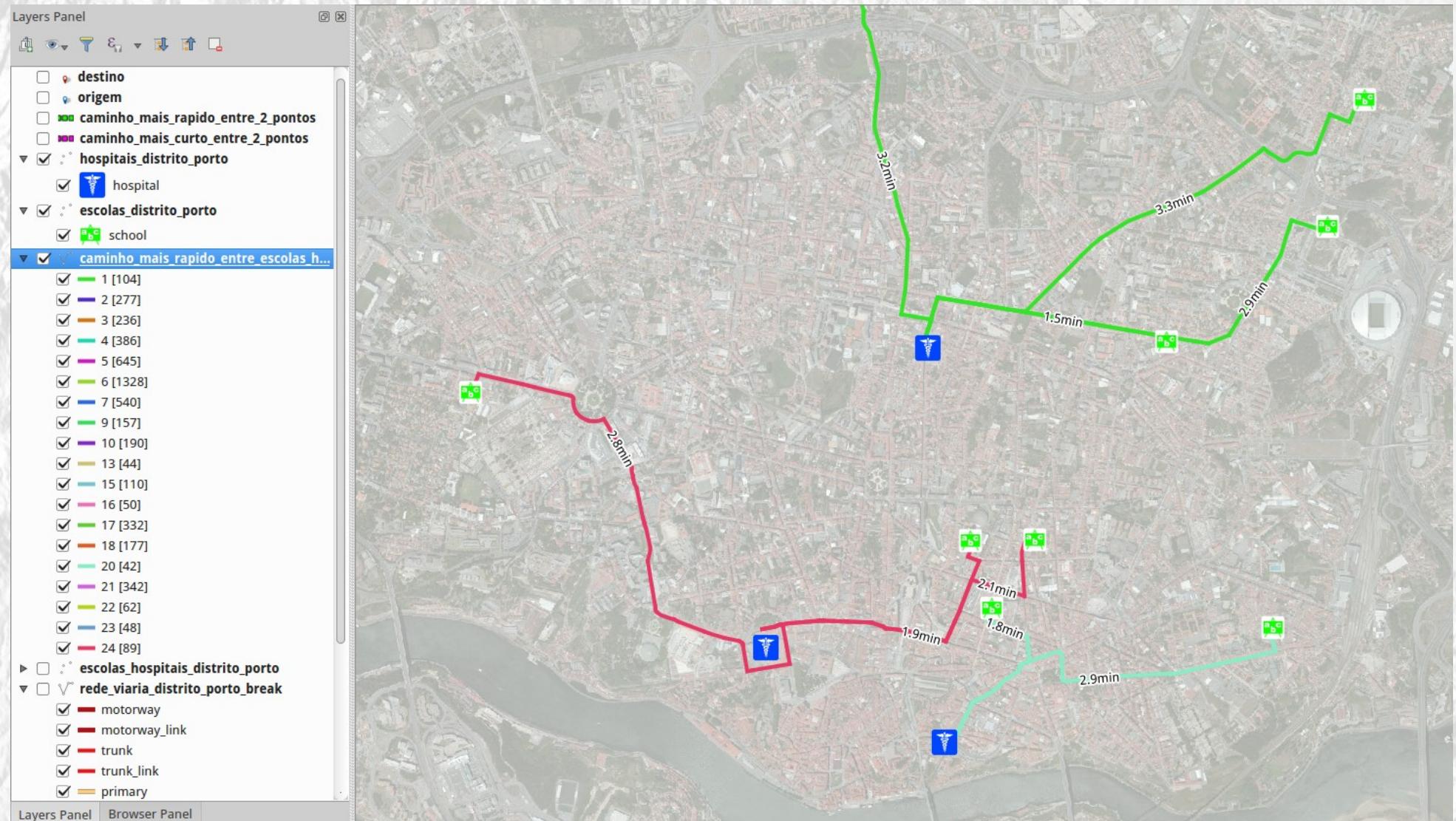
Percorso de “muitos-para-muitos” (v.net.distance)

Caminho mais rápido entre as escolas e os hospitais do distrito do Porto



Percorso de “muitos-para-muitos” (v.net.distance)

Caminho mais rápido entre as escolas e os hospitais do distrito do Porto

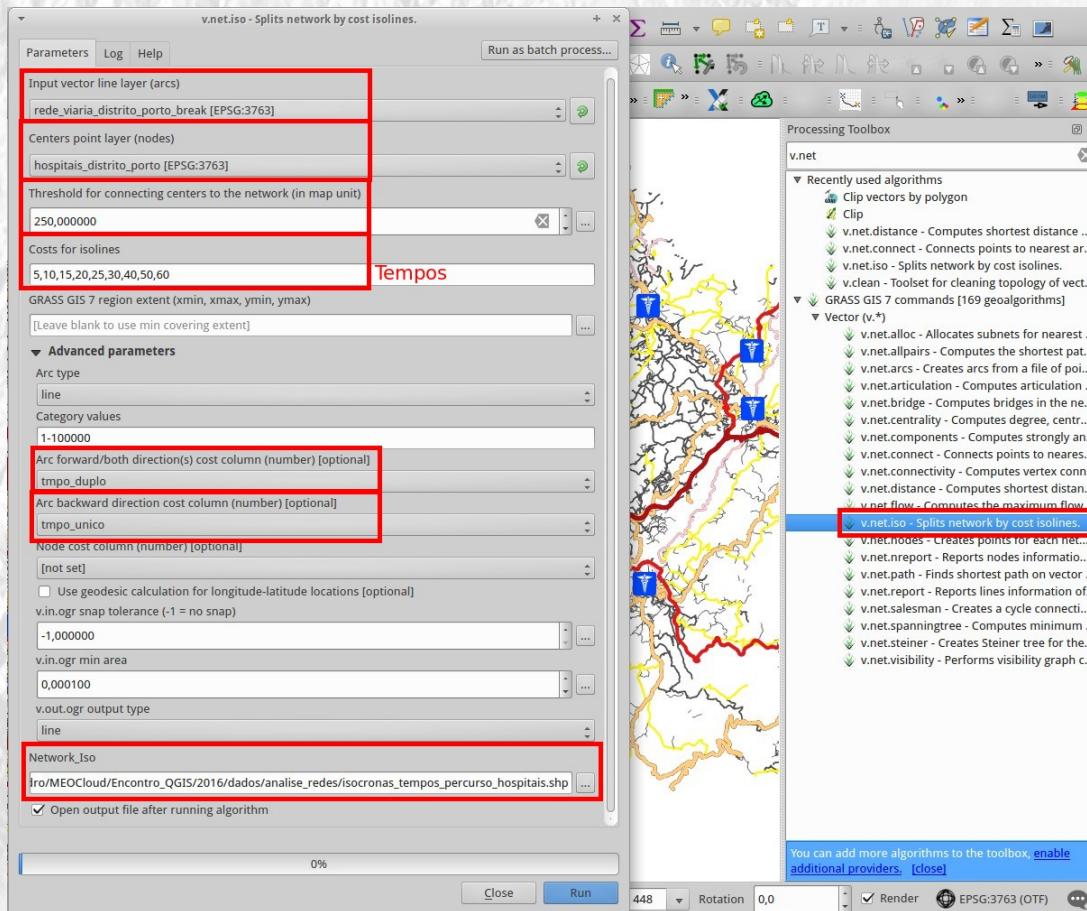


- Indicação do tempo de percurso entre cada escola e a unidade hospitalar mais “próxima” (Nota: não foi considerado o tempo despendido no trânsito).

Divisão da rede através de isolinhas de custo (v.net.iso)

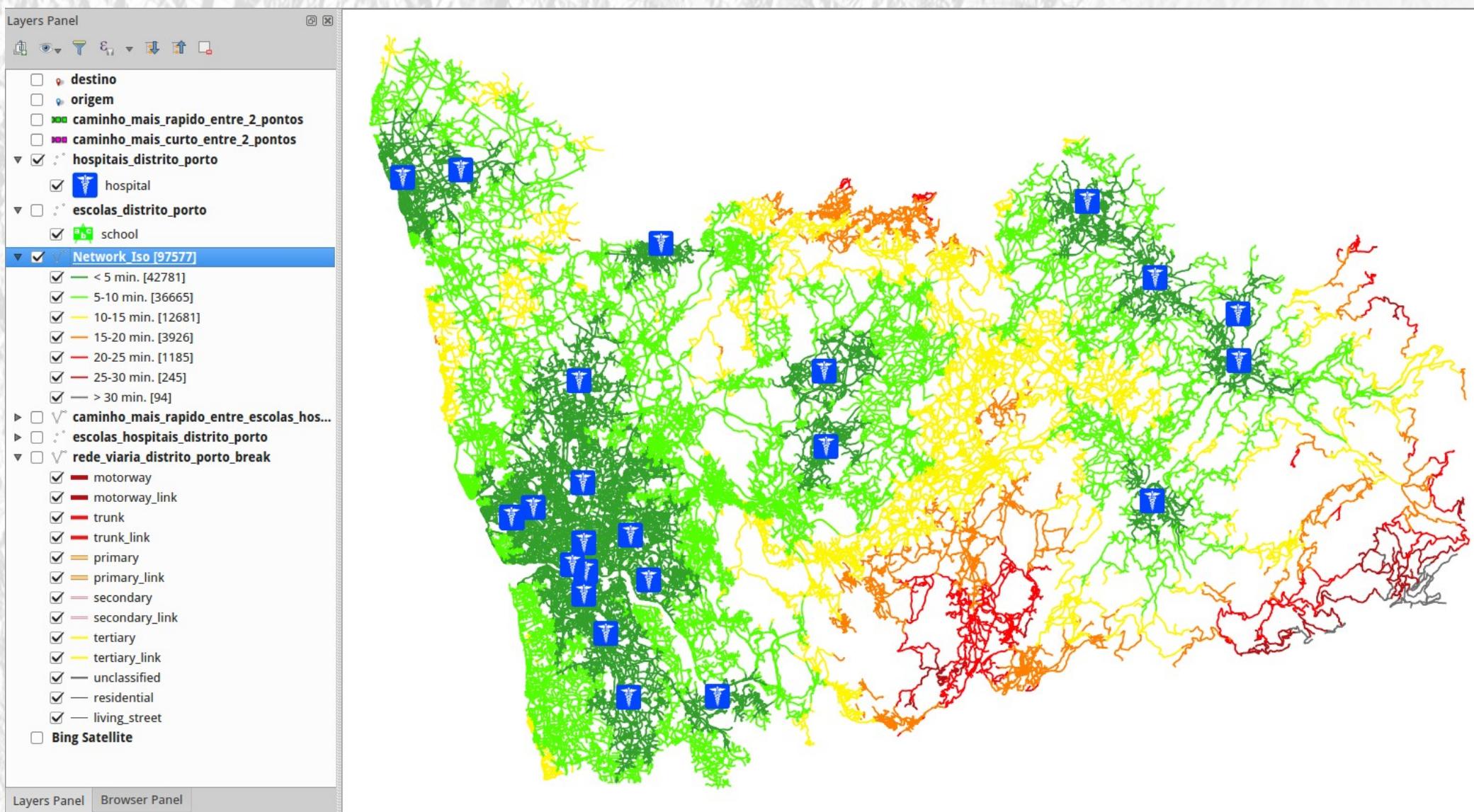
Isócronas dos tempos de deslocação

- Esta ferramenta é muito útil quando se está a usar o tempo de deslocação como parâmetro de “custo”;
- Vamos calcular a distância a partir das unidades de saúde do distrito do Porto, com a ferramenta v.net.iso.



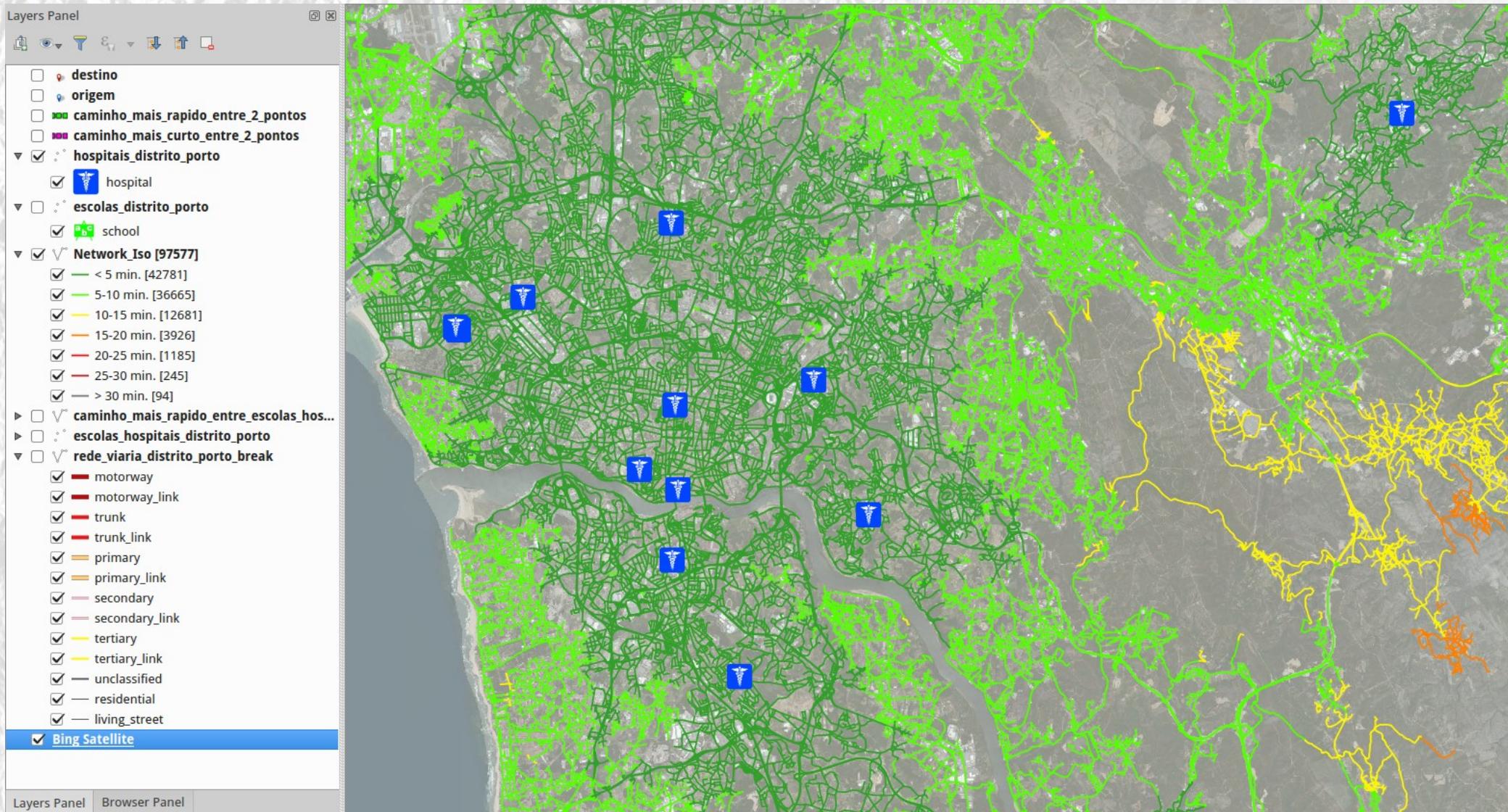
Divisão da rede através de isolinhas de custo (v.net.iso)

Isócronas dos tempos de deslocação



Divisão da rede através de isolinhas de custo (v.net.iso)

Isócronas dos tempos de deslocação

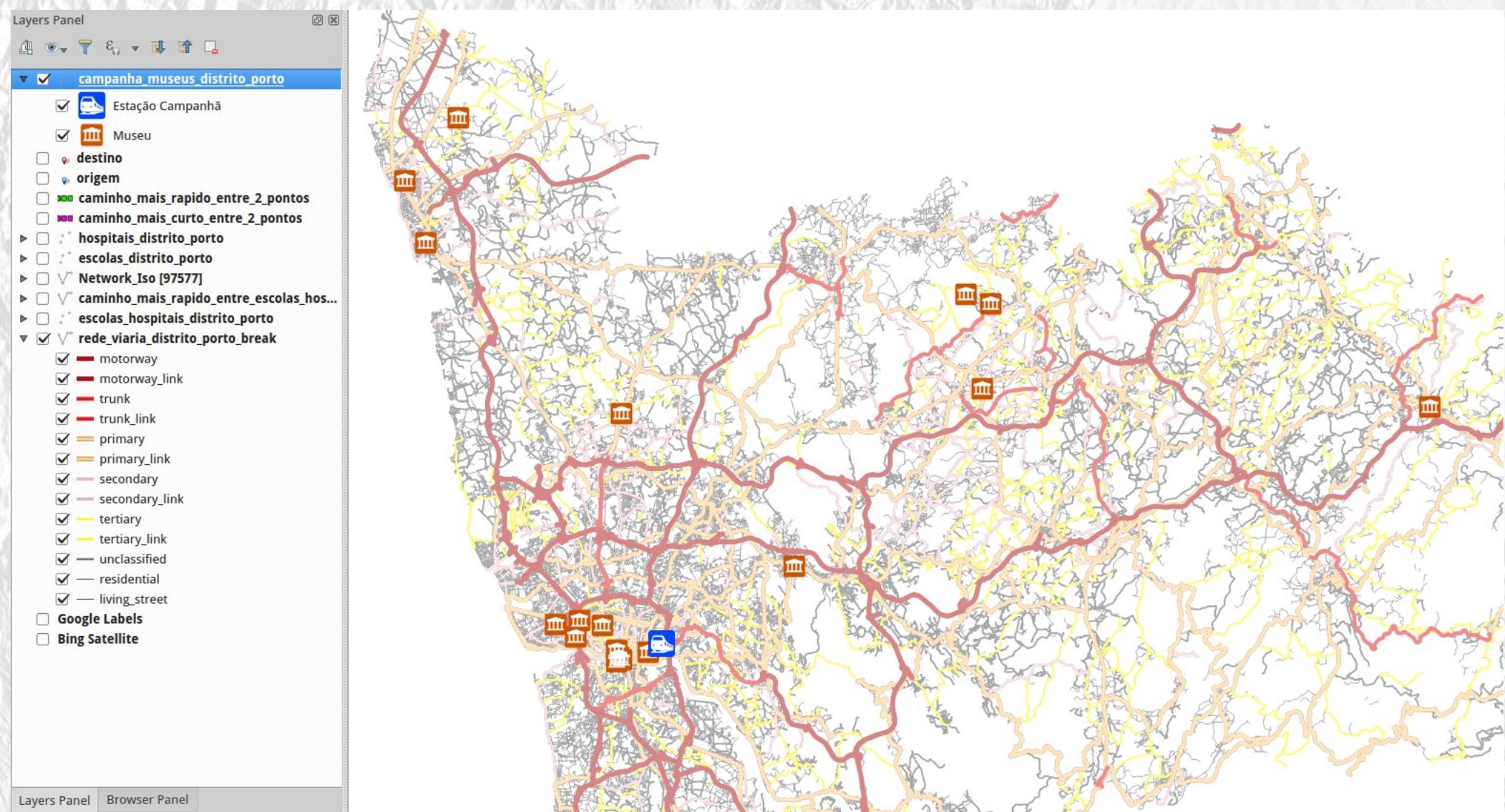


O problema do caixeiro-viajante (v.net.salesman)

- É um problema que tenta determinar a menor rota para percorrer uma série de cidades (visitando uma única vez cada uma delas), regressando à cidade de origem;
- Trata-se de um problema de otimização, inspirado na necessidade dos vendedores realizarem entregas em diversos locais, percorrendo o menor caminho possível e reduzindo, dessa forma, o tempo necessário para a viagem e os possíveis custos com transporte e combustível;
- Vamos fazer um exercício, simulando um turista que pretende otimizar a visita aos 19 museus existentes no distrito do Porto (identificados na layer de pontos de interesse do OSM), e que aluga um automóvel junto à Estação Ferroviária de Campanhã;
- No final, regressa à Estação de Campanhã.

O problema do caixeiro-viajante (v.net.salesman)

Visita otimizada aos museus do distrito do Porto



O problema do caixeiro-viajante (v.net.salesman)

Visita otimizada aos museus do distrito do Porto

- Vamos acrescentar um ID sequencial a cada uma das “paragens”, para as conseguir identificar posteriormente.

The screenshot shows the QGIS interface with two attribute tables and a central Field Calculator dialog.

Left Table: Attribute table - campanha_museus_distrito.porto :: Features total: 20, filtered: 20, selected: 0. It contains columns: osm_id, timestamp, name, type, and Distrito.

Field Calculator Dialog: Shows the creation of a new field named "id". The expression is set to "\$id + 1". The output preview shows values from 1 to 20.

Right Table: Attribute table - campanha_museus_distrito.porto :: Features total: 20, filtered: 20, selected: 0. It contains columns: osm_id, timestamp, name, type, Distrito, and id. The "id" column is highlighted with a red border.

osm_id	timestamp	name	type	Distrito	id
0	NULL	Estação Ferroviária de Campanhã	tram_stop	PORTO	1
1	688100261	Arquivo Histórico Municipal	museum	PORTO	2
2	704799708	Jardim Botânico - casa Andresen	museum	PORTO	3
3	1320664817	Museu Amadeo de Souza Cardoso	museum	PORTO	4
4	1473409586	Museu da Construção Naval	museum	PORTO	5
5	1623977894	Museu Etnográfico da Maia	museum	PORTO	6
6	1652873556	Casa-Museu Marta Ortigão Sampaio	museum	PORTO	7
7	2053597968	Museu Militar	museum	PORTO	8
8	2203027985	Reserva Museu Arqueológico Cíptania de Sanfins	museum	PORTO	9
9	2203056901	Centro Interpretativo Cíptania de Sanfins	museum	PORTO	10
10	2206214891	Museu Diocesano de Arte Sacra	museum	PORTO	11
11	2208055757	Palácio das Artes	museum	PORTO	12
12	2209981474	Museu da Santa Casa da Misericórdia do Porto	museum	PORTO	13
13	2354200277	Museu Municipal Museu do Móvel	museum	PORTO	14
14	2367506012	Museu Municipal de Etnografia e História da Pó	museum	PORTO	15
15	2367558040	Museu da Cidade de Terroso	museum	PORTO	16
16	2478836067	Palácio da Bolsa	museum	PORTO	17
17	2729914235	Museus da Universidade	museum	PORTO	18
18	3396197687	Casa-Museu Engenheiro António de Almeida	museum	PORTO	19
19	4228667597	Casa de Serralves	museum	PORTO	20

O problema do caixeiro-viajante (v.net.salesman)

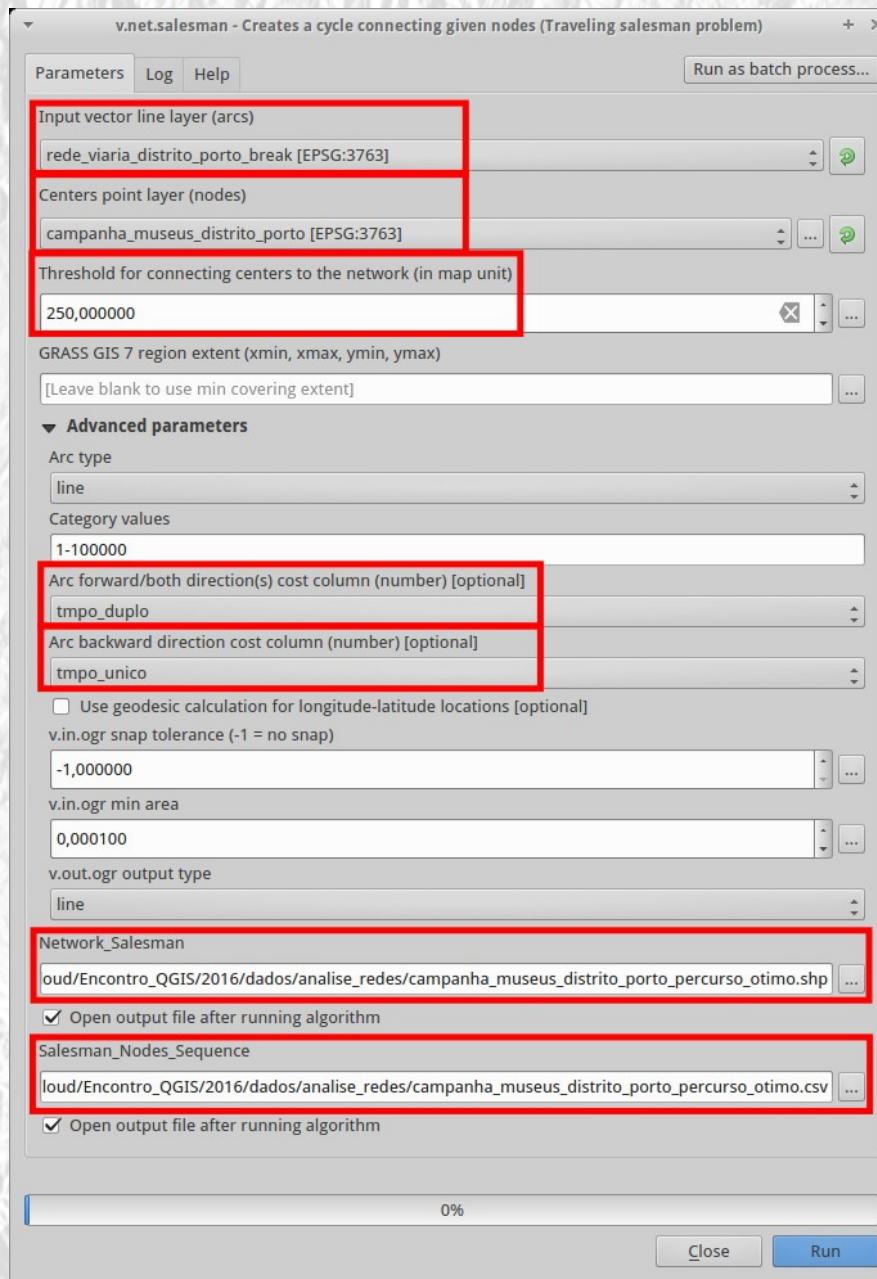
Visita otimizada aos museus do distrito do Porto

- O v.net.salesman devolve dois resultados:
 - Geometria do percurso otimizado;
 - Tabela alfanumérica onde é apresentada a sequência ótima de visita aos locais, identificados pelo respetivo ID, bem como o “custo” associado (neste caso, o tempo de deslocação, em minutos, entre os museus).

O problema do caixeiro-viajante (v.net.salesman)

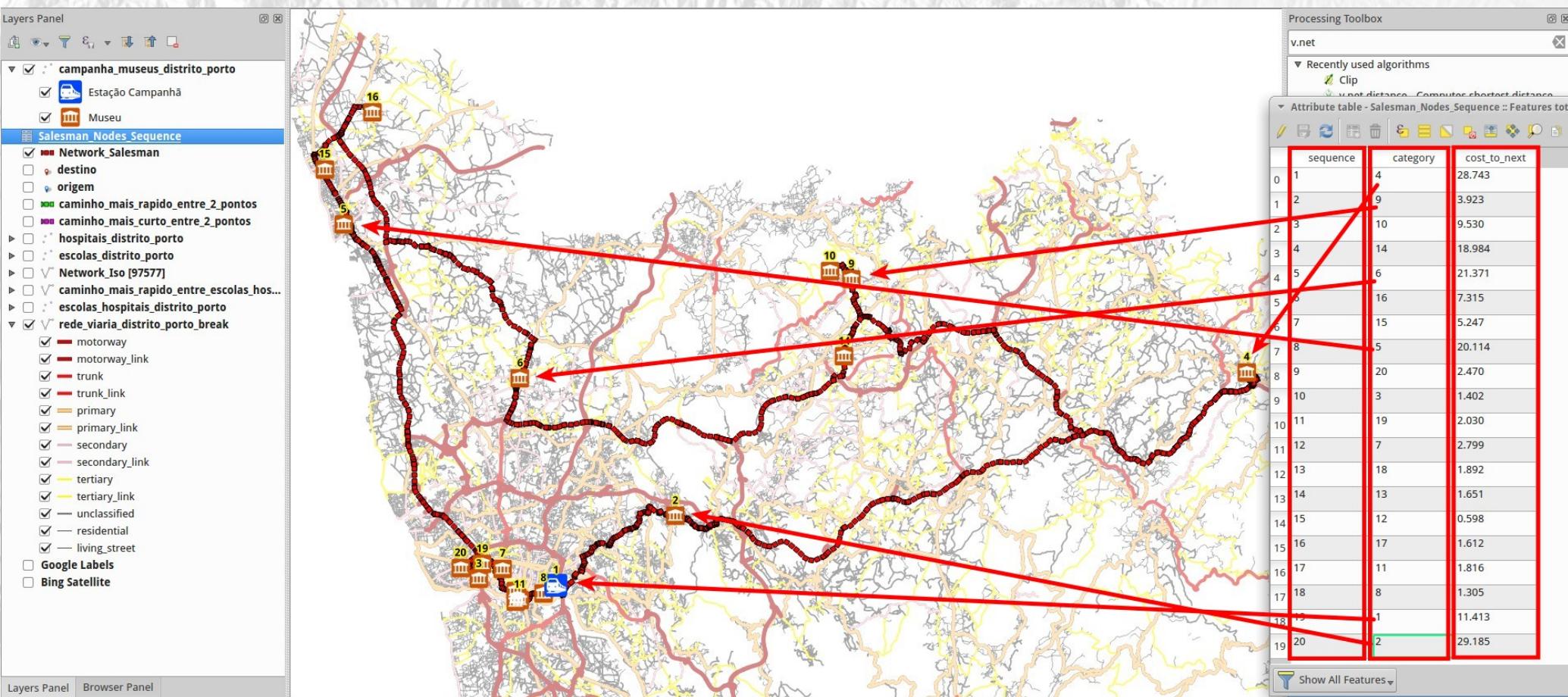
Visita otimizada aos museus do distrito do Porto

- v.net.salesman



O problema do caixeiro-viajante (v.net.salesman)

Visita otimizada aos museus do distrito do Porto



- O percurso é circular, por isso pode começar-se em qualquer local e seguir-se a sequência a partir daí.
- No caso concreto, começa em Campanhã (1) → 2 → 4 → 9 → 10 → 14 → 6 → 16 → 15 → 5 → 20 → 3 → 19 → 7 → 18 → 13 → 12 → 17 → 11 → 8 → e regressa a Campanhã.

O problema do caixeiro-viajante (v.net.salesman)

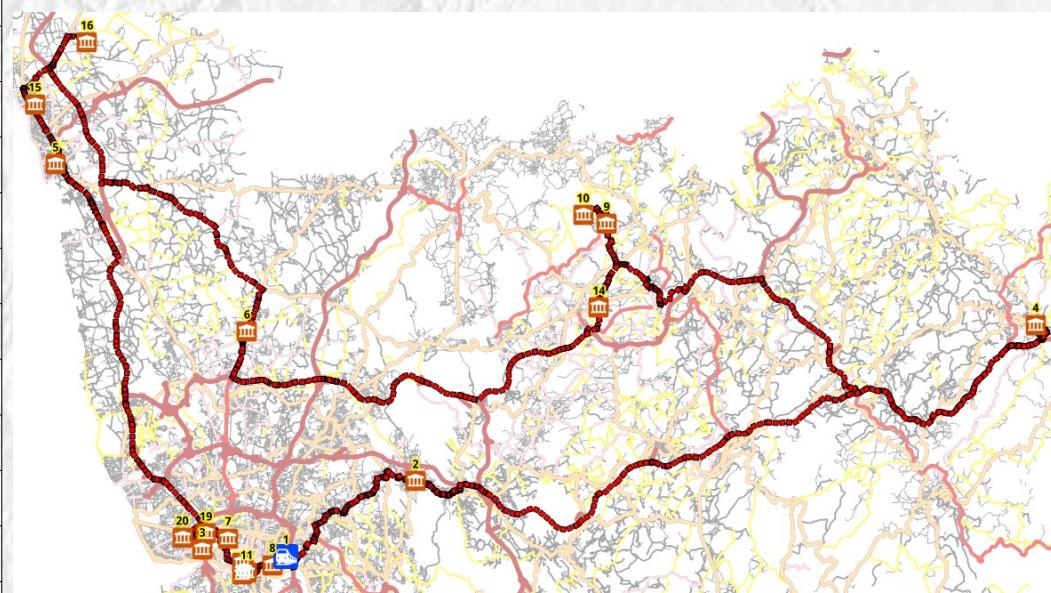
Visita otimizada aos museus do distrito do Porto

m_st	name	type	Distrito	id	v.esman_Seq_cost_to_n	v.man_Seq_se
3	Museu Amadeo de Souza Cardoso	museum	PORTO	4	28.743	1
8	Reserva Museu Arqueologico Citania de Sanfins	museum	PORTO	9	3.923	2
9	Centro Interpretativo Citania de Sanfins	museum	PORTO	10	9.530	3
13	Museu Municipal Museu do Movel	museum	PORTO	14	18.984	4
5	Museu Etnográfico da Maia	museum	PORTO	6	21.371	5
15	Museu da Cidade de Terroso	museum	PORTO	16	7.315	6
14	Museu Municipal de Etnografia e História da Pó	museum	PORTO	15	5.247	7
4	Museu da Construção Naval	museum	PORTO	5	20.114	8
19	Casa de Serralves	museum	PORTO	20	2.470	9
2	Jardim Botânico - casa Andresen	museum	PORTO	3	1.402	10
18	Casa-Museu Engenheiro António de Almeida	museum	PORTO	19	2.030	11
6	Casa-Museu Marta Ortigão Sampaio	museum	PORTO	7	2.799	12
17	Museus da Universidade	museum	PORTO	18	1.892	13
12	Museu da Santa Casa da Misericórdia do Porto	museum	PORTO	13	1.651	14
11	Palácio das Artes	museum	PORTO	12	0.598	15
16	Palácio da Bolsa	museum	PORTO	17	1.612	16
10	Museu Diocesano de Arte Sacra	museum	PORTO	11	1.816	17
7	Museu Militar	museum	PORTO	8	1.305	18
0	Estação Ferroviária de Campanhã	tram_stop	PORTO	1	11.413	19
1	Arquivo Histórico Municipal	museum	PORTO	2	29.185	20

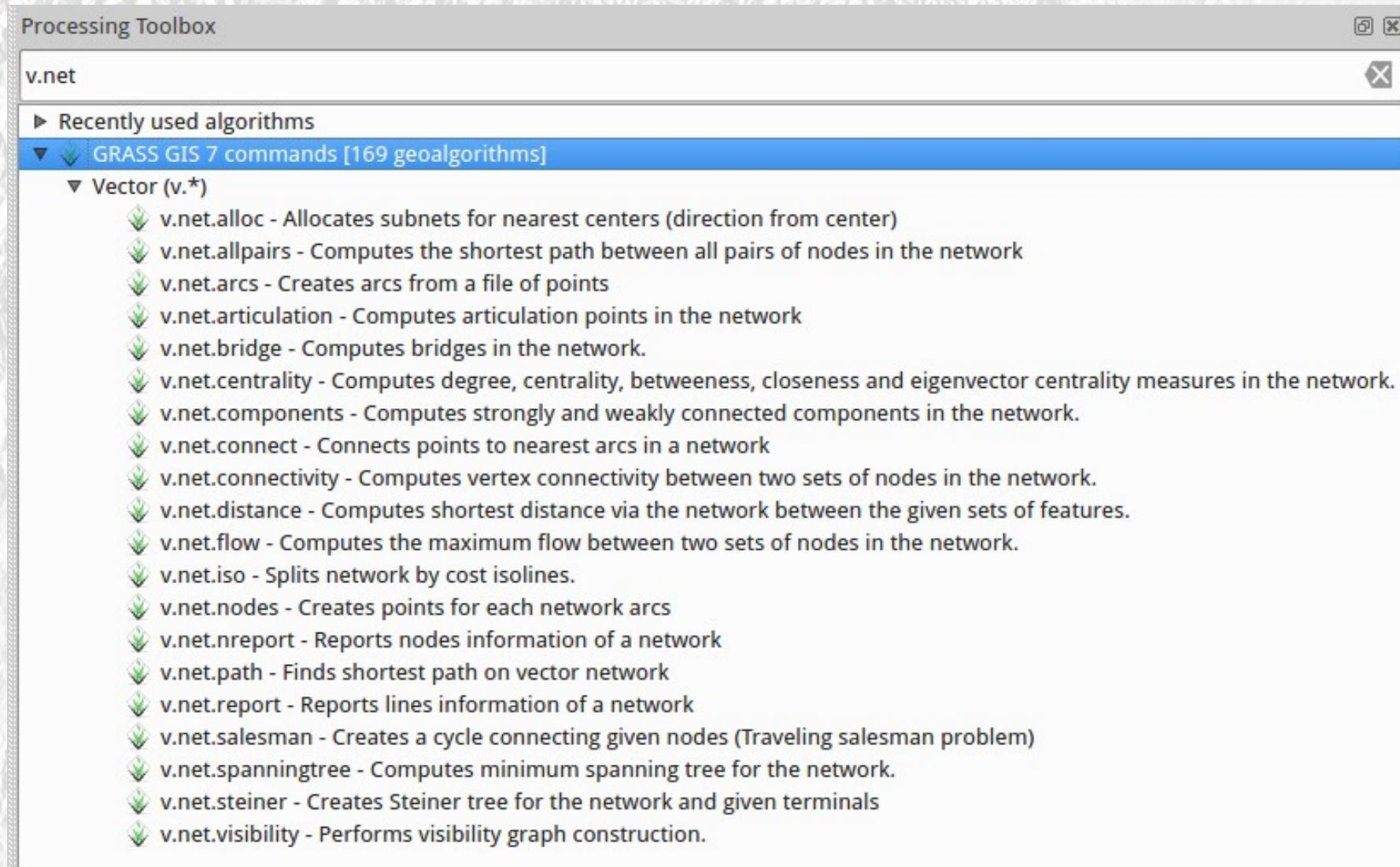
O problema do caixeiro-viajante (v.net.salesman)

Visita otimizada aos museus do distrito do Porto

ID	Museu	Tempo de viagem (minutos)
1	Estação Ferroviária de Campanhã	11,4
2	Arquivo Histórico Municipal	29,2
4	Museu Amadeo de Souza Cardoso	28,7
9	Reserva Museu Arqueológico Citânia de Sanfins	3,9
10	Centro Interpretativo Citânia de Sanfins	9,5
14	Museu Municipal Museu do Móvel	19,0
6	Museu Etnográfico da Maia	21,4
16	Museu da Cidade de Terroso	7,3
15	Museu Municipal de Etnografia e História da Pó	5,2
5	Museu da Construção Naval	20,1
20	Casa de Serralves	2,5
3	Jardim Botânico – Casa Andersen	1,4
19	Casa-Museu Engenheiro António de Almeida	2,0
7	Casa-Museu Marta Ortigão Sampaio	2,8
18	Museus da Universidade	1,9
13	Museu da Santa Casa da Misericórdia do Porto	1,7
12	Palácio das Artes	0,6
17	Palácio da Bolsa	1,6
11	Museu Diocesano de Arte Sacra	1,8
8	Museu Militar	1,3
1	Estação Ferroviária de Campanhã	
TOTAL		2h53

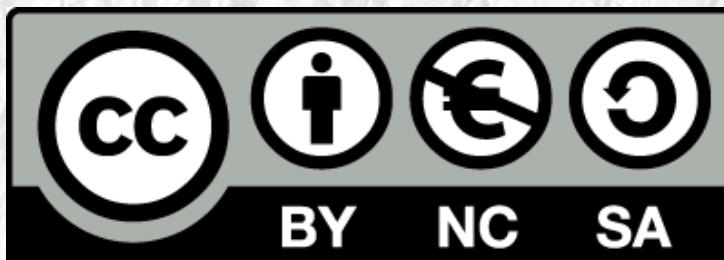


Outras Ferramentas de Análise de Redes



Manual das ferramentas: [v.net](#), [v.net.alloc](#), [v.net.allpairs](#), [v.net.bridge](#), [v.net.centrality](#), [v.net.components](#), [v.net.connectivity](#), [v.net.distance](#), [v.net.flow](#), [v.net.iso](#), [v.net.path](#), [v.net.salesman](#) [v.net.spanningtree](#), [v.net.steiner](#), [v.net.visibility](#).

Trabalho disponibilizado sob a licença:



**Creative Commons
Atribuição - Não Comercial - Partilha nos Mesmos Termos
CC BY-NC-SA 3.0 Portugal**

Esta licença permite que outros remisturem, adaptem e utilizem a obra noutras obras, para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito ao autor original e que licenciem as novas criações ao abrigo de termos idênticos.

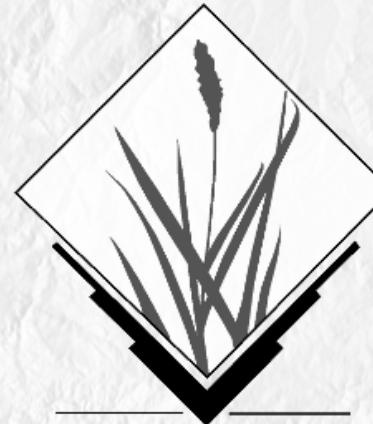
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/pt/>

pedrongvenancio [at] gmail [dot] com



3º Encontro de Utilizadores QGIS Portugal

Workshop de Análise Espacial com QGIS - Análise de Redes -



Pedro Venâncio
Porto, 17 de Junho de 2016