

AValiação DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS COM RECURSO À CARTOGRAFIA SIG: O CASO DE ESTUDO DA ÁREA URBANA DO PORTO

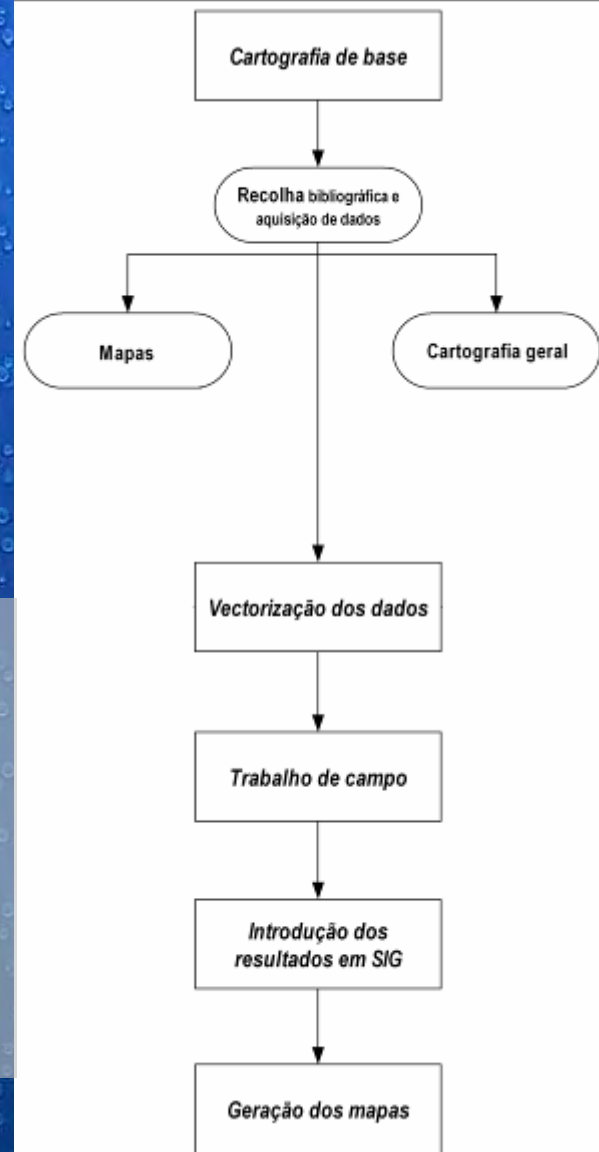
Maria José AFONSO, Ana PIRES, Helder I. CHAMINÉ, *ISEP*
José M. MARQUES, *IST*



Introdução

Os mapas hidrogeológicos digitais e a sua informação de base são extremamente importantes para o planeamento dos recursos hídricos subterrâneos

A avaliação e gestão dos recursos hídricos subterrâneos deve contemplar uma base de dados abrangente: geológica, topográfica, morfotectónica, climática, cobertura vegetal, tipo de solo, rede de drenagem, ocupação do solo, etc



Apresenta-se neste trabalho uma proposta de metodologia para a avaliação e gestão dos recursos hídricos subterrâneos na área urbana do Porto, recorrendo à cartografia numa base SIG

Geologia regional

OBJECTO - ArcMap - ArcView

Edit View Insert Selection Tools Window Help



Domínio geotectónico complexo do Maciço Ibérico — faixa de cisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar

Substrato cristalino fissurado

rochas metassedimentares

(*e.g.* xistos, quartzitos)

Proterozóico superior/Paleozóico

rochas granitóides

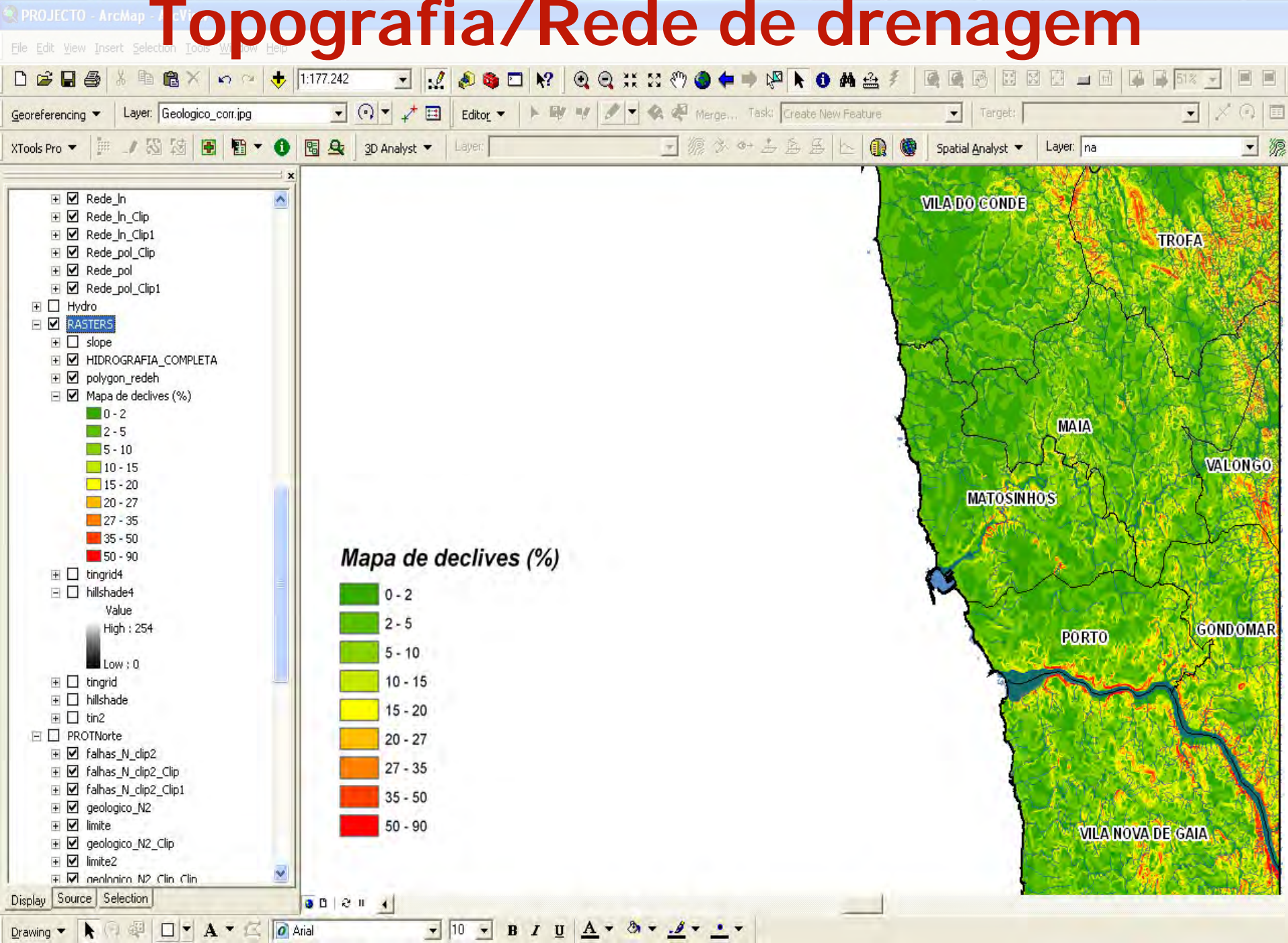
idade Varisca e/ou Pré-Varisca

depósitos de cobertura

Quaternário/Terciário Superior



Topografia/Rede de drenagem



Geomorfologia

PROJECTO - ArcMap - ArcView

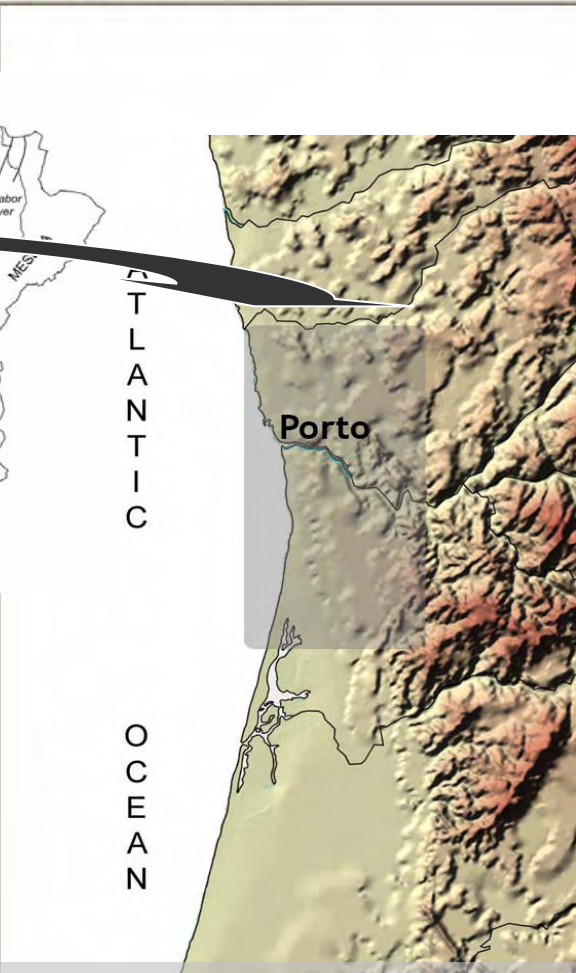
File Edit View Insert Selection Tools Window Help



Layers

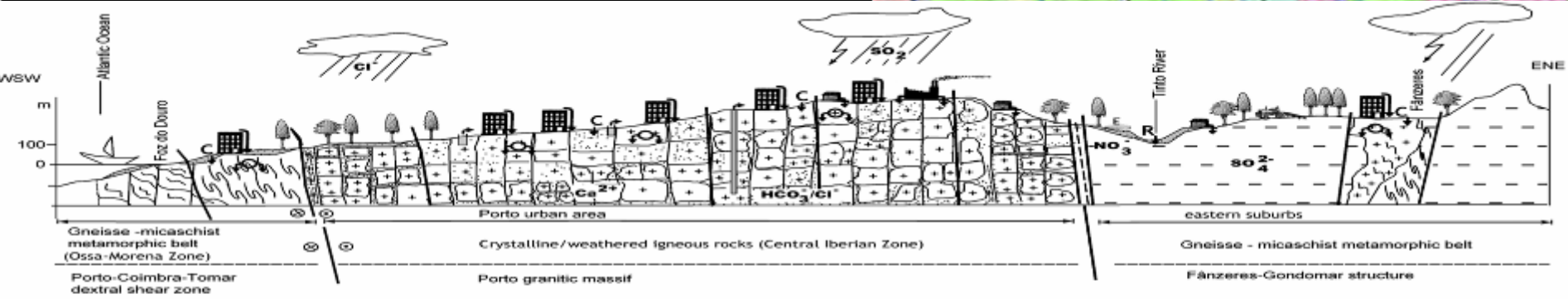
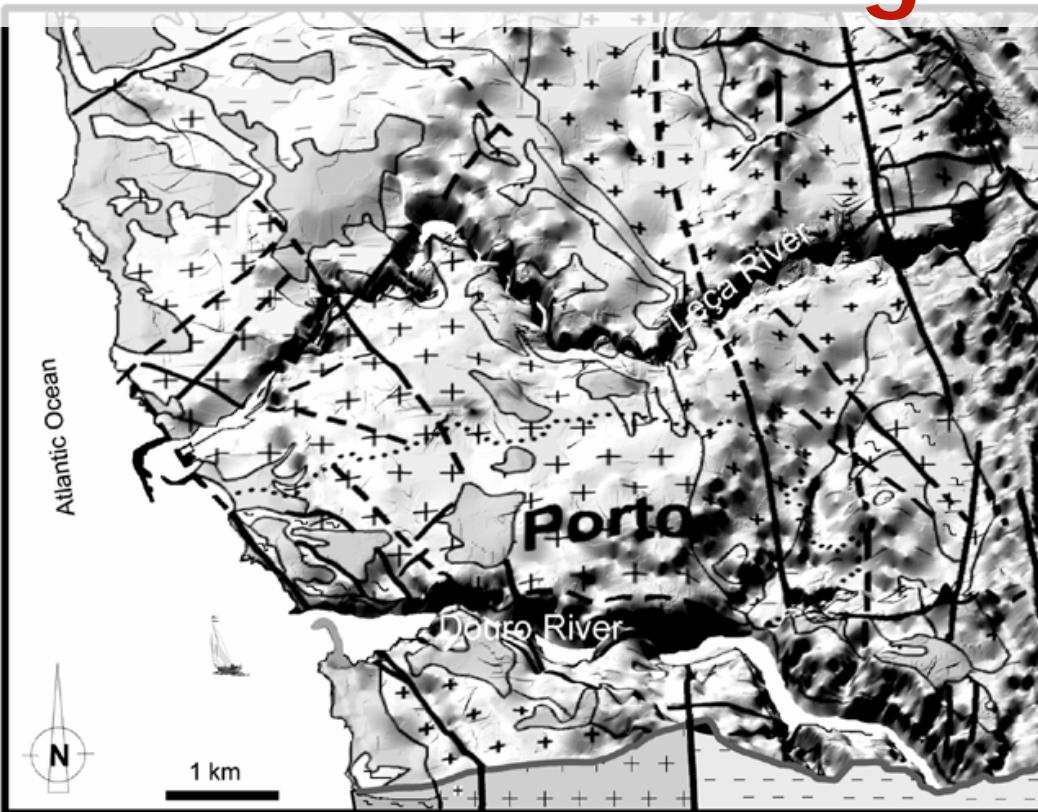
- hco3
- ci
- ctour10_a
- ctour10
- d
- C_Electrica
- cond_elect_a
- Cond_Electrica_Contour
- C_electrica
- Geologico_corr.jpg
- RGB
 - Red: Band_1
 - Green: Band_2
 - Blue: Band_3
- ctour2
- altimetria completa

Source Selection



Área aplanada, inclinando ligeiramente para os quadrantes Sul e Oeste, com cotas < 120 m

Geologia local



Explanation:

- | | | | | | |
|---|---|---|--|---|-----------------------|
|  | Urban structures (buildings) |  | boreholes |  | greenspaces |
|  | leakage from on-site houses |  | dug-wells |  | agricultural activity |
|  | leakage/disposal on-site of industrial effluent |  | bed leakage from rivers and canals transmission system |  | wastewater treatment |
| | |  | leakage from sewers/wastewater collectors | | |

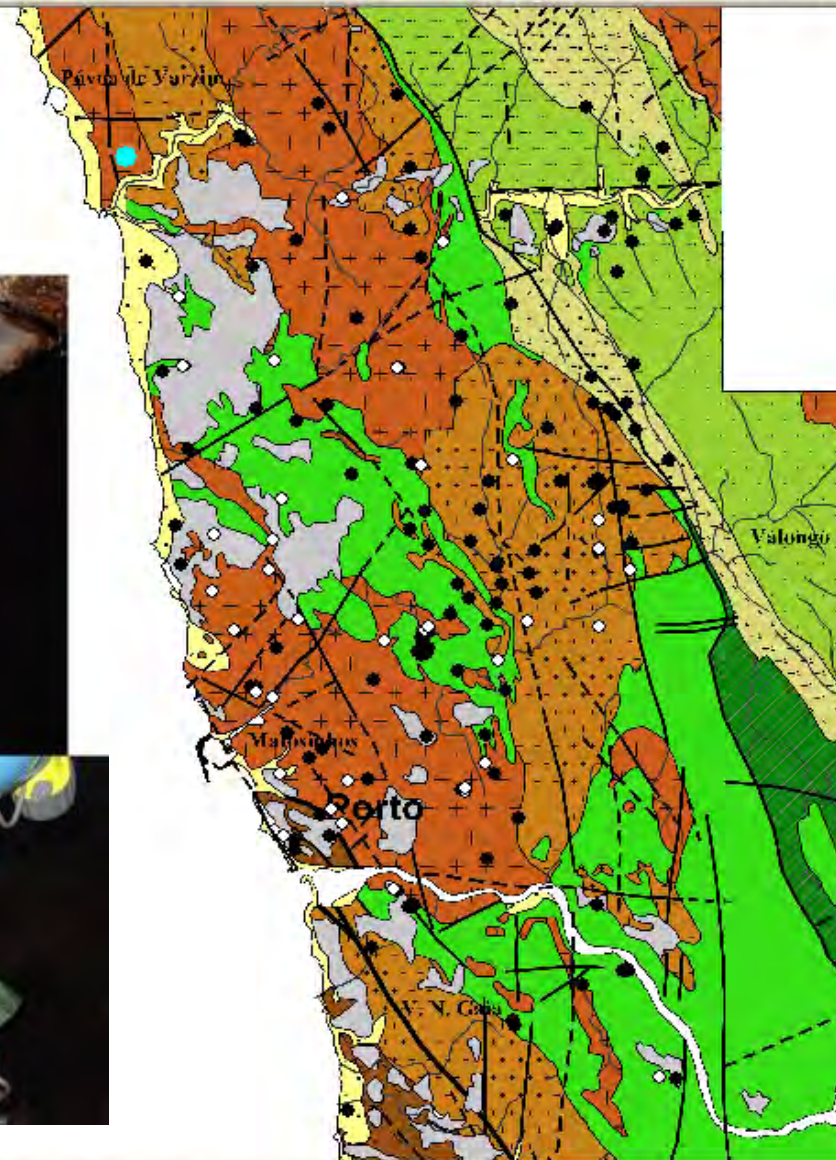


Inventário hidrogeológico



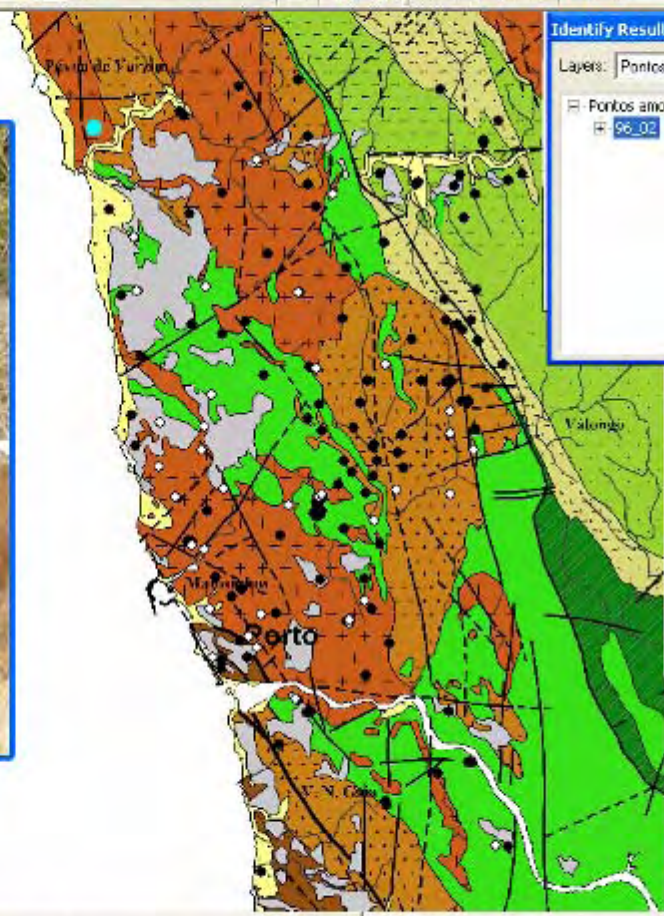
- Layers
- Pontos amostrados
- Pontos inventariados
- Tuneis
- limite
- limites_mdt_Project
- 3_pol
- 2_pol
- 1_pol
- 3
- 2
- 1
- REDE_POLIG
- ctour3
- limite_spatial
- Na
 - ctour18_a
 - ctour18
 - na
- HCO3
 - ctour17_a
 - ctour17
 - hco3
- Cl
 - ctour10_a
 - ctour10
 - cl
- C_Eletrica
 - cond_elect_a
 - Cond_Eletrica_C
 - Celetrica
- Geologico_corr.jpg
 - RGB
 - Red: Band_1
 - Green: Band_2
 - Blue: Band_3

ca. 200



Georeferencing Layer: Geologico_cor.jpg Editor: Create New Feature Target: Spatial Analyst Layer: na

- Layers
 - Pontos amostrados
 - Pontos inventariados
 - Tuleis
 - limite
 - limites_mdt_Project
 - 3_pol
 - 2_pol
 - 1_pol
 - 3
 - 2
 - 1
 - REDE_POLIG
 - dtour3
 - limite_spatial
 - Na
 - dtour18_a
 - dtour18
 - na
 - HC03
 - dtour17_a
 - dtour17
 - hc03
 - C1
 - dtour10_a
 - dtour10
 - d
 - C_Eletrica
 - cond_elect_a
 - Cond_Eletrica_Contour
 - Celetrica
 - Geologico_cor.jpg
 - RGB
 - Red: Band_1
 - Green: Band_2
 - Blue: Band_3



Identify Results

Layers: Pontos amostrados

Location: [149325,839332]

Field	Value
FID	0
Shape	Point
ID	96_02
M	148263.34
P	487637.43
COND_ELEC	545
CL	57,6
HC03	10
NA	49

Georeferencing Layer: Geologico_corr.jpg Editor Merge... Task Create New Feature Target: 1:218.531

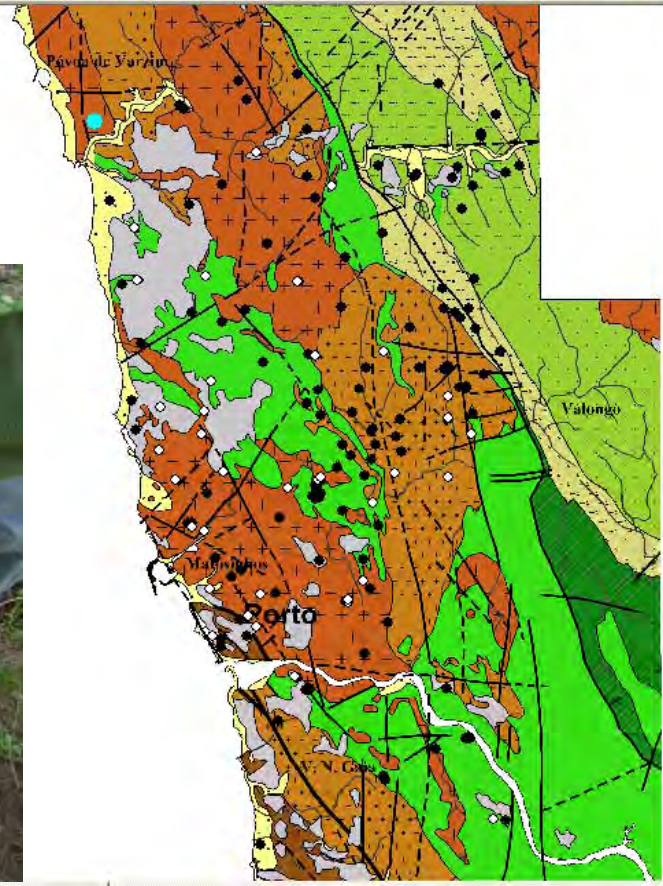
Layers

- Pontos amostrados
- Pontos inventariados

Attributes of Pontos amostrados

FID	Shape	ID	M	P	COND_ELEC	CL	HCO3	HA
0	Point	96_02	149263,34	487637,43	545	57,6	10	49
1	Point	96_05	150940	483070	360	51,7	23	36
2	Point	96_06	151080	480850	563	74	70	60
3	Point	97						
4	Point	97						
5	Point	97						
6	Point	97						
7	Point	105						
8	Point	105						
9	Point	110						
10	Point	110						
11	Point	110						
12	Point	110						
13	Point	110						
14	Point	110						
15	Point	110						
16	Point	110						
17	Point	110						
18	Point	110						
19	Point	110						
20	Point	110						
21	Point	110						
22	Point	110						
23	Point	110						
24	Point	110						
25	Point	110						
26	Point	122						
27	Point	122						
28	Point	122						
29	Point	122_05	150230,34	481230,75	311	47,5	27	30
30	Point	122_04	149065,24	485040,03	300	39,6	45	34

Record: 1 Show: All Selected Records: (1 out of 37 Selected) Options

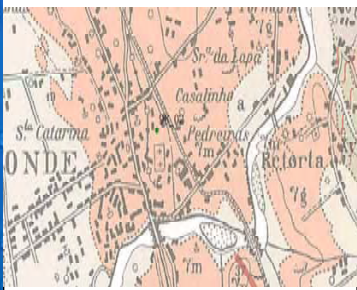


Ficha de inventário

Nº de inventário: 96_02

Designação: Aqueduto

Tipo: Furo



Planta de localização

Fotografia

Folha nº: 96 da carta topográfica 1/25000

Coordenadas (m)

Água normal *

Água mineral

Reconhecida oficialmente

Cota (m): _____

Condições de acesso: Boas

Proprietário: Câmara Municipal

Outro *

Descrição sucinta:

Uma única descarga

Um grupo de nascentes

Área de descarga: ____x____ m²

Nascente permanente Nascente temporária

A água emerge através de:

Tubo de diâmetro _____

Solo

Zona alagada

Rocha

Geomorfologia

Planalto

Encosta

Talvegue

Observações:

Enquadramento Geológico e hidrogeológico:

Carta Geológica: 9-A (Póvoa de Varzim) Escala: 1/50000

Carta Hidrogeológica: Folha 1 Escala: 1/200000

Nível estratigráfico: _____

Unidade hidrogeológica local ou regional: Granito

Litologia: Granito grosseiro até aproximada/ 7m, passando a mais fino e menos alterado (ver amostras)

Armadilha hidrogeológica suposta: _____

Qualidade da água e caudal

Data e hora: 02/07/2007 10:30h

Cheiro: não tem

Cor: incolor

Turbidez: límpida

Outras observações: plantas

animais

algas

incrustações

Caudal: 3m³/hora recomendado pelo construtor (medido com _____)

Temp. da água (°C): 17,7 Temp. do ar (°C): ≈19 pH: 5,55 Condutividade eléctrica(µS/cm): 474

Amostra para análise laboratorial nº _____

Utilização

Consumo humano

Animais

Uso industrial

Rega *

Estruturas de desenvolvimento

Construção antiga

Construção recente

Data ___/___/___ Observações: _____

Furos/Poços

Designação do construtor: GeoHolus

Outra designação: _____ Data de construção: 2007

Profundidade (m): 110

Diâmetro: 140mm

Entubado *

Tipo de entubamento PVC

Desentubado

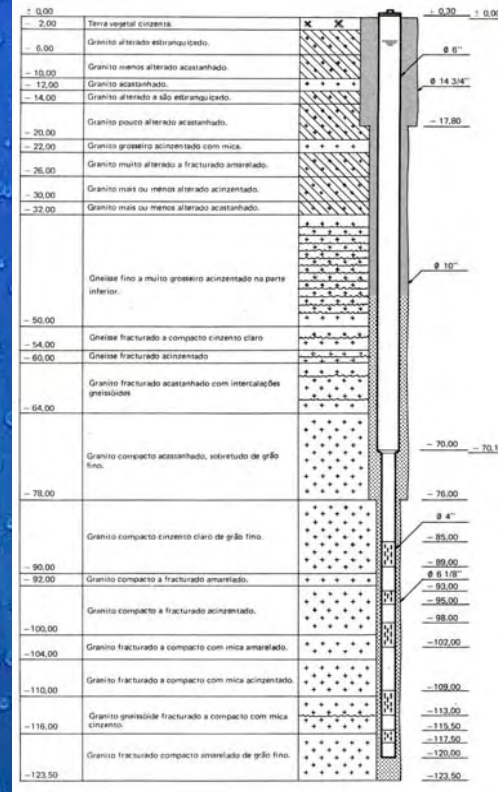
Nível estático (m): _____ Referido a: Cabeça Solo Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim * Não

Tipo: _____ Profundidade (m): 90 ou 100

Caudal (m³/hora): _____ Potência: _____ kW

Tipo de caseta: _____

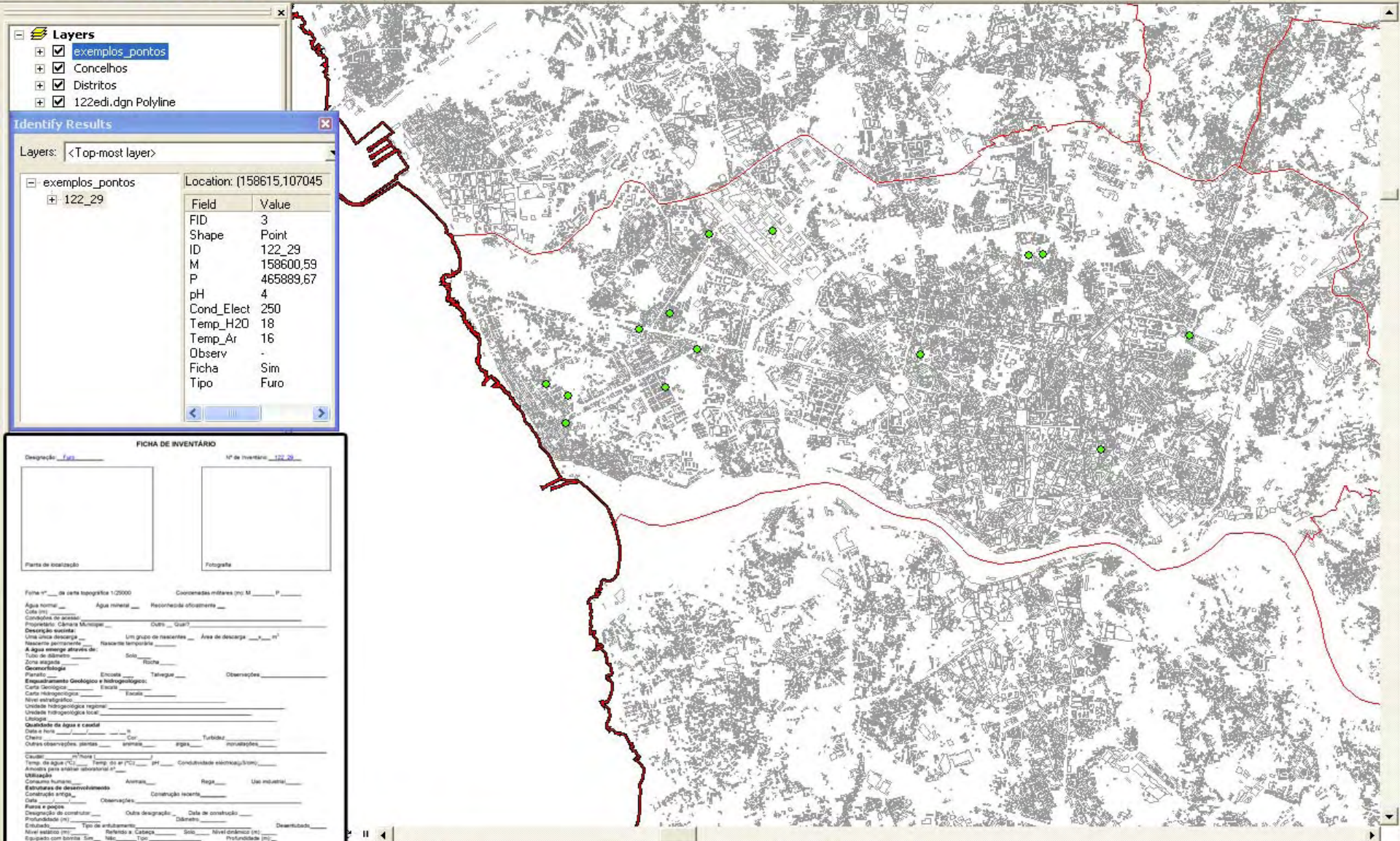


File Edit View Insert Selection Tools Window Help

1:46.987

Editor Merge... Task: Create New Feature Target: Georeferencing Layer

XTools Pro Spatial Analyst Layer: 100%



- Layers**
- exemplos_pontos
 - Concelhos
 - Distritos
 - 122edi.dgn Polyline

Identify Results

Layers: <Top-most layer>

exemplos_pontos

122_29

Location: (158615,107045)

Field	Value
FID	3
Shape	Point
ID	122_29
M	158600.59
P	465889.67
pH	4
Cond_Elect	250
Temp_H2O	18
Temp_Ar	16
Observ	-
Ficha	Sim
Tipo	Furo

FICHA DE INVENTÁRIO

Designação: Furo Nº de inventário: 122_29

Planta de localização: Fotografia:

Ficha nº _____ de carta topográfica 1:20000 Coordenadas métricas (projeção UTM): M _____ P _____

Água normal: _____ Água mineral: _____ Reconhecimento atmosférico: _____

Cota (m): _____

Condições da amostra: _____

Propriedade: Câmara Municipal _____ Outros: _____

Designação: _____

Uma única descarga _____ Um grupo de recipientes _____ Área de descarga: _____ m²

Reservatório permanente _____ Reservatório temporário _____

Água armazenada atualmente em: _____

Tubo de admissão: _____

Zona de captação: _____

Geomorfológica: _____

Planície: _____ Escarpa: _____ Talvegue: _____ Observações: _____

Equipamento Geológico e Hidrogeológico: _____

Carta Geológica: _____ Escala: _____

Carta Hidrogeológica: _____ Escala: _____

Nível hidrogeológico regional: _____

Unidade hidrogeológica regional: _____

Unidade hidrogeológica local: _____

Litologia: _____

Qualidade da água e caudal: _____

Caudal e hora: _____

Car: _____

Outras observações, sondas, injeções, águas, turbidez, mineralizações: _____

Caudal: _____

Temp. de água (°C): _____ Temp. do ar (°C): _____ pH: _____ Condutividade elétrica (µmhos/cm): _____

Amostras para análise laboratorial nº: _____

Utilização: _____

Condições físicas: Aterram: _____ Rega: _____ Uso industrial: _____

Estruturas de desenvolvimento: _____

Condição antiga: _____ Construção recente: _____

Cota: _____ Observações: _____

Partes e peças: _____

Designação do construtor: _____ Outros designações: _____ Data de construção: _____

Profundidade (m): _____

Tipos de entubamento: _____

Nível estático (m): _____ Reforço a: Cateca: _____ Solo: _____ Nível dinâmico (m): _____

Equipado com bomba: Sim _____ Não: _____ Tipo: _____ Profundidade (m): _____

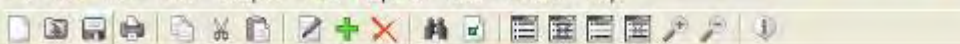
Caudal (m³/hora): _____

Caudal (m³/dia): _____

Tipos de caudal: _____

Observações: _____

Preenchido por: _____ Data: _____



Stations: Save Database

Filter Selection

ID	SAMPLEID	WATERTYPE	SAMPLE_DATE	STATIONID	SYMBOL	REP
1	H1	Ca-Na-SO4-Cl-NO3	10-04-2005	Tuneis		1
10	H10					
11	H11					
12	H12					
13	H13					
14	H14					
15	H15					
16	H16					
2	H2					
3	H3					
4	H4					
5	H5					
6	H6					
7	H7					
8	H8					
9	H9					

C:\ZecAfonso\PHD\AnalisesQuimicas_Tuneis\2005\AquaChem2005\Tuneis_1campanha.aqc

- New
- Open
- Close
- Save Database
- Save As Template
- Import
- Export
 - Image
 - ESRI Shapefile
 - ...
- Print
- Template Designer
- Preferences
- Database

1 Tuneis_1campanha.aqc

2 C:\ZecAfonso\PHD\AnalisesQuimicas_Tuneis\

3 C:\ZecAfonso\PHD\AnalisesQuimicas_Tuneis\

4 C:\ZecAfonso\PHD\AnalisesQuimicas_Tuneis\

5 C:\ZecAfonso\PHD\AnalisesQuimicas_Tuneis\

6 C:\ZecAfonso\PHD\AnalisesQuimicas_Tuneis\

7 H7 Ca-Na-SO4-Cl-NO3

8 H6 Ca-Na-SO4-Cl-NO3

9 H9 Ca-Na-SO4-Cl-NO3

Exit

7 H7 Ca-Na-SO4-Cl-NO3

8 H6 Ca-Na-SO4-Cl-NO3

9 H9 Ca-Na-SO4-Cl-NO3

Exit

Interface SIG/AquaChem

1:193.702

Georeferencing Layer: Geologico_corr.jpg

XTools Pro 3D Analyst Layer

ctour17_a

ctour17

HCO3

ctour

Isolinhas (Cl)

ctour_d1

ctour10_a

ctour10

Cl

C_Eletrica

Isolinhas (Conductividade Eléctrica)

Conductividade Eléctrica

<VALUE>

83,42551422 - 199,4620972

199,4620973 - 283,4885884

200,4005005 - 347,5007721

347,5087722 - 415,5302173

415,5302174 - 499,5567085

499,5567086 - 607,5907685

607,5907686 - 711,6235671

711,6235672 - 819,6576271

819,6576272 - 943,6967331

943,6967332 - 1.103,747192

ctour_e

cond_elect_a

Cond_Eletrica_Contour

Geologico_corr.jpg

RGB

Red: Band_1

Green: Band_2

Blue: Band_3

ctour2

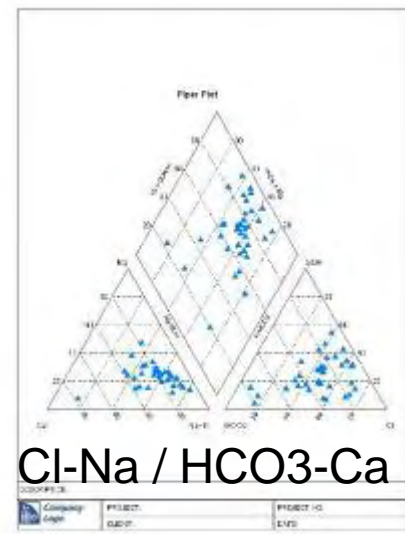
altimetria_completa

Carta_Administrativa

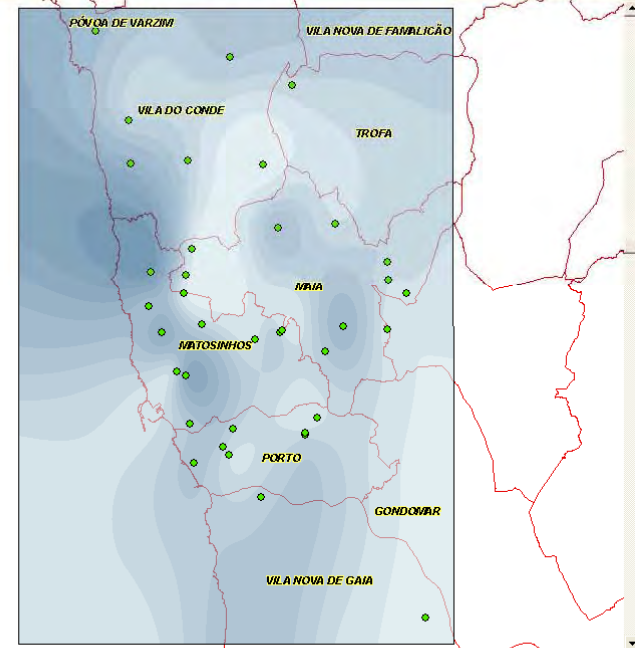
cartograma_25k

frunexac

Display Source Selection



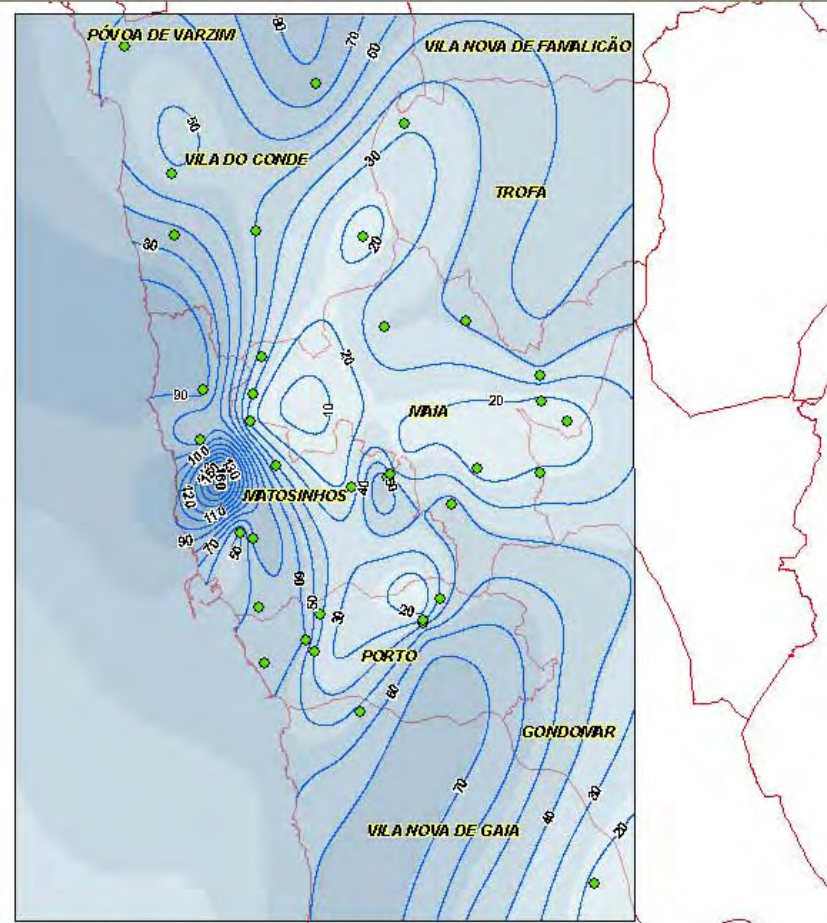
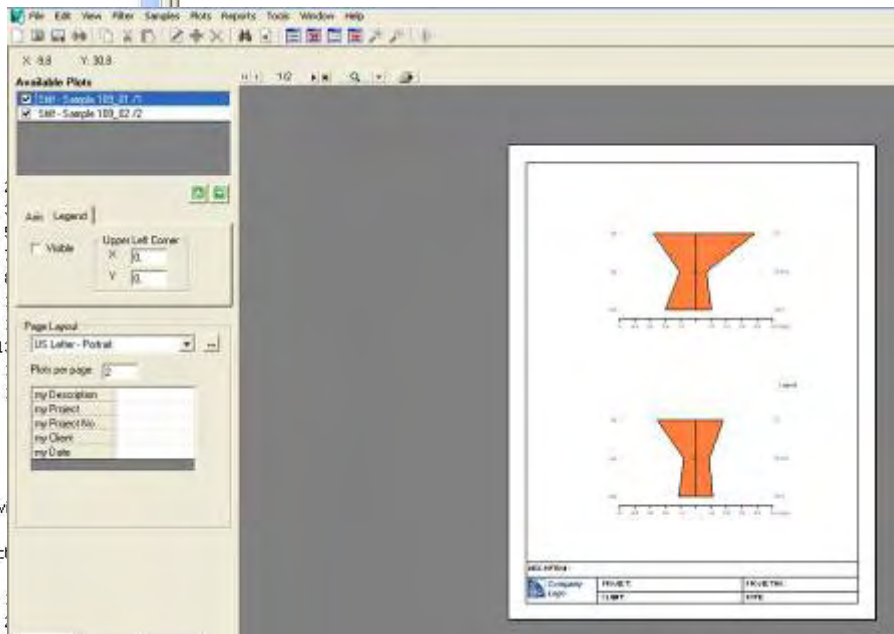
Cl-Na / HCO3-Ca



95 - 1016 $\mu\text{S/cm}$



- Isolinhas (Na)
- ctour_na
- ctour18_a
- ctour18
- Na
- HCO3
- Isolinhas (HCO3)
- ctour_hco3
- ctour17_a
- ctour17
- HCO3
- Cl
- Isolinhas (Cl)
- <VALUE>
- 6,867516994 -
- 22,71574918 -
- 38,56398126 -
- 54,41221338 -
- 70,26044551 -
- 86,10867764 -
- 101,9569099 -
- 117,805142 - 1
- 133,6533741 -
- 149,5016062 -
- ctour_cl1
- ctour10_a
- ctour10
- C_Electrica
- Isolinhas (Conductiv
- Condutividade Eléc
- <VALUE>
- 83,42551422 -
- 199,4620973 -
- 283,4885885 - 347,5087721
- 347,5087722 - 415,5302173
- 415,5302174 - 499,5567085



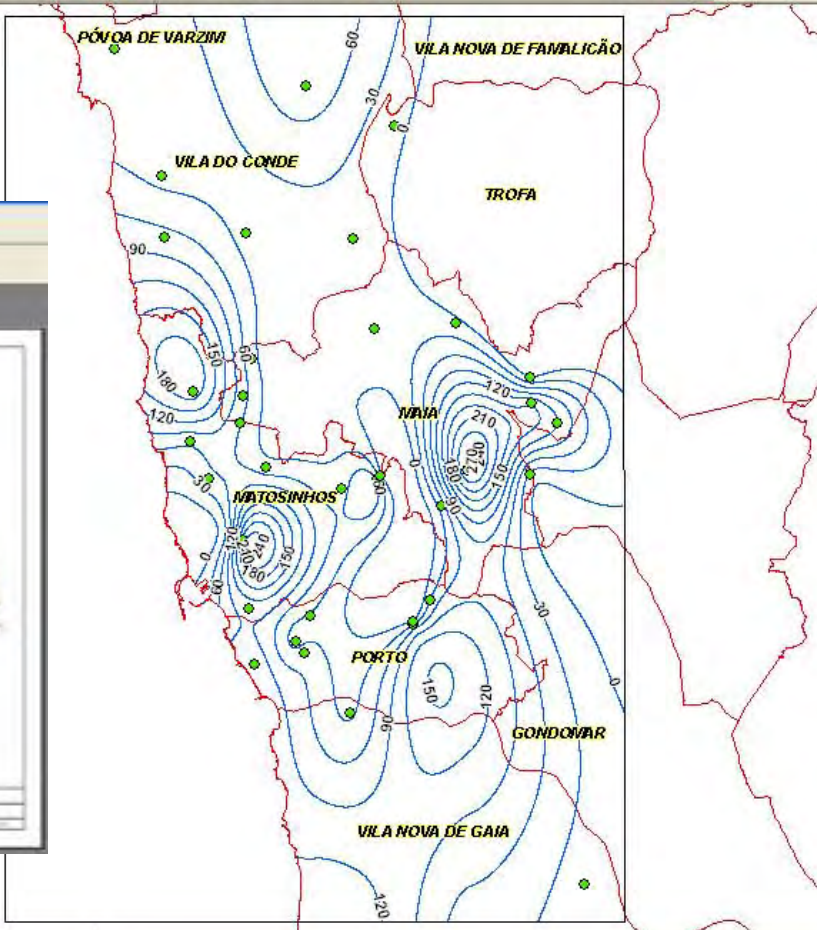
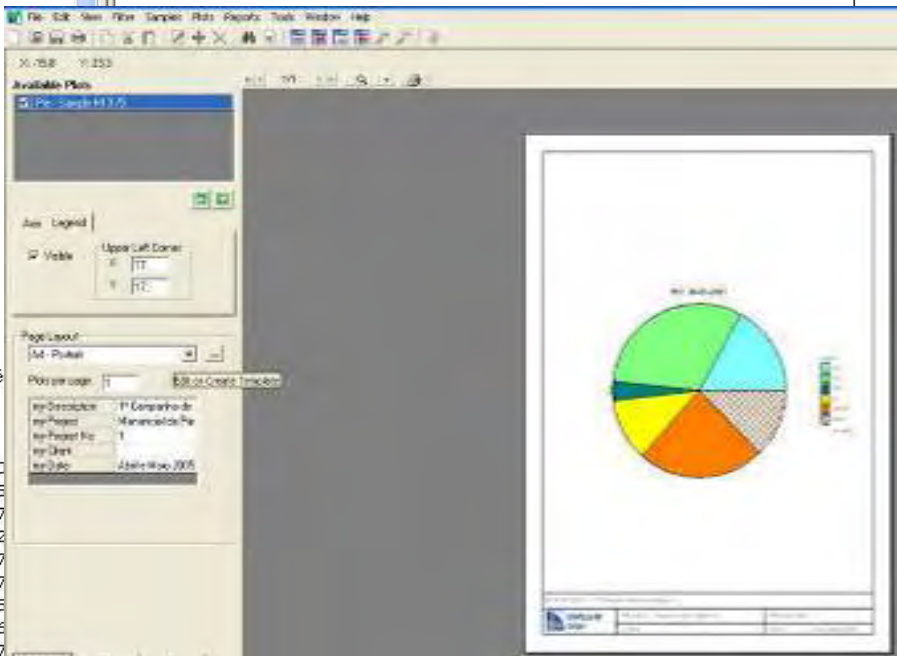
14.7 – 165 mg/L

Layer: Geologico_corr.jpg

Editor Merge... Task Create New Feature Target:

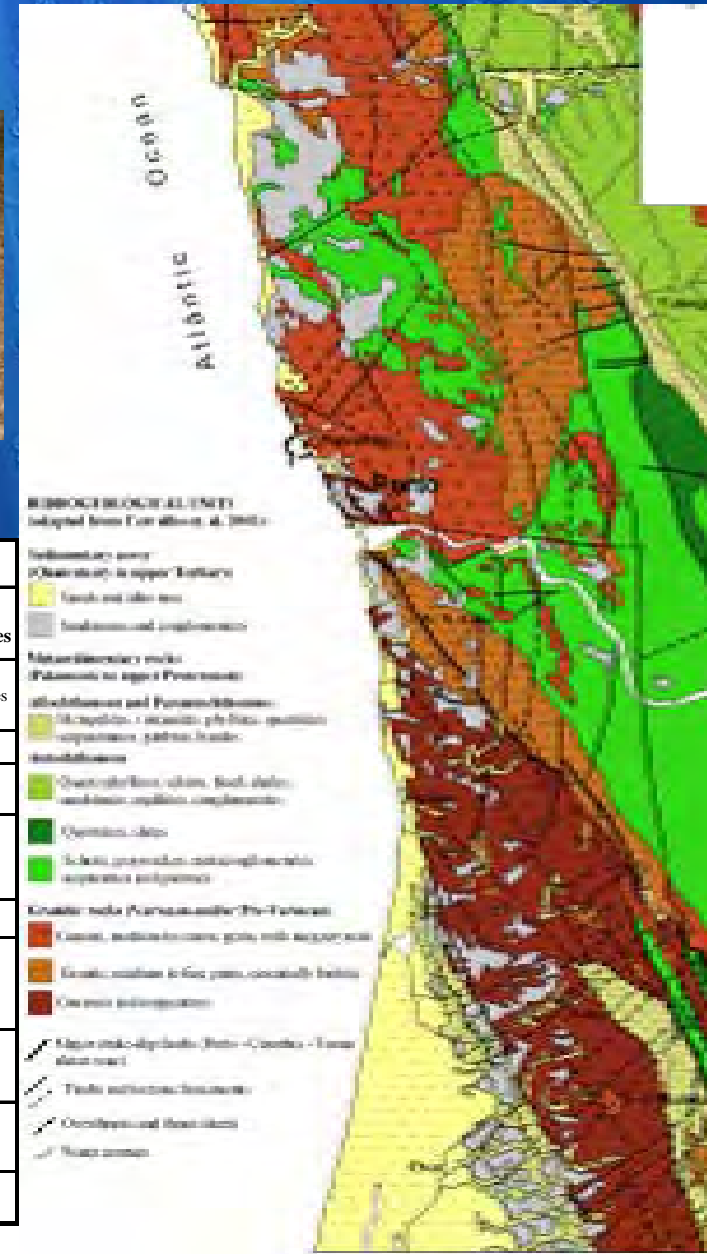
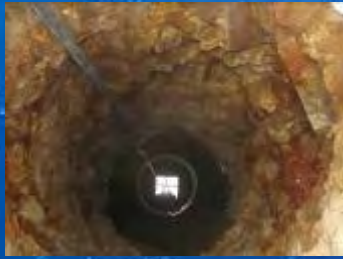
Spatial Analyst Layer: Na

- 3
- 2
- 1
- REDE_POLIG
- ctour3
- limite_spatial
- Na
- Isolinhas (Na)
- ctour_na
- ctour18_a
- ctour18
- HCO3
- Isolinhas (HCO3)
- Isolinhas (HCO3)
- ctour_hco3
- ctour17_a
- ctour17
- HCO3
- C
- C_Electrica
- Isolinhas (Condutividade Elé
- Condutividade Eléctrica
- <VALUE>
- 83,42551422 - 199,4620
- 199,4620973 - 283,4885
- 283,4885885 - 347,5087
- 347,5087722 - 415,5302
- 415,5302174 - 499,5567
- 499,5567086 - 607,5907
- 607,5907686 - 711,6235
- 711,6235672 - 819,6576
- 819,6576272 - 943,6967
- 943,6967332 - 1.103,747192
- ctour_e
- crrnd elect a

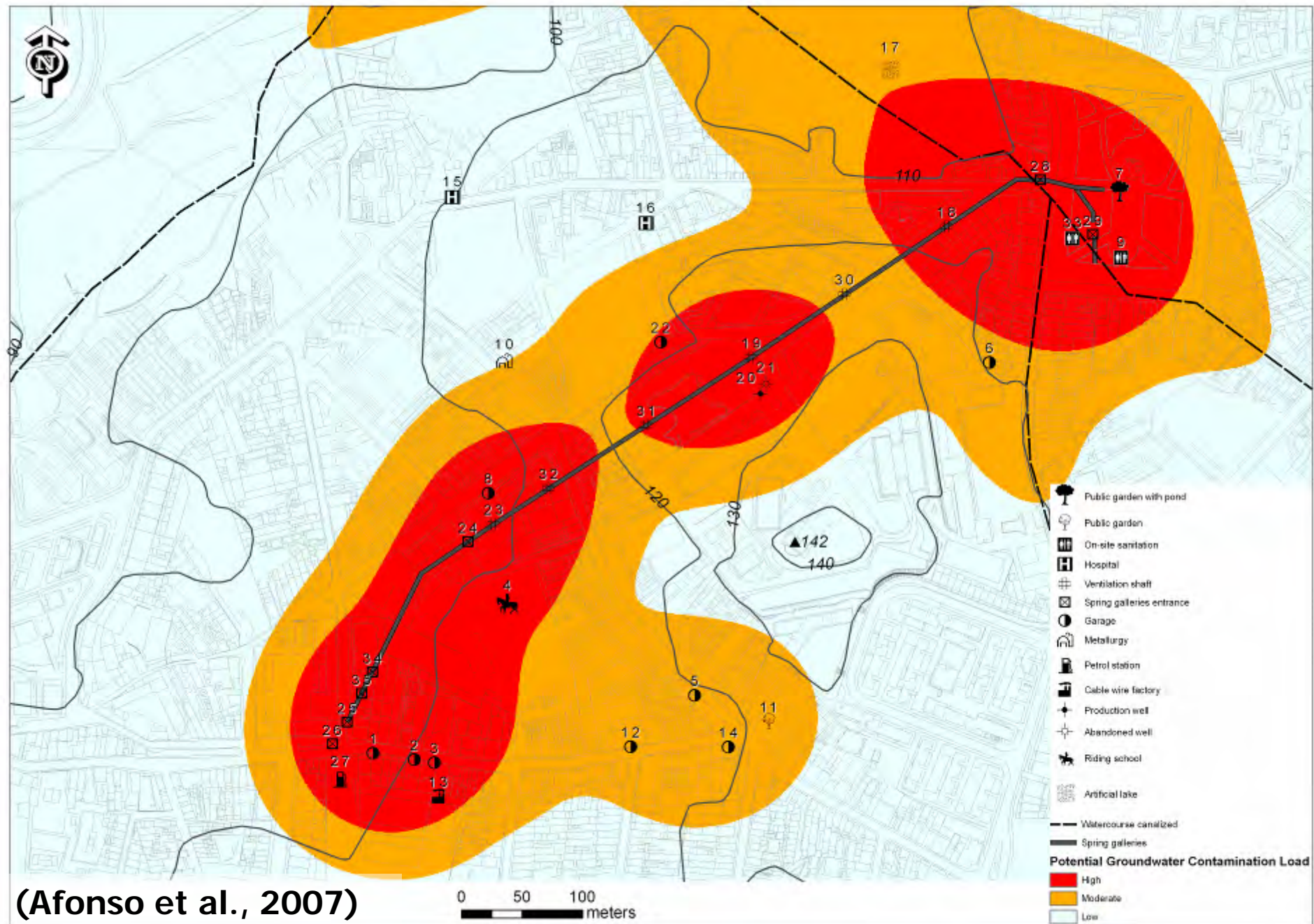


5 – 268 mg/L

Unidades hidrogeológicas



Regional Hydrogeological Groups	Hydrogeological Units	HYDROGEOLOGICAL FEATURES										
		Connectivity to the drainage network			Type of flow		Weathering				More suitable exploitation structures	
		with	without	possible	porous medium	fissured medium	low thickness	high thickness	clayey	sandy	dug-wells, galleries and springs	boreholes
Sedimentary cover	sands and alluvium	X			X		n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	X	
	sandstones and conglomerates	X			X		n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	X	
Metasedimentary rocks	quartz-phylites, micaschists and black shales			X		X	X	X		X		X
	quartzites and slates		X	X		X	X			X		X
	schists, graywackes and metaconglomerates			X		X		X	X			X
Granitic rocks	granite, medium to coarse grained, with K-feldspar megacrystals			X		X		X		X	X	
	granite, medium to fine grained, essentially biotitic			X		X		X		X	X	
	gneisses and migmatites			X		X	X	X		X	X	



CONCLUSÕES

As bases de dados apresentadas, em complemento com outras em curso, são vitais para uma melhor definição e caracterização destes sistemas de água subterrânea

Os SIG são uma óptima plataforma de integração destas bases, permitindo a manipulação de uma elevada quantidade de dados e constituem uma excelente ferramenta de análise

Esta abordagem será útil na gestão dos recursos hídricos subterrâneos da área urbana do Porto numa forma interactiva, dinâmica, equilibrada e sustentável