

# Os SIG e a Cartografia Histórica Urbana

Marlene Lopes da Costa

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território orientada pelo Professor Doutor Mário Gonçalves Fernandes e coorientada pela Professora Doutora Teresa Sá Marques

## Membros do Júri

Professor Doutor Carlos Bateira  
Faculdade de Letras - Universidade do Porto

Professor Doutor Vasco Cardos  
Faculdade Belas Artes - Universidade do Porto

Professor Doutor Mário Fernandes  
Faculdade de Letras - Universidade do Porto

Classificação obtida: 18 valores



**Marlene Lopes da Costa**

**Os SIG e a Cartografia Histórica Urbana**

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, orientada pelo Professor Doutor Mário Gonçalves Fernandes  
e coorientada pela Professora Doutora Teresa Sá Marques

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

Setembro de 2015

*Aos meus pais, ao meu sobrinho e  
ao meu namorado.*



## Índice

Agradecimentos .....	viii
Resumo .....	ix
Abstract.....	x
Índice de ilustrações .....	xi
Índice de Mapas.....	xiv
Lista de Acrónimos.....	xv
Introdução.....	1
Objetivos .....	3
Metodologia .....	3
Estrutura da Dissertação.....	5
Capítulo 1 – Aplicação dos SIG à Informação Histórica .....	6
1.1. SIG Histórico .....	6
1.2. Exemplos de SIGH.....	10
Capítulo 2 – Base de dados .....	18
2.1. Base de Dados Relacional.....	18
2.2. Base de Dados Geográfica .....	25
Capítulo 3 – Modelação da Base de Dados Geográfica de Cartografia Histórica.....	30
3.1. Modelo Conceptual .....	30
Entidades-Tipo.....	30
3.2. Modelo Entidade-Relacionamento.....	34
3.3. Modelo Relacional .....	35
3.5. Implementação no SGBD .....	38
3.6. Operacionalização da BDGCH .....	38

Capítulo 4 – Interface de pesquisa no <i>ArcGis</i> .....	54
4.1. <i>Toolbox ArcGis</i> .....	54
Conexão à BDGCH .....	55
Definição do destino .....	56
Consultas pré-definidas .....	56
Consultas por critério.....	58
Consulta por <i>SQL</i> .....	64
Execução da Consulta.....	65
Considerações finais e trabalhos futuros .....	67
Referências bibliográficas .....	71
Base de Dados Geográfica de Cartografia Histórica .....	74
Bibliografia Consultada ao Longo da Implementação da BDGCH e <i>Toolbox</i> “ <i>BDGCH_consulta</i> ” .....	75
Livros consultados .....	75
Páginas <i>Web</i> consultadas .....	75

## **Agradecimentos**

A presente dissertação apesar de ter sido um processo de elaboração individual, contou com a colaboração e o apoio direto ou indireto de diversas pessoas durante a sua concretização.

Quero agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Mário Gonçalves Fernandes, e à minha coorientadora, Professora Doutora Teresa Sá Marques, pelo incentivo, observações enriquecedoras ao longo deste processo, apoio e disponibilidade, sempre que solicitados, assim como pela confiança depositada em mim no decorrer desta dissertação.

Ao Professor Doutor Vasco Cardoso, pela partilha de conhecimentos, informações e pela disponibilidade demonstrada, apesar do escaço tempo disponível devido à finalização da sua tese de doutoramento.

Ao Professor Doutor António Coelho, pelas sugestões e aconselhamento técnico com vista ao melhoramento da componente prática desta dissertação. Assim como, ao Engenheiro Ricardo Baptista, pela disponibilidade no esclarecimento de dúvidas, apoio e incentivo.

Ao Professor Doutor Alberto Gomes pelas palavras de encorajamento e apoio despendido no decorrer deste processo.

Aos amigos e companheiros deste processo Andreia Sousa, André Oliveira, Daniel Sousa, Diana Sousa, Mafalda Lopes, pelos dias inesquecíveis passados na sala da Mapoteca (FLUP), pelo encorajamento, motivação, apoio e partilha de ideias. Assim como, ao Daniel Catalão, Mohamed Mohsen e Margarida Dias pelas sugestões e auxílio prestados. Aos meus pais, sobrinho, irmã e cunhado pelo apoio prestado no decorrer deste percurso, incentivo e motivação para a sua concretização.

Por fim, quero agradecer ao meu namorado Adriano Correia, pela disponibilidade em partilhar os seus conhecimentos comigo, a paciência e tempo, as palavras de incentivo, motivação e de força no decorrer de todo este percurso, e ainda por acreditar em mim e me apoiar.

Muito obrigada a todos.

## Resumo

O documento cartográfico constitui uma representação do território num determinado período de tempo, bem como a representação da informação de modo estruturado e organizado. Sendo assim, os documentos cartográficos históricos constituem uma importante fonte de informação na compreensão e estudo do território.

O avanço tecnológico das últimas décadas potenciou a aplicação das potencialidades dos sistemas de informação geográfica na agilização e simplificação dos processos de gestão e manipulação de documentos cartográficos e dados históricos.

A interação das potencialidades dos sistemas de informação geográfica com a inserção de cartografia e dados históricos constituem um recurso importante para a investigação e compreensão dos processos territoriais.

Na presente dissertação pretende-se aplicar as potencialidades dos SIG no estudo da cartografia histórica, assim como da informação histórica complementar a esta, permitindo uma outra abordagem no estudo de documentos cartográficos históricos, pretendendo simplificar o processo de manipulação, gestão e inserção de nova informação, proporcionando a visualização da diversa informação armazenada. Perante isto, procedeu-se ao desenvolvimento de uma base de dados geográfica de cartografia histórica de Portugal, tendo como caso de estudo o município do Porto, em que o período histórico em perspetiva vai desde 1892 até à atualidade.

A base de dados geográfica de cartografia histórica encontra-se delineada de forma a comportar não só informação relativa aos documentos cartográficos históricos urbanos, assim como informação de vários tipos, nomeadamente limites administrativos de Portugal, dados referentes ao edificado e fotografias aéreas, ampliando assim, os níveis de análise da evolução do território.

Pretendeu-se ainda a construção de uma interface de pesquisa, recorrendo à linguagem de programação *python*, com o objetivo de possibilitar ao utilizador a visualização da diversa informação disponível na base de dados geográfica de cartografia histórica, constituindo assim mais um contributo no estudo e compreensão do território.

**Palavras-chave:** Cartografia Histórica Urbana, SIG Históricos, Sistemas de Informação Geográfica, Base de Dados Geográfica, Programação

## **Abstract**

The cartographic document is a representation of the territory in a given period of time, as well as the representation of information of structured and organized way. Thus, the historical cartographic documents are an important source of information on understanding and study of the territory.

The technological advances of the last decades potentiated the application of the potential of geographic information systems in streamlining and simplifying management processes and manipulation of cartographic documents and historical data.

The interaction of the potential of geographic information systems with the insertion of cartography and historical data are an important resource for research and understanding of territorial processes.

In the present dissertation, it is intended to apply the potential of GIS in the study of historical cartography, as well as additional historic information for this, allowing one another approach to the study of historical cartographic documents, intending to simplify the handling process, management and inserting new information, providing the visualization of the diverse information stored. Given this, it proceeded to the development of a geographical database of historical cartography of Portugal, taking as a case study the Porto city, in the historical period in perspective goes from 1892 to the present day.

The geographic database of historical cartography is outlined in order to contain not only information relating to historic urban cartographic documents, as well as different information, including administrative boundaries of Portugal, data relative to the constructed buildings and aerial photographs, expanding as well, the levels of analysis of the evolution of the territory.

It was also intended to build a search interface, using python programming language, in order to enable the user visualize of the available information in the spatial database of historical cartography, thus constituting a further contribution in the study and understanding the territory.

**Keywords:** Urban Historical Cartography, Historical GIS, Geographical Information Systems, Spatial Database, Programming

## Índice de ilustrações

Ilustração 1 – Projetos Georreferenciados e Folhas da Carta Topográfica Telles Ferreira da Cidade do Porto.....	2
Ilustração 2 – Great Britain Historical GIS Project.....	11
Ilustração 3 – National Historical Geographic Information System.....	13
Ilustração 4 – China Historical GIS.....	14
Ilustração 5 – Historical GIS Initiative in Russia.....	15
Ilustração 6 – IDE histórica de la ciudad de Madrid.....	16
Ilustração 7 – Atlas, Cartografia Histórica.....	17
Ilustração 8 – Simbologia do DER. Fonte: (Ma et al., 2001)´.....	20
Ilustração 9 – Cardinalidade dos relacionamentos entre entidades tipo do MER.....	21
Ilustração 10 – Exemplos de Pictogramas Espaciais. Fonte: Codd (1970).....	28
Ilustração 11 – Simbologia do MER da BDG. Fonte: Borges and Davis (2002).....	28
Ilustração 12 – Simbologia dos relacionamentos espaciais. Fonte: Borges and Davis (2002, p. 4).....	29
Ilustração 13 – Diagrama Entidade-Relacionamento da BDGCH.....	37
Ilustração 14 – Conexão no ArcGis da BDGCH implementada no PostgreSQL.....	39
Ilustração 15 – Consulta de todos os documentos cartográficos armazenados na BDGCH.....	41
Ilustração 16 – Resultado da consulta de todos os documentos cartográficos armazenados na BDGCH.....	42
Ilustração 17 – As imagens dos documentos cartográficos resultantes da consulta a todos os documentos armazenados na BDGCH.....	42
Ilustração 18 – Consulta de todos os documentos cartográficos que no seu título contêm a palavra “Boavista”, armazenados na BDGCH.....	43
Ilustração 19 – Resultado da consulta de todos os documentos cartográficos que no seu título contêm a palavra “Boavista”, armazenados na BDGCH.....	44
Ilustração 20 – Os documentos cartográficos resultantes da consulta que no seu título contêm a palavra “Boavista”, armazenados na BDGCH.....	45
Ilustração 21 – Aplicação de transparência nos documentos cartográficos resultantes da consulta que no seu título contêm a palavra “Boavista”, armazenados na BDGCH.....	45

Ilustração 22 – Seleção de todos os documentos cartográficos que se encontram na freguesia da Sé do município do Porto e distrito do Porto (CAOP 2012).....	46
Ilustração 23 – Resultado da seleção de todos os documentos cartográficos que se encontram na freguesia da Sé do município do Porto e distrito do Porto (CAOP 2012). .....	47
Ilustração 24 – Os documentos cartográficos resultantes da Seleção de todos os documentos cartográficos que se encontram na freguesia da Sé do município do Porto e distrito do Porto (CAOP 2012). .....	48
Ilustração 25 – Sobreposição de um documento cartográfico (com aplicação de transparência) com edificado construído antes de 1919 a 1980. ....	51
Ilustração 26 – Sobreposição do edificado de 1950 e 1975. ....	52
Ilustração 27 – Fotografias aéreas do município do Porto (1939-1940). ....	52
Ilustração 28 – Fotografias aéreas do município do Porto (1991). ....	53
Ilustração 29 – Toolbox “BDGCH_consulta”. ....	54
Ilustração 30 – Conexão à BDGCH. ....	55
Ilustração 31 – Definição da pasta para guardar os resultados das consultas. ....	56
Ilustração 32 – Consultas pré-definidas à BDGCH. ....	58
Ilustração 33 – Definição das consultas por nome do raster, palavra/s no título, e escala. ....	59
Ilustração 34 – Definição das consultas por id do utilizador, nome do presidente, arquivo. ....	60
Ilustração 35 – Definição das consultas por data. ....	61
Ilustração 36 – Definição da data. ....	61
Ilustração 37 – Definição das consultas por número e nome do projeto, e tipo de intervenção. ....	62
Ilustração 38 – Definição das consultas por designação do subagrupamento, agrupamento e conjunto. ....	63
Ilustração 39 – Definição das consultas por nome da freguesia, município e distrito (CAOP 2012 e CAOP 2014). ....	64
Ilustração 40 – Definição das consultas com recurso a SQL. ....	64
Ilustração 41 – Auxílio na consulta aos documentos cartográficos pelo valor da escala. ....	65
Ilustração 42 – Auxílio na consulta aos documentos cartográficos pelo tipo de intervenção. ....	66
Ilustração 43 – Comentários na execução do script da toolbox de consulta à BDGCH ...	66

Ilustração 44 – Caso de uso do protótipo da aplicação WebSIG BDGCH ..... 70

## **Índice de Mapas**

Mapa 1 – Percentagem de edifícios construídos à subsecção, entre 1919 e 1945, no município do Porto.....	49
Mapa 2 – Classificação por época de construção do edificado, à subsecção, no município do Porto.....	50

## Lista de Acrónimos

a.C. – Antes de cristo

ACCDB – *Access Database*

ANSI – *American National Standards Institute*

BD – Base de Dados

BDG – Base de Dados Geográfica

BDGCH – Base de Dados Geográfica de Cartografia Histórica

BDR – Base de Dados Relacional

CAOP – Carta Administrativa Oficial de Portugal

CEGOT – Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território

d.C. – Depois de cristo

DER – Diagrama Entidade-Relacionamento

DPI – *dots per inch* (pontos por polegada)

GPS – *Global Positioning System*

INE – Instituto Nacional de Estatística

MC – Modelo Conceptual

MDB – *Microsoft Database*

MER – Modelo Entidade-Relacionamento

MF – Modelo Físico

MR – Modelo Relacional

SGBD – Sistema de Gestão de Base de Dados

SGBDG – Sistema de Gestão de Base de Dados Geográfica

SHP – *Shapefile*

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SIGH - Sistemas de Informação Geográfica Históricos

SPSS – *Statistical Package for the Social Sciences*

TIN – *Triangular Irregular Network*

WEB – *World Wide Web*

WEBSIG – Portal com Informação Geográfica



## **Introdução**

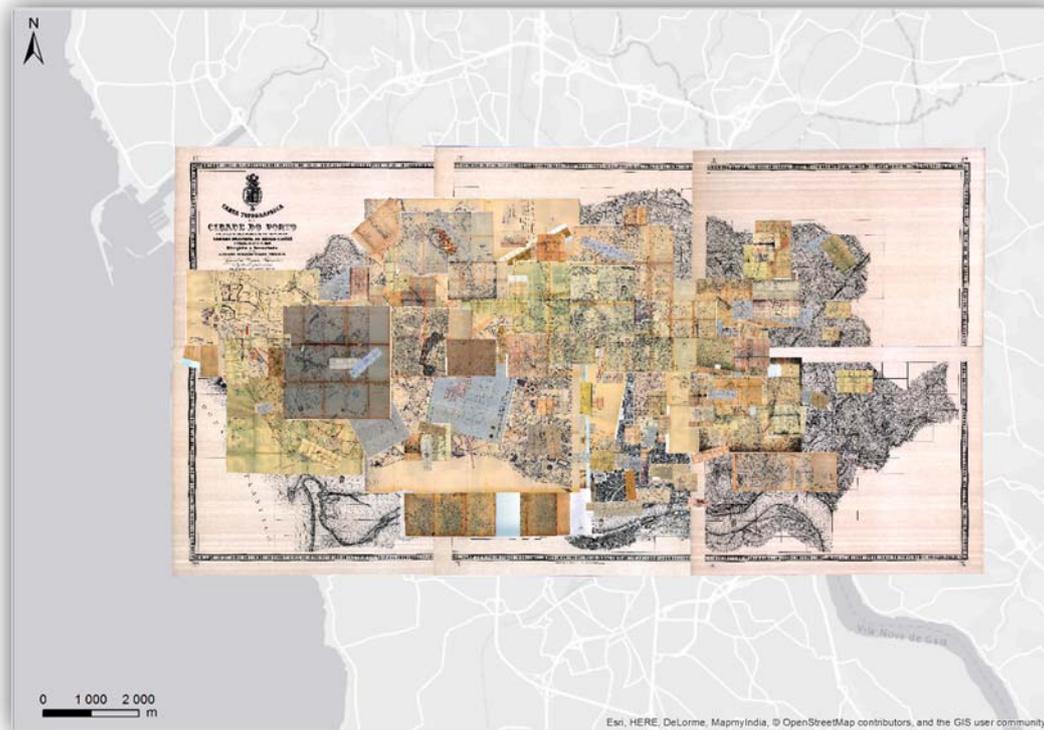
No decorrer das últimas décadas, tem-se assistido a um aumento de projetos que visam a aplicação das potencialidades dos sistemas de informação geográfica (SIG) no estudo e processamento de informação histórica, no sentido de serem criadas novas perspectivas na investigação de dados históricos. Por sua vez, a cartografia consiste numa forma de representação do território num determinado tempo. Assim sendo, os documentos cartográficos históricos constituem um meio fundamental na compreensão e interpretação da evolução do território.

A presente dissertação surge na premissa da aplicabilidade das diversas potencialidades dos SIG na gestão e manipulação de cartografia histórica e correspondentes dados históricos. Partindo deste princípio, esta dissertação tem como objetivo primordial a criação de uma base de dados geográfica de cartografia histórica urbana nacional (Portugal), na perspectiva de constituir mais um contributo para a investigação e compreensão das dinâmicas territoriais, assim como, para o estudo da evolução do território a partir da informação de diferente tipologia, facultando ao utilizador diversos níveis de análise do território.

No sentido de melhor compreensão da aplicabilidade dos SIG no estudo de dados históricos e da cartografia histórica, recorreu-se a um estudo aprofundado relativamente à temática dos Sistemas de Informação Geográfica Históricas (SIGH), bem como de outros casos de estudo considerados relevantes para o desenvolvimento da dissertação.

No desenvolvimento da base de dados de cartografia histórica (BDGCH), foi igualmente necessário aprofundar alguns conceitos considerados pertinentes no que concerne à modelação e construção de bases de dados relacionais e geográficas.

A conceção da BDGCH adquiriu um cenário mais aproximado com a realidade derivado à cedência dos documentos cartográficos georreferenciados (ilustração 1), por parte do Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT), sendo os mesmos provenientes da recolha efetuada por Vasco Cardoso, aquando da sua tese de doutoramento, denominada “Morfologia Urbana no Porto de 1936 a 1974”, bem como, a inserção da diversa informação referente a cada um dos projetos de intervenção recolhidos para a cidade do Porto, considerados na sua análise. Informação esta que foi gentilmente partilhada por Vasco Cardoso.



*Ilustração 1 – Projetos Georreferenciados e Folhas da Carta Topográfica Telles Ferreira da Cidade do Porto.  
Fonte: CEGOT*

Além dos documentos cartográficos, foram ainda cedidos pelo CEGOT e pela Professora Doutora Teresa Sá Marques os dados alusivos ao edificado construído à subsecção, antes de 1919 a 2011. Assim como informação referente ao edificado em 1950, em 1975 e em 2001, cedidos pelos Professores Doutores Teresa Sá Marques e Filipe Batista e Silva.

Na Mapoteca da Faculdade de Letras da Universidade do Porto, foram adquiridas fotografias aéreas de 1938 a 1940 e de 1991, provenientes do Instituto Geográfico do Exército.

A inserção da informação referente ao edificado e fotografias aéreas, visam contribuir para uma melhor compreensão do território, ampliando os níveis de análise do mesmo.

Toda a informação referente aos projetos de intervenção recolhidos e georreferenciados, edificado e fotografias aéreas, mereceram um tratamento prévio e bastante cuidado na integração na BDGCH. A edição e tratamento de dados foi um processo moroso mas necessário no sentido de tornar eficiente a manipulação, gestão e consulta da diversa informação armazenada.

## Objetivos

O objetivo principal desta dissertação consiste na modelação de uma base de dados geográfica (BDG), capaz de armazenar documentos cartográficos históricos a nível nacional (em formato digital), assim como informação referente aos mesmos.

A criação da base de dados geográfica de cartografia histórica (BDGCH) visa permitir a manipulação, inserção e visualização da diversa informação existente na mesma, com o intuito de ampliar a investigação e compreensão das dinâmicas territoriais, bem como, contribuir para uma nova perspetiva de análise no estudo de documentos cartográficos históricos.

Outro objetivo considerado importante na modelação da base de dados geográfica de cartografia histórica reside na capacidade desta responder a questões consideradas fundamentais no estudo da cartografia histórica nacional.

A presente dissertação compreende ainda o objetivo de contribuir para o estudo da evolução do território a vários níveis de análise com inserção de informação de diversas tipologias, nomeadamente dados estatísticos, fotografias aéreas, ortofotomapas, edificado, fotografias, entre outros.

Por fim, esta dissertação tem também como objetivo a criação de uma interface de pesquisa em ambiente SIG, visando permitir ao utilizador aceder de uma forma rápida e simplificada à diversa informação existente na BDG. Proporcionando assim, uma ferramenta útil para análise dos documentos cartográficos e da diversa informação armazenada.

## Metodologia

No decorrer da presente dissertação foram consideradas seis etapas essenciais no processo de desenvolvimento da base de dados geográfica de cartografia histórica, com o intuito de atingir os objetivos propostos.

Na primeira etapa procedeu-se à análise dos documentos cartográficos e da informação recolhida e tratada por Cardoso (2015), assim como da restante informação referente ao edificado e fotografias aéreas, tendo sido necessário, proceder à recolha, edição e tratamento da diversa informação, com o propósito de conceptualmente se modelar a BDG. Respetivamente aos documentos cartográficos, tornou-se necessário identificar o título, escala e tipologia em cada um destes, no sentido de posteriormente se proceder à criação de uma *shapefile*, na qual se encontram armazenados os limites de cada um dos documentos cartográficos com o respetivo nome do

ficheiro *raster*, facilitando assim a conexão entre os dados tabulares e espaciais. A informação partilhada por Cardoso requereu a seleção e reorganização da mesma, permitindo a sua inserção na BDG, por sua vez, o edificado construído desde, antes de 1919 a 2011 requereu um tratamento prévio, tendo-se para isso recorrido ao processo de análise estatística multivariada (análise de *clusters*), através do *software* SPSS. No que se refere às fotografias aéreas, numa primeira fase procedeu-se à sua georreferenciação com recurso a pontos de controlo. Posteriormente criou-se uma *shapefile*, na qual se encontram armazenados os limites de cada uma das fotografias aéreas com o respetivo nome do ficheiro *raster* e data, com o objetivo de facilitar o acesso à informação e articulação com a restante armazenada na BDG.

A segunda etapa consistiu na reestruturação do modelo conceptual tendo em consideração não só a informação existente, mas também a informação passível de ser inserida na BDGCH, perspetivando o crescimento da mesma.

Por sua vez, a terceira etapa passou pela elaboração do modelo conceptual (MC) da BDGCH no *software Microsoft Office Visio 2013*, no qual foram definidas as entidades-tipo, assim como os seus respetivos atributos. Seguidamente, estabeleceu-se as suas relações, no modelo entidade-relacionamento (MER), através do mesmo *software*.

A quarta etapa consistiu na transformação do MER no modelo relacional (MR), tendo em consideração as premissas da normalização. Após a validação do MR, realizou-se a sua implementação num sistema de gestão de base de dados (SGBD), nomeadamente no *software Microsoft Office Access*.

Na quinta etapa procedeu-se à exportação da base de dados geográfica criada no *Microsoft Office Access* para o sistema de gestão de bases de dados geográficos, o *software PostgreSQL 9.4.1*. Este SGBD, permitiu a inserção das entidades-tipo geográficas na BDGCH, no sentido de se aceder à diversa informação armazenada na mesma. Seguidamente procedeu-se à conexão da base de dados geográfica ao *software* SIG, nomeadamente o *ArcGis 10.1*.

A sexta e última etapa passou pela construção de uma interface de pesquisa no *ArcGis* em linguagem de programação *Python*, com o objetivo de permitir ao utilizador a consulta da diversa informação existente na BDGCH, assim como a visualização dos documentos cartográficos de uma forma rápida e simplificada.

## Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada da seguinte forma:

- Introdução – apresentação do tema da dissertação, bem com os seus objetivos, metodologias e estrutura.
- Capítulo 1 – neste capítulo pretende-se proceder a uma exploração dos conceitos e metodologia na elaboração de um SIGH, assim como uma breve descrição de alguns exemplos de SIGH.
- Capítulo 2 – este capítulo pretende abordar os conceitos e metodologias relevantes para a construção de uma base de dados geográfica.
- Capítulo 3 – neste capítulo pretende-se descrever todo o processo de modelação inerente à base de dados geográfica de cartografia histórica.
- Capítulo 4 – neste capítulo pretende-se descrever todo o processo de desenvolvimento da interface de pesquisa no *ArcGis*.
- Considerações finais e trabalhos futuros – apresentação das considerações finais resultantes da elaboração desta dissertação e trabalhos futuros.
- Referências bibliográficas – bibliografia utilizada e consultada ao longo desta dissertação.

## Capítulo 1 – Aplicação dos SIG à Informação Histórica

Neste capítulo pretende-se abordar a aplicabilidade das potencialidades dos Sistemas de Informação Geográfica na investigação e gestão de informação histórica. Assim como, exploração dos conceitos e metodologias de desenvolvimento de uma base de dados geográfica com dados históricos, referindo sucintamente alguns exemplos de SIGH.

### 1.1. SIG Histórico

Os avanços tecnológicos das últimas décadas, nomeadamente dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) proporcionaram a simplificação e agilização nas análises das diversas temáticas geográficas ao longo dos tempos.

Os SIG constituem um importante *software* de visualização das relações espaciais descritas em manuscritos e tabelas, sobre o território. Por sua vez, a cartografia constitui uma importante fonte na compreensão deste tipo de informação, porém a capacidade dos SIG na integração e visualização de uma grande diversidade de tipologias de informação amplia a abrangência de análises da informação. Despertando assim, o interesse dos investigadores de diversas áreas científicas, nomeadamente historiadores, arqueólogos e linguistas, na utilização dos SIG, na análise e representação de dados históricos referente a pessoas, bens e ideias (von Lünen & Travis, 2012).

Os Sistemas de Informação Geográfica Históricas (SIGH) traduzem-se na utilização dos SIG para a representação e armazenamento de temas geográficos históricos, os quais permitem uma análise temporal dos mesmos.

Nas últimas décadas, os SIG tiveram diversas aplicabilidades nomeadamente em processos de gestão do território, recursos naturais, questões de natureza militar, entre outros (Del Bosque González, Fernández Freire, Martín-Forero Morente, & Pérez Asensio, 2012).

No decorrer da década 1990 assistiu-se a uma maior aplicação dos *softwares* SIG em virtude da fácil utilização deste tipo de ferramentas (I. N. Gregory, Kemp, & Mostern, 2001).

Os SIG contêm diversas potencialidades as quais constituem uma mais-valia para a investigação em diversas áreas científicas, sendo que a sua divulgação foi impulsionada devido à constante utilização por parte da área científica da geografia. Porém, a aplicação não se restringe apenas a questões geográficas, sendo também aplicado em áreas como as ciências sociais e a

história, na identificação da informação no tempo e espaço. Ao longo do tempo tem-se assistido a uma grande expansão da sua utilização em novas áreas.

A aplicação das potencialidades dos SIG à investigação de cartografia histórica possibilita uma outra abordagem aos estudos de cartografia histórica. Apesar de esta abordagem não consistir em algo inovador, permite a agilização dos processos computacionais no tratamento e representação da informação histórica permitindo a simplificação dos procedimentos de análise da informação (I. N. Gregory & Ell, 2007).

As ciências como a arqueologia e antropologia foram pioneiras na utilização dos SIG na representação da diversa informação histórica recolhida para os seus estudos, na gestão de recursos arqueológicos, criação de BDG utilizadas nas escavações arqueológicas e na representação da diversa informação possibilitando a interpretação do passado (Del Bosque González et al., 2012).

Os SIG permitem a representação da informação recorrendo a um Sistemas de Gestão de Base de Dados (SGBD), com a identificação dos atributos de cada um dos dados representados, assim como a sua localização espacial. A associação de coordenadas aos dados possibilita que estes sejam representados, constituindo assim um importante instrumento na integração da informação com diversas fontes.

A aplicação das diversas ferramentas disponíveis nos SIG para a gestão e representação da informação constitui uma abordagem de análise dos dados e documentos históricos. Permitindo análises multidimensionais com BDG temporais, espaciais e da interação da população com o território num dado momento (Del Bosque González et al., 2012).

Como referem Del Bosque González et al. (2012), um evento ou objeto observável no território é passível de ser representado através das suas coordenadas geográficas e referência temporal. Assim como, as relações espaciais entre objetos de forma explícita ou implícita, que de outro modo não seriam visíveis. Segundo os mesmos autores, os SIG permitem a modelação com base em álgebra relacional, promovendo uma análise espaço temporal, algo extremamente importante nos estudos ligados às ciências sociais e humanas, assim como promove a interdisciplinaridade.

Gregory et al (2001) referem que as ferramentas dos SIG estão cada vez mais a ser utilizadas não só para a representação de dados quantitativos, mas também como forma de partilhar e permitir a comparação de cartografia histórica, interligando dados textuais e imagens a locais representados pela própria cartografia. Este tipo de abordagem combina a metodologia

das abordagens dos dados quantitativos e qualitativos.

A combinação dos dados espaciais com a informação existente nas BDs convencionais proporciona não só uma estrutura de consulta da diversa informação inserida na BDG, referentes a cada um dos documentos cartográficos, como também a visualização da sua localização e informação espacial complementar.

A incorporação de dados descritivos com referência a uma determinada localização, quando inseridos na BD, possibilita uma melhor compreensão dos aspetos geográficos presentes nos dados históricos. Proporcionando assim, a ampliação da capacidade de análise das relações espaciais dos dados, através da sua representação cartográfica. Esta abordagem permite melhorar a compreensão da informação ao longo do tempo, através da comparação espacial (I. N. Gregory & Ell, 2007).

Os SIGH nos últimos anos têm visto um aumento considerável da sua utilização, pois detêm um elevado potencial para os estudos de geografia histórica. As BDs desempenham um importante contributo para os estudos na área dos SIGH, sendo que estas em formato eletrónico são extremamente úteis no acesso e divulgação da informação (I. N. Gregory & Healey, 2007).

A construção da BDG com recurso a dados de cartografia histórica consiste num processo moroso e dispendioso, devido aos dados inseridos serem provenientes de múltiplas fontes, exigindo uma boa estruturação e organização da informação (I. N. Gregory & Healey, 2007).

Na BDG pode ser inserida informação espacial em formato vetorial (pontos, linhas e polígonos) ou em formato *raster* (imagens). Sendo que nos ficheiros vetoriais a informação referente à sua georreferenciação encontra-se de forma objetiva e precisa. Por sua vez, os ficheiros *raster* não dispõem de uma localização específica pois constituem uma representação contínua do espaço, sendo necessário proceder à sua georreferenciação através de pontos de controlo (levantamento de coordenadas recorrendo por exemplo ao GPS).

Os dados podem ser classificados como dados primários, adquiridos de forma direta, como são os dados obtidos através do levantamento de coordenadas recorrendo ao GPS. Ou então, dados classificados como secundários, obtidos através de outros dados, como por exemplo a utilização de mapas analógicos digitalizados aos quais se pode proceder à vectorização da informação representada no mesmo. Na sua maioria, os dados históricos são obtidos de forma secundária, nomeadamente através de cartografia antiga, fotografias, manuscritos, entre outros, traduzindo-se num processo lento e dispendioso.

A aquisição de dados a partir de cartografia antiga, pressupõe a digitalização desta e

posterior georreferenciação através de um *software* SIG, recorrendo a pontos de controlo com coordenadas geográficas.

No processo de digitalização deve-se ter em atenção a resolução, ou seja o tamanho do *pixel* (expresso em *dpi*) que vai condicionar a qualidade do *raster*. Quanto maior a resolução do *raster* maior o detalhe da imagem, porém o tamanho de armazenamento vai ser maior o que pode condicionar o seu processamento.

A digitalização deste tipo de documentos tem a vantagem da sua preservação e salvaguarda, pois vai limitar o manuseamento do documento de origem. Após a digitalização dos documentos cartográficos antigos, estes podem ser utilizados para obter informação em formato *raster* ou vetorial. Ou seja, o documento cartográfico pode ser utilizado como base de representação da informação, ou como na maioria dos casos pode passar pelo processo de vectorização extraíndo a diversa informação representada. Sendo que a manipulação de dados vetoriais é mais usual do que os dados *raster*. Por sua vez, o processo de georreferenciação dos dados históricos consiste num passo fundamental para a representação abstrata do mundo real.

Ao longo de todo o processo de digitalização e georreferenciação dos diversos documentos cartográficos deve-se ter em consideração possíveis erros associados ao mesmo, ou seja, o grau de distorção da folha ou erros técnicos associados ao *scanner*.

Na aquisição da informação a partir de dados presentes em manuscritos e dados estatísticos, torna-se necessário conceber uma associação aos dados espaciais, de forma a se proceder a uma correta visualização. A sua inserção na BD com ligação a informação espacial pode ser efetuada com associação das coordenadas aos atributos recolhidos, ou um campo em comum entre os dados recolhidos e os dados espaciais permitindo estabelecer uma conexão entre eles, designado de *gazettee* (I. N. Gregory & Ell, 2007).

A utilização das ferramentas dos SIG nas investigações históricas tem diversas aplicações, porém ainda muito centradas na criação de BDG históricas a nível nacional. Como por exemplo, “*Britain Historical GIS*”, “*National Historical Geographic Information System*”, “*China Historical GIS*”, “*The Belgian Historical GIS*”, entre outros.

No entanto, na sua maioria encontram-se aplicadas na delimitação da evolução dos limites administrativos e fronteiras, na representação de dados estatísticos (censos), na rede viária, evolução e representação dos centros urbanos. Como por exemplo, o “*Britain Historical GIS*” e o “*US National Historical GIS*”, dois dos primeiros projetos criados na área dos SIGH, centrados nas fronteiras administrativas e dados estatísticos da população.

A utilização dos SIG no tratamento de dados populacionais históricos, com recurso a informação obtida através dos censos da população, ampliou significativamente o número de operações possíveis na visualização dos dados. Sendo que os dados estatísticos são passíveis de serem associados a limites administrativos, como no caso dos projetos “*Creating a GIS spatial history of Tokyo*” e “*Great Britain Historical GIS*”.

A construção de uma BDG com informação histórica pressupõe a utilização de diversas fontes de dados com o intuito de permitir a produção de novos conhecimentos, recorrendo a um SGBD. A modelação da mesma potencializa a gestão e manipulação da informação com vista à sua representação e relação espacial.

Os SIG encontram-se preparados para se proceder a consultas à BDG, obtenção de informação a partir dos dados existentes na mesma, assim como a visualização de múltiplos temas geográficos e interseção das suas geometrias. Um aspeto importante a ser considerado na criação de uma DBG com dados históricos consiste na sua utilidade a longo prazo, como tal o preenchimento dos metadados permite que qualquer utilizador da BDG compreenda a informação inserida na mesma. (I. N. Gregory & Ell, 2007).

## 1.2. Exemplos de SIGH

Nos últimos tempos tem existido uma tendência crescente na divulgação dos SIGH através da internet, possibilitando o acesso à informação por parte dos investigadores e curiosos neste tipo de informação. O utilizador tem acesso à informação em qualquer altura e em qualquer lugar de uma forma simplificada, mesmo não dispondo de conhecimentos no manuseamento de *softwares* na área dos SIG. Este tipo de *software* permite ao utilizador pesquisar e relacionar a diversa informação existente na BDG, estabelecer relações espaciais, mapear temas geográficos (*layers*) e consultar os dados espaciais e seus atributos.

A divulgação das BDGHs na internet pode ser realizada através de páginas *web*, miniaaplicações incorporadas em sítios *web* ou aplicações móveis, com as funcionalidades básicas dos SIG. Porém na publicação *web* de BDGH, deve-se ter em atenção o volume de dados disponíveis, pois estes condicionam o tempo de processamento dos dados, uma vez que podem levar ao aumento do tempo de resposta na consulta realizada pelo utilizador.

Os SIGH podem referir-se a dados mais globais como o caso de uma das coleções mais conhecidas “*David Rumsey Historical Map Collection*”, de David Rumsey, onde este digitalizou

e georrefenciou cartografia histórica da sua coleção pessoal. Alguma desta cartografia pode ser visualizada através do *Google Earth*.

Existem também SIGH focados a nível regional, com áreas de estudo muito locais, como nos projetos de “*The Valley of the Shadow*”, “*North American Religion Atlas*”, “*The Salem Witchcraft Trials*”, “*Mapping Medieval Chester*”, “*Digital Atlas of the History of Europe since 1500*”, entre outros.

Porém, grande parte dos SIGH encontram-se centrados a nível nacional, nomeadamente o projeto “*Great Britain Historical GIS*”, o “*Creating a GIS spatial history of Tokyo*”, o “*National Historical Geographic Information System*”, o “*China Historical GIS*”, “*Historical GIS Initiative in Russia*”, o “*The Belgian Historical GIS*”, o “*IDE histórica de la ciudad de Madrid*”, o “*Historical GIS Initiative in Russia*” e o “*Atlas, Cartografia Histórica*”.

Um dos primeiros projetos SIGH nacionais foi o projeto “*Great Britain Historical GIS Project*”, criado em 1994, em que se recorre à utilização de dados estatísticos e cartografia histórica do Reino Unido (ilustração 2). Este projeto tem como principal objetivo, a interligação entre os dados estatísticos oficiais do início do século XX com a respetiva localização (I. Gregory & Southall, 2000).



Ilustração 2 – *Great Britain Historical GIS Project*.

Fonte: <http://www.visionofbritain.org.uk/>

O projeto surge da criação de uma BD com dados estatísticos demográficos do século XIX, a partir dos censos, das estatísticas “*Registrar General’s Annual Reports and Decennial Supplements*”, dados estatísticos do “*Poor Law from the Returns of the Poor Law and Local Government Board*” e de outros dados publicados. Na base de dados foram inseridos dados relativos aos limites administrativos como forma de análise da evolução dos mesmos (I. N. Gregory, 2005). Foi realizada também digitalização de cartografia histórica do Reino Unido resultando numa combinação dos dados existentes na cartografia, textos e dados estatísticos (I. Gregory & Southall, 2000). No “*Great Britain Historical GIS*” a informação encontra-se relacionada numa BDG permitindo não só a representação dos dados, assim como responder a questões e selecionar a informação a ser visualizada (I. Gregory & Southall, 2000).

Outro exemplo de SIGH nacionais consiste no projeto elaborado para a cidade de Tóquio, o qual surge na sequência da tese de doutoramento de Siebert, “*Creating a GIS spatial history of Tokyo*”, onde se procedeu ao levantamento de cartografia topográfica, dos censos, limites administrativos e rede ferroviária, com o intuito de documentar e visualizar a estrutura urbana histórica da cidade ao longo de cerca de 130 anos. A informação inserida na BD foi proveniente de diversas fontes, tais como mapas, tabelas, textos e uma diversidade de tipos de dados vetoriais. Siebert procedeu ao levantamento de cartografia histórica recorrendo a diferentes escalas, efetuou a georreferenciação da mesma e vetorizou a informação representada (Siebert, 2000).

A partir desta BD torna-se possível a compreensão da evolução da cidade, do desenvolvimento dos limites administrativos, da evolução demográfica, do crescimento da rede ferroviária, desde os meados do século XIX até aos dias de hoje. O “*National Historical Geographic Information System*” (NHGIS), visível na ilustração 3, constitui um projeto de SIGH, o qual agrega informação referente aos Estados Unidos da América do ano de 1790 ao ano 2000. Foi criado a partir de fontes impressas e manuscritos, dados estatísticos dos censos, limites de fronteira, entre outros.

O projeto NHGIS compreende uma vasta equipa de investigadores, sendo coordenada por John S. Adams. Este projeto tem o objetivo de permitir aos utilizadores efetuarem análises demográficas das cidades dos E.U.A., compreenderem as dinâmicas de ocupação urbana e analisarem a evolução dos limites administrativos, simplificando assim as análises multinível (Fitch & Ruggles, 2003).



Ilustração 3 – National Historical Geographic Information System.

Fonte: <https://nhgis.org/>

Outro exemplo da aplicação dos SIG a dados históricos, consiste no projeto “China Historical GIS”, iniciado em 2001 e concluído em 2006 (McMaster & Noble, 2005). Este projeto, visível na ilustração 4, surge entre a parceria das instituições “Henry Luce Foundation”, “National Endowment for the Humanities” e “Harvard Yenping Institute Harvard Asia Center”, os quais formaram o CHGIS (Magalhães, 2014).

O principal objetivo deste projeto reside na criação de uma BD com os nomes dos lugares e unidades administrativas no período de tempo entre 211a.C e 1911d.C, permitindo a análise espacial e temporal dos dados estatísticos e limites administrativos (McMaster & Noble, 2005). Os utilizadores para além de disporem de uma panóplia de dados existentes na BD do CHGIS e textos referentes à China, podem também importar os seus próprios dados (Magalhães, 2014). Sendo assim, o utilizador pode proceder à associação dos seus dados com os dados da plataforma CHGIS, bem como proceder a consultas e visualização a diversos níveis de agregação. O utilizador dispõe ainda da possibilidade de consultar as unidades administrativas, nomes de lugares e tipos de recursos num determinado espaço e tempo, acedendo ao atlas eletrónico com a diversa informação alusiva à China no período acima referido.

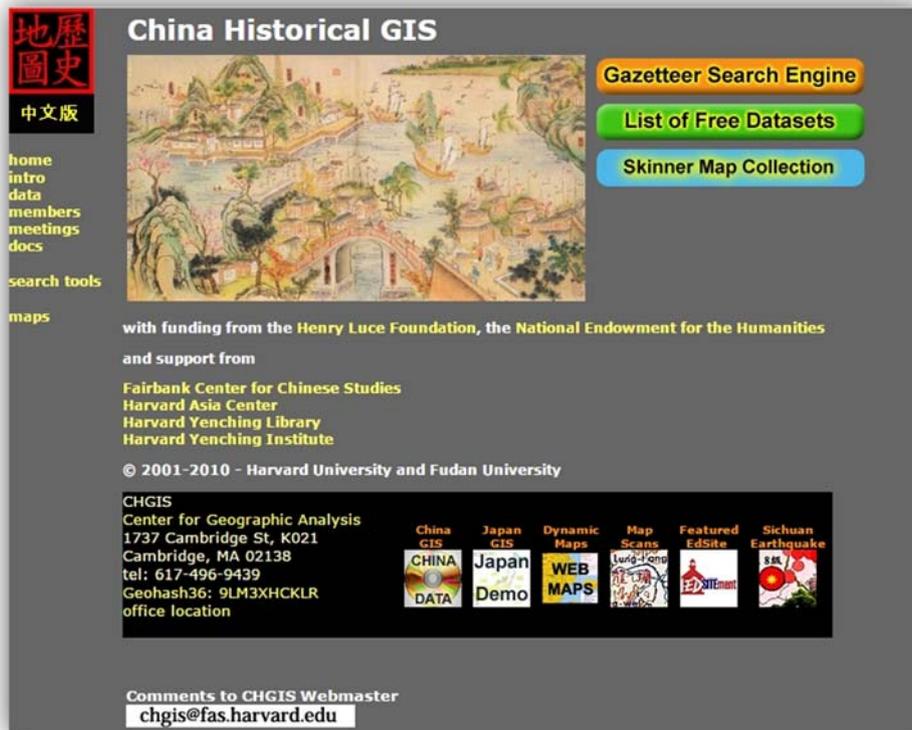


Ilustração 4 – China Historical GIS.  
 Fonte: <http://www.fas.harvard.edu/~chgis/>

O projeto “*Historical GIS Initiative in Russia*”, ilustração 5, agrega informação referente à cartografia e manuscritos relativos aos limites administrativos, natureza e economia da Rússia, do século XVIII ao século XX. O objetivo primordial deste projeto consiste em fornecer ao utilizador uma visão global das fronteiras administrativas e toponímia russa, entre 1775 e 1920. Sendo que a primeira data coincide com a da reforma administrativa de *Catherine II*. Outro dos objetivos deste projeto, reside em facilitar o acesso e visualização da informação aos investigadores de uma forma simplificada e compatível com os SIG (McMaster & Noble, 2005). Entre 2003 e 2004, foram criados dois pequenos projetos piloto, um em colaboração com “*Harvard Yenching Institute*”, o qual constituiu um contributo da Rússia para o projeto “*China Historical GIS*” e outro focado em *Petersburg* em colaboração com o “*Center for Environmental and Technological History of the European University at St. Petersburg*”.



Ilustração 5 – Historical GIS Initiative in Russia.

Fonte: <http://www.ihst.ru/>

O projeto “*The Belgian Historical GIS*”, iniciado em 1990, consiste numa BD de informação histórica dos municípios belga, desenvolvido no “*Department of Modern History at Ghent University*”, com dados estáticos demográficos e económicos dos mesmos, recolhido de 1800 a 1961. Assim como, diversa cartografia histórica digitalizada representativa da estrutura territorial da Bélgica de 1800 a 2000. O principal objetivo deste projeto reside na construção de um SIGH, onde o utilizador possa estabelecer uma conexão dos dados históricos às unidades territoriais, permitindo assim o seu mapeamento e análise temporal da informação.

Por sua vez, o “*IDE histórica de la ciudad de Madrid*” consiste noutro exemplo de SIGH, o qual tem como objetivo analisar a demografia urbana dos fluxos migratórios da cidade de Madrid, surgindo de um projeto de investigação<sup>1</sup> liderado pelo demógrafo Diego Ramiro Fariña.

<sup>1</sup> Proyecto de investigación del Plan Nacional I+D denominado “*La población de una gran ciudad: Madrid 1890-1935*”

O projeto, visível na ilustração 6, surge da parceria entre o “*Centro de Ciencias Humanas (CCHS) del CSIC*” em colaboração com a “*Unidad de SIG del Centro*” e o grupo de investigação “*Población del Instituto de Economía, Geografía y Demografía*” (IEGD), no âmbito da criação de uma base de dados de cartografia histórica da cidade de Madrid do início do século XX (Del Bosque González, García Ferrero, Gómez Nieto, Martín-Forero Morente, & Ramiro Fariñas, 2010).



Ilustração 6 – IDE histórica de la ciudad de Madrid.

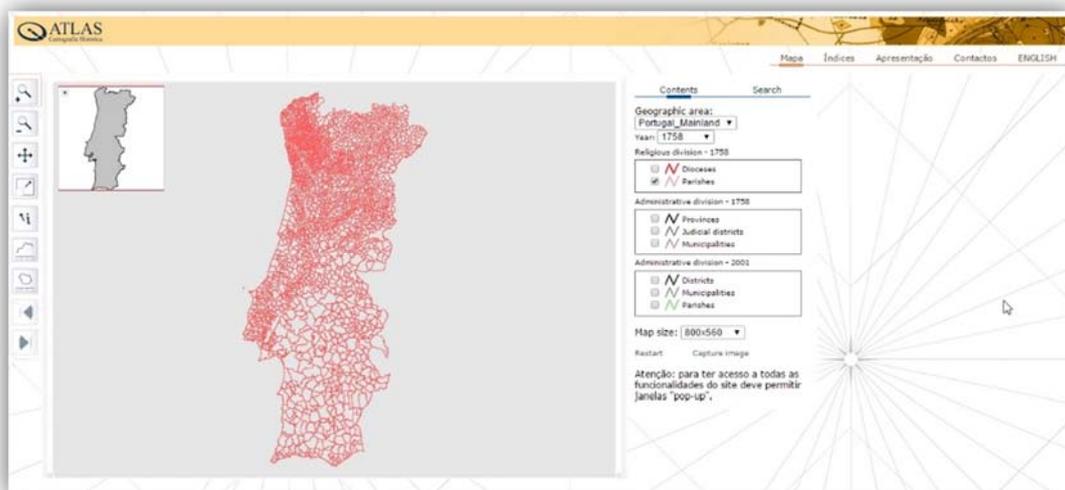
Fonte: <http://www.idehistoricamadrid.org/hisdimad/index.htm>

A informação demográfica encontra-se agregada numa base de dados de cartografia histórica (“*Plano de Madrid y pueblos colindantes*” de Facundo Cañada López del año 1902). O objetivo primordial deste projeto reside na disponibilização, visualização, representação de dados demográficos históricos e da cartografia da mesma época. Permitindo a elaboração de estudos geoespaciais através de um vasto número de variáveis sociodemográficas, assim como analisar a evolução urbana da cidade de Madrid (González, Morente, & González, 2012). Para tal, recorreram à georreferenciação e vectorização da informação existente na cartografia histórica, possibilitando a sua interação com os dados sociodemográficos recolhidos.

Outro exemplo de SIGH consiste no projeto “*Atlas, Cartografía Histórica*”, presente na ilustração 7, com criação e coordenação do professor Doutor Luís Nuno Espinha da Silveira. Este projeto designado de “*Sistema de Información Geográfica e Modelação de Dados Aplicado à História de Portugal*”, consiste numa BDG que compreende cartografia administrativa de Portugal entre 1801 a 2001, e da Península Ibérica desde 1900 a 2001, baseando-se numa cartografia retrospectiva. Dispõe ainda de informação do recenseamento da população para o ano

Os SIG e a Cartografia Histórica Urbana de 1801 e 1849 de Portugal Continental, assim como de informação da histórica política de 1847 de Portugal Continental (Borges & Davis, 2002).

Os projetos acima referidos constituem alguns dos muitos exemplos de aplicação das técnicas dos SIG e de criação de BDG com recurso à informação histórica. Informação que pode ser obtida através do levantamento de informação histórica existente em manuscritos, censos da população, documentos cartográficos históricos a partir da sua análise ou vectorização da informação representada. Sendo que, o objetivo comum neste tipo de projetos reside na contribuição para os diversos estudos da informação histórica e compreensão das dinâmicas territoriais (Borges & Davis, 2002).



*Ilustração 7 – Atlas, Cartografia Histórica.*

*Fonte: <http://www2.fcsh.unl.pt/atlas/>*

## Capítulo 2 – Base de dados

Neste capítulo pretende-se abordar os conceitos, princípios e metodologias subjacentes à modelação da base de dados relacional (BDR) e da base de dados geográfica (BDG), tendo em consideração as diversas etapas da modelação das mesmas.

### 2.1. Base de Dados Relacional

Base de dados (BD) pode ser considerada como o conjunto de informação armazenada e processada em computador, a qual poderá ser expandida, atualizada e consultada de uma forma rápida e simples (Date 2004).

Uma BD consiste num conjunto de dados, os quais se encontram relacionados entre si segundo uma determinada lógica, não pode no entanto, uma associação aleatória dos dados ser designada de BD. O planeamento da BD, bem como a construção, inserção, atualização e remoção dos dados, deverá ser feito com um propósito específico, ou seja, a estrutura de dados deve ir ao encontro das necessidades dos seus utilizadores. A BD tem o intuito de representar de forma estruturada e simples a informação, devendo para isso constituir uma abstração do mundo real, ficando a gestão da diversa informação inserida na BD a cargo do sistema de gestão de base de dados (SGBD).

No final de 1960, surge o primeiro SGBD comercial, permitindo a manipulação e acesso à informação armazenada na BD de forma rápida e automatizada. Um SGBD permite a criação e manipulação da informação existente na BD, tendo como objetivo simplificar o processo de definição das propriedades dos dados, inserção, atualização e remoção dos mesmos (da Graça Krieger & Finatto, 2004).

A utilização do SGBD permite diminuir a redundância da informação inserida na BD mantendo a integridade dos dados; padronizar a diversa informação facilitando a comunicação e partilha da BD; possibilitar a modificação e atualização da estrutura da BD devido à sua flexibilidade. A utilização dos recursos do SGBD permitem ainda reduzir o tempo na obtenção da informação na consulta à BD. A atualização e remoção dos dados consiste num processo rápido e simples, garantindo que o utilizador apenas acede a informação autorizada. Sendo assim, o acesso à informação é realizado de uma forma fácil, normalizada, rápida, fiável e eficiente.

O processo de criação de uma base de dados relacional (BDR) passa por seis etapas

essenciais:

- criação do modelo conceptual;
- elaboração do modelo entidade-relacionamento;
- criação do modelo relacional;
- normalização;
- implementação da BDR no SGBD, através do modelo físico;
- operacionalização da BDR (elaboração de pesquisas/consultas à BDR).

Apesar destas etapas terem uma organização sequencial de todo o processo de construção da BDR, este não é linear, ou seja, pode existir a necessidade de retrocesso, de forma a evitar a acumulação de erros nas etapas posteriores, os quais podem comprometer a integridade, validação e consulta da informação da BDR.

Na modelação da BDR torna-se necessário um conhecimento aprofundado do “problema”, no sentido de ser realizada uma correta modelação na resolução do mesmo. Uma das vantagens na abordagem à BDR consiste na abstração do armazenamento dos dados ao utilizador.

O modelo de dados constitui a principal ferramenta na abstração dos dados, representando de uma forma simplificada o mundo real, através de um conjunto de conceitos que descrevem a estrutura da BDR.

Compreende-se por modelo de dados, os modelos de dados conceptuais ou de alto-nível, os quais representam a estrutura dos conceitos da BDR, e os modelos de dados físicos ou de baixo-nível, que por sua vez descrevem os detalhes do armazenamento dos dados (da Graça Krieger & Finatto, 2004).

A modelação conceptual tem como objetivo a tradução das especificidades do problema, ou seja, descreve os diversos dados que o compõem permitindo uma posterior análise e execução do projeto. Assim como, um instrumento de comunicação entre as equipas e os utilizadores. O modelo conceptual ou modelo de dados permite efetuar o teste à robustez do modelo antes da implementação da BDR, constituindo ainda o *input* no processo de desenvolvimento da BDR.

O modelo entidade-relacionamento (MER) consiste num modelo de alto nível, independente do SGBD, apresentando de uma forma fácil e simplificada os aspetos fundamentais, através da representação ilustrativa da BDR (Araújo, 2008).

A técnica do diagrama entidade-relacionamento (DER) consiste numa ferramenta gráfica, introduzida em 1976 por Chen. Tem sido utilizada sobretudo por utilizadores e *designers* de sistemas de informação, na qual se encontra exposta e reproduzida a forma como estes entendem

o mundo real, tendo desde o início sido uma ferramenta muito utilizada em análises de sistemas e na modelação de BDR (P. P.-S. Chen, 1997).

Como o próprio nome indica, este modelo centra-se sobretudo na representação das entidades com os respetivos atributos que as compõem, bem como os relacionamentos existentes entre elas. Segundo Date (2000) compreende-se por:

- entidade - um objeto representado na BD, ou seja algo que é tangível.
- atributo - uma propriedade ou característica que descreve o objeto, caracterizando a entidade.
- relacionamento - representa a relação que existe entre duas ou mais entidades.

O MER pode ser representado através do diagrama entidade-relacionamento (DER), no qual as entidades se encontram representadas através de retângulos, os atributos por elipses e por sua vez os relacionamentos através de losangos (Ma, Zhang, Ma, & Chen, 2001), como podemos observar na ilustração 8.

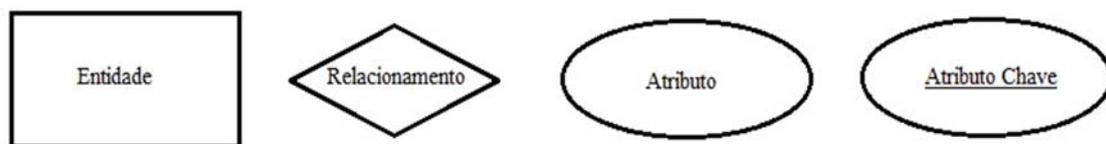


Ilustração 8 – Simbologia do DER. Fonte: (Ma et al., 2001).

O DER consiste numa técnica de representação da estrutura lógica da BD de uma forma visual e esquematizada, facilitando a compreensão das principais características da base de dados.

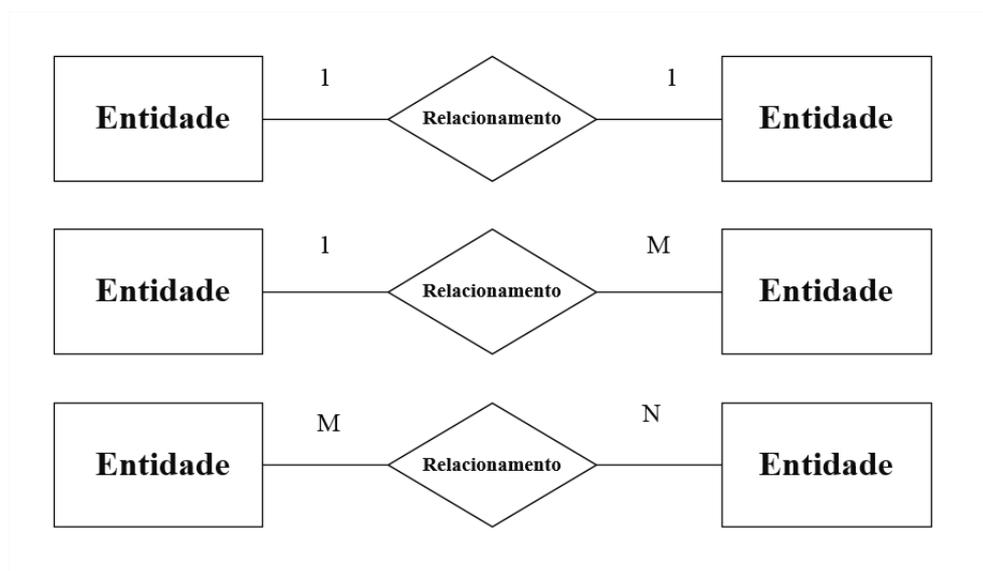
As entidades-tipo são descritas pelos seus atributos, sendo que devem possuir um atributo chave (chave simples) ou um conjunto de atributos chave (chave composta), estes vão corresponder a um valor único não podendo haver repetição, identificando assim de forma única uma entidade num conjunto.

Os relacionamentos representam as conexões entre duas ou mais entidades, ou seja, são o elo de ligação entre as entidades, representam uma associação entre zero ou mais ocorrências de uma entidade e entre zero ou mais ocorrências de outra entidade. Estes podem conter ou não atributos, uma propriedade do próprio relacionamento.

Na definição dos diversos relacionamentos entre as entidades-tipo existentes no DER, deve ser atribuída a respetiva cardinalidade para cada um destes. Segundo da Graça Krieger & Finatto

(2004) os relacionamentos, como se pode observar na ilustração 9, podem ter:

- Cardinalidade 1:1 (um para um) - cada entidade de A relaciona-se uma só vez com a entidade de B, e vice-versa.
- Cardinalidade 1:M (um para muitos) - cada entidade de A relaciona-se N vezes com as entidades de B, e por sua vez cada entidade de B relaciona-se uma só vez com a entidade de A.
- Cardinalidade M:N (muitos para muitos) - as entidades de A relacionam-se N vezes com as entidades de B, e vice-versa.



*Ilustração 9 – Cardinalidade dos relacionamentos entre entidades tipo do MER.*

Na construção do MER deve ser evitada a redundância da informação, ou seja, se o mesmo conceito se encontrar representado de duas formas diferentes, além de desperdiçar recursos desnecessariamente leva à inconsistência da BD, sendo também importante que o número de entidades-tipo não seja em exagero. No MER uma entidade-tipo deve pelo menos cumprir uma das seguintes condições: constituir mais do que um nome e ter pelo menos mais um atributo que não o atributo chave, ou deter cardinalidade de M num relacionamento de 1:M ou M:N.

Após a elaboração do modelo entidade-relacionamento com as respectivas cardinalidades para cada um dos relacionamentos entre entidades-tipo, procede-se à transformação do MER no modelo relacional (MR).

O modelo relacional foi proposto por Codd em 1969, aquando das primeiras publicações

referentes a este modelo (Date, 2008). O MR baseia-se essencialmente em predicados lógicos de primeira ordem e em álgebra relacional ou teoria matemática das relações (Codd, 1990). Este modelo tem como característica principal eliminar a redundância dos dados.

Segundo Date (2008), o MR tem por base três aspetos essenciais:

- estrutura (referente às relações);
- integridade (associado às chaves primárias e estrangeiras);
- manipulação (referente a operações de restrição, projeção e junção, entre outras operações similares de álgebra relacional).

Segundo Torres (1997), no MR a diversa informação representada na BDR encontra-se apresentada através de um conjunto de dados relacionados entre si. Ou seja, para cada uma das relações representadas no MER corresponde uma tabela constituída por colunas que representam os atributos e por linhas que representam os domínios ou registos.

Codd (1970) refere que, cada linha corresponde a um *n-uplo* ou *tuple* entendida como um conjunto de dados relacionados entre si, representando uma entidade através das suas características ou mesmo uma conexão entre as entidades. Por sua vez, as colunas representam os atributos, correspondendo à mesma característica para cada uma das linhas.

A designação do *n-uplo* e da coluna permite auxiliar o utilizador na interpretação da informação armazenada.

O relacionamento estabelecido entre os dados das diversas tabelas realiza-se através de atributos comuns, designados de atributos chave, nomeadamente:

- chave-primária/*Primary Key* (PK) – atributo ou conjunto de atributos que identifica de forma única cada *n-uplo* de uma tabela, não podendo conter valores nulos.
- chave-estrangeira/*Foreign Key* (FK) – atributo que estabelece conexão entre os dados de duas ou mais tabelas, ou seja, a chave estrangeira corresponde à chave primária existente noutra tabela, mantendo a integridade referencial.

Na construção do MR, para além de serem considerados os relacionamentos entre as relações, um SGBD deve garantir a consistência dos dados, assim como a precisão e correção dos mesmos. Nesse sentido são utilizadas as regras de integridade de entrada, de domínio e referencial (da Graça Krieger & Finatto, 2004). Na integridade de entrada cada relação deve possuir uma chave primária, garantindo assim a consistência dos dados. Por sua vez, na integridade de domínio a propriedade do campo da chave estrangeira na relação de destino, deve conter o mesmo tipo de

dados do campo da chave primária na relação de origem, garantindo assim a precisão dos dados. Por último, a integridade referencial refere que o valor do campo da chave estrangeira tem de corresponder ao mesmo valor existente na chave primária, ou então conter o valor *NULL*, garantido assim a correção dos dados.

Segundo Elmasri e Navathe (2005) (citado por Araújo, 2008), na transformação do modelo entidade-relacionamento para o modelo relacional deve-se ter em consideração as seguintes regras:

- todas as entidades existentes no MER são convertidas em relações (tabelas), com os seus atributos chave e não chave;
- os relacionamentos com atributos são convertidos em tabelas. No entanto, no caso dos relacionamentos com cardinalidade 1:M, os atributos passam para uma das tabelas;
- os relacionamentos M:N dão origem a uma nova relação (tabela);
- em relacionamentos 1:M ou 1:1 as chaves estrangeiras devem ser representadas de forma a ser mantida a integridade referencial, pois representam as chaves primárias de outras entidades;
- nos relacionamentos 1:M a chave primária de entidade com cardinalidade 1 deve ser representada na entidade com cardinalidade M como chave estrangeira;
- por sua vez, nos relacionamentos 1:1, no caso de as entidades partilharem a mesma chave primária cria-se uma única tabela. No entanto, se as chaves primárias diferirem entre duas entidades são criadas duas tabelas; a chave estrangeira pode ser representada numa das relações criadas (tabelas) optando-se pela relação que seja mais favorável sob o ponto de vista da eficiência da consulta à informação.

No processo de modelação do MR existe a necessidade de validação do mesmo, recorrendo-se para isso ao processo de normalização, proposto inicialmente por Codd em 1970. O processo de normalização visa a construção de modelos mais robustos e independentes, com o objetivo de reduzir a redundância dos dados, inconsistência, bem como possíveis anomalias na inserção e eliminação de informação (Date, 2004).

A validação do MR passa por seis formas normais, sendo estas baseadas nas dependências funcionais entre os atributos de uma relação (Date, 2004):

- Primeira Forma Normal (1 FN) – todas as relações devem conter chave primária, a qual garante que cada *n-uplo* possui um valor único para cada atributo. Não

podem existir atributos compostos, assim sendo todos os atributos devem ser atômicos (estarem no seu estado mais elementar).

- Segunda Forma Normal (2 FN) – todas as relações devem estar na primeira forma normal, assim como todos os atributos não chave dependem funcionalmente da chave primária.
- Terceira Forma Normal (3 FN) – todas as relações devem estar na segunda forma normal, assim como todo o atributo não participante da chave, for dependente de forma não transitiva da chave.
- Forma Normal de *Boyce-Codd* (FNBC) – consiste num aprimoramento da terceira forma normal e tem como objetivo resolver situações nas quais existam chaves compostas partilhando pelo menos um atributo entre si. Nesse sentido uma entidade apenas deve possuir atributos que são chaves candidatas.
- Quarta Forma Normal (4 FN) – todas as relações devem estar na forma normal de *Boyce-Codd*, e eliminar dependências dos atributos compostos.
- Quinta Forma Normal (5 FN) – todas as relações devem estar na quarta forma normal, sendo que não devem existir dependências de junção.

Apesar da existência destas seis formas normais, normalmente a validação dos MR incidem sobretudo sobre as três primeiras formas normais mencionadas acima.

Enquanto o MR descreve a BDR a um nível de abstração para o utilizador do SGBD, estando a organização dos dados em forma de tabelas. O modelo físico (MF) centra-se sobretudo nas especificidades dos detalhes de armazenamento interno da informação, tendo em vista a adaptação da modelação da BDR ao SGBD (Magalhães, 2014).

O MF constitui a etapa de implementação da BDR num SGBD, esta deve sempre ser considerada como o resultado do MR, implicando a análise das características e recursos considerados necessários à manipulação e armazenamento da estrutura física dos dados. A implementação do modelo físico num SGBD permite a gestão da estrutura dos dados, assim como a manipulação e consulta da diversa informação armazenada na BDR.

A linguagem *Structured Query Language* (SQL), desenvolvida pela *IBM Research* no início da década de 1970, porém padronizada pela ANSI em 1986, constitui a linguagem de pesquisa padrão para sistemas de BDR. A linguagem SQL consiste numa sequência de comandos que permitem a criação de tabelas, estruturas e conexões necessárias na projeção da BDR, assim

como a inserção e consulta dos dados (Date, 2004). Através de operações de manipulação, tais como:

- *SELECT* – possibilita a consulta dos dados da BDR;
- *INSERT* – permite a inserção da informação na BDR;
- *UPDATE* – permite a atualização da informação na BDR;
- *DELETE* – possibilita a eliminação da informação na BDR.

Com recurso a interrogações realizadas através da linguagem SQL, torna-se possível testar não só a operacionalização da BDR, assim como a sua validação e eficácia. A consulta deve ser realizada através da expressão:

- *SELECT* – seleção da coluna pretendida para a interrogação;
- *FROM* – identificação da tabela alvo de interrogação;
- *WHERE* – expressar as condições estabelecidas sobre os *n-uplos* da tabela especificada no *FROM*.

O SQL permite que o utilizador efetue operações de álgebra relacional e cálculo relacional da diversa informação inserida na BDR.

## 2.2. Base de Dados Geográfica

Uma base de dados geográfica (BDG) consiste basicamente numa BD convencional, onde se encontram integrados dados de natureza geográfica, permitindo a representação das suas geometrias em tabelas (P. P. Chen & Wong, 2008).

A principal diferença entre a BDG e a BDR convencional reside no tipo de informação inserida na mesma, representada através de entidades geográficas (Del Bosque González et al., 2012). As entidades geográficas compreendem informação passível de ser observada e da qual pode ser armazenada a sua localização, composição e relação existente com o espaço e interação com as entidades envolventes (da Graça Krieger & Finatto, 2004). Representam de uma forma abstrata ou não o mundo real, encontram-se referenciadas no espaço e no tempo e têm capacidade para armazenar informação gráfica e não gráfica. A informação gráfica corresponde aos elementos geográficos que compõem o mapa (pontos, linhas, polígonos, *pixéis*, símbolos e texto) e podem incluir coordenadas. Por sua vez, a informação não gráfica corresponde à descrição das características, atributos, informação quantitativa e qualitativa dos elementos geográficos.

Uma BDG pode ser constituída apenas por entidades geográficas com informação espacial

ou agregar entidades tradicionais da BDR (dados tabulares) relacionando as entidades geográficas, com o objetivo de permitir a representação e manipulação dos dados em *software* SIG, tanto em formato vetorial como *raster*. Uma vez que estes dados se encontram em formato digital torna-se mais simples a obtenção de diversas análises tendo em conta a estrutura e resolução dos dados.

Existe preferência para a representação das entidades geográficas em formato vetorial, uma vez que permitem maior versatilidade na manipulação e visualização dos dados, sendo mais utilizado na representação de dados com limites específicos. Por outro lado, as entidades geográficas no formato *raster* ou modelos TIN são utilizados na representação de variáveis contínuas (da Graça Krieger & Finatto, 2004).

Segundo Yeung and Hall (2007), os dados vetoriais pressupõem um ou mais campos com informação descritiva dos dados armazenados, bem como de um campo específico para o armazenamento da sua geometria. Sendo assim, uma entidade geográfica com dados vetoriais pode ter uma geometria do tipo:

- ponto – representação de um único vértice com um par de coordenadas (X, Y), localização geométrica;
- linha – conexão entre pelo menos dois pontos com um determinado comprimento;
- polígono – conexão entre pelo menos três pontos, em que o primeiro e o último vértice possuem as mesmas coordenadas, sendo possível definir a área.

Uma BDG tem a capacidade de armazenar dados complexos (pontos, linhas e polígonos), encontrando-se assim mais habilitada para a gestão e manipulação de dados espaciais (Yeung & Hall, 2007). Estes dados espaciais possuem a particularidade de poderem ser visualizados, manipulados e analisados tendo em conta a sua localização, recorrendo ao modelo topológico, o qual estabelece a relação entre as diversas entidades geográficas.

Neste sentido, os dados em formato *raster* armazenam informação a partir do *pixel* ou grelha de *pixéis*, em que cada um dos *pixéis* detém igual tamanho. A informação encontra-se organizada em linhas e colunas, em que a cada *pixel* é atribuído um atributo, constituindo assim a forma mais básica de representação do mundo real. A qualidade de representação dos elementos geográficos vai depender da resolução dos ficheiros em formato *raster*, ou seja o tamanho do *pixel* vai determinar o nível de detalhe. Quanto mais pequenas as dimensões do *pixel* maior o detalhe. Porém, quanto mais pequeno é o tamanho do *pixel* mais lento vai ser o processamento e maior o tamanho do ficheiro.

Segundo Yeung and Hall (2007), existem dados espaciais que não podem ser diretamente utilizados numa BDG, designados de pseudoespaciais. Estes dados espaciais descrevem ou relacionam atributos do mundo real, os quais podem ser georreferenciados, possibilitando a visualização espacial. Os dados pseudoespaciais correspondem a informação geográfica alfanumérica (os censos da população), informação com uma localização específica (moradas e ocorrências), fotografias aéreas, mapas e imagens digitalizadas. Sendo necessário proceder à georreferenciação deste tipo de informação, atribuindo um determinado sistema de coordenadas geográficas, ou vectorização da informação (manual ou automática). Os mesmos autores referem ainda, que a conversão dos dados pseudoespaciais em dados espaciais, é um processo moroso e intensivo, levando a que muitas instituições não a utilizem. Porém, estes constituem uma importante fonte de informação na criação de uma BDG.

A modelação da BDG tem como intuito a representação abstrata do mundo real, tendo em conta um conjunto de informação espacial, a qual permite a sua manipulação, visualização e análise. Para tal, torna-se necessário a implementação da BDG num sistema de gestão de base de dados geográfica (SGBDG), como o caso dos *softwares* de SIG.

Tendo em conta que a BDG consiste numa BD, o que a distingue da BD convencional é a natureza geográfica dos seus dados, sendo que na sua conceção são tidos em consideração os princípios da construção da BD convencional.

No processo de criação de uma BDG, a primeira etapa passa pela modelação conceptual dos dados espaciais, a qual constitui uma etapa essencial, consistindo na representação abstrata do mundo real. A modelação constitui assim o elemento chave para a implementação eficaz da BDG num SGBDG. No entanto, a modelação da BDG apresenta alguns problemas, nomeadamente, na geometria das entidades espaciais, nas relações geométricas entre as mesmas, na representação da evolução das suas geometrias ao longo do tempo, assim como nas restrições de integridade espacial (Codd, 1970).

As entidades-tipo espaciais compreendem uma descrição dos atributos alfanuméricos, da geometria correspondente a cada um dos valores inseridos na BDG. Assim como as relações espaciais entre as entidades-tipo espaciais e o espaço geográfico envolvente.

A etapa seguinte consiste na modelação do MER da BDG, como mencionado no ponto anterior deste mesmo capítulo, traduzindo assim a representação das entidades espaciais com os respetivos atributos que as compõem, bem como, os relacionamentos espaciais implícitos existentes entre elas, relacionamentos de métricas, direcionais, conjuntos (união, intersecção,

conter), topologias (sobreposição, proximidade). Na ilustração 10, encontram-se representados alguns pictogramas espaciais mais frequentes na representação do modelo da BDG.

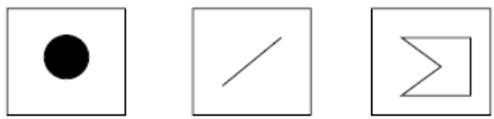
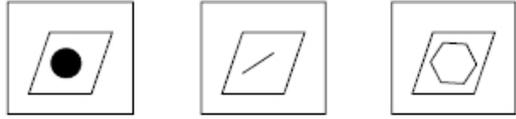
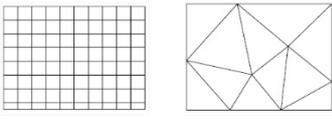
<p>Pictograma de <i>Shapes</i> Básicas</p> 			<p>Pictograma de <i>Shapes</i> Derivadas</p> 		
Ponto	Linha	Polígono	Ponto	Linha	Polígono
<p>Pictograma de Relacionamentos</p> 			<p>Pictograma de <i>Raster</i></p> 		
Rede (Network)		Partição	Raster	TIN	

Ilustração 10 – Exemplos de Pictogramas Espaciais.  
Fonte: Codd (1970)

A representação das entidades e relacionamentos espaciais recorrendo a pictogramas, identifica as geometrias das entidades espaciais, bem como os relacionamentos geográficos explícitos (ilustração 11), com o intuito de permitir uma melhor compreensão do modelo de dados.

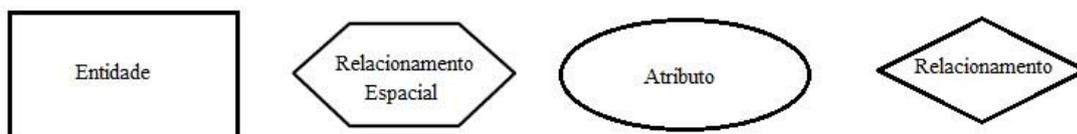
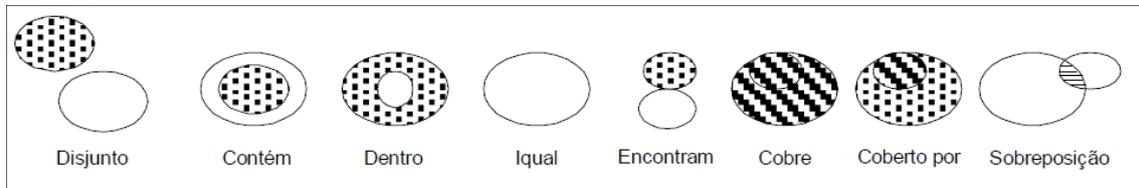


Ilustração 11 – Simbologia do MER da BDG.  
Fonte: Borges and Davis (2002)

Na modelação os relacionamentos espaciais entre as entidades-tipo espaciais podem ser considerados relacionamentos implícitos, ou seja, os que não são representados no MER, ou explícitos que são representados no MER da BDG, auxiliando na melhor compreensão da estrutura da BDG. Os relacionamentos espaciais representam-se através de hexágonos alongados com a referência dos relacionamentos espaciais existente entre as entidades-tipo geográficas (intersecção, proximidade, sobreposição, conter, união, disjunção), como se pode observar na ilustração 12.



*Ilustração 12 – Simbologia dos relacionamentos espaciais.*

*Fonte: Borges and Davis (2002, p. 4)*

Tendo por base a metodologia de construção da BDR, após a modelação do MER da BDG com a respetiva cardinalidade, procede-se à elaboração do MR, com o objetivo de implementar a BDG no SGBDG. A transformação do MER no MR, tal como acontece na BDR, deve ter em consideração o processo de normalização da BDG, com o intuito de reduzir a redundância dos dados, assim como possíveis irregularidades na inserção e eliminação de dados.

Estando o processo de normalização concretizado procede-se à implementação da BDG num SGBD, com o objetivo de se visualizar a informação. Na maioria das vezes, os SGBDs encontram-se direcionados para a implementação da BDR. Por outro lado, na implementação da BDG torna-se necessário que o SGBD possua a capacidade de executar funções espaciais. Como tal, a implementação da BDG deve ser realizada num SGBD capaz de agregar dados geográficos e dados alfanuméricos, assim como utilizar funções das BDRs. Os SGBDs *PostgreSQL*, *Oracle Spatial* e *SQL Server* são *softwares* capazes de suportar extensões espaciais (Rigaux, Scholl, & Agnès, 2002).

Como referido no ponto 2.1., a gestão, manipulação e consulta da diversa informação da BDG inserida no SGBD, realiza-se através de consultas em linguagem *SQL*, permitindo assim a sua atualização, inserção, eliminação, acesso e visualização aos dados armazenados sendo estes geográficos ou não. A visualização dos dados pode ser feita conectando a BDG a *softwares* SIG, como o *ArcGis* ou o *QuantumGIS*.

## Capítulo 3 – Modelação da Base de Dados Geográfica de Cartografia Histórica

Ao longo deste capítulo pretende-se apresentar o processo de construção da base de dados de cartografia histórica urbana (BDGCH), com a aplicação dos conceitos e metodologias referentes à elaboração da base de dados geográfica abordada ao longo do capítulo 2 da presente dissertação.

### 3.1. Modelo Conceptual

Partindo da premissa que o modelo conceptual tem como objetivo a representação das especificidades do problema, este constitui um importante meio de comunicação da arquitetura na BDGCH. O MC desenvolvido tem a particularidade de permitir a conceção de um teste preliminar à robustez do modelo da BDG, antes da sua implementação num SGBD, assim como um teste à capacidade de dar resposta ao problema inicialmente proposto.

Na BDGCH teve-se em consideração a informação existente e a informação possível de ser inserida numa fase posterior, ponderando sempre a sua expansão.

A primeira etapa da elaboração do modelo conceptual passou pela análise e tratamento da informação obtida, e dos projetos de intervenção recolhidos por Cardoso (2015), como linhas orientadoras da possível informação a ser inserida na BDG.

Após o diagnóstico aos dados, procedeu-se à modelação com recurso ao *software Microsoft Office Visio 2013*, o qual permitiu desenhar a arquitetura da BDGCH.

No modelo conceptual, apresentado na ilustração 13, encontram-se representadas as entidades-tipo com os respetivos atributos e relacionamentos entre entidades-tipo.

#### Entidades-Tipo

A entidade-tipo “Documento\_Cartografico” tem como objetivo o armazenamento da informação referente a cada um dos documentos cartográficos passíveis de serem inseridos na BDG. Como atributos esta entidade-tipo dispõe de um número identificativo, do nome da imagem georreferenciada, de um número identificativo atribuído ou não pelo utilizador, do título do documento cartográfico e da data referida em cada um dos documentos cartográficos. Nos

documentos cartográficos inseridos na BDG, referentes aos projetos de intervenção recolhidos por Cardoso, este atribuiu um ID para melhor organização na consulta. Esta entidade-tipo constitui um elemento essencial de toda a BDG, pois representa a tabela principal e aglutinadora de toda a informação referente a cada um dos documentos cartográficos inseridos, estabelecendo conexão com grande parte das entidades com a informação tabular da BDGCH.

No que se refere à entidade-tipo “Autor”, esta armazena a identificação do autor/autores/entidade de cada um dos documentos cartográficos. A autoria do documento cartográfico poderá ser uma entidade, ou seja uma instituição pública ou privada, ou então um profissional singular, por exemplo um arquiteto ou engenheiro ou desenhador. Nos documentos cartográficos inseridos na BDGCH, referentes aos projetos de intervenção recolhidos por Cardoso, este referiu que considera a Câmara Municipal do Porto como autor dos projetos de intervenção, pois foi este que solicitou a sua conceção. Foi ainda acrescentado um atributo para a identificação do título/cargo do autor, partindo do pressuposto que poderá ser um arquiteto, engenheiro ou desenhador, e um outro para o nome do autor. A entidade-tipo “Autor” permite obter informação relativa à autoria do documento cartográfico, permitindo assim efetuar pesquisas à BDG por autor.

Por sua vez, a entidade-tipo “Escala” armazena informação referente à identificação da escala da representação cartográfica de cada um dos documentos cartográficos. Esta entidade dispõe de um atributo número identificativo para cada escala inserida e um segundo atributo correspondente ao valor numérico da mesma. Tendo em conta que no documento cartográfico pode não constar a escala da representação cartográfica, o primeiro registo inserido na tabela foi “Sem escala”, de seguida foram inseridos alguns valores considerando pertinentes para os documentos cartográficos.

A entidade-tipo “Poder\_Politico” tem em conta um dos critérios de organização dos projetos de intervenção utilizados por Cardoso na sua tese de doutoramento, a data e o presidente. Esta entidade foi delineada para armazenar informação referente ao poder político, sendo constituída por um atributo com número identificativo para cada presidente, o nome do presidente, identificação se o presidente é ou não interino durante o período de tempo de análise dos documentos cartográficos, armazena também a data de início e fim do mandato. Através desta entidade podem-se obter consultas dos documentos cartográficos correspondentes aos projetos de intervenção aprovados durante o mandato de um determinado presidente, ou mesmo consultar os documentos cartográficos inseridos na BDG e obter a informação relativa aos presidentes.

A entidade-tipo “Tipo\_de\_intervencao” corresponde a outro dos critérios estabelecidos por Cardoso (2015) na sua tese de doutoramento, com vista à organização dos diversos projetos de intervenção. Este, na anotação dos nomes dos projetos constatou que os mesmos por vezes não correspondiam à tipologia de obra aprovada e que apesar dos projetos possuírem títulos diferentes, contêm a mesma finalidade. Denotou também que existe uma diferença entre o título e o conteúdo representado no documento cartográfico. Na procura de obter uma orientação para a classificação dos projetos recorreu à legislação e planeamento existente na época dos mesmos. Perante a ambiguidade na definição de classificação de grupos para os projetos, Cardoso (2015) optou pela definição de quatro tipos de intervenção dos mesmos (Arranjos, Aberturas, Projetos e Planos).

A entidade-tipo “Tipo\_de\_intervencao” foi criada tendo em conta a organização dos documentos cartográficos estabelecida por Cardoso (2015), assim como na pertinência da classificação da tipologia da obra de intervenção na inserção de novos documentos cartográficos na BDG. Na consulta à BDGCH pode ser obtida informação relativa ao tipo de obra de intervenção de cada um dos projetos aprovados.

Por sua vez, a entidade-tipo “Tipologia” refere-se ao tipo de documento que cada documento cartográfico corresponde, ou seja, se corresponde a uma planta, plano de urbanização, planta cadastral, planta de estudo, entre outras tipologias. Caso não exista tipologia identificada o utilizador pode optar por atribuir uma tipologia “Não definido”. Sendo assim, esta entidade dispõe de dois atributos, um com o número identificativo de cada uma das tipologias e outro referente à designação atribuída para cada um dos documentos cartográficos inseridos.

A entidade-tipo “Projeto” tem como objetivo o armazenamento da informação referente a cada um dos projetos nos quais se encontram os documentos cartográficos inseridos na BDG. Em grande parte dos documentos cartográficos recolhidos por Cardoso (2015) e inseridos na BDG, o nome do projeto coincide com o título dos documentos cartográficos. Esta entidade dispõe de um atributo com número identificativo para cada um dos projetos inseridos na BDG, outro identificando o número do projeto, e por fim o título do projeto. Permitindo assim, a identificação do projeto do qual o documento cartográfico foi retirado, possibilitando também o acesso de forma rápida à informação, caso o utilizador pretenda consultar o projeto em busca de mais informação para os seus estudos. A entidade-tipo “Projeto” permite aceder rapidamente à informação da origem dos dados inseridos.

A entidade-tipo “Arquivo” tem o intuito de armazenar informação referente ao arquivo origem de cada um dos documentos cartográficos. Contém um atributo com o número

identificativo de cada um dos arquivos inseridos, assim como da identificação do arquivo. No caso concreto dos dados inseridos na BDG, estes têm como fonte o arquivo da Câmara Municipal do Porto.

A entidade-tipo “Conjuntos” encontra-se delineada com o objetivo de armazenar informação referente aos agrupamentos, considerados por Cardoso (2015). Estes foram estipulados para agregar os conjuntos de grupos na organização dos diversos projetos de intervenção. Esta entidade-tipo dispõe de um atributo com o número identificativo atribuído a cada um dos conjuntos, bem como a respetiva designação. Neste caso, foi atribuída a designação “Não definido” aos documentos cartográficos considerados na análise de Cardoso (2015), uma vez que não se encontra estipulado uma designação concreta para cada um dos agrupamentos. Porém considerou-se pertinente a existência desta entidade-tipo para a inserção futura desta informação.

A entidade-tipo “Agrupamentos” armazena os conjuntos definidos por Cardoso na organização dos diversos documentos organizados pelo território. Esta entidade contém o número de identificação de cada um dos trinta e seis conjuntos assim como a designação atribuída por Cardoso (2015).

Na entidade-tipo “Sub\_agrupamento” encontram-se armazenados os grupos definidos por Cardoso na organização dos diversos documentos. Esta entidade contém o número de identificação de cada um dos cento e cinquenta e três grupos assim como a designação atribuída por Cardoso (2015).

A designação das entidades-tipo “Conjuntos”, “Agrupamentos” e “Sub\_agrupamento”, têm o objetivo de organizar os diversos documentos cartográficos no território, segundo critérios estipulados por Cardoso (2015).

As entidades-tipo “Poder\_Politico”, “Tipo\_de\_intervencao”, “Projeto”, “Conjuntos”, “Agrupamentos” e “Sub\_agrupamento”, correspondem a entidades facultativas para a BDGCH, porém considerou-se pertinente inclui-las no intuito de permitir a outros utilizadores reaproveitarem a informação e estrutura existente.

A entidade-tipo “shp\_raster” consiste numa entidade geográfica, a qual foi criada com o intuito de armazenar os limites e geometria (*shapefile*) de cada um dos documentos cartográficos. Esta entidade permite estabelecer uma conexão entre os dados espaciais e tabulares, aumentando o número de operações espaciais com a informação da BDG. Contém um atributo para a identificação da imagem (*raster*) e outro para armazenamento da sua geometria.

Tendo em conta que os documentos cartográficos se encontram georreferenciados, estes podem ser associados a limites administrativos na perspetiva de serem efetuadas operações de consulta utilizando os referidos limites. Neste sentido, foram considerados os limites administrativos de Portugal Continental antes e após a reforma dos mesmos (CAOP 2012 e 2014), correspondendo em certos casos a uniões de freguesias. Apesar destes limites não coincidirem na íntegra com os limites administrativos dos documentos cartográficos passíveis de serem inseridos na BDG. Como tal, foram criadas as entidades-tipo “Freguesia”, “Município” e “Distrito” com os respetivos códigos e designação.

As entidades-tipo “Edificado\_cluster”, “Edificado\_1950”, “Edificado\_1975”, “Fotografias\_Aereas”, “Ortofotomapas” e “Fotografias” surgem com o objetivo de permitir ao utilizador aumentar os níveis de análise da evolução do território. Estas entidades são um complemento informativo de cada documento cartográfico, permitindo ao utilizador obter uma diferente perspetiva do território, assim como comparar outro tipo de informação coincidente no espaço e no tempo. No entanto, as três últimas entidades-tipo, apenas se encontram delineadas no sentido de possibilitar a inserção da informação na BDGCH numa fase posterior.

### **3.2. Modelo Entidade-Relacionamento**

Na modelação do MER, procurou-se representar de uma forma simplificada a estrutura fundamental da BDGCH através do DER. Constituindo assim, uma representação de como são compreendidas as entidades com os atributos que as definem, bem como os relacionamentos entre elas e a correspondente cardinalidade.

A ilustração 13 apresenta de forma sistemática a estrutura da BDGCH através do DER, com recurso ao *software Microsoft Office Visio 2013*, onde se encontram representadas as diversas entidades, atributos e relacionamentos que o compõe.

Sendo assim, a entidade-tipo referente aos documentos cartográficos estabelece grande parte dos relacionamentos entre as diversas entidades do DER. Ou seja, cada documento cartográfico:

- possui um autor, seja este uma pessoa singular ou entidade;
- contém uma escala;
- está contido num determinado projeto;
- corresponde a um tipo de intervenção definida por Cardoso (2015);

- pode ser atribuído uma tipologia de documento, identificado ou não no próprio documento cartográfico;
- foi aprovado durante uma presidência;
- possui um arquivo associado;
- é igual a cada um dos polígonos correspondentes aos *rasters* dos documentos cartográficos;
- tem associado um subagrupamento correspondente aos grupos definidos por Cardoso.

Por sua vez, cada subagrupamento encontra-se contido num agrupamento. Cada agrupamento encontra-se contido num conjunto.

Por outro lado, cada autor e arquivo possuem um ou vários documentos cartográficos. Cada escala e projeto contêm um ou muitos documentos cartográficos. Cada tipologia de intervenção tem correspondência com um ou mais documentos cartográficos. Cada tipologia pode ser atribuída a um ou diversos documentos cartográficos. Em cada presidência podem ter sido aprovados um ou vários documentos cartográficos. Cada polígono é igual a um documento cartográfico. Cada subagrupamento pode ter um ou muitos documentos cartográficos.

No que se refere aos agrupamentos, estes contêm um ou mais subagrupamentos e por sua vez, os conjuntos contêm um ou vários agrupamentos.

Cada polígono *raster* (“*shp\_raster*”) sobrepõe uma ou muitas freguesias, fotografias aéreas, ortofotomapas, edifícios. No entanto uma ou muitas freguesias, fotografias aéreas, ortofotomapas, edifícios, encontram-se sobrepostos num ou mais polígonos *raster*.

### 3.3. Modelo Relacional

O MR surge da transformação do modelo entidade-relacionamento no modelo relacional, tendo por base a representação do DER, apresentado na ilustração 13, com as respetivas cardinalidades para cada um dos relacionamentos entre entidades-tipo.

Partindo da premissa que o MR tem como característica minimizar a redundância da informação inserida na BDG, os dados encontram-se relacionados entre si.

No decorrer do processo de transição procedeu-se à normalização, recorrendo-se para isso às três primeiras formas normais. Neste processo, o MER da BDGCH não sofreu alterações significativas, uma vez que ao longo de todo o processo de modelação da BDG foram tidos em

conta os princípios da normalização. Sendo que neste caso concreto procedeu-se à aplicação até à Terceira Forma Normal.

Perante isto, cada entidade-tipo representada no DER da BDGCH, converte-se em tabela e os seus atributos em colunas. Para além disso, teve-se em consideração os atributos chave (chave primária e chave estrangeira), uma vez que permitem definir os diversos relacionamentos entre as diferentes entidades, ou seja, a transformação do MER para o MR com a respetiva cardinalidade dos relacionamentos entre as diversas entidades. Nos relacionamentos com cardinalidades 1:M representados no DER, as chaves-primárias das entidades-tipo com menor cardinalidade encontram-se representadas nas entidades-tipo com maior cardinalidade como chave estrangeira, permitindo estabelecer a conexão entre os dados contribuindo para uma maior eficácia na consulta e visualização dos dados e reduzindo/eliminando possíveis redundâncias existentes. Por sua vez, os relacionamentos com cardinalidade M:N representados no DER deram origem a uma nova tabela com as respetivas chaves-primárias das entidades-tipo relacionadas.



### 3.5. Implementação no SGBD

Após o MR definido e normalizado procedeu-se à sua implementação e inserção de dados num sistema de gestão de base de dados (SGBD), através do *software Microsoft Office Access 2003*. A escolha desta versão do *software* deveu-se ao facto das versões posteriores não possuírem a extensão *.mdb*, a qual é a mais indicada para conectar com o *ArcGis*, possibilitando também uma conexão direta a este. A partir da versão do *Microsoft Office Access 2007* a extensão *.mdb* foi retirada, tendo sido substituída pela extensão *.accdb*, que não é reconhecida por padrão pelo *ArcGis*.

Numa fase posterior exportou-se a base de dados geográfica implementada no *Microsoft Office Access* para o *software PostgreSQL 9.4.1*, com o intuito de se aceder aos dados geográficos e posteriormente se conectar a base de dados geográfica ao *software ArcGis 10.1*. Recorrendo à extensão espacial *PostGIS* do *PostgreSQL*, procedeu-se à importação das entidades geográficas, ou seja, a *shapefile* correspondente aos limites de cada um dos documentos cartográficos georreferenciados, das *shapefiles* dos limites administrativos (CAOP 2012 e 2014), edificado, dos polígonos correspondentes aos documentos cartográficos e das fotografias aéreas. Permitindo assim, a associação dos dados tabulares, referentes a cada um dos documentos cartográficos georreferenciados com os dados geográficos.

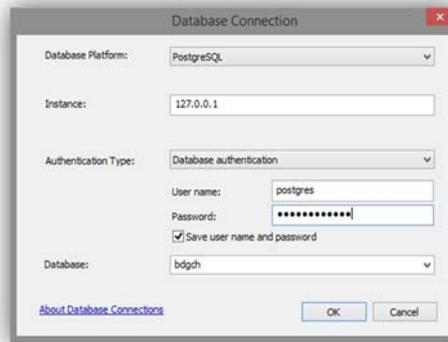
A implementação da BDG no *PostgreSQL*, tem como objetivo possibilitar a consulta da diversa informação inserida num *software* SIG, nomeadamente no *ArcGis* e *Quantum GIS*.

### 3.6. Operacionalização da BDGCH

A operacionalização da BDGCH no *ArcGis* tornou-se possível após a implementação da mesma no SGBD *PostgreSQL*, pois permitiu estabelecer a ligação das entidades-tipo dados tabulares com as espaciais, ampliando as consultas passíveis de serem realizadas. Para tal, tornou-se necessário ativar a conexão da BDGCH proveniente do *PostgreSQL*, no *ArcGis*, como se pode observar na ilustração 14. A conexão da BDGCH no *ArcGis*, permite o acesso à informação através de consultas (*queries*) recorrendo à linguagem de consulta SQL.

O SQL consiste numa sequência de comandos, nomeadamente de conexão, inserção, atualização, eliminação e consulta dos dados, permitindo ao utilizador manipular a informação

que pretende visualizar e que considere pertinente para as suas análises.



*Ilustração 14 – Conexão no ArcGis da BDGCH implementada no PostgreSQL.*

Tendo em conta a informação existente na BDGCH, algumas das consultas passíveis de serem realizadas são:

- Qual dos documentos cartográficos pertence o raster com o nome X?
- Quais os documentos cartográficos que contêm a palavra X no título?
- Quais os documentos cartográficos que têm escala X?
- Quais os documentos cartográficos com o id do utilizador X?
- Quais os documentos cartográficos que foram aprovados no decorrer da presidência de X?
- Quais os documentos cartográficos com o arquivo X?
- Quais os documentos cartográficos que foram aprovados num período de tempo de X anos?
- Quais os documentos cartográficos que foram aprovados no projeto X?
- Quais os documentos cartográficos com o tipo de intervenção X?
- Quais os documentos cartográficos que se encontram no subagrupamento X?
- Quais os documentos cartográficos que se encontram no agrupamento X?
- Quais os documentos cartográficos que se encontram no conjunto X?
- Quais os documentos cartográficos que se encontram na freguesia X, segundo a CAOP 2012 ou 2014?
- Quais os documentos cartográficos que se encontram no município X, segundo a CAOP 2012 ou 2014?
- Quais os documentos cartográficos que se encontram no distrito X, segundo a

CAOP 2012 ou 2014?

A BDGCH encontra-se delineada para responder às questões acima mencionadas, assim como a outras questões semelhantes considerando a informação disponível na mesma. Permitindo assim, o acesso à informação considerada mais relevante, com vista a contribuir para o estudo e compreensão das dinâmicas territoriais.

Na BDGCH, para além da informação referente aos documentos cartográficos, encontram-se armazenadas fotografias aéreas (de 1938 a 1940 e de 1991) coincidentes com os mesmos inseridos na BDGCH. Possibilitando assim, a sua consulta e sobreposição recorrendo à transparência, com vista a se proceder a análises comparativas dos mesmos.

Encontram-se ainda armazenados dados alusivos ao edificado à subsecção, antes de 1919 a 2011, informação do edificado à subsecção para os anos 1950, 1975 e 2000. Esta informação coincide com o período temporal dos documentos cartográficos, visando contribuir para uma melhor compreensão do território, possibilitando analisar comparativamente a diversa informação disponível, aumentando assim os níveis de detalhe da análise.

Apesar da BDGCH se encontrar delineada para armazenar ortofotomapas e fotografias, estas não foram inseridas derivado à informação não ter sido disponibilizada. Porém, a inserção de diferentes tipologias de informação temporal do território, constitui um importante contributo para o estudo do mesmo, assim como permite obter projeções futuras com base em informações passadas.

Com a utilização da linguagem de consulta *SQL* podem ser obtidas variadíssimas operações entre a diversa informação existente na BDGCH, ampliando os níveis de análise do território. Desde a visualização de um ou diversos documentos cartográficos, de forma isolada ou em conjunto com outro tipo de informação. A inserção de dados mais atuais permite alargar a escala de análise da informação até aos dias de hoje, podendo constituir um importante contributo para o planeamento, uma vez que disponibiliza ao mesmo tempo uma visão do território no passado e atualmente.

A consulta da informação da BDGCH no *ArcGis* pode ser realizada através da criação de camadas (*layers*) de consulta, recorrendo às ferramentas *New Query Layer*, *Make Query Layer* ou *Make Query Table*. Estas permitem aceder aos dados e visualização dos resultados, sendo possível obter respostas às questões inicialmente propostas, assim como outras consideradas pertinentes.

Com a utilização das camadas de consulta o resultado dá origem a uma tabela, caso em que

Os SIG e a Cartografia Histórica Urbana a consulta compreende apenas as entidades-tipo tabulares. Por outro lado, se a consulta compreender os dados tabulares associados aos espaciais, é originada uma *shapefile* com uma tabela de atributos e a informação resultante da consulta, como por exemplo a visualização gráfica dos limites de cada um dos documentos cartográficos consultados, armazenado na *shapefile* “*shp\_raster*” ou ainda de outra informação espacial. Porém, este processo implica a posterior inserção dos documentos cartográficos, em formato *raster*, no *ArcMap* possibilitando assim a análise dos mesmos e da informação associada a cada um destes.

Um exemplo de consulta à informação existente na BDGCH, através da ferramenta *Make Query Layer*, consiste na elaboração da *query* de seleção de todos os documentos cartográficos inseridos na BDGCH e da representação vetorial, visível na ilustração 15.

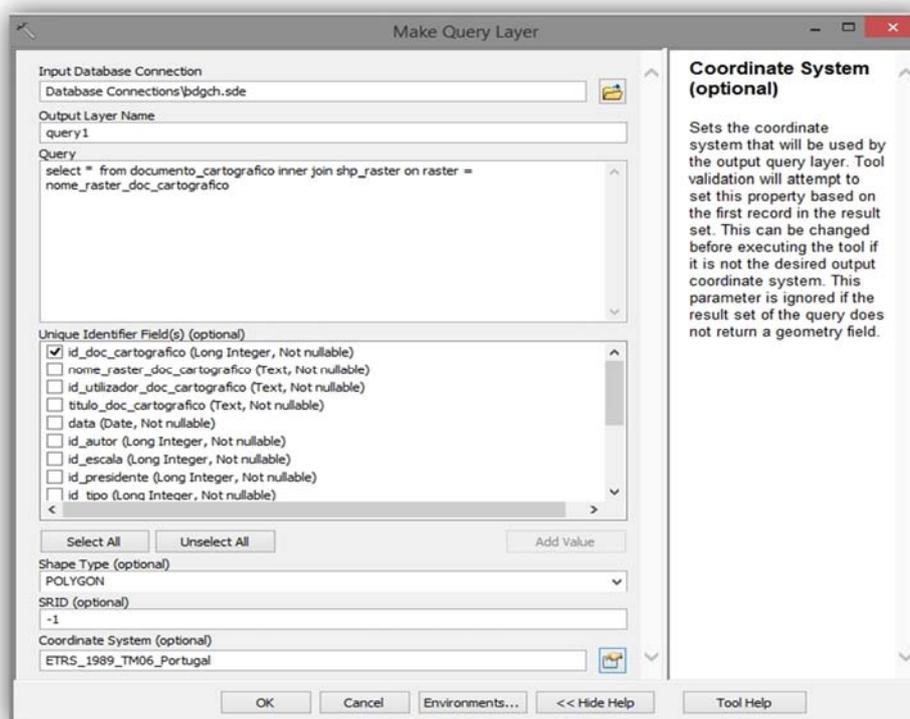


Ilustração 15 – Consulta de todos os documentos cartográficos armazenados na BDGCH.

Como resultado da consulta, dispõe-se de uma representação gráfica e informação tabular referente a cada um dos documentos cartográficos, como se observa na ilustração 16. Posteriormente, procede-se à identificação dos documentos cartográficos resultantes da consulta, sendo possível a sua inserção no projeto do *ArcMap*, visível na ilustração 17.

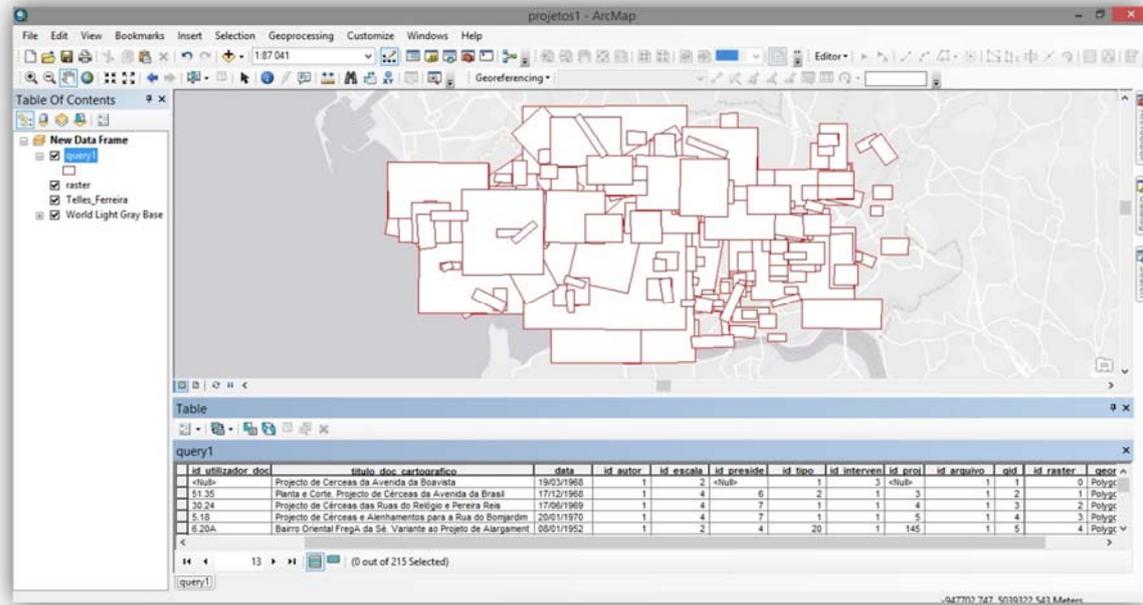


Ilustração 16 – Resultado da consulta de todos os documentos cartográficos armazenados na BDGCH.

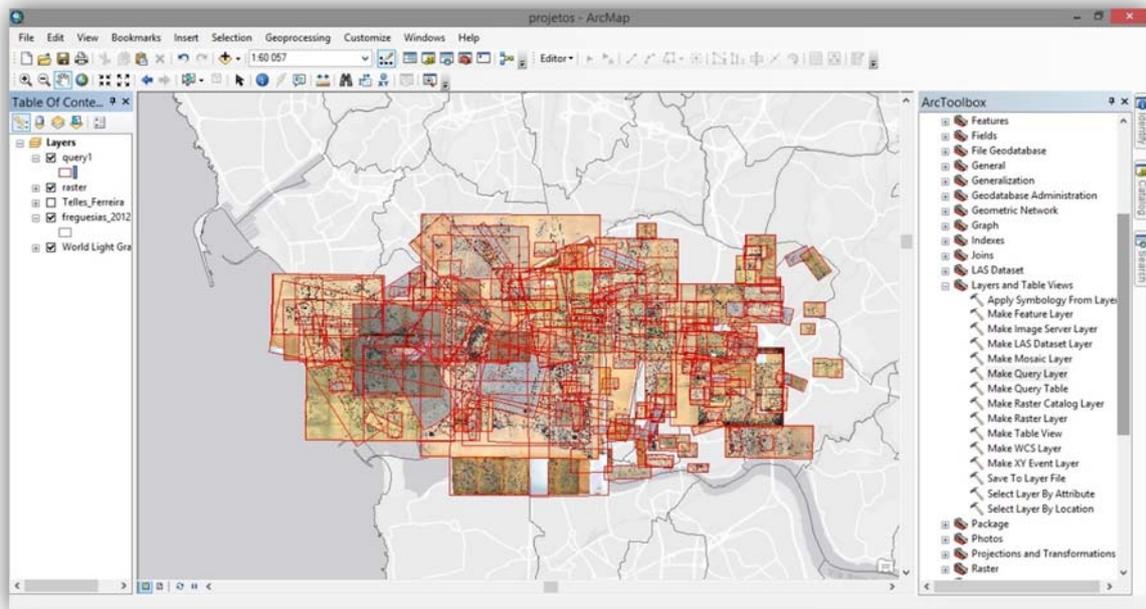


Ilustração 17 – As imagens dos documentos cartográficos resultantes da consulta a todos os documentos armazenados na BDGCH.

Com base nos resultados obtidos na consulta, podem ser realizadas diversas operações recorrendo às ferramentas disponíveis no *ArcGis*, tal como, a seleção de determinados dados de entre os obtidos, através de *Select By Attributes* que consiste numa operação *SQL*.

Este processo de elaboração da consulta pressupõe que o utilizador dispõe de conhecimentos básicos quer de manipulação do *ArcGis* quer de linguagem *SQL*, uma vez que a consulta necessita de ser realizada através de comandos *SQL* e numa fase posterior a inserção dos documentos cartográficos em formato *raster* no *ArcMap* para a sua visualização e análise em conjunto com a restante informação resultante da consulta.

A consulta representada na ilustração 18 teve por base a pesquisa dos documentos cartográficos que no seu título contêm a palavra “Boavista”, além disso foi acrescentado que para cada um dos documentos cartográficos seja exibida a informação referente à sua escala e tipologia.

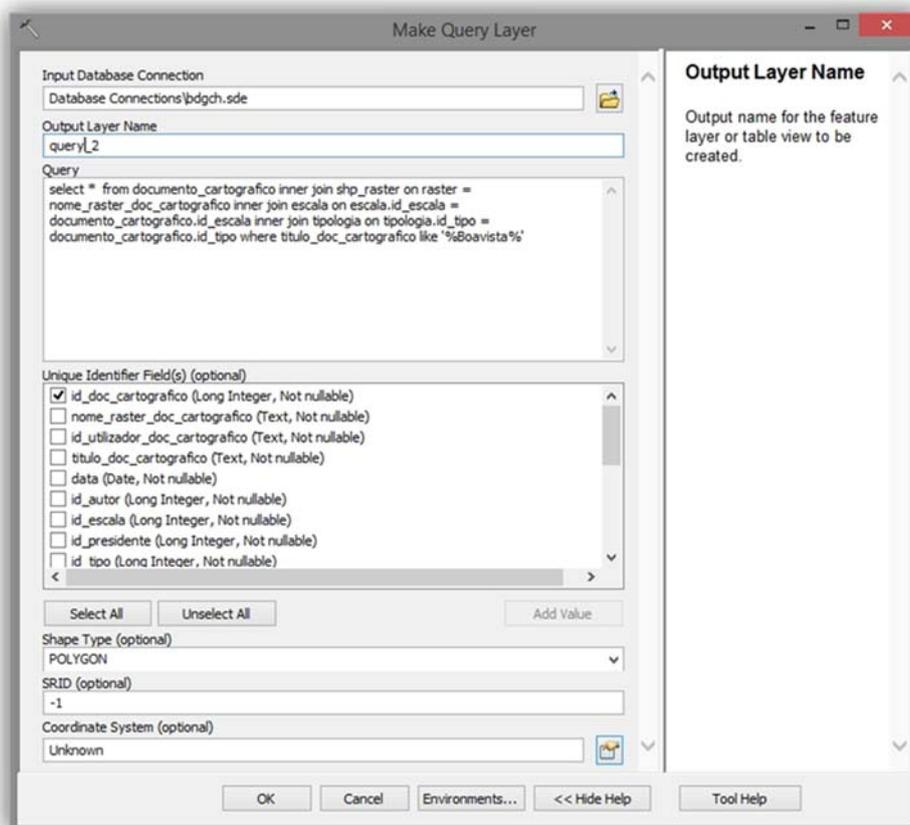


Ilustração 18 – Consulta de todos os documentos cartográficos que no seu título contêm a palavra “Boavista”, armazenados na BDGCH.

Na ilustração 19 encontra-se representado o resultado da consulta, na qual se obtiveram nove documentos cartográficos com a palavra “Boavista”, como se pode observar na tabela de atributos da *shapefile* na coluna com a informação do título. Na tabela de atributos, visível na ilustração 19, dispõe-se de informação relativa ao nome do *raster* que corresponde a cada um dos documentos cartográficos, a data identificada nos mesmos, a escala (1:500, 1:1000, 1:2000), e a tipologia do documento (Planta Cadastral, Planta, Planta de Localização, Planta Geral, Não Definido).

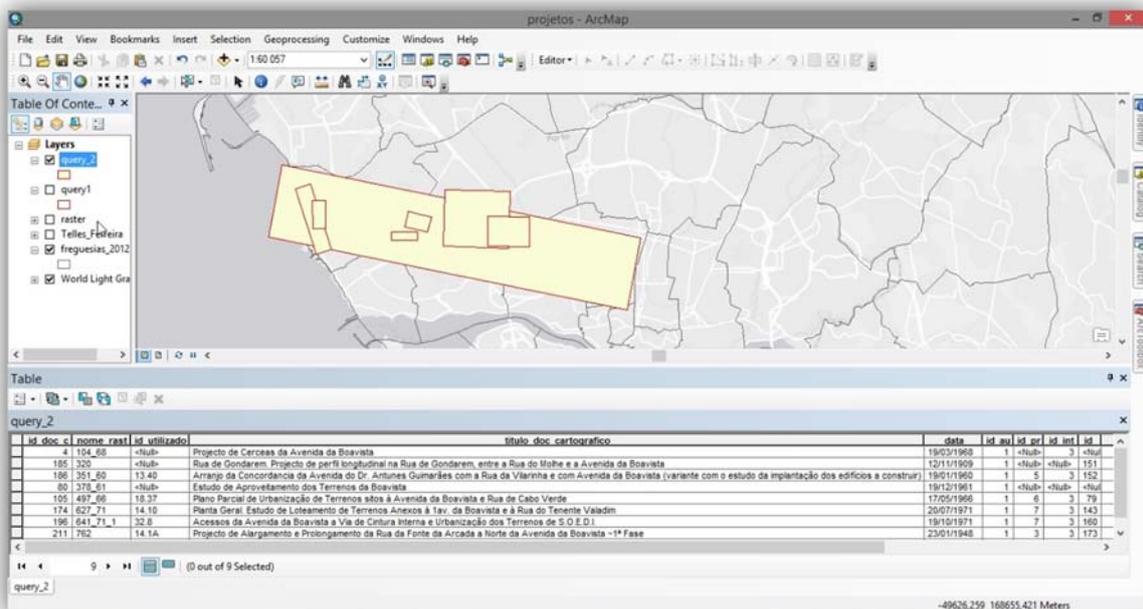


Ilustração 19 – Resultado da consulta de todos os documentos cartográficos que no seu título contém a palavra “Boavista”, armazenados na BDGCH.

Dispondo da identificação do nome dos *rasters*, torna-se possível inserir os documentos cartográficos com o intuito de se proceder a uma análise em associação com os dados obtidos pela consulta, como se encontra exemplificado na ilustração 20.

Uma análise passível de ser realizada consiste na aplicação de transparência de alguns dos *rasters* no sentido de se elaborar uma análise comparativa entre estes, tendo em conta a data. Recorrendo à aplicação de uma percentagem de transparência nos documentos cartográficos existe a possibilidade de analisar as alterações ao longo do tempo, como se pode observar na ilustração 21.

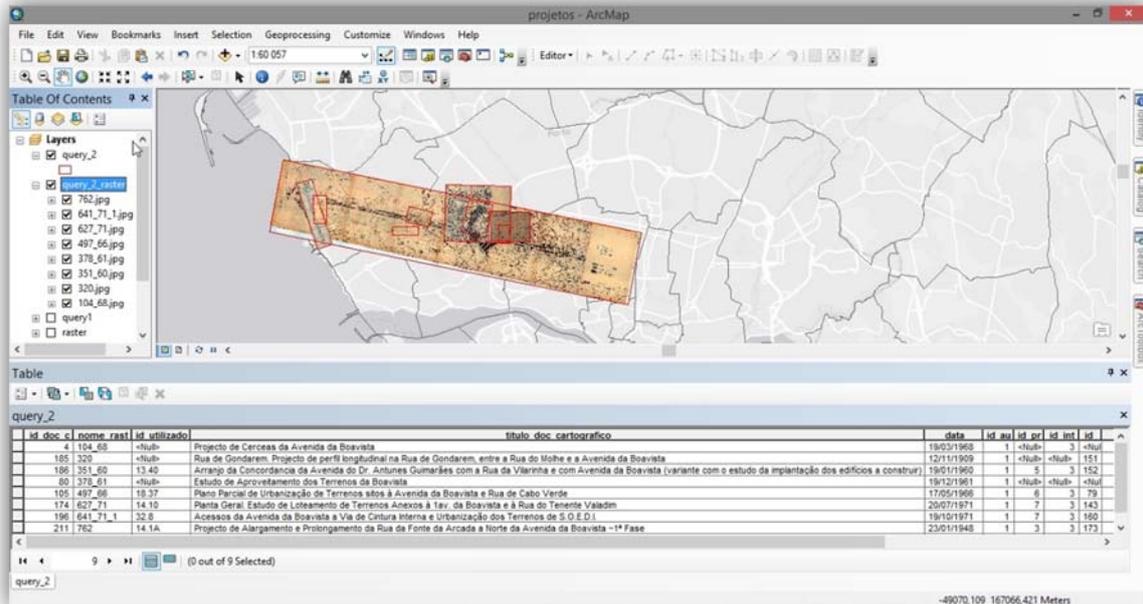


Ilustração 20 – Os documentos cartográficos resultantes da consulta que no seu título contém a palavra “Boavista”, armazenados na BDGCH.

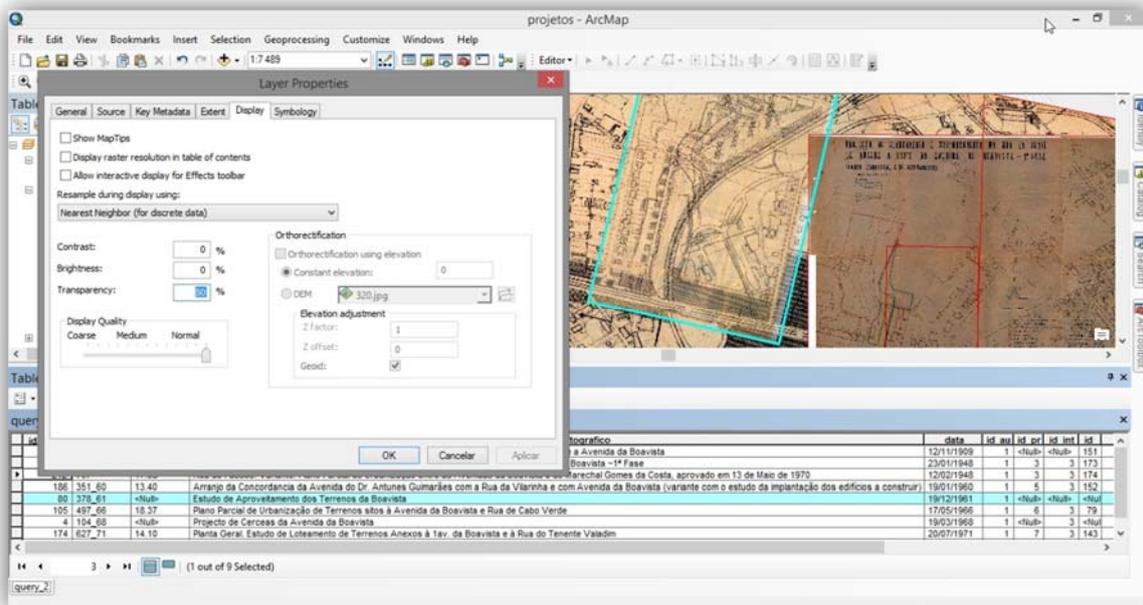


Ilustração 21 – Aplicação de transparência nos documentos cartográficos resultantes da consulta que no seu título contém a palavra “Boavista”, armazenados na BDGCH.

Os processos acima exemplificados permitem a obtenção de respostas às diversas questões possíveis de serem formuladas tendo em consideração a informação existente na BDGCH. Sendo assim, através de consultas à base de dados geográfica pode-se obter informação dos documentos cartográficos tendo em conta um determinado período de tempo, a escala, o autor, o arquivo, a tipologia e num determinado limite administrativo. Assim como, selecionar os documentos cartográficos que correspondem a um determinado tipo de intervenção, subagrupamentos, agrupamento ou conjuntos, com base nos critérios estabelecidos por Cardoso (2015).

A consulta da informação referente aos documentos cartográficos com base nos limites administrativos permite a visualização da sua localização no território. Tendo em conta que a BDGCH tem como objetivo primordial aglutinar informação referente a documentos cartográficos a nível nacional, a inserção da informação dos limites administrativos, permite a pesquisa dos mesmos tendo como critério uma determinada freguesia, município ou distrito. Possibilitando que o utilizador filtre pela área de estudo a sua consulta à base de dados geográfica.

Na ilustração 22, procedeu-se à elaboração de uma consulta à BDGCH na qual se selecionaram todos os documentos cartográficos que se encontram na freguesia da Sé do município do Porto e distrito do Porto (CAOP 2012).

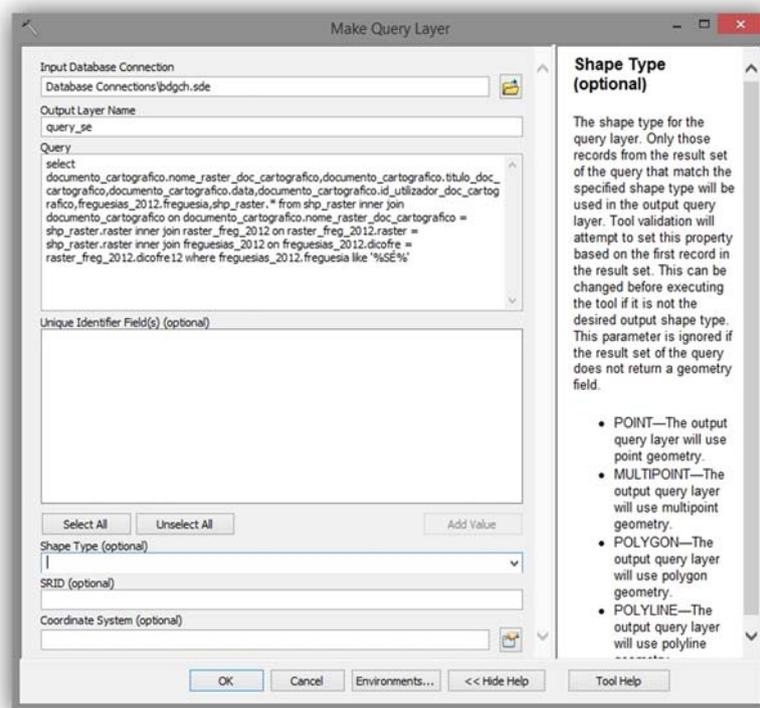


Ilustração 22 – Seleção de todos os documentos cartográficos que se encontram na freguesia da Sé do município do Porto e distrito do Porto (CAOP 2012).

## Os SIG e a Cartografia Histórica Urbana

Como se pode observar na tabela de atributos do resultado da consulta, na ilustração 23, todos os documentos cartográficos encontram-se na freguesia da Sé, porém na visualização gráfica constata-se que estes também se encontram em outras freguesias limites desta. Permitindo proceder a um enquadramento geográfico de cada um dos documentos cartográficos.

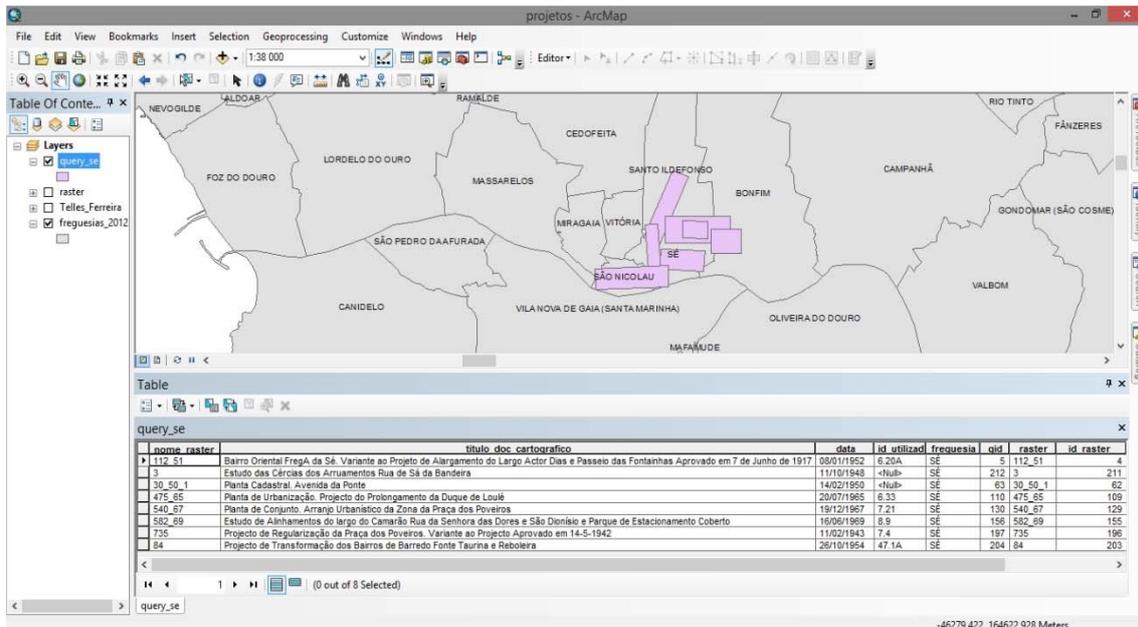


Ilustração 23 – Resultado da seleção de todos os documentos cartográficos que se encontram na freguesia da Sé do município do Porto e distrito do Porto (CAOP 2012).

Por sua vez, na ilustração 24, assim como nos exemplos referidos acima, através da consulta à tabela de atributos do resultado da consulta dispõe-se da identificação do nome dos *rasters*, proporcionando a inserção dos documentos cartográficos correspondentes, no sentido de se proceder a uma análise em associação com os dados obtidos pela consulta. Possibilitando a aplicação de uma percentagem de transparência de alguns dos *rasters* no sentido de se elaborar uma análise comparativa.

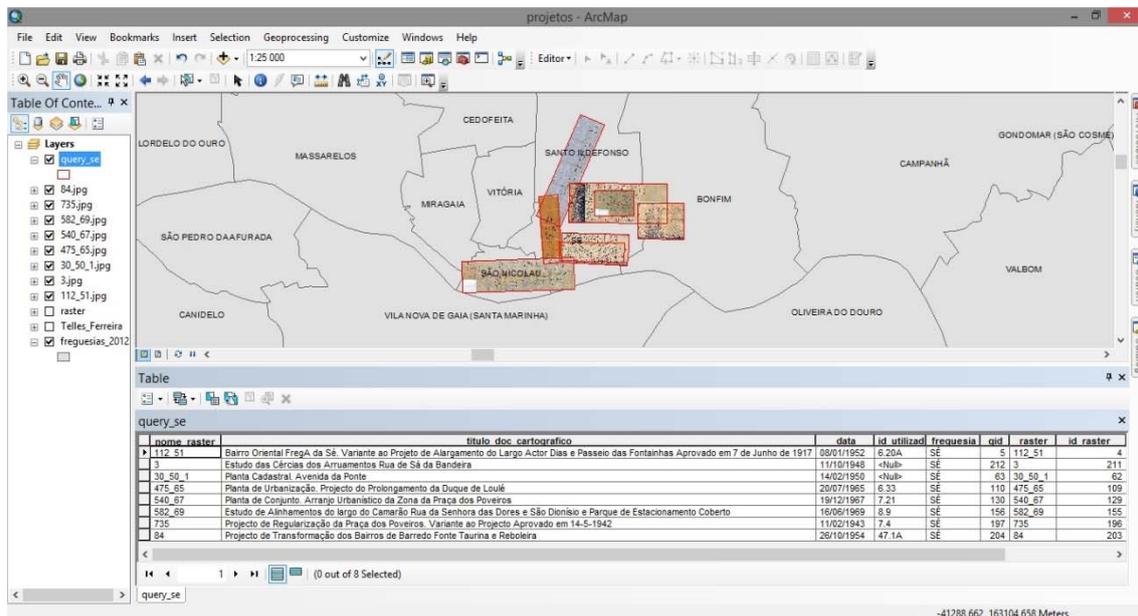
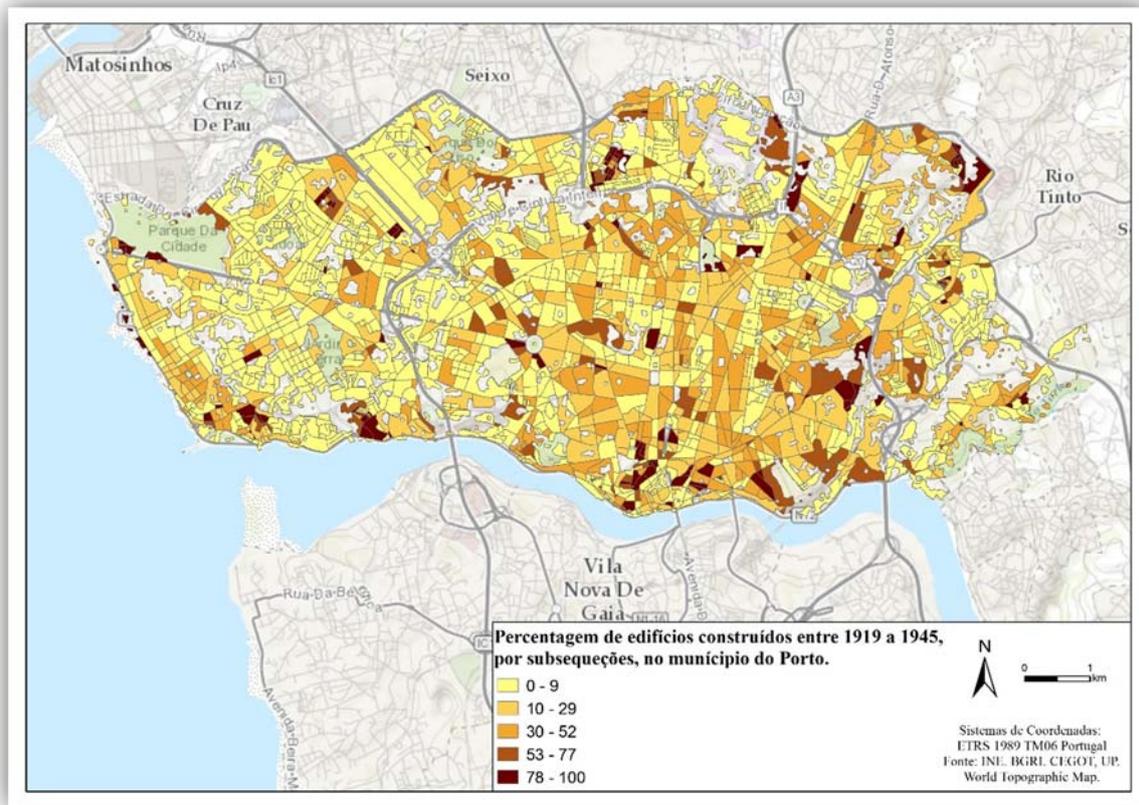


Ilustração 24 – Os documentos cartográficos resultantes da Seleção de todos os documentos cartográficos que se encontram na freguesia da Sé do município do Porto e distrito do Porto (CAOP 2012).

Considerou-se pertinente a inserção dos dados referentes aos limites administrativos atuais, permitindo compreender as potencialidades deste tipo de informação para o estudo do território e dos documentos cartográficos. Porém, a inserção de informação dos limites administrativos coincidente com o período de tempo dos documentos cartográficos permite complementar ainda mais a análise do território. Contudo, uma vez que se encontram armazenados na BDGCH dados que vêm até à atualidade, estes possibilitam uma análise do território até aos dias de hoje.

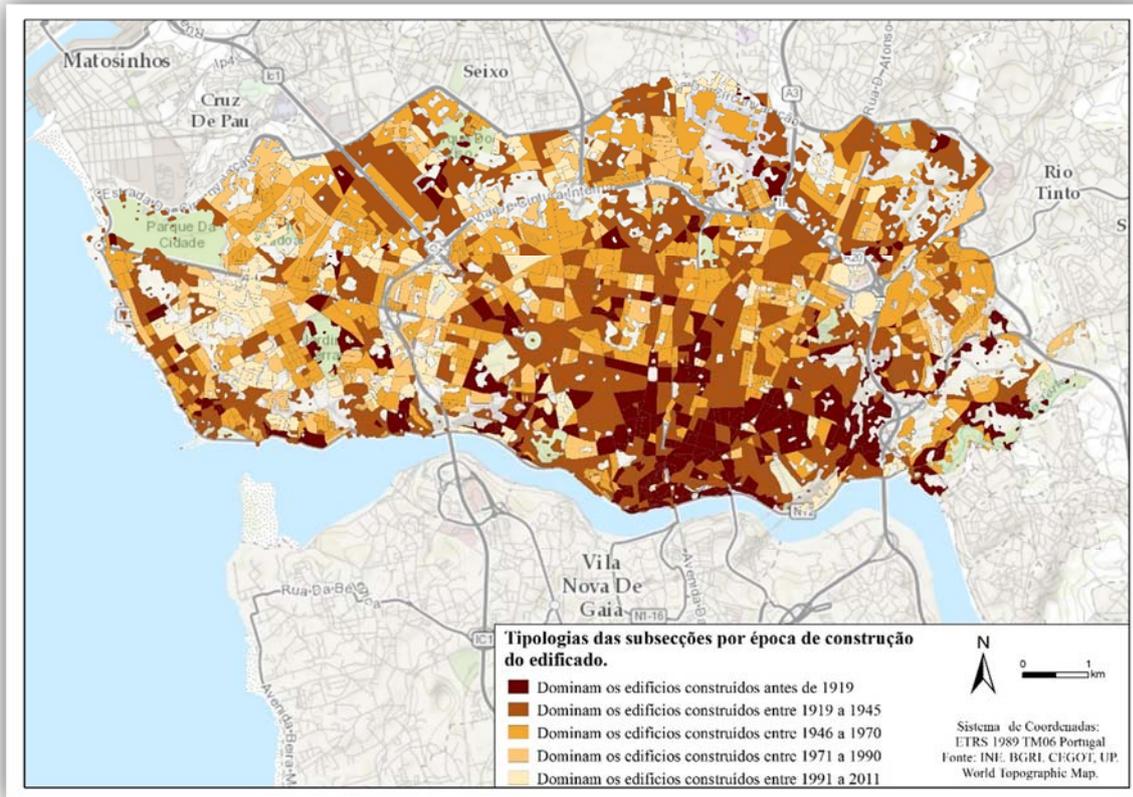
Na BDGCH encontra-se armazenada informação relativa ao edificado por época de construção à subsecção, antes de 1919 a 2011, para o município do Porto. Sendo que existiu a necessidade de um tratamento prévio da diversa informação, com o intuito de possibilitar análises referentes à percentagem de edifícios construídos, assim como do predomínio destes por época de construção, à subsecção.

No mapa 1, encontra-se representada a percentagem de edifícios contruídos entre 1919 e 1945, por subsecção, no município do Porto. Na BDGCH encontra-se ainda disponível informação relativa à percentagem de edifícios contruídos à subsecção, no município do Porto, para os períodos de tempo de antes de 1919, entre 1946 e 1970, entre 1971 a 1990 e entre 1991 a 2011. A inserção deste tipo de informação visa permitir a análise da mesma, assim como complementar e contribuir para o estudo da evolução do território.



Mapa 1 – Percentagem de edifícios construídos à subsecção, entre 1919 e 1945, no município do Porto.

Por sua vez no mapa 2, encontra-se representado o predomínio de edifícios por época de construção, à subsecção no município do Porto, tendo por base a abordagem adotada por Magalhães (2014) (no tratamento da informação referente ao edificado à subsecção das cidades de Matosinhos, Guimarães, Viana do Castelo e Celorico de Basto). Sendo que esta informação requereu um tratamento prévio através do processo de análise multivariada (*clusters*) no *software* SPSS. Permitindo assim, uma análise abrangente da evolução da construção dos edifícios no município do Porto, sendo possível observar o predomínio de edifícios construídos antes de 1919 até 2011, proporcionando uma leitura da evolução do edificado.



Mapa 2 – Classificação por época de construção do edificado, à subsecção, no município do Porto.

Este tipo de informação contribui para um outro nível de análise da evolução do território, uma vez que a informação representada detém o mesmo período de tempo que os documentos cartográficos inseridos na BDGCH. Permitindo assim, analisar a existência de alterações entre o que se encontra delineado nos projetos de intervenção e os edifícios construídos para cada classe temporal.

A consulta da informação referente ao edificado pode ser realizada seguindo a mesma metodologia de pesquisa referida nos exemplos de consulta mencionados anteriormente, através das ferramentas de consulta *New Query Layer* ou *Make Query Layer*. Esta pode ser realizada na obtenção dos dados referentes a todo o município do Porto ou com aplicação de filtros de pesquisa por uma ou diversas freguesias do mesmo município.

A ilustração 25 consiste numa exemplificação da sobreposição de um documento cartográfico (*raster 373\_61*), com 40% de transparência definida, sobre a consulta realizada ao predomínio de edifícios construídos antes de 1919 a 2011.

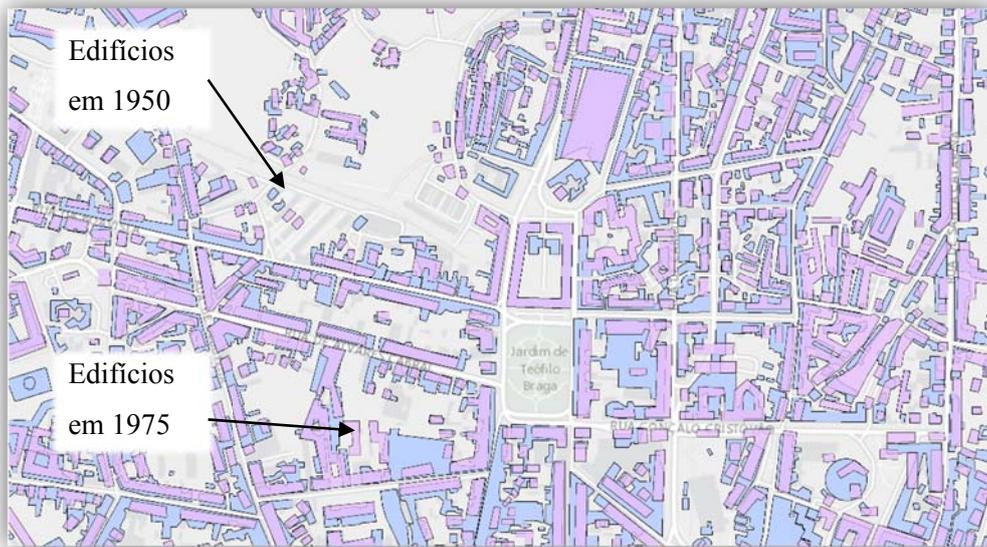


*Ilustração 25 – Sobreposição de um documento cartográfico (com aplicação de transparência) com edifício construído antes de 1919 a 1980.*

A disponibilização deste tipo de informação possibilita inúmeras análises, ou seja, uma análise da informação referente ao edificado e estudo da sua evolução até aos dias de hoje, ou uma análise comparativa com os projetos de intervenção para a cidade do Porto disponíveis na BDGCH, isto, coloca ao dispor do utilizador uma outra perspetiva do território e da sua evolução.

A inserção de dados referentes ao edificado de 1950 e 1975 tem o intuito de permitir uma análise do traçado dos edifícios em comparação com o delineado nos documentos cartográficos, ou seja, se estes correspondem ao que existe em concreto no território. Assim como, a análise das alterações ou não do edificado de 1950 a 1975.

A ilustração 26 constitui uma ampliação de uma área em que se encontra representada a sobreposição do edificado de 1950 e 1975, no qual se pode verificar as diversas alterações dos edifícios de 1950 a 1975, permitindo a análise da dinâmica territorial.



*Ilustração 26 – Sobreposição do edificado de 1950 e 1975.*

Para além de diversa informação acima descrita, encontra-se ainda armazenada na BDGCH informação referente a fotografias aéreas para o município do Porto, entre 1939 a 1940 (ilustração 27) e de 1991 (ilustração 28). Permitindo adicionar mais um nível de análise do território, assim como criar um complemento no estudo da informação e dos documentos cartográficos armazenados.



*Ilustração 27 – Fotografias aéreas do município do Porto (1939-1940).*



*Ilustração 28 – Fotografias aéreas do município do Porto (1991).*

Considerando alguns dos processos de consulta acima explicitados, constata-se que o método de consulta da diversa informação armazenada na BDGCH requer do utilizador não só conhecimento no manuseamento do *software* SIG, neste caso concreto o *ArcGis*, como também o domínio da linguagem de consulta *SQL*. Assim sendo, torna-se inibidor a utilização da BDGCH por utilizadores que não cumpram estes requisitos. Surge assim a necessidade de criar uma interface de pesquisa que auxilie e proporcione o acesso à informação armazenada de uma forma fácil e rápida.

## Capítulo 4 – Interface de pesquisa no *ArcGis*

Ao longo deste capítulo pretende-se abordar de uma forma sucinta todo o processo inerente ao desenvolvimento da interface de pesquisa no *ArcGis*, a qual visa ampliar o leque de possíveis utilizadores da BDGCH.

### 4.1. *Toolbox ArcGis*

A criação de uma interface de pesquisa, com o intuito de aceder à diversa informação inserida na BDGCH, vai de encontro ao objetivo de permitir o acesso da mesma de forma rápida e simplificada. Assim como, possibilitar aos utilizadores que não disponham de conhecimentos de manipulação do *ArcMap* e/ou linguagem *SQL* tenham acesso à diversa informação disponível na mesma.

Assim sendo, procedeu-se à criação de uma ferramenta de pesquisa (*Toolbox*) no *ArcMap* designada de *BDGCH\_consulta* (ilustração 29), na qual se desenvolveu um *script* com recurso à linguagem de programação *python* através do acesso às diversas ferramentas de geoprocessamento existentes no *ArcGis* e à biblioteca *ArcPy*.



Ilustração 29 – *Toolbox* “*BDGCH\_consulta*”.

O *Python* é uma linguagem de programação de alto nível, *open-source*, criada por Guido Van Rossum nos finais de 1980, lançada no mercado em 1991 e a linguagem nativa do *ArcGis*. Tendo sido integrada pela primeira vez no *ArcGis* 9.0, tornou-se desde então a linguagem mais utilizada nos processos de geoprocessamento.

A linguagem *python* é considerada uma linguagem interpretada, de aprendizagem e manipulação acessível, orientada a objetos, sintaxe simples e aplicada em diversas plataformas.

O termo *script* consiste numa automatização sequencial de tarefas, com o objetivo de permitir ao utilizador a execução de processos de uma forma rápida e simples, que de outro modo poderia traduzir-se num processo moroso e complexo.

No *script* desenvolvido pretendeu-se automatizar os diversos processos de consulta da informação existente na BDGCH, descritos no capítulo 3. Assim sendo, teve-se em consideração a seguinte estrutura:

- conexão à BDGCH;
- definição do destino;
- consultas pré-definidas;
- consultas por critério;
- consulta por SQL.

### Conexão à BDGCH

Na primeira secção do desenvolvimento do *script* da *toolbox* “*BDGCH\_consulta*” tornou-se necessário estabelecer os parâmetros fundamentais para a conexão da base de dados geográfica implementada no *PostgreSQL*. Nesse sentido, foram consideradas duas opções de conexão da BDGCH com o *ArcGis*, como se pode observar na ilustração 30, proporcionando o acesso à consulta da informação existente na mesma. Assim sendo, o parâmetro “Conexão automática da BDGCH” pretende estabelecer a conexão à base de dados geográfica que se encontra na instância do servidor local do *PostgreSQL* (máquina local/*localhost*) com o *ArcGis* de forma automática. Por sua vez, os parâmetros “Instance”, “Username” e “Password” possibilitam a conexão à base de dados caso esta se encontre num servidor remoto ou local, desde que exista o conhecimento das credenciais de acesso, assim como da instância (nome do servidor da base de dados).

O processo de conexão acima descrito apenas se torna necessário quando o *script* da *toolbox* “*BDGCH\_consulta*” é executado pela primeira vez ou quando a conexão é eliminada.

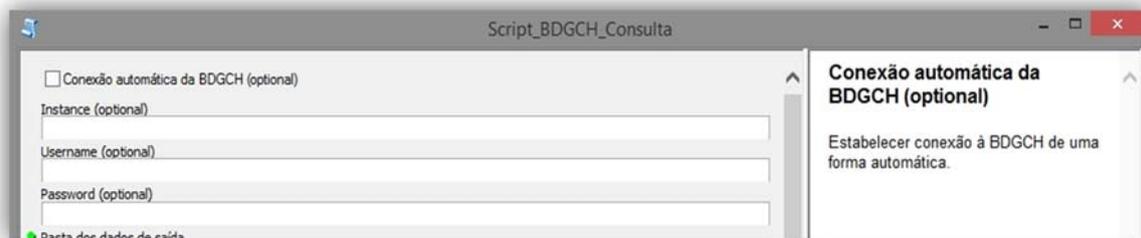


Ilustração 30 – Conexão à BDGCH.

### Definição do destino

A secção seguinte da *toolbox* possibilita ao utilizador definir a pasta recetora dos resultados da consulta à diversa informação. O parâmetro “Pasta dos dados de saída”, apresentado na ilustração 31, tem como objetivo permitir ao utilizador posteriormente aceder aos resultados das consultas, no sentido de proceder à análise e manipulação da informação. Salienta-se ainda que esta secção tem carácter obrigatório.

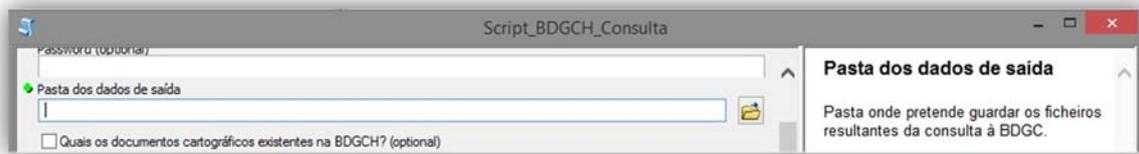


Ilustração 31 – Definição da pasta para guardar os resultados das consultas.

### Consultas pré-definidas

A terceira secção da *toolbox* é constituída por consultas pré-definidas à BDGCH, permitindo a visualização da diversa informação sem que o utilizador aplique filtros de pesquisa. O objetivo da criação de consultas pré-definidas reside no facto de permitir ao utilizador o acesso à informação de uma forma mais geral, sem requerer grande conhecimento da estrutura da BDGCH. Sendo assim, procedeu-se à criação de consultas que visam responder a questões pré-definidas, permitindo ao utilizador seleccionar as que pretende visualizar. Salienta-se ainda que as opções de consulta desta secção possuem carácter opcional.

Na primeira opção de consulta apresentada na ilustração 32, “Quais os documentos cartográficos existentes na BDGCH?” considerou-se a seleção da informação referente aos documentos cartográficos, ou seja o acesso ao id criado pelo utilizador, título do documento, nome do ficheiro *raster*, a data do documento, arquivo e escala.

Na segunda opção de consulta “Quais os documentos cartográficos existentes na BDGCH, segundo o projeto e poder político?”, presente na ilustração 32, procedeu-se à execução da seleção dos dados referentes aos documentos cartográficos, do número de projeto e respetiva designação, e informação referente ao presidente. Assim sendo, o utilizador dispõe de informação relativa ao nome do ficheiro *raster*, id criado pelo utilizador, título do documento, data, arquivo, escala, tipologia, nome do presidente, se este é ou não interino, datas do início e fim do mandato, o número e título do projeto de onde foi retirado o documento cartográfico.

Por sua vez, na opção de consulta “Quais os documentos cartográficos existentes na

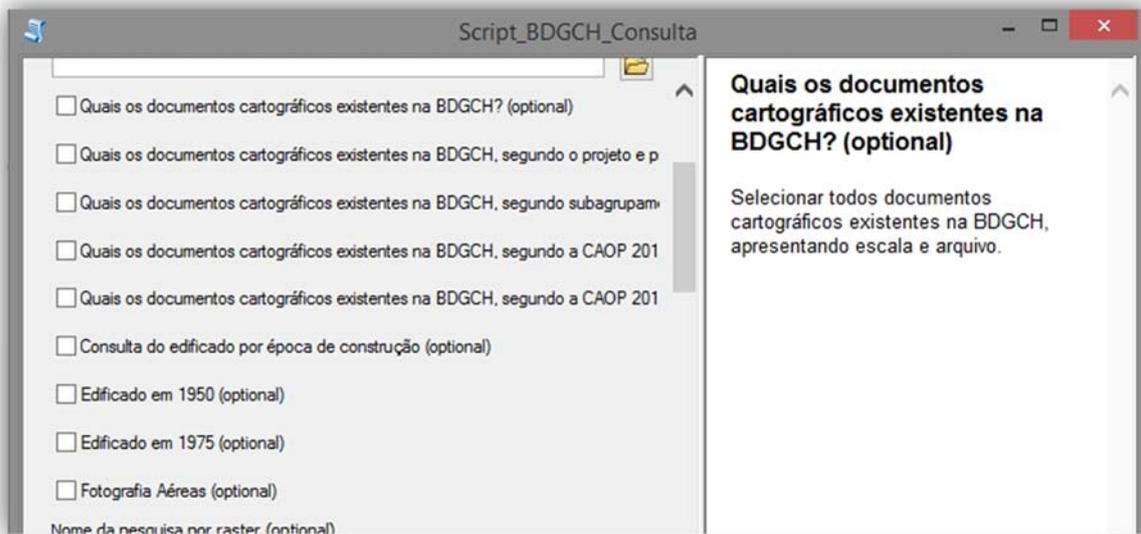
BDGCH, segundo subagrupamento, agrupamento e conjunto?”, visível na ilustração 32, estabeleceu-se a pesquisa da informação de forma semelhante à anterior. Porém, nesta o utilizador tem acesso à informação referente à organização dos documentos cartográficos no território, estabelecida por Cardoso (2015). Ou seja, o resultado da consulta contém informação referente ao nome do ficheiro *raster*, id criado pelo utilizador, título do documento, data, arquivo, escala, nome do presidente, se este é ou não interino, datas do início e fim do mandato, o número e título do projeto de onde foi retirado o documento cartográfico, o número e designação atribuída por Cardoso aos grupos (“Sub\_agrupamento”) e conjuntos (“Agrupamentos”), assim como dos agrupamentos (“Conjuntos”).

Na quarta e quinta opção de consulta “Quais os documentos cartográficos existentes na BDGCH, segundo a CAOP 2012?” e “Quais os documentos cartográficos existentes na BDGCH, segundo a CAOP 2014?”, representadas na ilustração 32, a seleção dos documentos cartográficos inseridos na BDGCH encontra-se de forma a possibilitar ao utilizador aceder à informação referente à sua localização no território, recorrendo aos limites administrativos de 2012 e 2014. Perante isto, a consulta resulta na obtenção de informação referente ao nome do ficheiro *raster*, id criado pelo utilizador, título do documento, data, freguesia, município e distrito (CAOP 2012 e 2014) em que estes se encontram sobrepostos.

Uma outra opção de consulta, apresentada na ilustração 32, possível de ser realizada consiste na “Consulta do edificado por época de construção”, a qual consta na seleção de informação referente ao edificado por época de construção, por subsecção, num período de tempo antes de 1919 a 2011. Permitindo assim, ao utilizador a oportunidade de proceder a um outro nível de análise da evolução do território, podendo esta encontrar-se sobreposta com os documentos cartográficos resultantes das consultas efetuadas.

Além, da opção de consulta anteriormente descrita encontra-se a opção de consulta ao edificado de 1950 e do edificado de 1975. Através da seleção do campo “Edificado em 1950” e “Edificado em 1975”, presentes na ilustração 32, o utilizador tem acesso e visualiza a informação referente ao edificado existente em 1950 e em 1975. Permitindo assim, um outro nível de análise do território, podendo estes se encontrarem sobrepostos com os documentos cartográficos resultantes das consultas efetuadas.

Por último, na opção de consulta da informação referente às fotografias aéreas, “Fotografias aéreas”, esta permite a visualização das fotografias aéreas armazenadas na BDGCH, para os anos de 1939/1940 e 1991.



*Ilustração 32 – Consultas pré-definidas à BDGCH.*

### **Consultas por critério**

No sentido de permitir a visualização da informação armazenada na BDGCH alusiva aos documentos cartográficos, procedeu-se à elaboração de consultas em que o utilizador tem a possibilidade de efetuar pesquisas recorrendo à aplicação de critérios. Sendo assim, esta secção dispõe da opção de consulta por nome do ficheiro *raster*, título, escala, id definido pelo utilizador, presidente, arquivo, data, projeto, tipo de intervenção, subagrupamento, agrupamento, conjunto e limites administrativos.

Como primeira opção de consulta, apresentada na ilustração 33, o utilizador tem a possibilidade de efetuar uma pesquisa à informação inerente aos documentos cartográficos inseridos na BDGCH, por nome do ficheiro *raster*. Sendo que, inicialmente no campo “Nome da consulta por *raster*” deverá ser definida a designação da consulta e, posteriormente no campo “Designação do ficheiro *raster*” deve ser definido o nome do ficheiro *raster* que se pretende obter a informação. Assim sendo, como resultado da consulta, o utilizador dispõe da informação relativa ao nome do ficheiro *raster*, título, data, valor da escala e tipologia.

A segunda opção de consulta desta secção, apresentada na ilustração 33, consiste na pesquisa da informação referente aos documentos cartográficos por palavras presentes no título. Há semelhança com a consulta anterior, no primeiro campo “Nome da consulta por título” para o

processo de pesquisa por título deverá ser definido o nome da consulta e, posteriormente no campo “Palavra/s em título” deverá ser escrita a palavra ou palavras existentes no título que se pretende obter informação. Ou seja, como resultado da consulta de todos os documentos que contenham determinada palavra no título, dispõe-se da informação alusiva ao nome do ficheiro *raster*, id definido pelo utilizador que inseriu a informação, título, data, valor da escala e tipologia.

Pensando na possibilidade do utilizador poder consultar os documentos cartográficos a partir da seleção dos mesmos com uma determinada escala, procedeu-se à construção da terceira opção de consulta. Sendo assim, inicialmente no campo “Nome da consulta por escala” deverá ser definida a designação da consulta e, posteriormente no campo “Valor da escala” deverá ser definido o valor da escala pelo qual deve ser procedida a seleção dos documentos cartográficos, apresentada na ilustração 33. Como resultado da consulta, o utilizador tem acesso à informação relativa aos documentos cartográficos com determinada escala, ou seja, do nome do ficheiro *raster*, id definido pelo utilizador que inseriu a informação, título, data, valor da escala e tipologia.

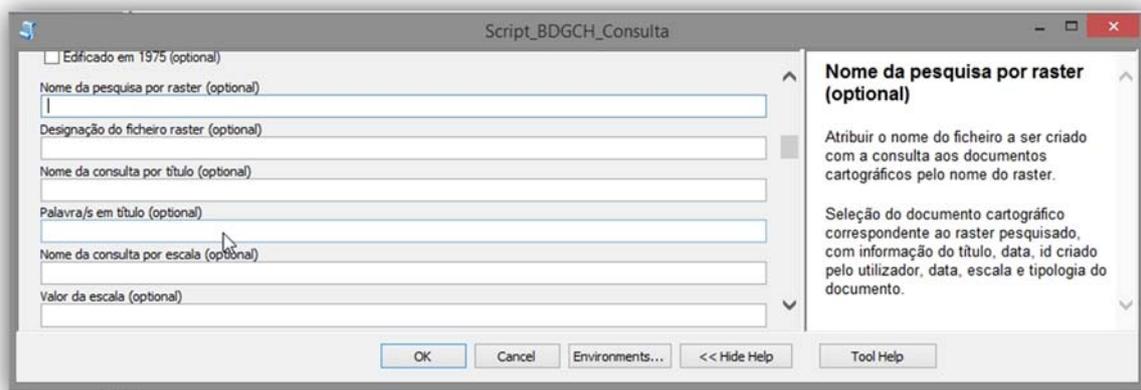


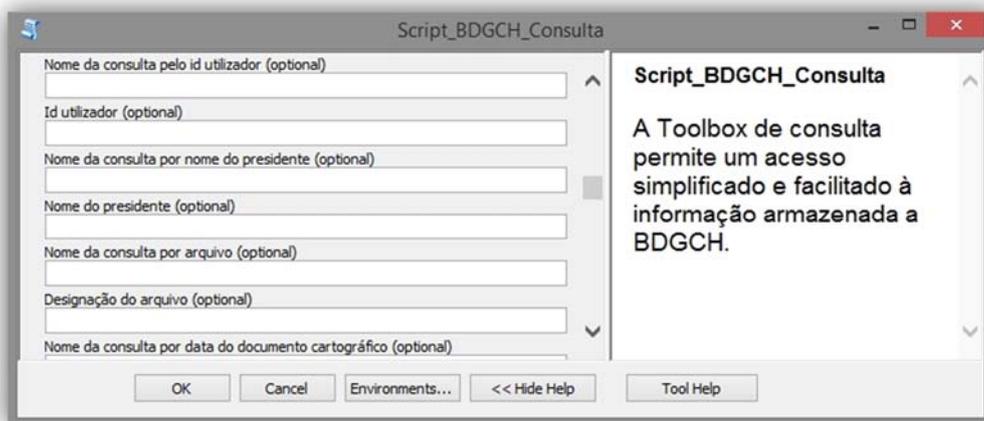
Ilustração 33 – Definição das consultas por nome do raster, palavra/s no título, e escala.

Uma vez que na BDGCH foi disponibilizado um campo com a finalidade do utilizador inserir um número identificativo dos documentos cartográficos (“id\_utilizador”), considerou-se pertinente criar uma opção de consulta pelo mesmo. Sendo assim, procedeu-se à criação da opção de consulta aos documentos cartográficos pelo id inserido pelo utilizador. O processo de execução da consulta por id do utilizador segue a mesma lógica das anteriormente descritas, ou seja no primeiro campo “Nome da consulta pelo id utilizador” a designação da consulta, seguido da inserção do id do utilizador “Id do utilizador” (este podendo ser completo ou não), visível na ilustração 34. Uma vez realizada a consulta, o utilizador dispõe dos dados referentes ao nome do ficheiro *raster*, id definido pelo utilizador que inseriu a informação, título, data, valor da escala e

tipologia do documento.

Tendo em consideração a disponibilização de informação relativa à presidência aquando da aprovação dos projetos de intervenção armazenados na BDGCH, tornou-se pertinente a criação de uma opção de consulta por nome do presidente. Permitindo assim, a seleção dos documentos cartográficos dos quais foram aprovados no decorrer do mandato de um determinado presidente. Perante isto, foram criados dois campos que possibilitam esta consulta, o primeiro diz respeito à introdução do nome da consulta “Nome da consulta por nome do presidente”, e o segundo à inserção do nome do presidente “Nome do presidente” (este podendo ser completo ou não), como verifica na ilustração 34.

Uma outra opção de consulta passível de ser realizada consiste no critério de pesquisa por arquivo dos documentos cartográficos. Assim sendo, o utilizador deverá inserir a designação da pesquisa no campo “Nome da consulta por arquivo” e de seguida inserir a arquivo pela qual deseja seleccionar a informação dos documentos cartográficos no campo “Designação do arquivo”, representados na ilustração 34. Como resultado da consulta obtém-se os dados referentes ao id criado pelo utilizador, título, data, informação do autor, escala e informação relativa ao arquivo.



*Ilustração 34 – Definição das consultas por id do utilizador, nome do presidente, arquivo.*

Tendo em conta que a BDGCH pretende compreender documentos cartográficos históricos sem um intervalo de tempo restrito, tornou-se pertinente a criação da opção de consulta tendo como critério a data. Assim sendo, procedeu-se à criação da opção de consulta com base na seleção de um período de tempo estipulado. Ou seja, o utilizador deverá num primeiro momento definir o nome da consulta apresentado na ilustração 35, através do campo “Nome da consulta por data do documento cartográfico” e, posteriormente seleccionar a data inicial e de seguida a data final nos campos “Data de início” e “Data de fim”, recorrendo ao calendário auxiliar

Os SIG e a Cartografia Histórica Urbana apresentado na ilustração 36. Como resultado é apresentada informação referente aos dados armazenados que se encontrem compreendidos entre o período de tempo selecionado, ou seja, do nome do ficheiro *raster*, id definido pelo utilizador que inseriu a informação, título, data, valor da escala e tipologia.

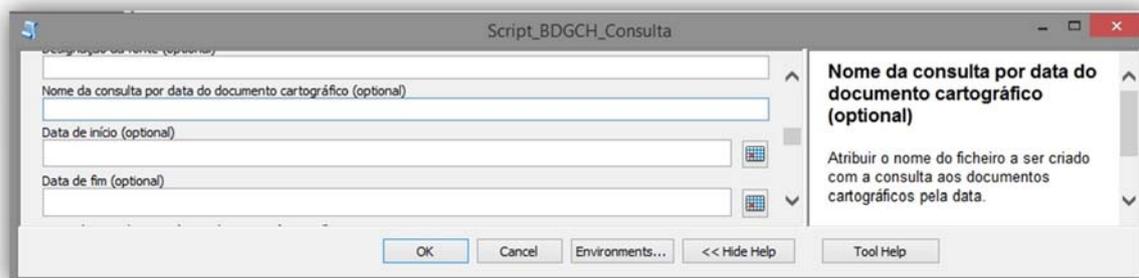


Ilustração 35 – Definição das consultas por data.

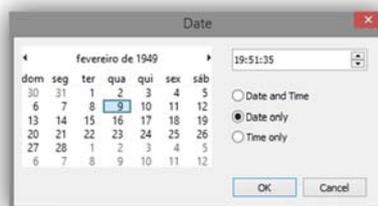


Ilustração 36 – Definição da data.

Uma vez que os documentos cartográficos, cujos dados constantes da BDGCH, se encontram inseridos num determinado projeto, procedeu-se à elaboração de uma opção de consulta pelo número do projeto. Como tal, foram estipulados dois campos para a realização da consulta, um para a inserção do nome da consulta “Nome da consulta por número do projeto” e o outro para a definição do número pelo qual se pretende pesquisar o projeto “Número do projeto”, sendo que este pode ser parcialmente preenchido (ilustração 37). No resultado da consulta, o utilizador dispõe de informação referente a cada uma dos documentos cartográficos que correspondem ao projeto, ou seja o nome do ficheiro *raster*, id definido pelo utilizador que inseriu a informação, título, data, valor da escala, tipologia, nome do presidente, data do mandato do presidente, número e título do projeto.

A opção de consulta seguinte permite a pesquisa dos documentos cartográficos integrados no projeto em que no título se encontre incluída uma determinada palavra. Esta opção de consulta é semelhante à anterior, a diferença reside no critério de pesquisa da informação, ou seja a especificação de uma palavra no título do projeto. Sendo assim, o utilizador dispõe de um campo

que corresponde ao nome com o qual será armazenada a consulta “Nome da consulta por nome do projeto”, e outro no qual deverá ser inserida a palavra ou palavras contidas no título, “Nome projeto”, apresentados na ilustração 37. No que se refere ao resultado da consulta, este encontra-se apresentado da mesma forma que a opção de consulta por número do projeto.

Tendo em conta a organização efetuada por Cardoso, no que se refere aos projetos de intervenção para o município do Porto, por quatro tipos de intervenção, procedeu-se à criação de uma opção de consulta com base neste critério. Possibilitando, o acesso à informação através da seleção dos documentos cartográficos que cumpram este critério, para utilizadores que na sua análise considerem este atributo. Perante isto, criou-se dois campos para a execução desta consulta, como se pode observar na ilustração 37, o primeiro correspondente à inserção da designação da consulta “Nome da consulta por nome do tipo de intervenção”, e o segundo “Nome do tipo de intervenção” para a designação do tipo de intervenção. No resultado da consulta visualiza-se informação referente a cada um dos documentos que correspondem ao tipo de intervenção pesquisado, assim como o nome do ficheiro *raster*, id definido pelo utilizador que inseriu a informação, título, data, valor da escala e tipologia.

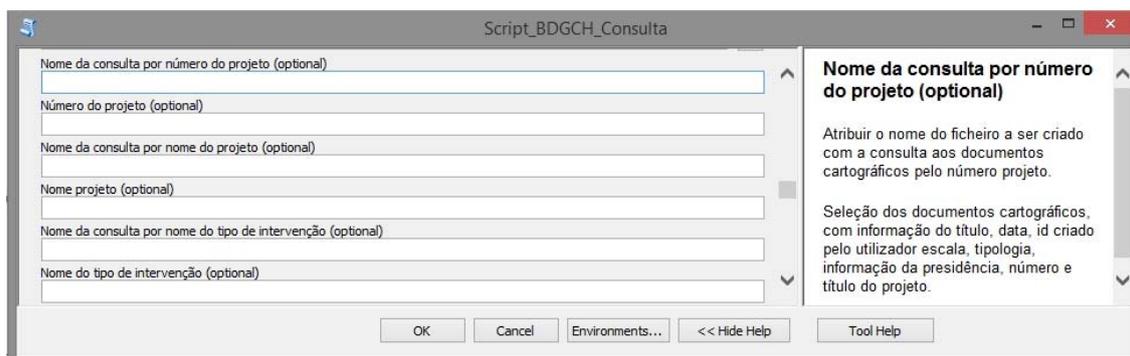
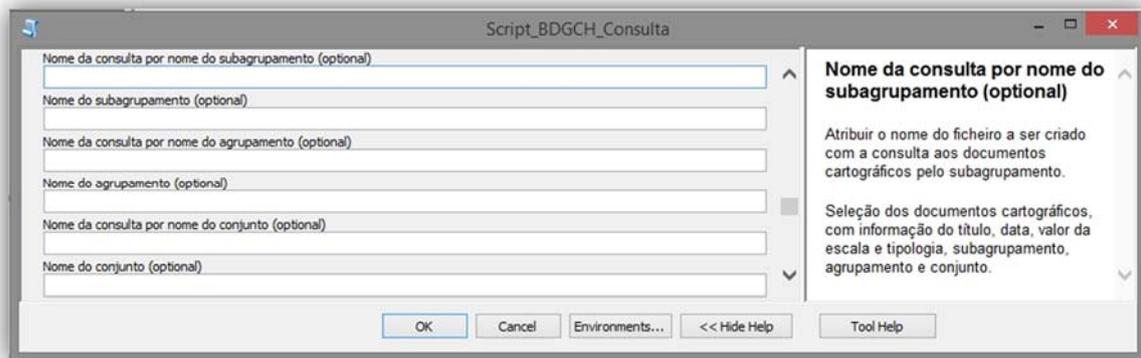


Ilustração 37 – Definição das consultas por número e nome do projeto, e tipo de intervenção.

Na *toolbox* “*BDGCH\_consulta*” encontram-se incluídas opções de consulta tendo em consideração a designação do subagrupamento, agrupamento e conjunto, os quais correspondem aos grupos, conjuntos e setores, organização dos projetos de intervenção no território, estabelecida por Cardoso, apresentado na ilustração 38. O processo de execução de cada uma destas opções de consulta, pressupõe a inserção do nome da consulta resultante (“Nome da consulta por nome do subagrupamento”, “Nome da consulta por nome do agrupamento” e “Nome da consulta por nome do conjunto”), e posteriormente da inserção da designação do subagrupamento, agrupamento e conjunto (“Nome do subagrupamento”, “Nome do agrupamento” e “Nome do conjunto”). Sendo

que a informação resultante corresponde à seleção dos documentos cartográficos que cumpram o critério de seleção. Bem como, a obtenção dos dados relativos ao nome do ficheiro *raster*, id definido pelo utilizador que inseriu a informação, título, data, valor da escala, tipologia, subagrupamento, agrupamento e conjunto.



*Ilustração 38 – Definição das consultas por designação do subagrupamento, agrupamento e conjunto.*

Há semelhança com as opções de consulta mencionadas anteriormente, encontram-se definidas opções de consulta através da aplicação de critérios correspondentes aos limites administrativos de Portugal (CAOP 2012 e 2014), como se observa na ilustração 39. Nas quais foram considerados dois campos para a execução da consulta, sendo que o primeiro campo corresponde à designação atribuída pelo utilizador a cada uma das consultas, e o segundo campo para a inserção da designação da freguesia/município/distrito, critério de seleção da pesquisa. No resultado da consulta obtém-se informação relativa a cada um dos documentos cartográficos que cumpram o critério estipulado, assim como informação do nome do ficheiro *raster*, id definido pelo utilizador que inseriu a informação, título, data, freguesia, município e distrito.

Salienta-se ainda que as opções de consulta desta secção possuem carácter opcional.

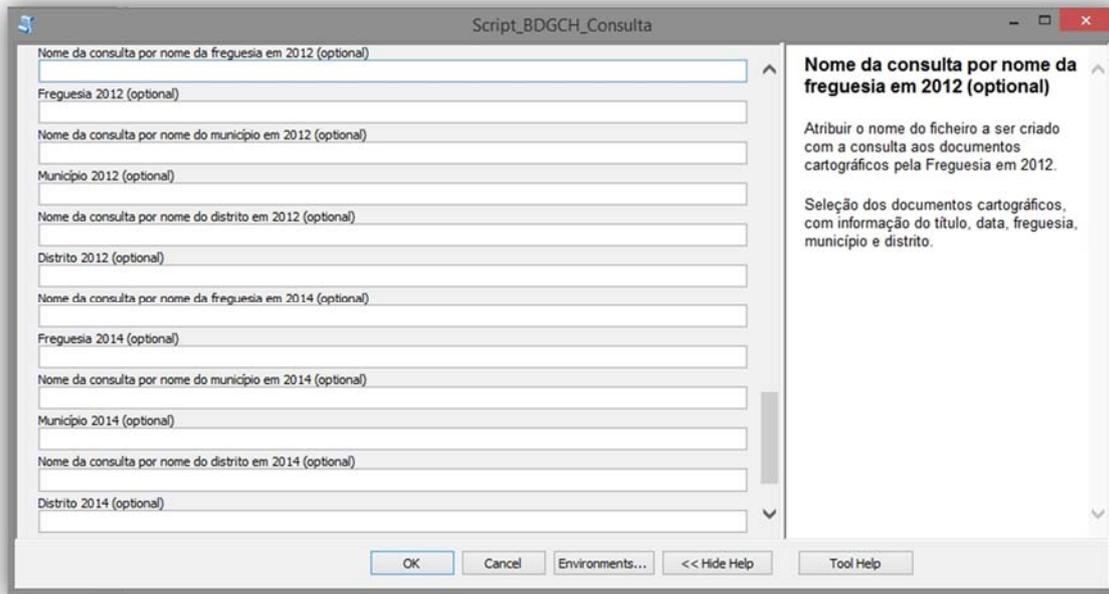


Ilustração 39 – Definição das consultas por nome da freguesia, município e distrito (CAOP 2012 e CAOP 2014).

### Consulta por SQL

Por último, o utilizador tem a possibilidade de criar consultas recorrendo à linguagem *SQL*, no sentido de ele próprio definir a informação a ser visualizada, bem como os critérios aplicados na consulta. Este tipo de consulta tem um carácter opcional, pretendendo conceder maior liberdade de pesquisa ao utilizador da *toolbox* “*BDGCH\_consulta*”. O utilizador deverá preencher o campo “nome\_query\_sql” com o nome que pretende atribuir à consulta e de seguida inserir a expressão *SQL* para a realização da pesquisa (verificar na ilustração 40).

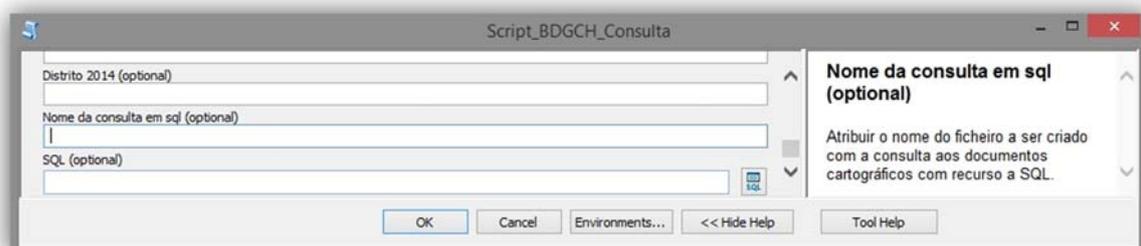


Ilustração 40 – Definição das consultas com recurso a SQL.

## Execução da Consulta

Em todas as opções existentes na *toolbox* “*BDGCH\_consulta*”, foram incluídos textos de ajuda na parte lateral direita, no sentido de auxiliar o utilizador na execução da consulta, como se pode observar nas ilustrações acima apresentadas referentes às opções de consulta.

Na opção de consulta da informação alusiva aos documentos cartográficos pelo critério da escala, no campo “Valor da escala”, como se verifica na ilustração 41, o utilizador dispõe da ajuda no lado direito da *toolbox* referindo uma indicação dos possíveis valores a serem inseridos. Por sua vez, na opção de consulta da informação alusiva aos documentos cartográficos pelo critério tipo de intervenção, no campo correspondente à inserção da designação da consulta “Nome da consulta por nome do tipo de intervenção”, presente na ilustração 42, encontram-se indicados os tipos de intervenção passíveis de serem consultados.

Para além disso, procedeu-se à elaboração de pequenos comentários ao longo da execução do *script toolbox* “*BDGCH\_consulta*”, apresentados na ilustração 43, com o intuito de informar o utilizador da evolução dos processos de execução das opções de consulta.

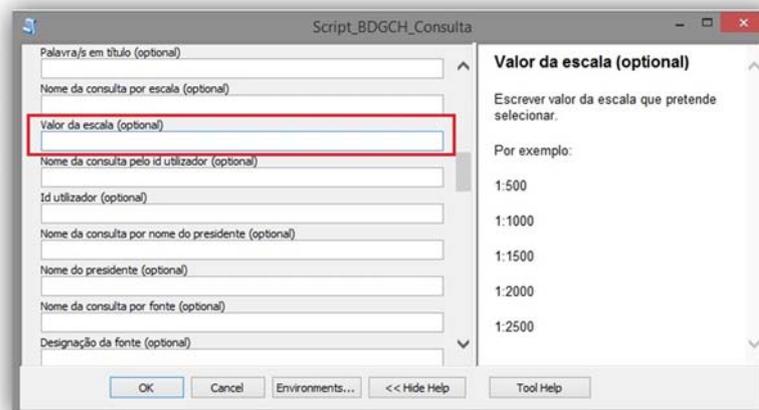


Ilustração 41 – Auxílio na consulta aos documentos cartográficos pelo valor da escala.

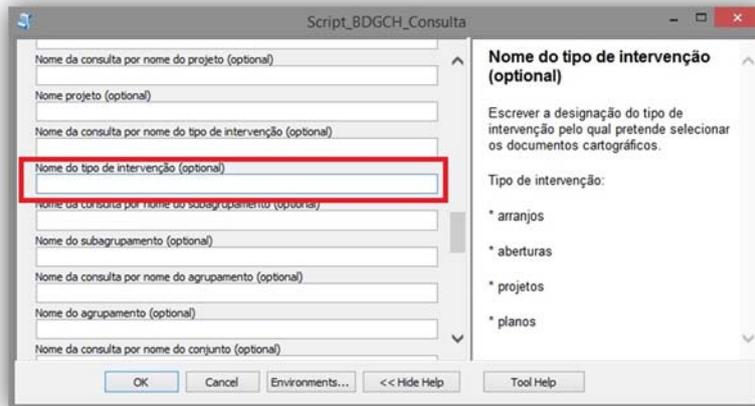


Ilustração 42 – Auxílio na consulta aos documentos cartográficos pelo tipo de intervenção.

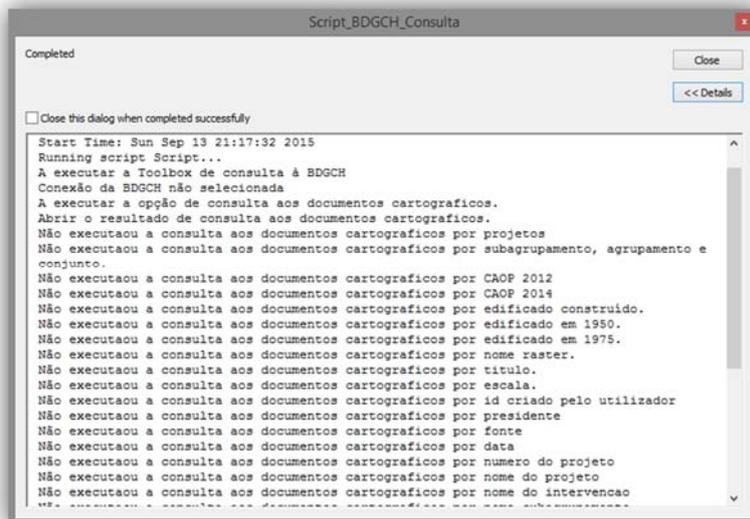


Ilustração 43 – Comentários na execução do script da toolbox de consulta à BDGCH

## Considerações finais e trabalhos futuros

A aplicação das metodologias e técnicas dos SIG no tratamento e análise de informação histórica contribuem para a simplificação e ampliação de novas perspectivas na investigação de dados históricos, porém, deve-se ter em conta as limitações e possíveis problemas inerentes à utilização de dados espaciais, como a falta de informação, multiplicidade de fontes, informação dispersa, entre outros.

Como refere Fernandes (2005), a cartografia consiste numa representação do espaço num determinado tempo, em simultâneo constitui uma forma de representação da informação de modo organizado e estruturado. Os documentos cartográficos históricos constituem um meio imprescindível para a compreensão da evolução do território.

Perante isto, a presente dissertação teve como objetivo a modelação de uma base de dados geográfica, com capacidade para receber informação alusiva a documentos cartográficos históricos urbanos sob a perspetiva nacional, bem como informação complementar à compreensão das dinâmicas territoriais. Objetivo esse alcançado com a modelação da BDGCH, e implementação num SGBDG, seguida da sua manipulação no *software* SIG (*ArcGis*).

A conceção da BDGCH visa contribuir para a investigação e compreensão das dinâmicas territoriais, pois quando os documentos cartográficos históricos se encontram combinados com outros tipos de dados, conciliando um leque diversificado de informação relativa ao território, possibilitam a ampliação dos níveis de análise das referidas dinâmicas. Permitindo assim, uma visão temporal da evolução do território.

A BDGCH encontra-se delineada de forma a permitir a sua manipulação, inserção de nova informação, proporcionando a visualização da diversa informação existente na mesma, visando constituir um importante contributo para a investigação e compreensão das dinâmicas territoriais. Contribuindo assim, para uma nova perspetiva de análise no estudo de documentos de cartografia histórica existentes e passíveis de serem inseridos na base de dados.

A inserção da informação na BDGCH, referente aos documentos cartográficos recolhidos por Cardoso, permitiu que esta dissertação apresentasse as potencialidades num cenário mais aproximado com a realidade.

A inserção de informação referente aos limites administrativos e edificado tem o propósito de ampliar e contribuir para o estudo da evolução do território a vários níveis de análise, assim como, a incorporação de outras tipologias de informação, nomeadamente fotografias aéreas.

A implementação da BDGCH no *software ArcGis*, possibilita a manipulação e consulta da diversa informação armazenada, após ter sido estabelecida a conexão à BDHCH. A seleção do *software SIG* deveu-se essencialmente ao conhecimento apreendido ao longo da formação académica e maior familiarização com o *ArcGis*, porém, a conexão da BDGCH encontra-se passível de ser realizada em qualquer outro *software SIG*, nomeadamente o *QuantumGis*, uma vez que a sua implementação se encontra no *software PostgreSQL*, SGBD capaz de agregar informação tabular e geográfica.

Contudo, a consulta da diversa informação armazenada na BDGCH num *software SIG*, necessita de conhecimentos básicos por parte do utilizador na manipulação do *software*, ou seja, o utilizador para executar consultas à BDGCH, como foi exemplificado no capítulo 3 da presente dissertação, deverá ter conhecimentos básicos em *ArcMap* e linguagem *SQL*.

O processo de criação de uma interface de pesquisa em *software SIG*, neste caso concreto no *ArcGis*, iniciou-se com o intuito de permitir ao utilizador o acesso de forma rápida e simplificada à diversa informação existente na BDG, mesmo não dispondo de conhecimentos no manuseamento do *software*.

Nesse sentido, a conceção da *toolbox* “*BDGCH\_consulta*”, surgiu como desafio para cumprir esse objetivo, visando possibilitar ao utilizador aceder de uma forma rápida e simplificada à diversa informação existente na BDGCH. Permitindo assim, o cumprimento de um dos objetivos da dissertação, no sentido da BDGCH responder a questões consideradas fundamentais no estudo da cartografia histórica nacional.

Na conceção da *toolbox* delineou-se uma sequência de procedimentos, com o objetivo de permitir ao utilizador a execução de processos de consulta dos dados de uma forma rápida e simples, tendo-se assim optado pela criação de um *script* em linguagem *Python* em conjugação com consultas em linguagem *SQL* parametrizadas, agilizando o processo de conexão e consulta da informação.

A *toolbox* “*BDGCH\_consulta*” permite o acesso à informação armazenada na BDGCH, associada aos documentos cartográficos ou complementar aos mesmos. Na execução das opções de consultas procedeu-se à criação automática de um ficheiro *shapefile* com o resultado da consulta, proporcionando posteriormente o seu acesso. Constituindo mais uma vantagem na sua utilização face às ferramentas de consulta à BDG (*New Query Layer*, *Make Query Layer* ou *Make Query Table*), uma vez que estas geram ficheiros temporários que necessitam de posterior exportação em ficheiro *shapefile*, para o armazenamento do resultado da consulta.

A abrangência a uma maior diversidade de utilizadores seria possível através da divulgação numa plataforma *WebSIG*, à semelhança dos diversos projetos a nível mundial da utilização dos SIGH, tais como “*Britain Historical GIS*”, “*National Historical Geographic Information System*”, “*China Historical GIS*”, “*The Belgian Historical GIS*”, “*IDE histórica de la ciudad de Madrid*”, o “*Historical GIS Initiative in Russia*” ou “*Atlas, Cartografía Histórica*”. Porém, por carência de tempo para a construção da plataforma *web*, optou-se pela elaboração da *toolbox* “*BDGCH\_consulta*” no *ArcGis* como protótipo do que poderá ser a plataforma *WebSIG* da Base de Dados Geográfica de Cartografia Histórica.

No que concerne aos trabalhos futuros, estes residem na ampliação e melhoramento da informação armazenada a nível nacional, ou seja a inserção de mais documentos cartográficos, assim como, a inserção de informação complementar ao estudo do território ao longo do tempo, nomeadamente ortofotomapas, dados estatísticos, fotografias.

Bem como, a elaboração de uma plataforma *WebSIG* da BDGCH, com o intuito de ampliar os possíveis utilizadores, potencializar o estudo dos documentos cartográficos e toda a informação armazenada. Plataforma essa que permita ao utilizador visualizar os diversos documentos cartográficos, com capacidade para se fazer *zoom* a cada um destes, assim como a sua seleção no sentido de se visualizar a correspondente informação armazenada. Deverá ainda ser possível a realização de consultas à informação armazenada na BDGCH com o intuito de se visualizar os resultados e os documentos cartográficos, tornando-se assim num projeto inédito a nível nacional, uma vez que disponibilizará o acesso à visualização dos documentos cartográficos e à informação armazenada. A ilustração 44, é alusiva ao caso de uso do protótipo da aplicação *WebSIG* BDGCH.

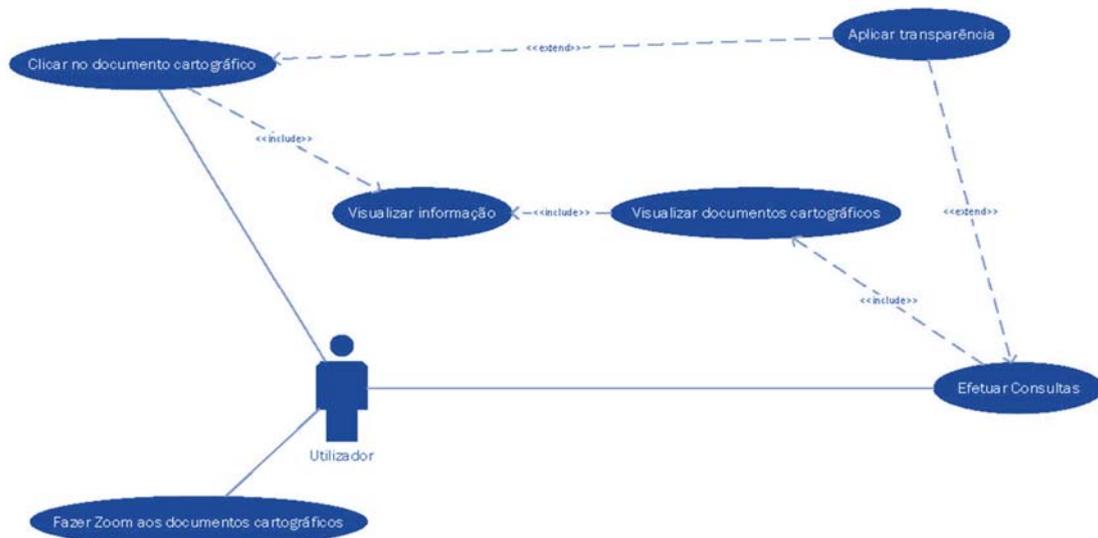


Ilustração 44 – Caso de uso do protótipo da aplicação WebSIG BDGCH

## Referências bibliográficas

- Araújo, M.A.P. (2008). Modelagem de Dados–Teoria e Prática (Vol. 1, pp. 33-69): Revista Eletrônica do CESVA.
- Borges, Karla, & Davis, Clodoveu. (2002). Modelagem de dados geográficos. *CÂMARA, G.; MONTEIRO, AM; DAVIS, C. Geoprocessamento: teorias e aplicações. 3v, 3.*
- Cardoso, Vasco Manuel Baptista da Silva Pinto. (2015). *Morfologia Urbana no Porto de 1936 a 1974*. (Doutoramento em Geografia), Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Chen, Peter P, & Wong, Leah Y. (2008). *Active conceptual modeling of learning: next generation learning-base system development* (Vol. 4512): Springer Science & Business Media.
- Chen, Peter Pin-Shan. (1997). English, Chinese and ER diagrams. *Data & Knowledge Engineering*, 23(1), 5-16.
- Codd, Edgar F. (1970). A relational model of data for large shared data banks. *Communications of the ACM*, 13(6), 377-387.
- Codd, Edgar F. (1990). *The relational model for database management: version 2*: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- da Graça Krieger, Maria, & Finatto, Maria José Bocorny. (2004). *Introdução à terminologia: teoria e prática*: Editora Contexto.
- Date, C.J. (2004). *An Introduction to Database Systems* (8th Edition ed.): Addison-Wesley Longman, Inc.
- Date, C.J. (2008). *The Relational Database Dictionary*: Apress.
- Del Bosque González, I., Fernández Freire, C., Martín-Forero Morente, L., & Pérez Asensio, E. (2012). *Los sistemas de información geográfica y la investigación en ciencias humanas y sociales*. Retrieved from <http://digital.csic.es/bitstream/10261/64940/1/Los%20SIG%20y%20la%20Investigacion%20en%20Ciencias%20Humanas%20y%20Sociales.pdf>
- Del Bosque González, I., García Ferrero, S., Gómez Nieto, I., Martín-Forero Morente, L., & Ramiro Fariñas, D. (2010). Cartografía y demografía histórica en una IDE. WMS del plano de Madrid de “Facundo Cañada”. [http://digital.csic.es/bitstream/10261/26007/1/Cartografia%20y%20demografia%20hist%C3%B3rica\\_Facundo%20Ca%C3%B1ada.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/26007/1/Cartografia%20y%20demografia%20hist%C3%B3rica_Facundo%20Ca%C3%B1ada.pdf)
- Fernandes, Mário Gonçalves. (2005). *Urbanismo e morfologia urbana no Norte de*

Portugal : Viana do Castelo, Póvoa de Varzim, Guimarães, Vila Real, Chaves e Bragança entre 1852 e 1926. (Doutor em Geografia), Faculdade de Arquitectura Universidade do Porto.

Fitch, C. A., & Ruggles, S. (2003). Building the National Historical Geographic Information System. *Historical Methods*, 36(1), 41-51.

González, Rocío Gutiérrez , Morente, Lourdes Martín-Forero , & González, Isabel del Bosque (2012). Visualizando el pasado a través de IDE históricas. Madrid a principios del s.XX.

Gregory, I. N., & Healey, R. G. (2007). Historical GIS: structuring, mapping and analysing geographies of the past. 31, 638-653. <http://phg.sagepub.com/content/31/5/638.full.pdf+html>

Gregory, I. N., Kemp, K. K., & Mostern, R. (2001). Geographical Information and historical research: current progress and future directions. 13, Page 7-23. doi:<http://dx.doi.org/10.3366/hac.2001.13.1.7>

Gregory, Ian N. . (2005). The Great Britain Historical GIS. 33, 136-138. <https://ejournals.unm.edu/index.php/historicalgeography/article/download/2933/2412>

Gregory, Ian N. , & Ell, Paul S. . (2007). *Historical GIS: Technologies, Methodologies, and Scholarship*. Cambridge University Press.

Gregory, Ian, & Southall, Humphrey. (2000). Spatial frameworks for historical censuses: the Great Britain Historical GIS., 319-333.

Ma, ZM, Zhang, Wen-Jun, Ma, WY, & Chen, GQ. (2001). Conceptual design of fuzzy object-oriented databases using extended entity-relationship model. *International Journal of Intelligent Systems*, 16(6), 697-711.

Magalhães, Sérgio Ricardo. (2014). Morfologia, Forma e Sustentabilidade Urbana: Um Ensaio Metodológico Aplicado em Diferentes Contextos Territoriais.

McMaster, Robert, & Noble, Petra. (2005). The US National Historical Geography Information System. *Historical Geography*, 33, 134-136.

Rigaux, Philippe, Scholl, Michel, & Agnès, Voisard. (2002). *Spatial databases : with applications to GIS*. U.S.A.: Elsevier Science.

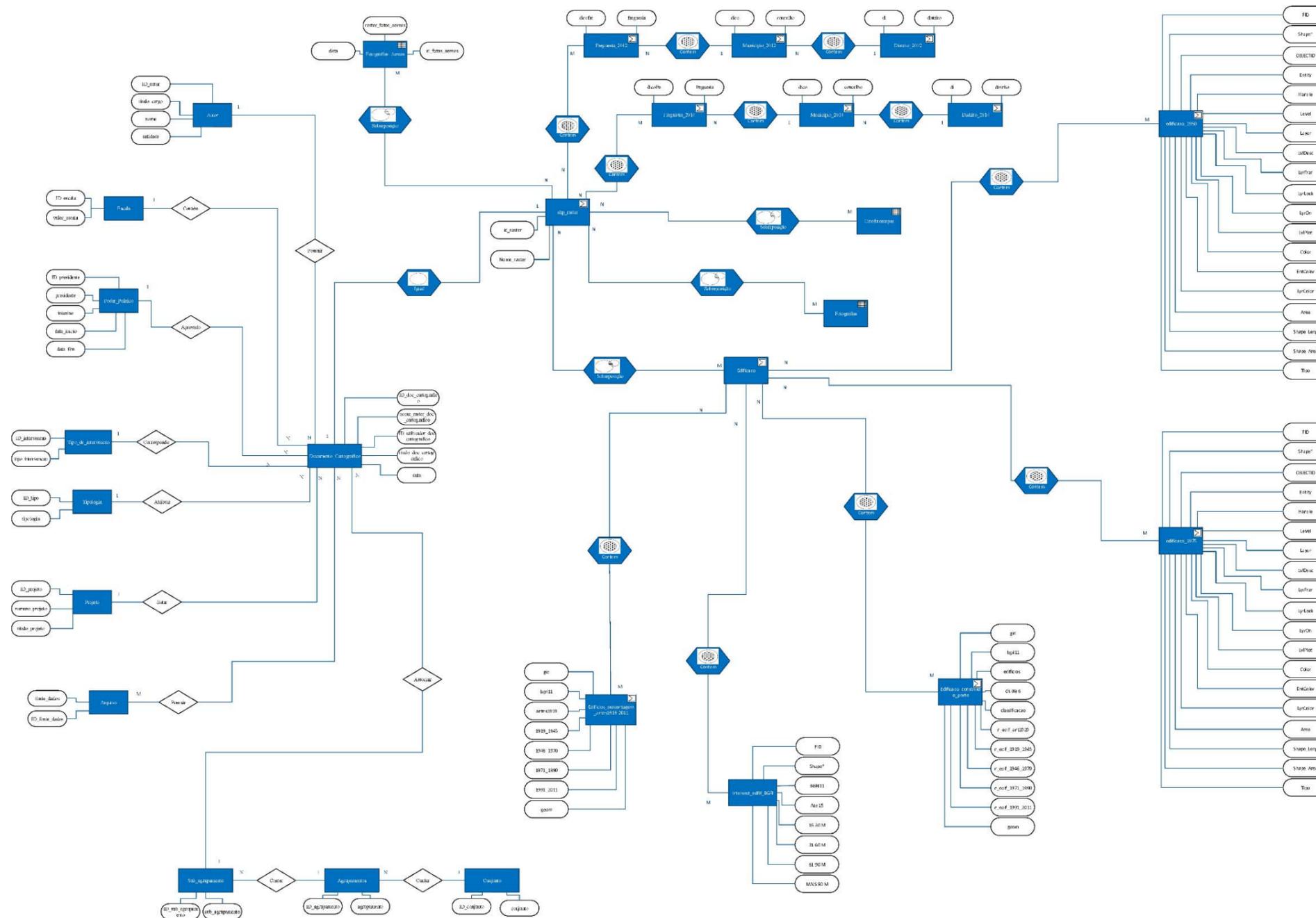
Siebert, L. (2000). GIS-based visualization of Tokyo's urban history. 24, 538-574. <http://www.fas.harvard.edu/~chgis%20meetings/papers/Siebert-TokyoVisual.PDF>

von Lünen, Alexander, & Travis, Charles. (2012). *History and GIS: epistemologies, considerations and reflections*: Springer Science & Business Media.

Yeung, Albert KW, & Hall, G Brent. (2007). *Spatial database systems: Design, implementation and project management* (Vol. 87): Springer Science & Business Media.

## **Anexos**

Base de Dados Geográfica de Cartografia Histórica



## **Bibliografia Consultada ao Longo da Implementação da BDGCH e *Toolbox* “BDGCH\_consulta”**

### **Livros consultados**

Borges, Luiz Eduardo. (2014). Python para desenvolvedores: Novatec Editora.

Hetland, Magnus Lie. (2008). *Beginning Python: from novice to professional: Dreamtech Press.*

Pimpler, Eric. (2013). *Programming ArcGIS 10.1 with Python Cookbook: Packt Publishing Ltd.*

Yunker, Jeff. (2008). *Foundations of agile python development: Apress.*

### **Páginas Web consultadas**

Anderson Medeiros - Consultor em Geotecnologias - Disponível em <<http://andersonmedeiros.com>>

ArcGIS Help 10.1 - Disponível em <<http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1>>

ArcGIS for Desktop - Disponível em <<https://desktop.arcgis.com/en/desktop/>>

Connecting to ArcGIS Desktop PostgreSQL database - Disponível em <<http://gis.stackexchange.com/questions/50325/connecting-to-arcgis-desktop-postgresql-database-running-locally>>

ESRI Forums - Disponível em <<http://forums.esri.com/>>

GeoNet - Disponível em <<https://geonet.esri.com/welcome>>

GeoNotes - Disponível em <<http://northredoubt.com/n/2013/08/22/postgresqlpostgis-and-arcgis-arcmap-10-2/>>

GIS Stackexchange - Disponível em <<http://gis.stackexchange.com/>>

Interactive Online SQL Training - Disponível em <<http://www.sqlcourse.com/intro.html>>

Introduction to Programming using Python - Disponível em <<http://www.pasteur.fr/formation/infobio/python/>>

PgAdmin III Plug-in Registration: PostGIS Shapefile and DBF Loader - Disponível em <<http://www.postgresql.com/journal/archives/145-PgAdmin-III-Plug-in-Registration-PostGIS-Shapefile-and-DBF-Loader.html>>

PostgreSQL - Disponível em <<http://www.postgresql.org/>>

PostgreSQL Prático: E-book Gratuito em Português - Disponível em

<<http://andersonmedeiros.com/postgresql-pratico-e-book-em-portugues/>>

Python Brasil - Disponível em <<http://wiki.python.org.br/>>

Python for ArcGIS - Disponível em <<http://resources.arcgis.com/en/communities/python/>>

Python for Arcgis spatialtech-humanities <http://spatialtech-humanities.com/python-arcgis/>>

Spatial and Geographic objects for PostgreSQL - Disponível em <<http://postgis.net/install>>

SQL Tutorial - Disponível em <<http://www.w3schools.com/sql/>>

The Python Tutorial - Disponível em <<https://docs.python.org/2/tutorial/>>

Tutorials Point - Simply Easy Learning - Disponível em  
<<http://www.tutorialspoint.com/python>

w3schools - Disponível em <<http://www.w3schools.com/>>

Welcome to Python.org - Disponível em <<https://www.python.org/>>