

# **BASE DE DADOS ESPACIAL PARA O REGISTO DE PROCESSOS DE OBRAS NO MUNICÍPIO DE BRAGA**

**Ângela Silva**

**Ana Patrícia Malva**

**Inês Calor**

**2020**



## Índice

Índice de figuras.....	3
1. Introdução.....	4
1.1 Objetivos .....	5
1.2 Metodologia.....	5
1.2.1 Enquadramento da área de estudo .....	5
1.2.2 Dados e métodos .....	7
2. Os sistemas de informação e as bases de dados .....	8
2.1 Base de dados espaciais com aplicação nos SIG .....	8
3. Desenho e modelação de esquemas de base de dados .....	9
3.1 Modelo conceptual .....	10
3.2 Modelo lógico .....	11
3.3 Normalização das tabelas .....	12
3.4 Modelo físico.....	13
3.5 Interrogação à base de dados em linguagem SQL.....	14
4. Apresentação e discussão dos resultados .....	15
4.1 Modelo Conceptual.....	15
4.2 Transformação do modelo conceptual para modelo relacional e normalização das tabelas.....	16
4.3 Implementação da base de dados no SGBD .....	17
4.4 Perguntas à base de dados .....	18
4.4.1 Perguntas não espaciais.....	18
4.4.2 Perguntas espaciais.....	21
5. Conclusão.....	27
6. Referências Bibliográficas .....	28

## Índice de figuras

Figura 1- Enquadramento do município de Braga. ....	5
Figura 2- Loteamentos e terrenos no município de Braga. Fonte: CM Braga. ....	6
Figura 3- Esquema ilustrativo das diferentes etapas de criação de uma base de dados. ....	10
Figura 4- Exemplo de diagrama UML. Fonte: retirado dos documentos da unidade curricular. ....	11
Figura 5- Relação vista como uma tabela no modelo lógico. Fonte: retirado dos documentos da unidade curricular. ....	12
Figura 6- As três formas normais. Fonte: Adaptado de (Torres, 1997). ....	13
Figura 7- Exemplo de um diagrama correspondente à caracterização da classe loteamento. ....	15
Figura 8- Modelo conceptual – Diagrama de classes do problema em estudo. ....	15
Figura 9- Transformação do modelo conceptual para um conjunto de tabelas. ....	17
Figura 10- Prédios existentes na freguesia de Adaúfe, no concelho de Braga. ....	22
Figura 11- Freguesias do concelho de Braga que contém loteamentos. ....	22
Figura 12- Freguesias cuja área dos prédios registados cobrem mais de 0.2% da sua área, no concelho de Braga. ....	23
Figura 13- Loteamentos com número de prédios superior a 10, por freguesia, no concelho de Braga. ....	24
Figura 14- Prédios com área superior à média dos prédios referenciados, por freguesia, no concelho de Braga. ....	25
Figura 15- Prédios cujas licenças estão em decurso à data 2019-12-20, no concelho de Braga. ....	25
Figura 16- Cidadãos que moram a menos de 100.000 metros da freguesia de Adaúfe. ....	26

## 1. Introdução

Os licenciamentos de obras constituem, no âmbito das atribuições e competências dos municípios, uma das muitas responsabilidades das Câmaras Municipais. Estes processos compreendem procedimentos administrativos necessários à instrução e à tramitação de processos de vários tipos de operações urbanísticas.

O elevado número de loteamentos do Município de Braga acarreta significativas implicações na gestão urbanística do território municipal, pelo que o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio que permita processar o grande volume de informação associada é deveras pertinente. Esta permitirá dar fundamentação aos processos de tomada de decisão, apoiar o processo de emissão de pareceres sobre pretensões de licenciamento de operações de loteamento, obras de urbanização ou obras particulares.

Neste contexto, os sistemas de Informação geográfica (SIG) apresentam-se como uma importante ferramenta transversal de suporte às atividades de gestão e de apoio à decisão por parte dos municípios, devido essencialmente à sua capacidade de integração de dados e análise espacial (Bessa & Julião, 2016).

A integração de bases de dados com os SIG constituiu uma mais valia na utilização da informação geográfica, pois permite a gestão de um elevado volume de informação associada à componente espacial (Bolstad, 2016; Zeiler, 1999). As bases de dados espaciais para além do armazenamento e manipulação de informação alfanumérica permitem também o armazenamento de dados espaciais, possibilitando uma análise conjunta dos mesmos baseada na existência de relações explícitas e implícitas (i.e. distância, área, perímetro) (Rigaux, Scholl, & Voisard, 2001).

Tendo por base a necessidade anteriormente referida, foi desenvolvida no âmbito da unidade curricular uma base de dados espacial com o principal objetivo de reunir informação dos processos de obras, no município de Braga.

O corpo do trabalho encontra-se organizado em quatro secções. A primeira inclui a introdução ao tema, apresentação da metodologia aplicada e caracterização da área de estudo. A segunda secção apresenta um breve enquadramento teórico sobre os SIG e as bases de dados, enquanto a terceira refere-se ao desenho e modelação de base de dados relacionais. A quarta secção corresponde à componente prática, apresentando a estrutura do modelo de base de dados espacial e os resultados das perguntas efetuados à base de dados (*queries*).

## 1.1 Objetivos

O objetivo do trabalho é a criação de uma base de dados que reúna informação obtida a partir de processos de obras em parcelas de terreno. Esta base de dados suportada por sistemas de informação geográfica pretende auxiliar na organização interna do município, reduzindo substancialmente o tempo despendido na identificação de processos, hoje apenas acessíveis numa base de dados alfanumérica (bastante incompleta). O âmbito deste trabalho permite ainda proceder à célere identificação de proprietários, respondendo desta forma a necessidades, atribuições e competências acometidas aos municípios, nomeadamente quanto à gestão das faixas de combustível no âmbito do Sistema Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios (Lei n.º 114/2017 e Decreto Lei n.º 10/2018), contraordenações por obras realizadas sem título (artigo 98.º do Regime Jurídico da Urbanização e Edificação) e majoração de IMI para prédios devolutos (n.º 3 do artigo 112.º do Código do IMI).

## 1.2 Metodologia

### 1.2.1 Enquadramento da área de estudo

Braga é um município situado ao Norte de Portugal com uma área total de 183,4 km<sup>2</sup> e uma população de 181.494 habitantes (INE, 2011). A cidade de Braga é sede do município atualmente com 37 freguesias e uniões de freguesia (figura 1). Braga possui um extenso património cultural e religioso, de onde se distingue o Santuário do Bom Jesus do Monte, o Santuário do Sameiro e a Sé de Braga.

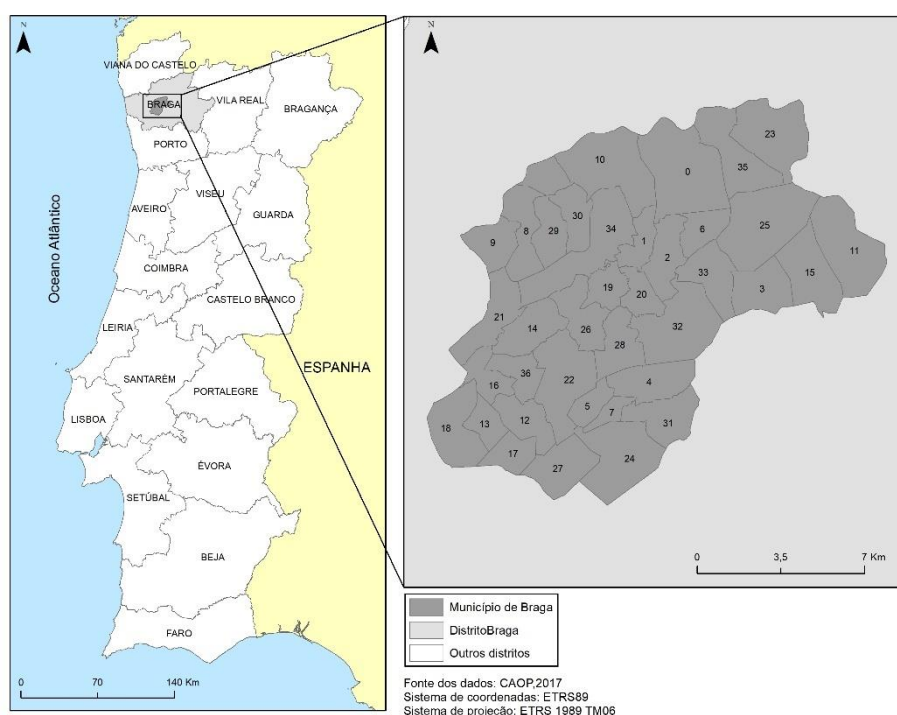


Figura 1- Enquadramento do município de Braga.

O município de Braga conheceu nas últimas décadas um desenvolvimento urbanístico deveras significativo e, para dar resposta a este dinamismo é necessário melhorar a informação sobre o território, nomeadamente ao nível do cadastro predial. Como passo inicial da construção do cadastro predial o município tem em decurso um projeto que visa identificar as parcelas de terreno constituídas a partir de loteamentos. O “puzzle” de loteamentos abrange uma área considerável no centro e periferia da cidade de Braga (figura 2), mas tem também presença nas freguesias rurais. O município de Braga conta com cerca de 1460 alvarás de loteamento, emitidos entre 1970 e o final de 2018. Os números indicados incluem as quatro séries (ou tipos) de alvarás, designadamente: (i) **Alvarás de Loteamento** (emitidos pela Câmara a favor de privados ou das Juntas de Freguesia); (ii) **Operações de Loteamento Municipais** (emitidas e realizadas pelo Município de Braga); (iii) **Operações de Loteamento emitidos pelas Juntas de Freguesias** (a favor de privados); e (iv) **Alvarás de Urbanização** (infraestruturas realizadas no âmbito de operações urbanísticas).

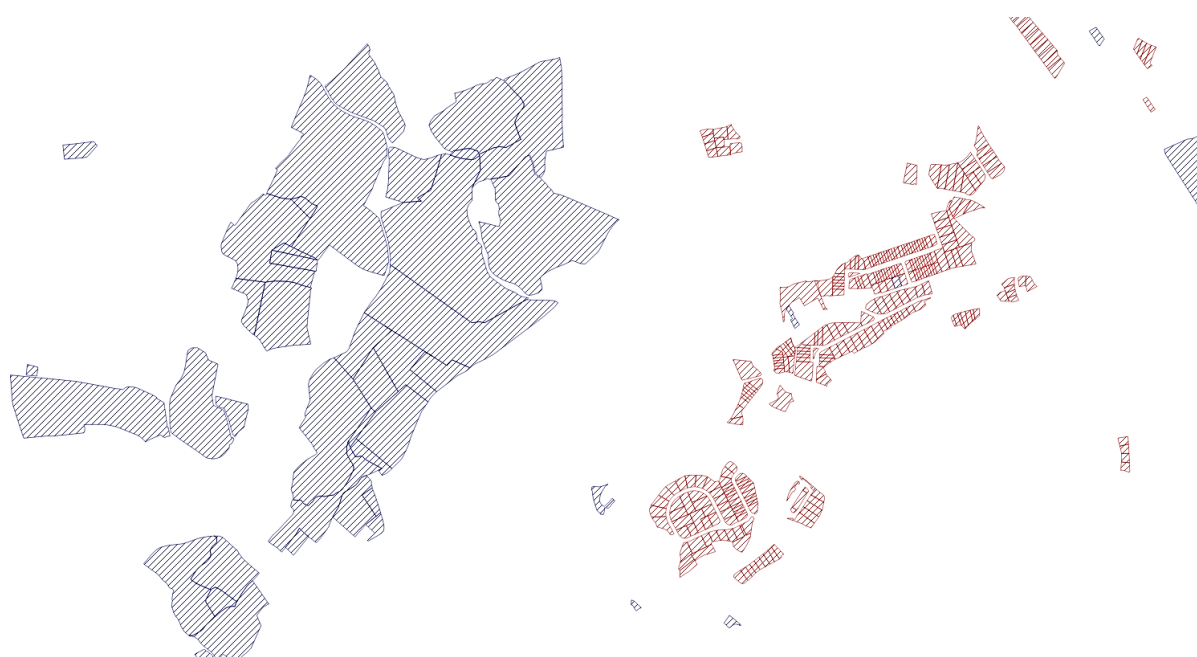


Figura 2- Loteamentos e terrenos no município de Braga. Fonte: CM Braga.

O elevado número de loteamentos tem implicações na gestão de vários serviços municipais designadamente ao nível do planeamento territorial, gestão urbanística, fiscalização, património e gestão de espaços verdes. O conhecimento do cadastro, nomeadamente a geometria das parcelas e a informação predial e da Conservatória do Registo Predial associada, é uma peça fundamental e essencial para a gestão do território. Os processos de obras afiguram-se como a principal e mais fidedigna fonte de informação cadastral já que exigem a entrega de um levantamento topográfico georreferenciado e da correspondente certidão da Conservatória do Registo Predial. Além da descrição predial, este último documento contém informação sobre o artigo matricial (atribuído pelas

Finanças) bem como a identificação dos proprietários e outros detentores de direitos reais (i.e. usufrutuário, locatário). A constituição de uma base de dados que reúna de forma eficiente a informação dos processos de obras é, por isso, um passo importante para a organização interna do município e do melhoramento dos serviços prestados ao cidadão.

### **1.2.2 Dados e métodos**

A metodologia adotada neste estudo foi adaptada ao objetivo do trabalho, recorrendo-se a uma metodologia multi-métodos.

A revisão bibliográfica sobre base de dados permitiu compilar diversa informação complementar à ministrada nas aulas, conferindo uma base teórica sólida para a realização dos procedimentos apresentados neste trabalho.

Após a escolha da área de estudo foi feito um breve enquadramento geográfico e caracterização do município de Braga. Posteriormente, respeitando as fases de um projeto de construção de uma base de dados, foi elaborado o modelo conceptual que considera classes de objetos, atributos e relações (representação do problema). Procedemos à transformação do modelo conceptual para o modelo lógico (solução inicial do problema) tendo em consideração as relações existentes entre classes de objetos, o grau e cardinalidade das relações e as chaves primárias, definindo assim as tabelas a implementar no SGBD e a relação entre elas. As tabelas geradas foram verificadas quando às regras de normalização, tendo em consideração as três fases de normalização e com o intuito de validar e corrigir a solução inicial. Implementamos a base de dados (modelo físico) recorrendo ao SGBD PostGres com a extensão PostGIS, através da base de dados disponibilizada no servidor da faculdade (grupo 3).

Os dados introduzidos consideraram uma amostra de lotes localizados em diversas freguesias, disponibilizada pelo município de Braga. Os limites geográficos ao nível da freguesia decorrem da Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) de 2018. As demais tabelas foram preenchidas com dados fictícios pelos três membros do grupo de modo a tornar a base de dados operacional (fazendo pleno uso das possibilidades de uma base de dados).

Após a introdução dos dados foram realizadas *queries* não espaciais e espaciais à base de dados, em Structured Query Language (SQL), de modo a analisar a operacionalização da mesma. Estas pesquisas à base de dados foram feitas recorrendo aos softwares PostGres, para perguntas não espaciais, e QGIS para perguntas espaciais. As perguntas à base de dados tiveram como linha orientadora as questões práticas que se perspetivam ser de utilidade aos serviços do município. Considerou-se ainda o critério de complementaridade entre questões e a variedade de operadores utilizados.

## **2. Os sistemas de informação e as bases de dados**

Na atualidade, dispomos de um grande volume de informação disponível que é essencial ao ser humano (para a expansão dos seus conhecimentos e capacidades, especialização e desenvolvimento de novas ideias e conceitos) e às organizações (como é o caso das empresas) sendo vital para o funcionamento das mesmas (Castro, 2006; Gouveia, 1993). A informação é, por isso, uma forma de cumprir objetivos e realizar ações. Ainda assim, apesar do grande volume, nem toda a informação apresenta as características fundamentais para garantir a sua qualidade - é necessário informação precisa (verdadeira), concisa (fácil de manipular), simples (de fácil compreensão) e oportuna (atualizada e essencial ao nosso objetivo) (Gouveia, 1993). Além disso, a informação já não é utilizada apenas de forma isolada, mas sim associada a um sistema, o que levou à criação do que chamamos de Sistemas de Informação (Cayres, 2015; Gonçalves, 1996).

Os Sistemas de Informação (SI) estão associados a procedimentos computacionais, resultado do grande avanço tecnológico dos últimos anos, e são utilizados sobretudo em ambientes organizacionais (Filho, 1996; Gonçalves, 1996). “Um sistema de informação tem por objetivo fornecer a informação necessária ao funcionamento de uma organização e sendo uma organização vista como um todo, há a necessidade de integrar toda a sua informação” (Gonçalves, 1996, p.3). O aparecimento dos sistemas computacionais permitiu centralizar todos os dados e abrir novas perspetivas na manipulação global da informação. Assim surge o conceito de base de dados, cujo aspeto principal é a integração dos dados, constituindo-se o centro do sistema de informação, cuja estrutura é fundamental para a eficácia do sistema (Gonçalves, 1996).

Uma base de dados é, portanto, um conjunto de informação processada através de procedimentos computacionais organizada criteriosamente de modo a que a informação possa ser consultada, expandida ou atualizada de forma eficiente (Caldeira, 2015).

### **2.1 Base de dados espaciais com aplicação nos SIG**

As bases de dados já não englobam apenas funções simples. Incluem uma gama muito maior de técnicas com abordagens clássicas e especializadas a vários tipos de dados, ainda que o armazenamento eficiente e a consulta das bases de dados sejam as funções mais importantes (Rigaux et al., 2001). Entre os diversos dados especializados manipulados pelas bases de dados atuais, podemos destacar os dados espaciais como centrais para várias aplicações. Isto inclui, entre outros, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Design Assistido por Computador (CAD) e processamento de imagem, ou seja, todos cujo objeto central são objetos espaciais a ser armazenados, consultados e exibidos (Filho, 1996; Rigaux et al., 2001). Neste caso em particular, devido ao âmbito do trabalho, merecem especial destaque os SIG.



Os SIG são um conjunto de procedimentos informáticos que permitem armazenar, aceder e manipular informação geograficamente referenciada e podem ser aplicados a diversas temáticas que envolvem a realização de operações espaciais, e.g: gestão de emergência e segurança pública (Zeiler, 1999); ecologia e conservação (Segurado & Jesus, 1999; Zeiler, 1999); planeamento urbano (Zeiler, 1999); gestão das catástrofes (Chang, 2008). A principal componente dos SIG é, por isso, a mais importante é a geoespacial (permite a localização no espaço) (Bolstad, 2016; Stillwell & Clarke, 2006; Zeiler, 1999). No armazenamento de dados espaciais há uma relação entre os objetos geométricos representados (pontos, linhas e polígonos) e a informação associada, contida numa tabela de atributos. A relação entre ambos permite a representação abstrata da realidade (Rigaux et al., 2001).

Contudo, os SIG não possuem à partida algumas funcionalidades, como a possibilidade de realização de *queries* espaciais. Neste contexto surge a necessidade de criar bases de dados mais complexas que permitam incluir dados espaciais (Rigaux et al., 2001). As bases de dados espaciais, tal como o nome indica, armazenam dados que descrevem uma localização ou forma, representados por pontos, linhas ou polígonos (Matthew & Stones, 2005). São, por isso, um SGBD com um novo tipo de dados (dados espaciais) e um motor espacial. Estas possuem inúmeras vantagens como eficiência na interrogação (*querying*), armazenamento e partilha de conjuntos de informação espacial de grande dimensão, utilização de índices espaciais para otimização das *queries* espaciais e facilidade de integração em aplicações externas (e.g. web). São vários os softwares de SGBD que possuem extensão espacial. Podemos destacar o PostGIS, Oracle Spatial, ESRI SDE, MySQL Spatial Extensions e SQL Server Spatial Data.

### **3. Desenho e modelação de esquemas de base de dados**

No processo de criação de uma base de dados o principal objetivo é representar num sistema de gestão de base de dados (SGBD) a informação existente no mundo real de forma estruturada. Podem-se identificar pelo menos seis principais fases (Gonçalves, 1996) (figura 3). Com a sua implementação pretende-se: a gestão de grande quantidade de informação; evitar redundância e inconsistência de dados; facilidade de acesso aos dados; segurança de dados; garantia de integridade; e facilidade de transferência de dados entre bases de dados (Castro, 2006; Rigaux et al., 2001).

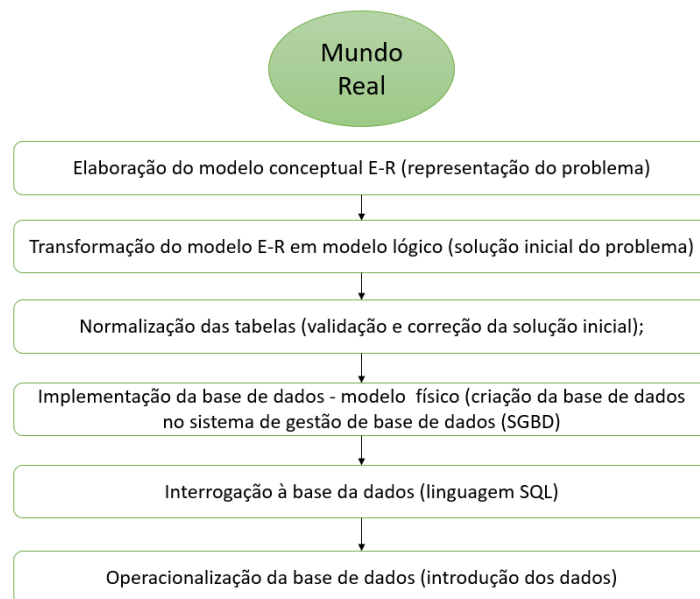


Figura 3- Esquema ilustrativo das diferentes etapas de criação de uma base de dados.

Neste contexto, a modelação de dados constitui-se uma componente fulcral, uma vez que permite uma interpretação simplificada da realidade.

### 3.1 Modelo conceptual

A modelação conceptual é uma das etapas iniciais no processo de construção de uma base de dados, ainda que facultativa, o principal propósito é obter uma compreensão completa da estrutura da base de dados, do seu significado, das suas relações e restrições (Castro, 2006). Importa, sobretudo, referir a modelação orientada ao objeto, como uma nova forma de representação do modelo conceptual. O seu princípio orientador é o objeto, combinando a estrutura de dados e o comportamento numa única entidade. Além disso, modela a estrutura do sistema pela representação dos objetos no sistema, as relações entre objetos, os seus atributos e operações que caracterizam cada classe de objetos (Gonçalves, 1996).

Na indústria da informática existem linguagens próprias para representar os modelos conceptuais de dados (Ramos, 2006; Valentim, 2010). Temos como referência a linguagem UML (*Unified Modeling Language*) que “é utilizada para especificação, documentação, visualização e desenvolvimento de sistemas orientados a objetos” (Valentim, 2010, p.2), permitindo a criação de diagramas (figura 4). Com a construção de um diagrama não só identificamos um conjunto de objetos (entidades), como também os atributos associados a estes, que descrevem o estado do objeto. Identificamos também as relações, que dizem respeito a associações entre entidades, estabelecidas de acordo com as necessidades de gestão e o respetivo grau de cardinalidade associado (Chen, 1976; Lopes & Henriques, 2001).

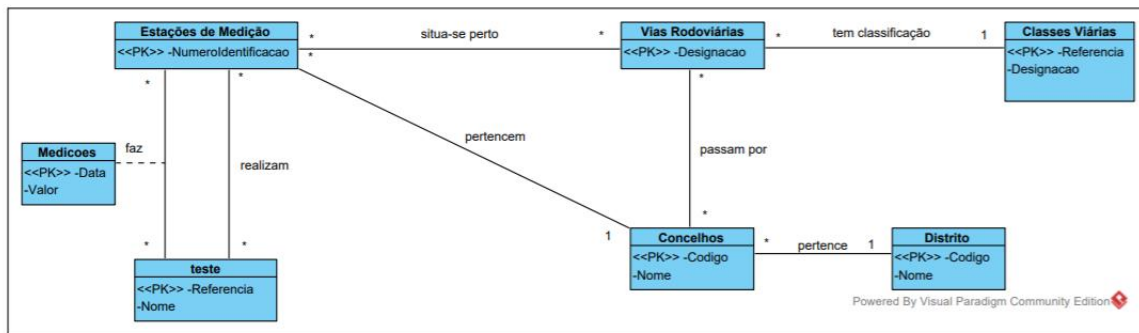


Figura 4- Exemplo de diagrama UML. Fonte: retirado dos documentos da unidade curricular.

Segundo Chen (1976), a entidade “é uma coisa que pode ser distintamente identificada”. Esta possui atributos, que correspondem às suas características, sendo-lhes atribuído um conjunto de valores admissíveis (domínios). As relações são as interações entre duas ou mais entidades. De igual forma, as associações que representam os relacionamentos das entidades podem possuir um atributo. Existem diferentes tipos de relacionamentos quanto ao número de entidades: unárias (entre elementos da mesma entidade); binárias (entre elementos de duas entidades); e ternárias (envolvem simultaneamente elementos de três entidades). Além disso, podemos classificar o relacionamento quanto ao número de elementos de uma entidade a relacionar com elementos de outra (cardinalidade). Podem existir relacionamentos de um para um (1:1), de um para muitos ou de muitos para um (1:N; N:1) e de muitos para muitos (M:N) (Gonçalves, 1996; Lopes & Henriques, 2001).

Este modelo permite-nos, portanto, observar a arquitetura inicial da base de dados de forma expressiva e geral. Isto é, permite uma compreensão e estruturação prévia da base de dados a implementar.

### 3.2 Modelo lógico

O modelo lógico, proposto por Codd em 1970, pretende representar a solução inicial do problema. Baseia-se na teoria matemática das relações, pelo que armazena informação na forma de registo simples (n-uplo ou *tuple*), em que uma relação pode ser vista como uma tabela. Este modelo baseia-se no conceito relação, onde uma dada relação é uma tabela de valores cujos cabeçalhos correspondem aos atributos e as linhas aos n-uplos (figura 5). A sua principal característica é a possibilidade de estabelecer relações entre entidades com recurso às chaves primárias associadas e ao grau e cardinalidade de uma relação (Torres, 1997).

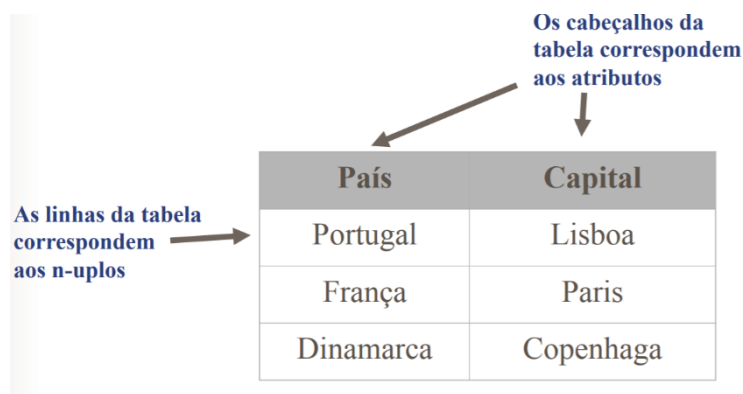


Figura 5- Relação vista como uma tabela no modelo lógico. Fonte: retirado dos documentos da unidade curricular.

O modelo conceitual utilizado na fase de concepção permite determinar as tabelas necessárias em cada tipo de relacionamento entre entidades. Contudo, como existem diversos tipos relacionamento e cardinalidade entre entidades, teremos diferentes situações em relação ao número de tabelas e chaves (primárias e estrangeiras) (Torres, 1997). Assim, a transformação do modelo conceitual para modelo relacional desenvolve-se tendo por base quatro regras:

1. Transformar cada classe de objetos numa relação (com os atributos e o ID do objeto como chave);
2. Transformar cada associação binária (ou unária) M:N numa relação (com os IDs de cada classe participante e os atributos, caso existam);
3. Para as associações 1:1, 1:N e N:1 adicionar o ID do objeto da classe de menor cardinalidade como atributo da relação correspondente à classe de maior cardinalidade (se houver atributos da associação, adicionar esses atributos à relação correspondente à classe de maior cardinalidade);
4. Transformar cada associação ternária (ou superior) numa relação.

Portanto, este é um modelo de dados simples que além de um conjunto de relações também estabelece um conjunto de restrições de integridade. Isto é, garante condições específicas sobre o esquema da base de dados usadas como prevenção contra a entrada de informação inválida nas tabelas (Gonçalves, 1996).

### 3.3 Normalização das tabelas

A normalização diz respeito a um conjunto de regras cujos objetivos são separar a informação e evitar problemas de redundância, inconsistência, anomalias de inserção e anomalias de apagamento na base de dados (Torres, 1997). Este processo permite avaliar a qualidade da forma das tabelas e, caso necessário, corrigi-las. Utiliza as dependências funcionais e chaves primárias e estrangeiras para

determinar que um dado esquema de base de dados está numa determinada forma normal. Existem, portanto, três formas normais de normalização, que são baseadas nas dependências funcionais entre atributos de uma relação (Torres, 1997) (figura 6).

Uma relação diz-se normalizada ou na primeira forma normal quando não detém atributos multivalor ou atributos compósitos. Isto é, os atributos devem ser todos atômicos (simples e indivisíveis) (Torres, 1997).

A segunda forma normal tem por base o conceito de dependência total. Diz-se que uma relação está na segunda forma normal se estiver na primeira forma normal e todos os atributos não chave forem não parcialmente dependentes da chave primária (Torres, 1997). Assim, são eliminadas todas as dependências parciais de atributos não chave para com a chave primária.

“A terceira forma normal é baseada no conceito de dependência transitiva” (Torres, 1997, p.34). Assim, uma relação só está na terceira forma normal se estiver na segunda forma normal e todos os atributos não chave forem dependentes da chave primária (Torres, 1997). Caso exista dependência entre atributos não chave eliminamo-la e decompomo-la numa nova tabela.

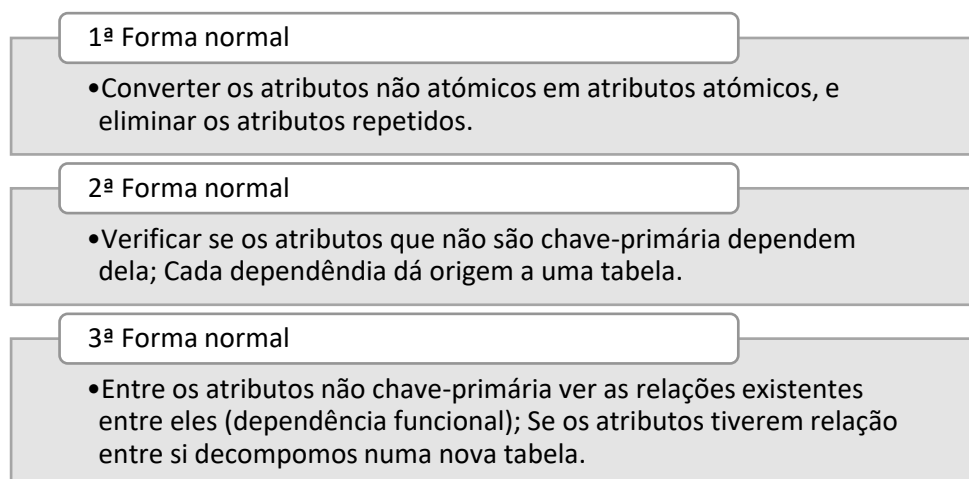


Figura 6- As três formas normais. Fonte: Adaptado de (Torres, 1997).

### 3.4 Modelo físico

O modelo físico é construído a partir do modelo lógico e inclui a análise das características e recursos necessários para o armazenamento e manipulação das estruturas de dados. Tem em consideração as limitações impostas pelo SGBD para a criação dos índices necessários para cada informação colocada nos modelos conceptual e lógico (Machado, 2004). Constitui, por isso, a etapa final para a criação de uma base de dados (Larousse, 2006).

A implementação da base de dados pode ser feita em diversos SGBD, tendo em consideração a preferência do utilizador (Matthew & Stones, 2005). Dois dos softwares mais comuns são o Microsoft Access e o PostgreSQL (*opensource*). O Microsoft Access tem uma menor complexidade, pelo que

apresenta maior acessibilidade na criação e edição de tabelas, enquanto que o PostgreSQL é um software mais complexo que implica alguns conhecimentos mais aprofundados de computação.

O PostgreSQL permite a implementação de bases de dados relacionais, sendo possível definir, gerir e consultar a base de dados. Além disso, possui uma extensão geoespacial, o PostGIS, que permite analisar dados geométricos e executar funções de mapeamento (DeBarros, 2018). Para a implementação da base de dados é utilizada a linguagem de definição dos dados do SGBD, *Data Definition Language* (DDL), que permite a criação da base de dados no dicionário de dados (DeBarros, 2018; Machado, 2004). Os scripts (conjunto de comandos DDL) escritos em SQL também são executados no SGBD (DeBarros, 2018; Machado, 2004).

### **3.5 Interrogação à base de dados em linguagem SQL**

A linguagem SQL (*Structured Query Language*) é uma linguagem concebida para trabalhar com bases de dados relacionais (Churcher, 2016; Taylor, 2013). Esta linguagem permite a manipulação de dados baseada em cálculo relacional de domínios, utilizando os mesmos operadores que o de n-uplos, mas utiliza também variáveis de domínio. Isto é, possibilita definir a estrutura de uma base de dados, manipular os dados e controlar o acesso e o funcionamento seguro da base de dados (Churcher, 2016; Nield, 2016; Taylor, 2013).

A linguagem SQL utiliza um conjunto de comandos, que permitem realizar um conjunto de operações na base de dados. Os principais são: SELECT (questiona a base de dados); UPDATE (analisa registos); INSERT (insere novos registos); e DELETE (apaga registos). O comando mais utilizado para efetuar questões à base de dados, denominados *queries*, é o SELECT, combinado com FROM e WHERE. O SELECT diz respeito aos atributos que se pretendem apurar, o FROM a uma ou mais tabelas utilizadas e o WHERE à condição sobre os n-uplos da tabela. Para efetuarmos questões mais complexas podemos adicionar outras funcionalidades, nomeadamente, estatísticas como o COUNT (número de registos), MAX (máximo), MIN (mínimo), AVG (média) e SUM (somatório). Além disso, podemos juntar tabelas, agrupar (GROUP BY), ordenar (ORDER BY), reunir (UNION), intersectar (INTERSECT) ou diferenciar (EXCEPT). A todos estes processos associam-se operadores lógicos (e.g. =, >, <, >=, <=) ou mapeamento de padrões para comparação de texto.

## 4. Apresentação e discussão dos resultados

### 4.1 Modelo Conceptual

Inicialmente, para a construção do modelo conceptual identificaram-se os componentes básicos do esquema: entidades, os seus atributos e tipos de relações. Neste sentido, o primeiro passo para a criação de um modelo conceptual consiste em, a partir da descrição do problema, proceder à identificação dos conceitos correspondentes às classes. Um exemplo definido que deverá corresponder a uma classe é o conceito de “loteamento” (Figura 7). Definiram-se no total catorze classes individualizadas, demonstrando a complexidade da problemática estudada (Figura 8).

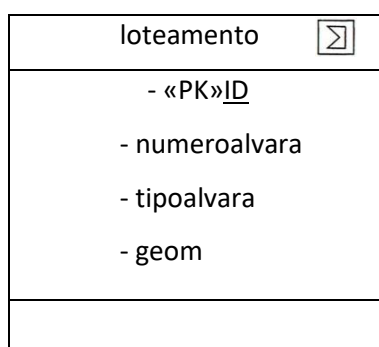


Figura 8- Exemplo de um diagrama correspondente à caracterização da classe loteamento.

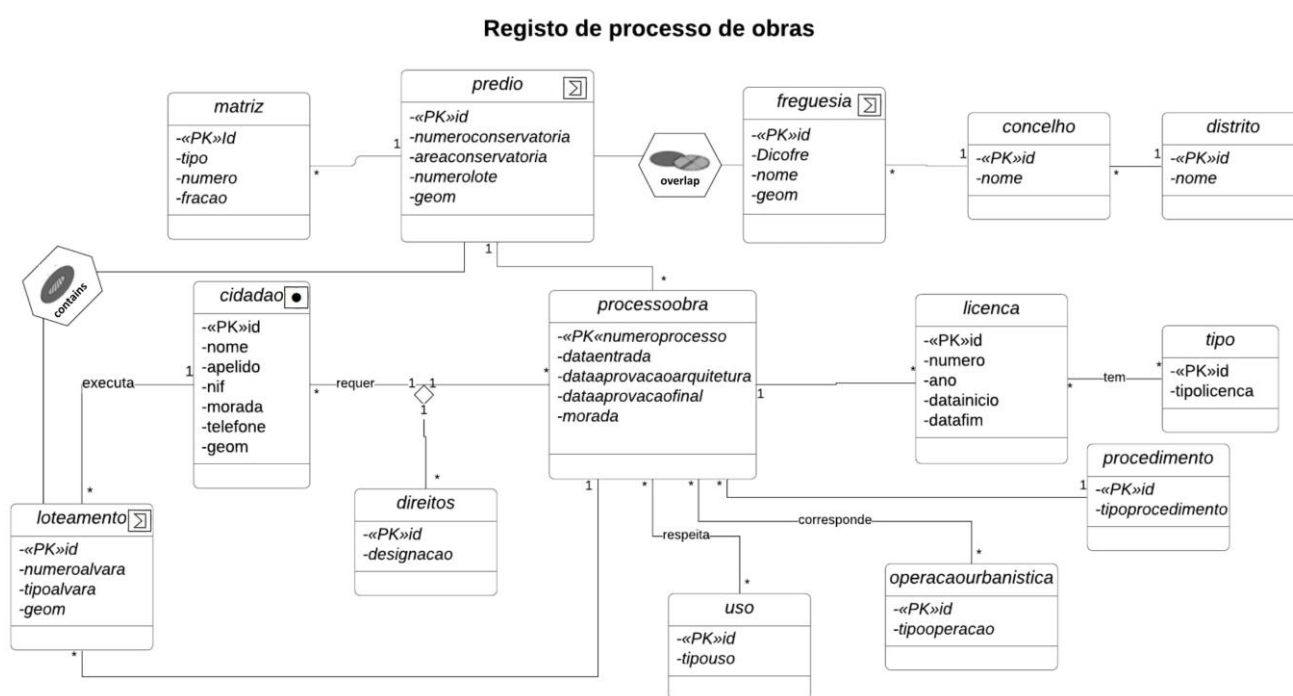


Figura 7- Modelo conceptual – Diagrama de classes do problema em estudo.

Cada classe identificada corresponde a uma tabela na base de dados e os atributos aos campos, que corresponde às colunas das tabelas. Por exemplo, a classe “loteamento” é composta pelo atributo identificador da classe (ID), que funciona como chave identificadora de cada um dos

loteamentos, e por um conjunto de atributos (descritivos) que permitem caracterizar completamente cada loteamento (numeroalvara, tipoalvara). Esta classe possui também componente geográfica, representada através do atributo geom.

Posteriormente à identificação das entidades e dos respetivos atributos, analisaram-se as interdependências entre as entidades, ou seja, definiu-se os vários tipos de cardinalidade de relacionamento e o verbo da relação. Genericamente, o esquema conceptual desenhado caracteriza-se pela presença de diversas relações unárias M:N entre os objetos uso e processoobra; operacaourbanistica e processoobra; cidadão e processoobra; licenca e tipo, o que significa que vários registos de uma tabela se relacionam a vários registos da outra. As restantes cardinalidades dos relacionamentos identificadas são 1: N /N:1, ou seja, uma ocorrência de uma entidade pode se relacionar com várias ocorrências de outra entidade.

Assim, na figura 8 encontra-se apresentado o modelo conceptual do problema definido. Este encontra-se estruturado em catorze classes de objetos, com os correspondentes atributos e respetivos relacionamentos, com o grau de cardinalidade.

#### **4.2 Transformação do modelo conceptual para modelo relacional e normalização das tabelas**

Tendo em consideração a base teórica das regras para a transformação do modelo E-R para um conjunto de tabelas (modelo relacional), temos diferentes situações em relação ao número de tabelas (relações) e às chaves – primárias e estrangeiras. Neste caso, em particular, a transformação para o modelo relacional desenvolveu-se tendo como base as seguintes regras:

1. Transformar cada classe de objetos numa relação com os atributos e o ID do objeto como chave.
2. Transformar cada associação binária M:N numa relação com os IDs de cada classe participante e os atributos, caso existam;
3. No caso, das associações 1: N e N:1 adicionar o ID do objeto da classe de menor cardinalidade como atributo da relação corresponde à classe de maior cardinalidade. Se houver atributos da associação, adicionar esses atributos à relação correspondente à classe de maior cardinalidade.

Como é visível no modelo relacional desenvolvido e que se encontra representado na figura 9, foi necessária a criação de várias novas tabelas (requer, respeita, corresponde, tem) dada a presença de associações unárias de cardinalidade M:N, onde várias linhas de uma tabela se encontravam relacionadas com múltiplas linhas de outra tabela. Este tipo de relacionamento não é passível de representação direta através do modelo relacional, havendo a necessidade de criar tabelas



intermédias (neste caso um total de 3 tabelas), para representar o relacionamento. As chaves primárias das tabelas que representam as entidades surgem sob a forma de chaves estrangeiras, resultantes do relacionamento.

Relativamente aos demais relacionamentos existentes no modelo relacional desenvolvido (cardinalidade 1:N/N:1), isto significa que duas tabelas, em representação de duas entidades, relacionam-se de forma a que uma linha da tabela do lado de menor cardinalidade (1) possa ser referenciada uma ou mais vezes na tabela do lado de maior cardinalidade (N) do relacionamento. Torna-se assim necessário que a chave primária da tabela do lado de menor cardinalidade esteja representada sob forma de chave estrangeira na tabela de maior cardinalidade. Esta situação ocorre, por exemplo, nas entidades “loteamento”, “freguesias”, “concelho”, “matriz”, “direitos”, “processoobra” e “licença”. Para referir um exemplo mais concreto existente no modelo criado, consideremos as entidades “predio” e “matriz”. Um prédio contém várias matrizes, mas várias matrizes estão contidas em um prédio. Desta forma, a partir da matriz será sempre possível identificar exatamente o seu prédio, uma vez que a chave primária do prédio estará presente como atributo da entidade matriz, sob a forma de chave estrangeira (figura 9).

Relativamente à normalização das tabelas e tendo em consideração as três formas normais, a base de dados construída já se encontra normalizada, não sendo necessário efetuar-se a normalização.

predio (polígono)	PK_id	numeroconservatoria	areaconservatoria	numerolote	geom		
cidadao (ponto)	PK_id	nome	apelido	nif	morada	telefone	geom
loteamento (polígono)	PK_id	numeroalvara	tipoalvara	geom	FK_idcidadao	FK_numeroprocessobra	
freguesia (polígono)	PK_id	dicofre	nome	geom	FK_idconcelho		
concelho	PK_id	nome	FK_iddistrito				
distrito	PK_id	nome					
matriz	PK_id	tipo	numero	fracao	FK_idpredio		
direitos	PK_id	designacao	FK_numeroprocessobra	FK_idcidadao			
processoobra	PK_numeroprocesso	dataentrada	dataaprovacaoarquitetura	dataaprovacaofinal	morada	FK_idpredio	FK_idprocedimento
licenca	PK_id	numero	ano	datainicio	datafim	FK_numeroprocessobra	
uso	PK_id	tipouso					
operacaourbanistica	PK_id	tipoooperacao					
procedimento	PK_id	tipoprocedimento					
tipo	PK_id	tipolicenca					
requer	FK_idcidadao	FK_numeroprocessobra					
respeita	FK_iduso	FK_numeroprocessobra					
corresponde	FK_numeroprocessobra	FK_idoperacaourbanistica					
tem	FK_idlicenca	FK_idtipo					

Figura 9- Transformação do modelo conceptual para um conjunto de tabelas.

### 4.3 Implementação da base de dados no SGBD

Após concluído o modelo lógico e a normalização, criou-se o modelo físico, que inclui a análise das características e recursos necessários para o armazenamento e manipulação das estruturas de dados. Este modelo tem em consideração as limitações impostas pelo SGBD e deve ser criado com base na construção do modelo lógico. O conhecimento do modo físico de implementação das estruturas de dados é um ponto básico para o domínio desse tipo de modelo.

Para a construção do modelo físico, utilizou-se o software PostGres com a extensão PostGIS, dada a existência de dados geográficos. Neste software procedemos à criação das diversas tabelas, ligação entre as várias tabelas, introdução dos dados e, por fim, recorrendo à *Query Tool* realizamos um conjunto de perguntas não espaciais em linguagem SQL à base de dados, sendo uma forma de testar a operacionalidade da mesma.

#### 4.4 Perguntas à base de dados

Após a implementação da base de dados no software PostGres, procedeu-se à definição das queries, em linguagem SQL (*Structured Query Language*). Este é uma linguagem concebida para trabalhar com bases de dados relacionais. A SQL permite definir a estrutura de uma base de dados, manipular os dados e controlar o acesso e o funcionamento seguro da base de dados.

Definiu-se no total dezasseis queries, em que nove destas dizem respeito a perguntas não espaciais e sete a perguntas espaciais. As perguntas não espaciais foram realizadas nos softwares PostGres e as perguntas espaciais foram realizadas no software QGIS, dado que este software apresenta uma maior facilidade para trabalhar com dados geográficos.

##### 4.4.1 Perguntas não espaciais

- 1) Em que loteamentos encontramos proprietários cujo apelido é “Costa?”.

**Select** cidadao.id, apelido

**From** loteamento, cidadao

**Where** cidadao.id=loteamento.idcidadao and cidadao.apelido='Costa'

	id [PK] integer	apelido character varying (255)
1	11	Costa
2	11	Costa

- 2) Quais os lotes com área geográfica superior a 300m<sup>2</sup>?

**Select** predio.id, areageografica

**From** predio

**Where** areageografica>300

	id [PK] integer	areageografica double precision
1	26	851.14
2	27	724.54
3	28	668.86
4	29	1175
5	31	837.37
6	32	766.23
7	9	618.66
8	10	744.14
9	46	2148.44
10	33	871.95

3) Quais os lotes com licença de construção emitida em 2019?

**Select** predio.id, datainicio

**From** predio, licenca, processoobra

**Where** predio.id=processoobra.idpredio and licenca.idprocessoobra=processoobra.id and datainicio between '2019-01-01'and '2019-12-31'

	id integer	datainicio date
1	8	2019-06-25
2	12	2019-01-02

4) Quais os lotes onde a área geográfica apresenta uma diferença >10% da área registrada na certidão da Conservatória?

**Select** predio.id, sum((areaconservatoria-areageografica)/areaconservatoria\*100)

percentagem

**From** predio

**Group by** predio.id

**Having** sum((areaconservatoria-areageografica)/areaconservatoria\*100)>10 and sum((areaconservatoria-areageografica)/areaconservatoria\*100)>-10

	id [PK] integer	percentagem double precision
1	87	17.9143476087319
2	22	11.5834588208039

- 5) Quantos empreendimentos turísticos estão previstos cuja aprovação final decorreu depois de 2018 e respetiva data de início ?

**Select** uso.tipouso, processoobra.dataaprovacaofinal, count(\*)

**From** uso, respeita, processoobra

**Where** respeita.iduso=uso.id and respeita.idprocessoobra=processoobra.id  
and uso.tipouso='turismo'and processoobra.dataaprovacaofinal>'2018-01-01'

**Group by** uso.tipouso, processoobra.dataaprovacaofinal

	tipouso character varying (255)	dataaprovacaofinal date	count bigint
1	turismo	2019-01-01	1

- 6) Quantas habitações unifamiliares estão em construção?

**Select** tipouso, count(\*)

**From** uso, respeita, processoobra, licenca

**Where** respeita.iduso=uso.id and respeita.idprocessoobra=processoobra.id and  
licenca.idprocessoobra=processoobra.id and tipouso='habitação unifamiliar' and now()  
between datainicio and datafim

**Group by** tipouso

	tipouso character varying (255)	count bigint
1	habitação unifamiliar	2

- 7) Quais os processos com licença de construção caducada?

**Select** numeroprocesso

**From** processoobra, licenca

**Where** licenca.idprocessoobra=processoobra.id and now() > datafim

	numeroprocesso character varying
1	GU/2002/25/0
2	GU/2011/33/0
3	GU/2010/13/0
4	GU/2009/08/0

8) Quantas licenças existem por tipo de licença?

**Select** tipolicenca, count(\*)

**From** tipo, licenca, tem

**Where** licenca.id=tem.idlicenca and tem.idtipo=tipo.id

**Group by** tipolicenca

	tipolicenca character varying (255)	count bigint
1	alteração de utilização	1
2	utilização	2
3	construção	6

9) Qual a média da área geográfica dos lotes?

**Select** round (avg(areageografica),2)

**From** predio

	round numeric
1	790.13

#### 4.4.2 Perguntas espaciais

1) Quais são os prédios da freguesia de Adaúfe?

**Select** predio.id,predio.geom, ST\_Intersects (predio.geom, freguesia.geom)

**From** predio, freguesia

**Where** freguesia.nome='Adaúfe' and ST\_Intersects(predio.geom, freguesia.geom)='True'



Figura 10- Prédios existentes na freguesia de Adão, no concelho de Braga.

2) Quais as freguesias que contém loteamentos?

**Select** loteamento.id, freguesia.geom

**From** loteamento, freguesia

**Where** ST\_Intersects (loteamento.geom, freguesia.geom)

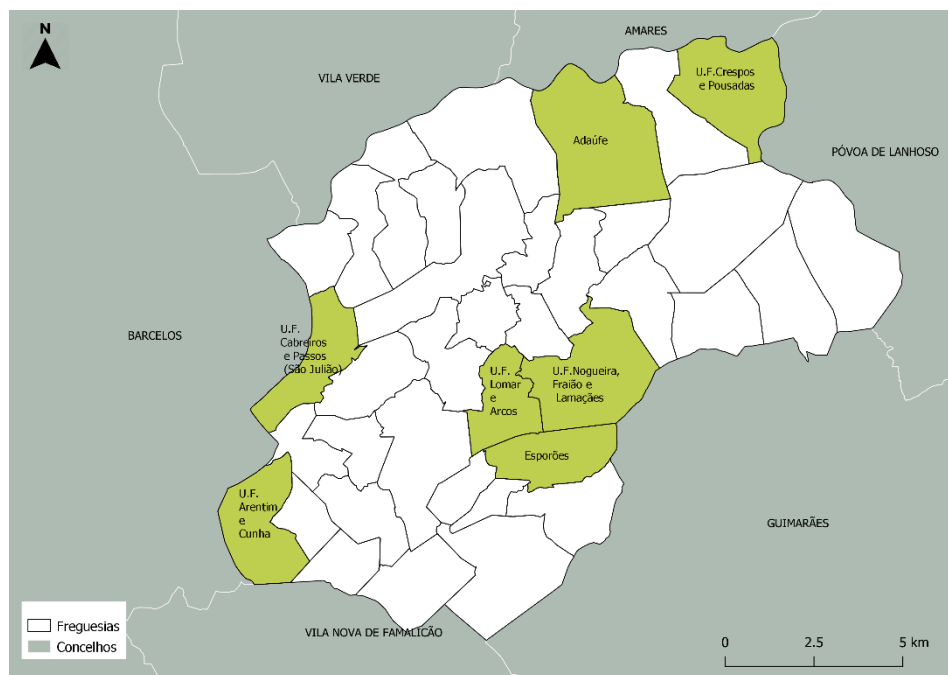


Figura 11- Freguesias do concelho de Braga que contém loteamentos.

- 3) Quais as freguesias cuja área dos prédios registados cobrem mais de 0.2% da sua área, ordenado por nome da freguesia?

```
Select freguesia.id, freguesia.nome, freguesia.geom, sum(st_area(predio.geom)) as  
somatorio_predios, st_area(freguesia.geom) as area_freguesias,  
sum(st_area(predio.geom))/st_area(freguesia.geom)*100 as percentagem  
From freguesia, predio  
Where st_intersects (freguesia.geom, predio.geom)  
Group by freguesia.id, freguesia.nome, freguesia.geom  
Having sum(st_area(predio.geom))/st_area(freguesia.geom)*100 > 0.2  
Order by freguesia.nome
```

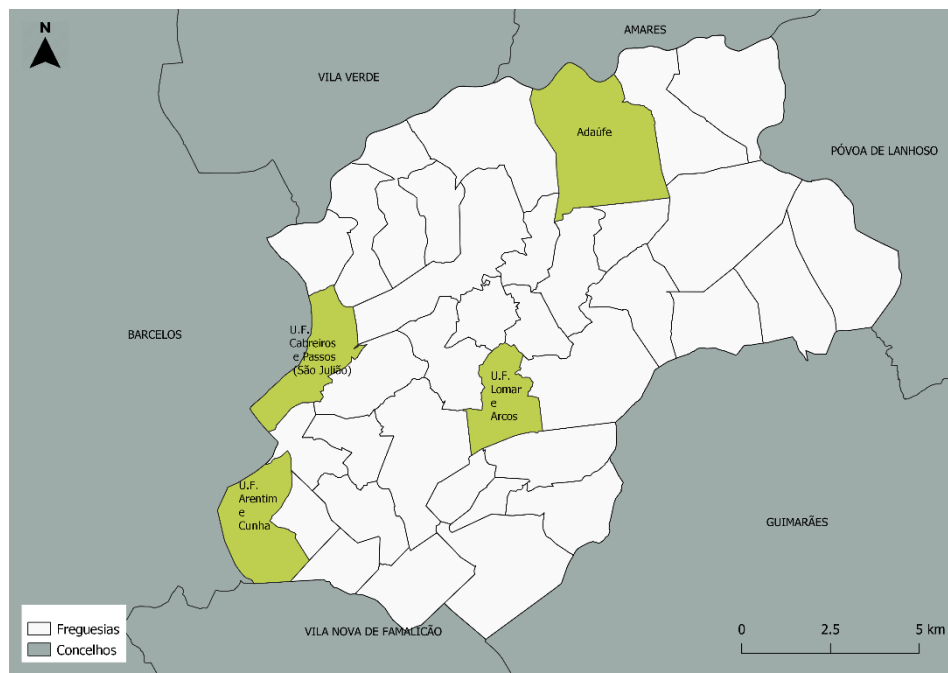


Figura 12- Freguesias cuja área dos prédios registados cobrem mais de 0.2% da sua área, no concelho de Braga.

- 4) Quais os loteamentos com um número de prédios superior a 10?

```
Select loteamento.id, numeroalvara, loteamento.geom, count(*)  
From predio, loteamento  
Where st_intersects (predio.geom, loteamento.geom)  
Group by loteamento.id, numeroalvara, loteamento.geom  
Having count (*) > 10  
Order by loteamento.id
```

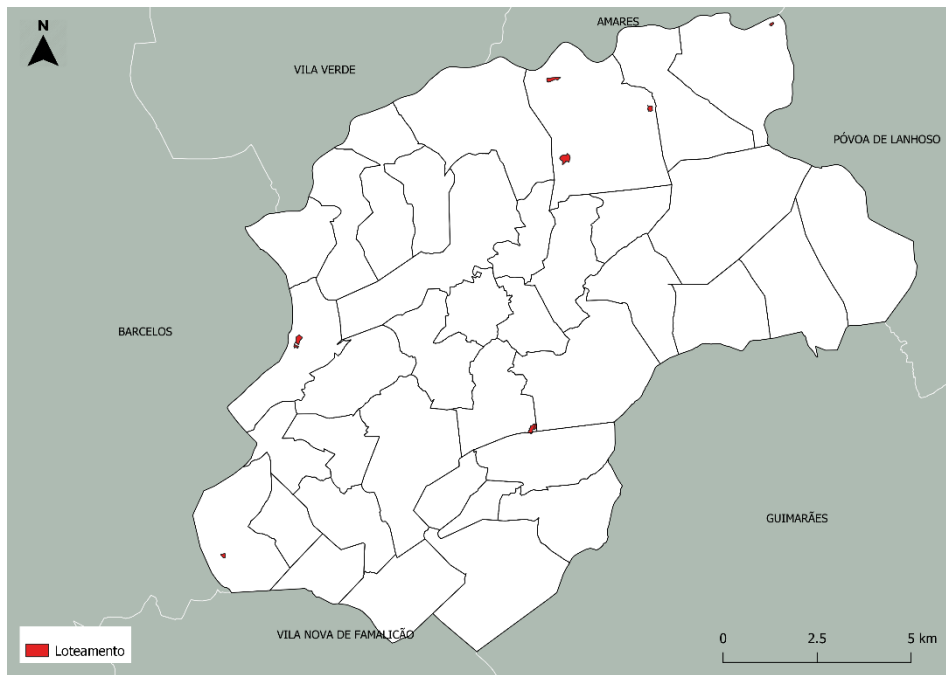


Figura 13- Loteamentos com número de prédios superior a 10, por freguesia, no concelho de Braga.

- 5) Quais os prédios com área superior à média dos prédios referenciados, ordenado por ordem crescente?

**Select** predio.id, predio.geom, st\_area(predio.geom)

**From** predio

**Group by** predio.id

**Having** st\_area(predio.geom)>(select avg(st\_area(predio.geom)) from predio)

**Order by** st\_area(predio.geom)



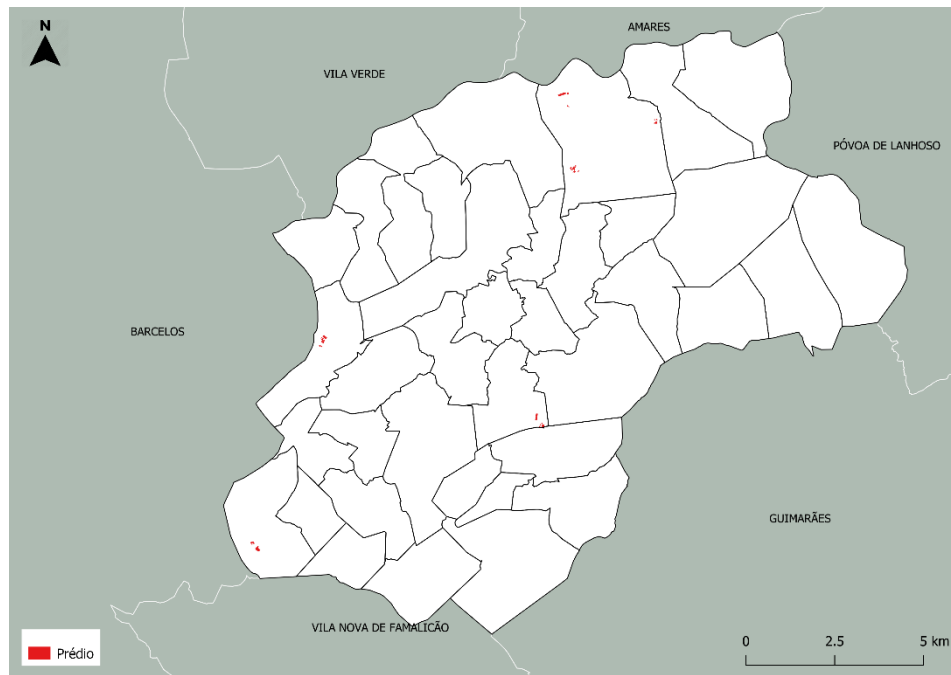


Figura 14- Prédios com área superior à média dos prédios referenciados, por freguesia, no concelho de Braga.

6) Onde se localizam os prédios cujas licenças estão em decurso à data 2019-12-20?

**Select** predio.id, datainicio, datafim, predio.geom

**From** licenca, processoobra, prédio

**Where** processoobra.id=licenca.idprocessoobra and predio.id=processoobra.idpredio and '2019-12-20' between datainicio and datafim



Figura 15-Prédios cujas licenças estão em decurso à data 2019-12-20, no concelho de Braga.

7) Quais os cidadãos que moram a menos de 100.000 metros da freguesia de Adaúfe?

**Select** cidadao.id, cidadao.geom, st\_buffer(freguesia.geom, 100000)

**From** freguesia, cidadao

**Where** st\_intersects (cidadao.geom, (select st\_buffer(freguesia.geom, 100000) from freguesia where freguesia.nome='Adaúfe' )) and freguesia.nome='Adaúfe'

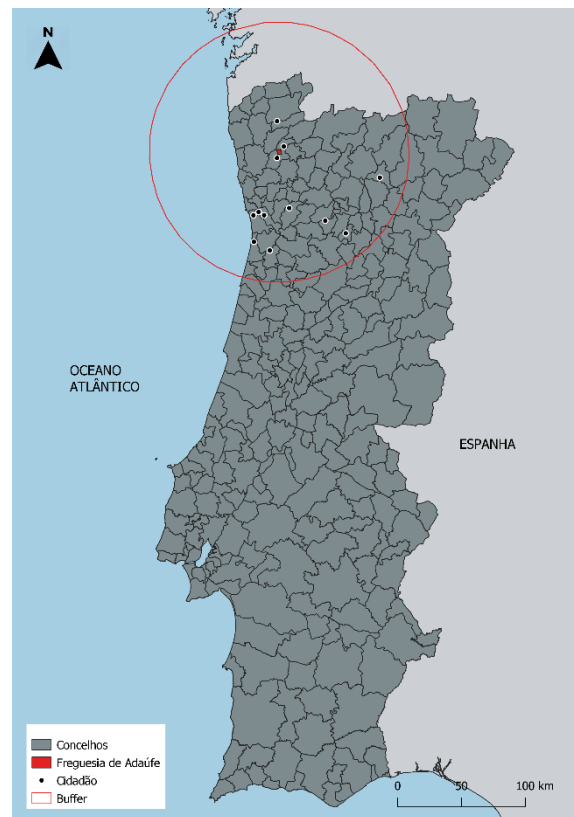


Figura 16- Cidadãos que moram a menos de 100.000 metros da freguesia de Adaúfe.

## 5. Conclusão

Os municípios enfrentam atualmente, no âmbito das suas atribuições e competências, um conjunto de desafios que definem as orientações estratégicas estabelecidas para a gestão do seu território, sendo um dos grandes desafios a gestão de informação espacial. A base de dados elaborada e implementada neste trabalho pretende ser um contributo importante para a constituição de uma estrutura impulsionadora de uma melhor gestão da informação no âmbito dos processos de obras e cadastro predial.

Muitas das questões (*queries*) elaboradas e colocadas à base de dados estão direcionadas para problemas da prática, respondendo a questões pertinentes para a gestão do território. As várias perguntas retratam as relações que se consideradas mais importantes entre cidadãos, freguesias, prédios, processos de obra e licenças. Destaca-se uma das questões direcionada para aferir a fiabilidade dos dados dos registos de propriedade, através do cálculo da diferença entre a área registada na Conservatória do Registo Predial e a área geométrica do polígono do prédio. Quando a diferença é elevada indica a existência de erros na delimitação do polígono ou da área registada, implicando, portanto, a necessidade de se proceder à revisão e/ou correção da informação.

Neste contexto, entende-se que a base de dados espacial desenvolvida no âmbito deste trabalho apresenta várias vantagens, nomeadamente:

- Pode ser adotada por outros municípios, já que o âmbito da informação tratada é transversal;
- Permite incluir o registo de outro tipo de parcelas, mesmo quando não inserida em loteamentos;
- Possibilita a inclusão na base de dados de outros temas relacionados com os processos de obras, tais como a publicidade, ocupação da via pública, gestão de equipamentos e espaços verdes;
- Pode constituir um contributo importante para o programa de cadastro oficial em decurso, o Balcão Único do Prédio (BUPI) em especial se for alargado aos prédios urbanos.

Considera-se assim que o trabalho atingiu os seus objetivos, sendo passível de implementação tanto no município de Braga como em outros municípios. Apesar da estrutura simples da base de dados relacional desenvolvida neste trabalho académico, o resultado alcançado mostrou ter robustez para ser implementado e disseminado em ambiente real de trabalho.

Além disso, a elaboração do trabalho foi sentida como um contributo importante para a capacitação técnica dos membros do grupo, sedimentado os conhecimentos adquiridos em aula. Consideramos ainda muito positiva a experiência de trabalhar em base de dados no servidor da faculdade, potencializando as qualidades de uma base de dados multi-utilizador e aproximando-se assim do ambiente de trabalho corporativo.

## 6. Referências Bibliográficas

- Bessa, M., & Julião, R. (2016). A informação geográfica e os Sistemas de Informação Geográfica como resposta aos desafios da gestão municipal: vantagens e desafios de uma implementação para o Inventário do Património Imóvel Municipal. *GOT, Revista de Geografia e Ordenamento Do Território*, 15. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17127/got/2016.10.003>
- Bolstad, P. (2016). *GIS fundamentals: A first text on geographic information systems*. Retrieved from <http://repository.ntt.edu.vn/jspui/handle/298300331/2885>
- Caldeira, C. (2015). *A arte das Bases de Dados com exemplos de aplicação para Oracle e SQL Server*. Retrieved from [www.di.uevora.pt/~ccaldeira](http://www.di.uevora.pt/~ccaldeira)
- Castro, N. M. e. (2006). *Base de dados*.
- Cayres, P. (2015). *Modelagem de Banco de Dados*.
- Chang, K. (2008). *Introduction to geographic information systems*. Retrieved from [http://www.academia.edu/download/60027893/Kang-tsung\\_Chang\\_-\\_Introduction\\_to\\_Geographic\\_Information\\_Systems-McGraw-Hill\\_201920190716-74532-smq0h3.pdf](http://www.academia.edu/download/60027893/Kang-tsung_Chang_-_Introduction_to_Geographic_Information_Systems-McGraw-Hill_201920190716-74532-smq0h3.pdf)
- Chen, P. (1976). *THE ENTITY-RELATIONSHIP MODEL-TOWARD A UNIFIED VIEW OF DATA\**.
- Churcher, C. (2016). *Beginning SQL Queries*.
- DeBarros, A. (2018). *Practical SQL*.
- Filho, J. L. (1996). *Projeto de Banco de Dados para Sistemas de Informação Geográfica*.
- Gonçalves, J. (1996). *Regras para a transformação de um Modelo Conceptual Orientado ao Objecto num Esquema de Bases de Dados Relacional*.
- Gouveia, L. (1993). *Sistemas de Informação*.
- INE. (2011). *Rel. téc. Instituto nacional de estatística*.
- Larousse, N. (2006). *Création de bases de données*.
- Lopes, S., & Henriques, P. (2001). *Sistemas de Informação e Bases de Dados*.
- Machado, F. (2004). *Banco de Dados-Projeto e Implementação*. Retrieved from <https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=N4diDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=banco+de+dados+projeto+e+implementação&ots=PgfjkEr4PA&sig=FyXAoY-Q7QqSA309XU-vtEOYLU0>
- Matthew, N., & Stones, R. (2005). *Beggining Databases with PostgresSQL*.
- Nield, T. (2016). *Getting Started with SQL*.
- Ramos, R. (2006). *Treinamento prático em UML*. Retrieved from <https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=cE4qBWwJM1sC&oi=fnd&pg=PT7&dq=principal+propósito+é+obter+uma+compre>

nsão+completa+da+estrutura+da+base+de+dados,+do+seu+significado,+relações+e+restrições  
&ots=BI7uuB7j8M&sig=TudNvth4cl91q7RABlbmh9rZjgw

Rigaux, P., Scholl, M., & Voisard, A. (2001). *Spatial databases: with application to GIS*. Retrieved from  
<https://books.google.com.br/books?hl=pt->

PT&lr=&id=DJlbO7t4hSgC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Spatial+Databases+WITH+APPLICATION+TO+GI  
S&ots=XU\_jn4oWbJ&sig=wP8VDF8RQ7\_m9fPer6-QKONaMgE

Segurado, P., & Jesus, B. (1999). *APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NAS  
DIFERENTES FASES DE UM ESTUDO ECOLÓGICO*.

Stillwell, J., & Clarke, G. (2006). Applied GIS and Spatial Analysis. In *Applied GIS and Spatial Analysis*.  
<https://doi.org/10.1002/0470871334>

Taylor, A. (2013). *SQL For Dummies* (8th ed.). For Dummies.

Torres, J. (1997). *Modelo relacional versus Modelo orientado por objetos*.

Valentim, I. (2010). *Definição do modelo conceptual de dados através das linguagens UML e ORM*.

Zeiler, M. (1999). *Modeling our world: the ESRI guide to geodatabase design*. Retrieved from  
<https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=qAe->

ScoyTqIC&oi=fnd&pg=PP9&dq=Modeling+Our+World&ots=Maoda6HBQ-&sig=hLjT6Wui\_Zb3-  
ciMetR2LRDkFYM