



## Implementação de uma Infraestrutura Espacial para Generalização da Carta Militar 1:25 000

Nuno VICENTE<sup>1</sup>, João CATALÃO<sup>2</sup>, Paulo PIRES<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CIGeoE, Centro de Informação Geoespacial do Exército, Lisboa

<sup>2</sup> Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, IDL, Lisboa

(nvicente@igeoe.pt; jcfernandes@fc.ul.pt; ppires@igeoe.pt)

**Palavras-chave:** Generalização cartográfica, Manipulação de dados, Sistema de Informação Geográfica, Base de Dados Relacional

### Resumo:

No Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE), a série cartográfica M783 à escala 1:50 000 é produzida no Departamento de Controlo e Saída de Dados. Esta carta é generalizada a partir da Base de Dados Geográfica da série cartográfica M888, à escala 1:25 000, seguindo um processo de generalização semi-automático, não existindo a necessidade de adquirir nova informação.

O processo semiautomático implementado, sendo eficaz, é de certo modo complexo. Funciona com o uso de diverso *software* tendo por base informação processada em programas de desenho (*CAD*, *Microstation*), com algum processamento em Sistemas de Informação Geográfica (*SIG*, *Geomedia*) tendo por base uma sequência de ficheiros executáveis, apoiando-se em linguagem de programa proprietário (*MDL*, *Microstation*) especificamente desenvolvidos para este processo. Os sistemas baseados em *CAD* e em ficheiros, apresentam algumas limitações próprias. Pelas vantagens dos *SIG* e das bases de dados em termos de gestão da informação geográfica, foi decidido dar-se início à migração dos dados geográficos do CIGeoE para uma base de dados relacional (*PostgreSQL*) e integração dos diversos componentes algorítmicos num sistema integrado de generalização cartográfica.

Este artigo visa mostrar a implementação de uma infraestrutura de dados espaciais desenvolvida a partir da extensão *PostGIS* do *PostgreSQL* na qual são desenvolvidos algoritmos e operadores tendo em vista a automatização de parte do processo de generalização cartográfica da carta 1:25 000 do CIGeoE para outras escalas menores. A base de dados relacional espacial foi estruturada com um conjunto de classes assente nas entidades geográficas representadas na Carta Militar 1:25 000, com a qual interage uma aplicação em *python* com diversas operações que efetuam de forma automática a generalização semântica e geométrica da maioria das entidades representadas na carta de menor escala. Foi usado o *QGIS* como *desktop* para exploração e visualização dos dados. Foi tido igualmente em conta o contexto espacial das operações realizadas nas diferentes entidades e outros projetos desenvolvidos no CIGeoE. É apresentado um estudo de caso para a transformação de 1:25 000 para 1:50 000. Este projeto foi desenvolvido no âmbito da tese de Mestrado em Engenharia Geográfica da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.



## 1. Introdução

O tema desenvolvido foi o de generalização da carta militar 1:25 000 para representação à escala 1:50 000.

A generalização cartográfica é uma tarefa complexa de automatizar visto depender de diversos fatores independentes, como as diferentes escalas envolvidas, as características geométricas das entidades geográficas, as relações topológicas e a contextualização, (Lopes e Catalão, 2015).

O processo de generalização em uso no CIGeoE foi implementado no período de 2004 a 2005, possibilitando otimizar recursos materiais e humanos, em algumas folhas 1:50 000, reduziu mais de 60% do tempo de elaboração. A sua implementação foi realizada parcialmente em *software* proprietário específico para generalização cartográfica tendo vindo a ser adaptado e melhorado ao longo dos anos. O processo implementado, apresenta alguma complexidade, devido aos diferentes *softwares* em que se apoia. Sendo eficaz, apresenta as limitações próprias dos sistemas baseados em ficheiros.

Fruto de novas exigências da conjuntura atual, pelas vantagens dos SIG e das bases de dados, foi decidido dar início à migração dos dados geográficos do CIGeoE para uma base de dados relacional (*PostgreSQL*) e fazer a integração dos diversos componentes algorítmicos num sistema integrado de generalização cartográfica. Pretende-se automatizar o processo de generalização semântica e geométrica da carta 1:25 000 do CIGeoE para outras escalas menores. Foi desenvolvido um estudo de caso para a generalização da carta militar 1:25 000 para a carta militar 1:50 000. Este artigo visa de forma resumida explicar o que foi feito para se efetivar a mudança para um novo processo de generalização no CIGeoE e o que lhe esteve associado.

Após a introdução e o objetivo, é elaborado um enquadramento teórico definindo alguns conceitos relacionados com a generalização, as suas diversas vertentes e operadores utilizados.

No ponto seguinte é apresentado o projeto em si e uma possível abordagem à generalização orientada para o modelo da carta 1:25 000 para a carta 1:50 000, com um estudo de caso usando para o efeito ferramentas SIG *open source*, explorando as vantagens das bases de dados relacionais com extensão geográfica.

No final do artigo apresentam-se algumas conclusões e propostas para trabalhos futuros.

## 2. Objetivo

O objetivo foi a implementação de uma infraestrutura de dados espaciais com base na qual são desenvolvidos algoritmos e operadores tendo em vista a automatização do processo de generalização cartográfica da carta militar 1:25 000 do CIGeoE para outras escalas menores.

A estratégia consistiu na implementação de uma base de dados relacional espacial em *PostgreSQL* com extensão *PostGIS* com uma estrutura de classes que contempla as entidades geográficas representadas na Carta Militar 1:25 000, o desenvolvimento em *python* de uma aplicação com operadores e algoritmos e que efetuam de forma automática a generalização cartográfica da maioria das entidades representadas nas folhas 1:25 000 para 1: 50 000.

## 3. Enquadramento teórico

Existem várias definições e conceitos de generalização. Segundo o Dicionário de Ciências Cartográficas, (Gaspar, 2004), generalização cartográfica é uma “Operação de abstração cartográfica que consiste em classificar, simplificar e, de um modo geral, harmonizar os elementos de informação a incluir numa carta, de acordo com a sua escala e finalidade...”. Outra possível definição de generalização é: um conjunto de operações realizadas sobre a representação da informação espacial cujo objetivo é melhorar a legibilidade e aumentar a facilidade de compreensão dos dados por parte do utilizador.

O processo de redução do nível de detalhe de uma carta, como consequência da redução da escala do mesmo é designado por generalização cartográfica.

É preciso diferenciar entre os aspetos resultantes da representação gráfica dos que derivam da modelação a diferentes níveis de resolução espacial e semântica. Estas duas categorias têm motivado a investigação em duas áreas: generalização orientada para o modelo e generalização cartográfica. A generalização orientada para o modelo tem como objetivo facilitar o acesso aos dados, a generalização cartográfica, como já referido, incide sobre a própria representação cartográfica. A generalização orientada para o modelo baseia-se na manipulação da base de dados e é independente da representação cartográfica. No entanto, os dois modos de generalização são normalmente complementares. A generalização orientada para o modelo (*model-oriented*) pode ser precursora da generalização cartográfica (*graphic-oriented*), (Catalão, 2013).



Segundo (Jones, 2003), citado por (Lopes, 2005), os dois tipos principais de generalização são:

- Generalização semântica - baseado na escolha inicial da informação relevante a ser apresentada no mapa;
- Generalização geométrica - baseado na manipulação de características gráficas de entidades geográficas representadas no mapa.

Deve ser também lembrada a generalização contextual, mais difícil de modelar, que normalmente é executada manualmente.

A generalização automática é um tema bastante debatido. As inovações na área da informática, o desenvolvimento da inteligência artificial, de novos algoritmos entre outras, têm possibilitado o desenvolvimento da automatização do processo de generalização.

Os processos mais utilizados atualmente são semi-automáticos, onde o cartógrafo controla o processo, selecionando as entidades cartográficas a generalizar, escolhendo os algoritmos e respetivos parâmetros a aplicar. É ainda o cartógrafo que executa as últimas validações e correções. O resultado final da generalização de uma carta não corresponde assim a uma simples soma de processos individuais de generalização dos elementos que compõem a carta. É necessário ter uma visão holística de todo o processo, o que torna bastante difícil um processo puramente automático se não impossível também da forma como os dados são manipulados e armazenados em Bases de Dados, como estas são pesquisadas e ainda como os algoritmos processam esses dados.

Tudo isto leva a que a generalização automática continue a representar um enorme desafio para a investigação científica e tecnológica na área das ciências geográficas.

#### 4. Dados e Metodologia

Os dados iniciais são todas as entidades geográficas representadas em quatro folhas adjacentes da Carta Militar 1:25 000, após validação, com a extensão *DGN (design)*. O objetivo é obter por generalização uma folha à escala 1:50 000, partindo dos dados já validados das quatro folhas 1:25 000 correspondentes.

Por cada folha 1:25 000 temos dois ficheiros de desenho (*microstation*), em que num estão representadas todas as entidades planimétricas, e no outro ficheiro as entidades altimétricas. Assim inicialmente temos oito ficheiros de desenho, dois por cada folha 1:25 000. Numa primeira fase estes oito ficheiros são transformados em cinco ficheiros do tipo *shapefile*, divididos por tipo de entidade geográfica. Os quatro ficheiros da planimetria dão origem a três ficheiros, um de entidades pontuais (pontos), outro de entidades lineares (linhas) e outro de entidades poligonais (polígonos). Os quatro ficheiros da altimetria dão origem a dois ficheiros, um com as curvas de nível e outro com os elementos pontuais da altimetria (vértices geodésicos, pontos de cota e marcos de fronteira). Após o que estes ficheiros são carregados na base de dados relacional *PostgreSQL*, sob a forma de tabelas. A partir destas tabelas e considerando os respetivos atributos, as várias entidades vão sendo selecionadas e são efetuadas as diversas operações de generalização, dando origem a novas tabelas com os dados geográficos da folha 1:50 000.

Todas as operações foram realizadas com *software open source*. Permitiu também testar uma aplicação desenvolvida no CIGeoE para a passagem de ficheiros do *microstation* (extensão *DGN*) para *shapefile* e *shapefile* para *DGN*, a "*DGN2SHP\_converter*", desenvolvida com *software open source*

A forma preferencial de interação com os dados, foi o da manipulação de dados, através de comandos SQL (*Structured Query Language*), atuando diretamente sobre a base de dados, complementada com o uso de *plugins* do *QGIS*. Foi desenvolvido em linguagem de programação *python* uma aplicação que integra todas as operações realizadas com os respetivos operadores e algoritmos, facilitando assim a interação de um possível utilizador com a base de dados.

O Projeto engloba uma base de dados que armazena os dados iniciais e após a generalização, possibilitando serem exportados para outros formatos, com o apoio de *plugins* do *QGIS* e da aplicação *DGN2SHP\_converter* atrás referida, de acordo com o representado na Figura 1

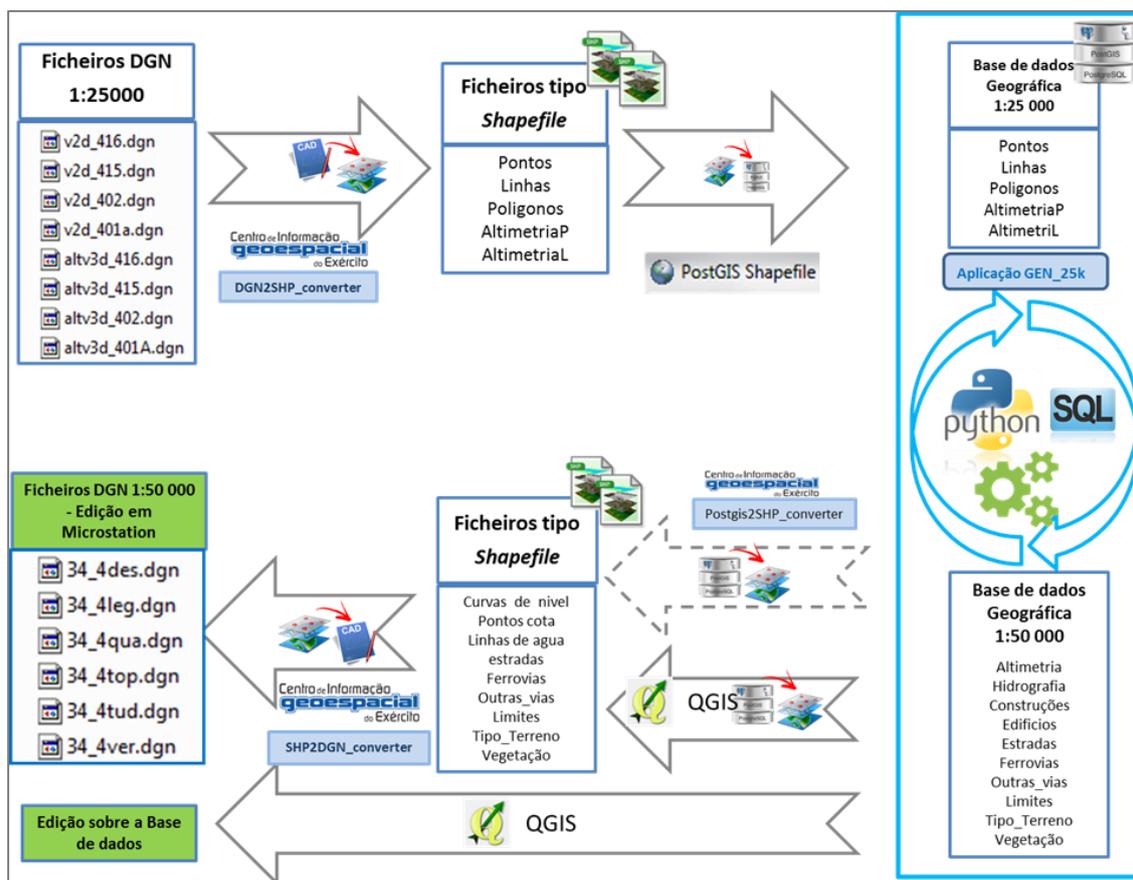


Figura 1 – Esquema do fluxo da informação usado no Projeto

O Sistema de Gestão de Base de dados *PostgreSQL* com a extensão *PostGIS*, tem diversas funções predefinidas. Para a realização de determinadas operações foram utilizadas por vezes seqüências dessas funções, criando assim novas funções adaptadas às entidades geográficas a tratar, potenciando a linguagem *SQL* sobre a base de dados, reduzindo o tempo de processamento relativamente ao processo atualmente implementado, demonstrando também a flexibilidade do sistema e a possibilidade de atualização.

## 5. Entidades Geográficas Poligonais

Na generalização de entidades do tipo polígono teve-se em consideração essencialmente as áreas de cada uma delas e as distâncias entre entidades da mesma classe. Uma das classes considerada, que tem elevada relevância para o restante processo, é a classe dos edifícios. Todos os edifícios na escala 1:25 000 são representados por intermédio de polígonos, ou seja, são entidades geográficas poligonais. A primeira operação sobre os edifícios foi a de agregar edifícios que se encontrassem a determinada distância uns dos outros, no caso a menos de cerca de 35 m, considerando as suas fronteiras. O resultado desta agregação foi um conjunto de polígonos, dos quais foram selecionados os que tivessem uma área superior que determinado limiar, no caso são 115000 m<sup>2</sup>. Os polígonos resultantes da agregação e selecionados pela área superior a 115000 m<sup>2</sup> dão origem a outra entidade geográfica poligonal designada de zona edificada. Esta operação foi efetuada de modo a conseguirmos representar as povoações, (zonas com elevada concentração edifícios), de modo mais simples, pois a representação de todos os edifícios na escala 1:50 000 tornaria o mapa bastante complexo. Após se obter as zonas edificadas, estas funcionaram como um elemento contextual significativo, pois diversas entidades geográficas são eliminadas se estiverem contidas no interior destas zonas.

Os edifícios que dão origem às zonas edificadas são eliminados, sendo apenas representada a zona edificada. Os que se situam fora das zonas edificadas são divididos de acordo com a sua área. Edifícios com área igual ou superior a 800 m<sup>2</sup> são designados de grandes construções, sendo diretamente selecionados e representados na folha 1:50 000 por intermédio de polígonos. Os edifícios com área inferior a 800 m<sup>2</sup> são sujeitos a uma operação de colapso, (de área para

ponto), sendo apenas representado o seu centróide. O processo pode ser acompanhado na Figura 2, que se passa a explicar a seguir.

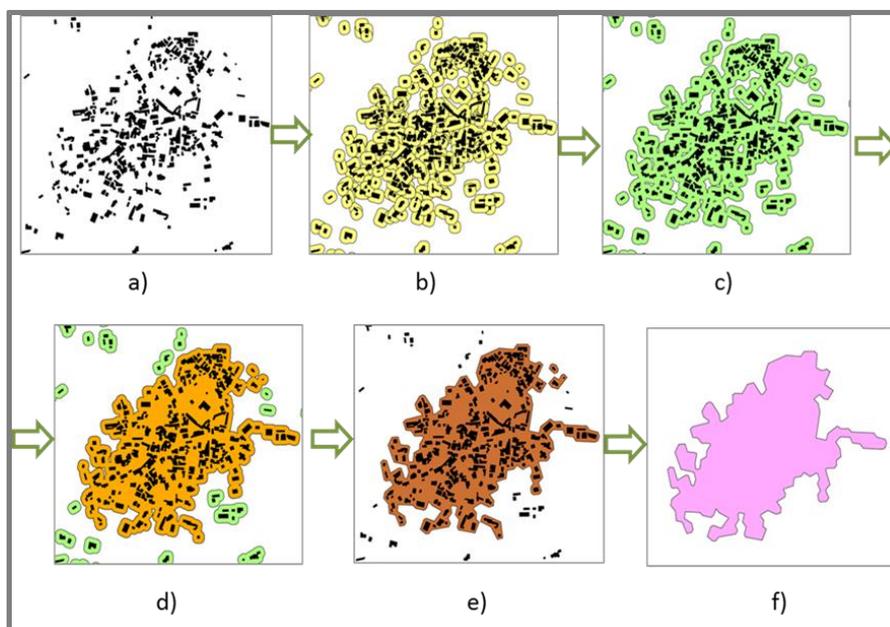


Figura 2 – Generalização dos edifícios

Na Figura 2.a) estão representados os edifícios por polígonos, na escala 1:25 000, aos quais são aplicados *buffers* de 17m, Figura 2.b), os *buffers* que se tocam são unidos, Figura 2.c), são selecionados os polígonos com área superior a 115000 m<sup>2</sup>, Figura 2.d), sendo esses polígonos depois simplificados, Figura 2.e), por fim são eliminados os edifícios que deram origem à zona edificada Figura 2.f).

As lagoas foram outra das entidades geográficas poligonais generalizadas. A primeira fase foi a agregação das lagoas que se encontravam a menos de 15 metros umas das outras, Figura 3.b) após o que foram calculadas as áreas resultantes e eliminadas as que tivessem área inferior a 22000 m<sup>2</sup>. Depois disso foram calculados os centróides das lagoas agregadas e os pontos finais das linhas de águas que intersestavam os polígonos das lagoas, Figura 3.c). A fase final foi a ligação dos pontos finais das linhas de água com os centróides das lagoas agregadas que foram eliminadas, Figura 3.d)

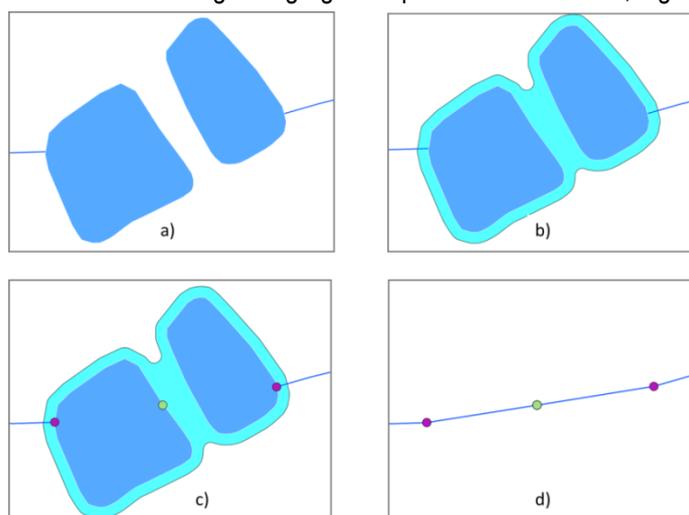


Figura 3 – Generalização das lagoas

## 6. Entidades Geográficas Lineares

Entre as entidades lineares consideradas, foram generalizadas as curvas de nível, as linhas de água e parte das vias rodoviárias. As curvas de nível na escala 1:25 000 têm uma equidistância de 10 m, na escala 1:50 000 têm uma equidistância de 20 m. As curvas de nível selecionadas são as múltiplas de 20, sendo feita uma seleção omissiva às curvas de nível iniciais, tal como se pode verificar na Figura 4

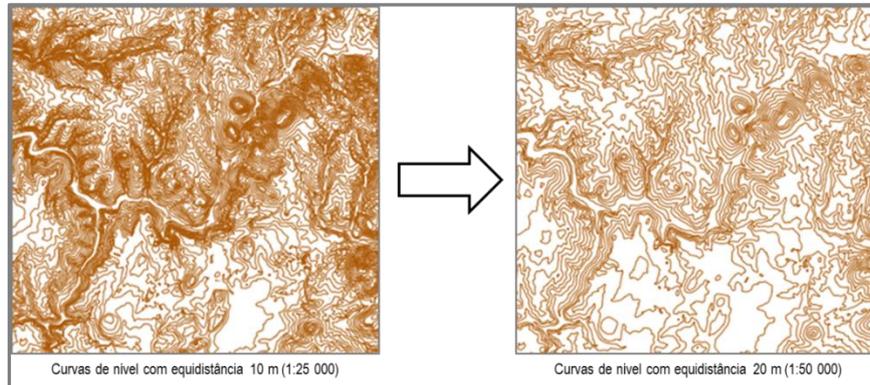


Figura 4 – Extrato da Seleção de curvas de nível para a escala 1:50 000

As linhas de águas são também sujeitas a uma seleção omissiva, tendo em consideração a classificação previamente executada. Esta classificação é elaborada de acordo com as normas técnicas em vigor no CIGeoE. São selecionadas as linhas de água de primeira e segunda ordem, e as de terceira ordem próprias para a escala 1:50 000., sendo refeitas, de forma automática, as ligações das linhas de água interrompidas pelas lagoas que são eliminadas no processo de generalização, tal como se pode verificar na Figura 5.

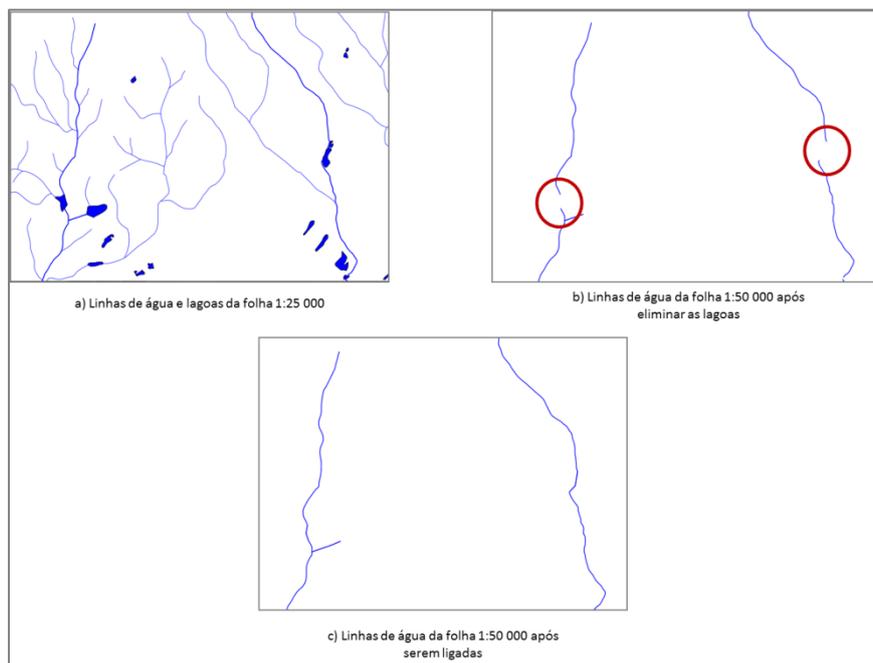


Figura 5 – Seleção das linhas de água

As operações realizadas sobre as vias rodoviárias visaram a identificação das rotundas que são eliminadas no processo de passagem para a escala 1:50 000. Por colapso das rotundas, abaixo de determinado limiar (raio inferior a 22.5 m), estas passam a pontos, e os troços de via ligados aos anéis das rotundas (Figura 6 a e 6 b) passam a ligar-se nesse ponto, que é o centro da rotunda., Figura 6 c. Pode ver-se vários exemplos de rotundas generalizadas na Figura 7

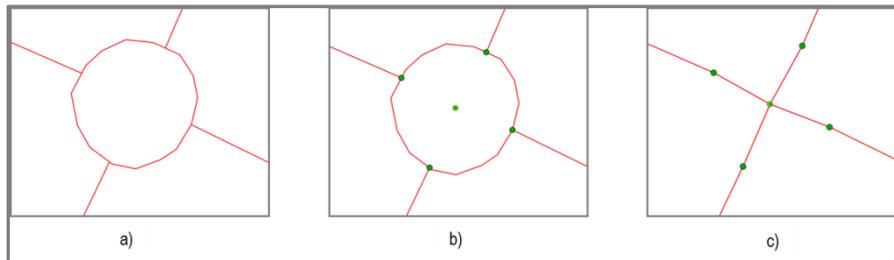


Figura 6 – Generalização de Rotundas por colapso

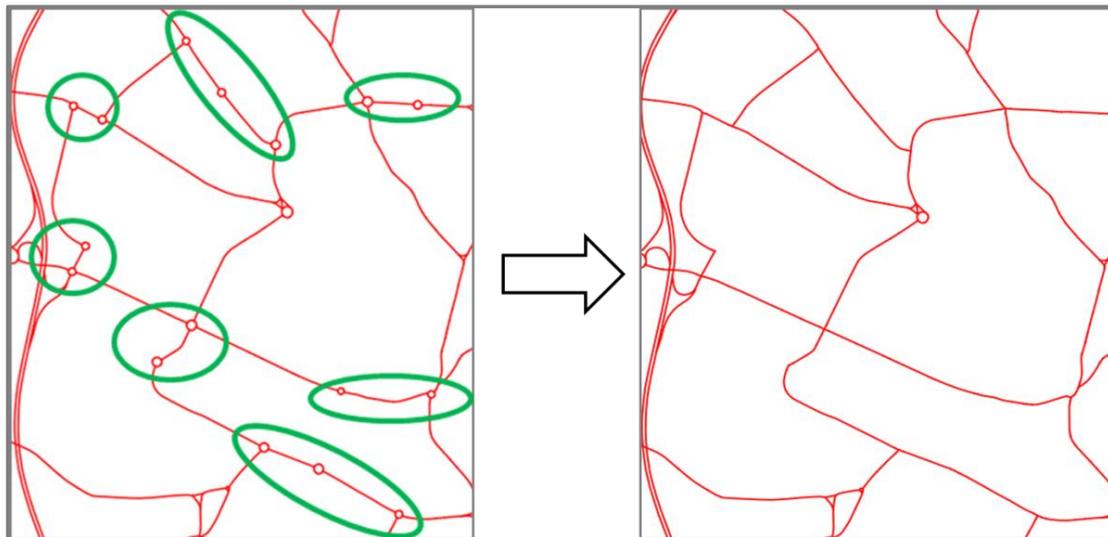


Figura 7 – Exemplos de rotundas generalizadas

## 7. Entidades Geográficas Pontuais

Para as entidades pontuais, foi usado o algoritmo de seleção omissiva de *Ai e Liu (2002)*, citado por *(Li, 2007)* em que se recorre ao diagrama de *voronoi* e às suas áreas para ir selecionando os elementos a eliminar até se atingir o número de entidades geográficas pretendido definido pelo princípio da seleção (*Töpfer and Pillewizer, 1966*), citado por *(Li, 2007)*. Este algoritmo tenta manter o intervalo de distribuição das entidades no espaço geográfico e a sua densidade relativa. Vai eliminando os elementos pontuais cujos polígonos de *voronoi* tenham área menor que determinado limiar. Após eliminar alguns elementos pontuais, volta-se a calcular os polígonos de *voronoi* desse conjunto de pontos e eliminam-se os elementos pontuais cujos polígonos de *voronoi* tenham área menor que determinado limiar. Repete-se a eliminação de elementos pontuais e constroem-se os polígonos de *voronoi* até se atingir o número de elementos pontuais definido inicialmente pelo princípio atrás referido. Pode-se verificar o resultado aplicado aos pontos de cota, na Figura 8. Outras entidades pontuais foram também generalizadas desta forma, como foi o caso dos poços, das ruínas entre outras.

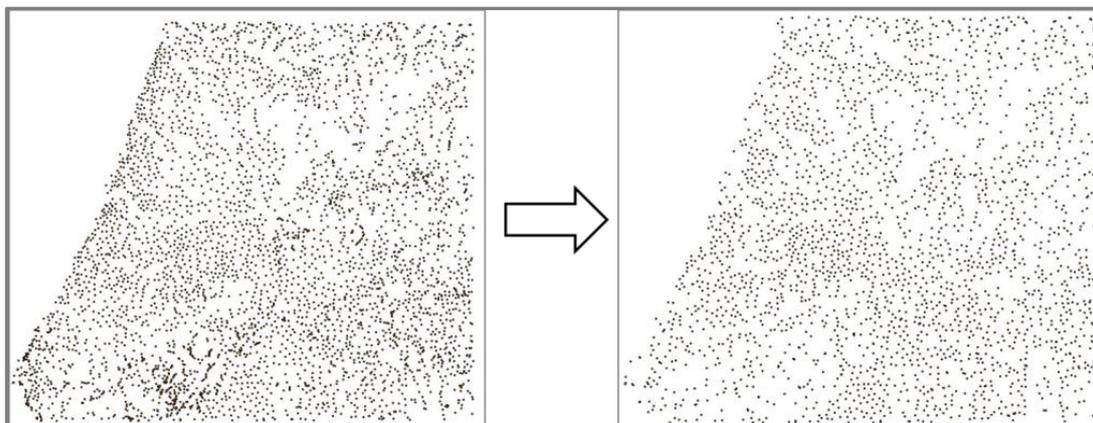


Figura 8 – Generalização de pontos de cota

## 8. Conclusões

O estudo elaborado neste projeto abre boas perspectivas para migrar o processo de generalização atual no CIGeoE, para um processo inteiramente em ambiente de base de dados espaciais.

Também é possível integrar o processo apresentado na cadeia de produção do CIGeoE, mantendo a edição em CAD. Para isso seria necessário otimizar os processos de exportação CAD-SIG e SIG-CAD, também desenvolvidos no CIGeoE

O processo estudado possibilita o seu desenvolvimento e atualização. A função *voronoi* deverá ser implementada de forma a facilitar o processo de seleção dos elementos pontuais descritos. No entanto para determinadas entidades geográficas deverá ser usada como um complemento, como é o caso dos pontos de cota em que inicialmente deve ser considerada a sua altitude no processo de seleção.

O projeto desenvolvido possibilita o acréscimo de funções e otimização de outras implementadas. Um trabalho a desenvolver seria integrar outros projetos desenvolvidos anteriormente sobre generalização, no processo de generalização da cadeia de produção do CIGeoE.

Na generalização automática deve ser sempre lembrado o contexto espacial, o que levanta dificuldades acrescidas e o que leva a que o processo seja difícil ser 100% automático, sendo quase sempre necessário a intervenção humana em determinadas decisões de acordo com esse contexto, sendo necessário a intervenção de colaboradores experientes.

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer à FCUL (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa), a qualidade da formação que me foi ministrada dando-me as ferramentas necessárias para este tipo de projetos. Ao CIGeoE (Centro de Informação Geoespacial do Exército) que possibilitou a realização do projeto, cedendo todo o apoio ao seu alcance, em particular à secção de edição onde foi desenvolvido o projeto.

Um agradecimento especial ao Chefe do Centro de Produção Cartográfica do CIGeoE TCOR Paulo Domingos, pela sua disponibilidade, esclarecimentos e aconselhamento técnico.

## Referências Bibliográficas

- Catalão, J., 2013. Aula sobre generalização. Lisboa: Texto não editado.
- Gaspar, J. A., 2004. Dicionário de Ciências Cartográficas. Lisboa: LIDEL.
- Li, Z., 2007. Algorithmic Foundation of Multi-Scale Spatial Representation. Boca Raton(Florida): CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Lopes, J., 2005. Generalização Cartográfica, Tese de Mestrado, FCUL: texto não editado.
- Travanca Lopes, J. & Catalão, J., 2015. Generalização Cartográfica de Linhas recorrendo a Técnicas de Inteligência Artificial. Coimbra, Imprensa da Universidade de Coimbra.