



## **MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA**

**Georreferenciação de quercíneas (sobreiros e azinheiras), com medição de PAP e avaliação do estado fitossanitário nas áreas afetadas a futuras obras de desenvolvimento económico e, procedimento de georreferenciação de quercíneas, por deteção remota, nas áreas não afetadas a futuras obras de desenvolvimento económico.**



## ÍNDICE

1	DADOS.....	3
2	METODOLOGIAS EMPREGUES.....	3
3	DESCRITIVO GERAL DAS OPERAÇÕES.....	5
3.1	PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM.....	5
3.2	APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	6
3.3	ANÁLISE VISUAL DE IMAGEM.....	8
3.4	COMPLETAGEM EM CAMPO.....	8
3.5	CONTROLO DE QUALIDADE E REFINAMENTO DOS RESULTADOS.....	9
3.6	RESULTADO FINAL.....	9

## 1 DADOS

- a) Cobertura Aerofotográfica (Câmara DMC - *Digital Mapper Camera*), realizada no dia 15/03/2023, que combinou 4 bandas espectrais constituída por imagem real (RGB – *Red, Green, Blue*) e a banda do infravermelho próximo (NIR), com resolução espacial de 5 cm, permitindo produzir os seguintes outputs:
- Ortofotomapa multiespectral com resolução de 10 cm, codificado a 8 bits;
  - Ortofotomapa RGB com resolução espectral de 5 cm, codificado a 8 bits.
  - Modelo Digital de Terreno (MDT);
  - Modelo Digital de Superfície (MDS);
  - Índice de Vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*).
- b) Dados provenientes do inventário dos exemplares isolados de quercíneas (sobreiros e azinheiras) e agrupados em estruturas de pequenos núcleos, com altura superior a 1,00 m) em áreas a afetar em futuras obras de desenvolvimento económico.

## 2 METODOLOGIAS EMPREGUES

- a) **Inventário** dos exemplares isolados de quercíneas (sobreiros e azinheiras) e agrupados em estruturas de pequenos núcleos, com altura superior a 1,00 m; recolha do perímetro à altura do peito, delimitação da copa, estado fitossanitário e respetiva georreferenciação por método de topografia clássica, com recurso a equipamento GPS, com ligação à Rede Geodésica Nacional no sistema de referência PT-TM06 ETRS 89:
- Nos aglomerados de quercíneas que continham dezenas de árvores, o que por si só constituem núcleos de biodiversidade e, não sendo recomendável proceder à limpeza destes locais, foi estimado o número de árvores desses núcleos tendo sido recolhidas evidências fotográficas complementares, com recurso a voo por drone.
- b) **Processamento digital de imagem**
- Pré-processamento da imagem e configuração de combinações de bandas;
  - Segmentação de imagem;
  - Amostragem para treino de modelos:
    - Foram utilizados como dados de treino os dados levantados em campo para o inventário em áreas a afetar em futuras obras de desenvolvimento económico;
    - Foram extraídos para efeitos de treino 3200 segmentos;

- iii. Os dados foram repartidos em 80% para treino e 20% para validação.
- d. Teste e seleção de modelo de classificação (*Random Forest e LibSVM*);
- e. Aplicação de *LibSVM* (Precisão de 96%);
- f. Classificação dos segmentos em vegetação e não vegetação.

**c) Aplicação de inteligência artificial**

- a. Pré-processamento da imagem e conversão em formato adequado (Jpeg);
- b. Preparação de amostras e recortes sobre a imagem;
- c. Conversão em anotações no formato COCO (*Common Objects in Context*) dos dados levantados em campo no inventário para áreas a afetar em futuras obras de desenvolvimento económico.
  - i. Nestas foram excluídos os aglomerados de árvores;
  - ii. Árvores sobrepostas por copas de outras espécies;
  - iii. Obteve-se uma base de dados de 370 subimagens com 5226 anotações.
- d. Teste e seleção de modelo de deteção (*Yolo v5 e Faster RCNN*);
- e. Treino do modelo *Faster RCNN* por mostrar previsões mais precisas. O modelo com pesos pré treinados em *ResNet* permite detetar os objetos de interesse com um número mais reduzido de anotações;
- f. Validação dos resultados com recurso a matriz de erro com obtenção de uma precisão de 89%.

**d) Análise visual de imagem**

- a. Foi feita uma análise visual de imagem para validação e primeira completagem dos resultados da aplicação dos modelos anteriores;
- b. As delimitações dos limites de copas foram realizadas por segmentação e digitalização manual.

**e) Completagem em campo**

- a. Foi feita completagem de campo por forma a validar e completar os resultados obtidos pela deteção remota;
- b. Áreas de maior complexidade foram sobrevoadas por drone;
- c. Erros de comissão ou omissão foram também anotados e retificados.

**f) Refinamento dos resultados**

- a. Recurso a fotografias aéreas verticais e oblíquas obtidas por drone;
- b. Verificação em escritório e retificação de potenciais imprecisões;
- c. Último varrimento sobre a imagem para validação dos resultados.

g) **Output final.**

### **3 DESCRITIVO GERAL DAS OPERAÇÕES**

#### **3.1 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM**

##### **a) Pré-processamento da Imagem e Configuração de Combinações de Bandas**

Antes de iniciar a análise, foi necessário realizar o pré-processamento das imagens. Este processo inclui a configuração de combinações de bandas que maximizam a visibilidade e a distinção entre as diferentes classes de interesse (neste caso, copas de sobreiros e azinheiras).

##### **b) Segmentação de Imagem**

O passo seguinte foi a segmentação da imagem, um processo que divide a imagem em múltiplas partes ou segmentos, cada um representando uma região de interesse. A segmentação foi feita utilizando o algoritmo *Multiresolution segmentation*, em que se fez uso não só da informação espectral, mas também do modelo digital de superfície e de terreno de forma a produzir segmentos mais coerentes com os objetos que representam com base na sua elevação em relação ao terreno. Esta etapa é crucial para reduzir a complexidade da imagem e facilitar a análise subsequente.

O passo seguinte foi a segmentação da imagem, um processo que divide a imagem em múltiplas partes ou segmentos, cada um representando uma região de interesse. Esta etapa é crucial para reduzir a complexidade da imagem e facilitar a análise subsequente.

##### **c) Amostragem para Treino de Modelos**

Os dados recolhidos no processo de inventário, que estão em áreas a afetar em futuras obras de desenvolvimento económico, foram utilizados como dados de treino. Para este efeito, foram extraídos 3200 segmentos, sendo que 80% desses dados foram usados para treino e os restantes 20% para validação. Este balanceamento entre treino e validação ajuda a prevenir o *overfitting* (Sobreclassificar) e a garantir que o modelo tem uma boa capacidade de generalização.

#### **d) Teste e Seleção de Modelo de Classificação**

Os modelos de classificação considerados foram o *Random Forest* e o *LibSVM*. Através de uma série de testes, foi possível comparar o desempenho dos dois e selecionar o mais adequado para o conjunto de dados específico.

#### **e) Aplicação de *LibSVM***

A escolha recaiu sobre o *LibSVM*, um modelo de *Machine Learning* baseado em vetores de suporte, que obteve uma precisão de 96%. A aplicação deste algoritmo permitiu a classificação dos segmentos em vegetação e não vegetação, uma informação essencial para o desenvolvimento do projeto. No contexto deste trabalho, o *LibSVM* foi selecionado para a classificação dos segmentos em vegetação e não vegetação devido à sua maior precisão (96%) durante a fase de validação. A precisão do modelo é uma métrica crucial que demonstra a capacidade do modelo em prever corretamente as classes de segmentos, neste caso, a vegetação e a não vegetação. Uma maior precisão garante uma deteção mais confiável das copas das árvores.

Este resultado servirá o propósito de minimizar a variabilidade dentro da imagem, permitindo que a fase de deteção se foque apenas na diferenciação entre os diferentes tipos de vegetação.

### **3.2 APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Na aplicação da inteligência artificial para a deteção das copas de quercíneas (sobreiros e azinheiras), várias etapas foram meticulosamente executadas.

#### **a) Pré-processamento da Imagem e Conversão em Formato Adequado (JPEG)**

A primeira etapa consistiu no pré-processamento das imagens e na sua conversão para o formato JPEG. Este formato foi escolhido por ser o padrão utilizado pelos modelos de *Deep Learning*. O formato JPEG permite uma compressão eficiente da imagem, reduzindo o espaço de armazenamento necessário, sem perda significativa de qualidade.

#### **b) Preparação de Amostras e Recortes Sobre a Imagem**

Procedeu-se ao recorte das imagens para focar nas regiões de interesse e excluir as áreas que não são relevantes para o estudo. As amostras foram selecionadas com base nos dados recolhidos em campo no processo de inventário, em áreas a afetar por futuras obras de desenvolvimento económico.

### c) **Conversão em Anotações no Formato COCO**

As anotações dos dados recolhidos em campo foram convertidas para o formato COCO (*Common Objects in Context*). Este formato é uma norma para a anotação de imagens utilizada em tarefas de deteção de objetos, segmentação de instâncias e legendas. As anotações foram feitas excluindo os povoamentos e árvores sobrepostas por copas de outras espécies, com o objetivo de evitar confusões e melhorar a precisão da deteção. Esta abordagem resultou numa base de dados consistindo de 370 subimagens com 5226 anotações.

### d) **Teste e Seleção do Modelo de Deteção (*Yolo v5* e *Faster RCNN*)**

Para a deteção, foram testados dois modelos de *Deep Learning*: *Yolo v5* e *Faster RCNN*. Ambos são algoritmos avançados de deteção de objetos em imagens.

O *Yolo v5* é conhecido pela sua eficiência e rapidez de processamento, oferecendo resultados precisos. No entanto, o *Faster RCNN*, embora seja geralmente mais lento em comparação com o *Yolo v5*, mostrou previsões mais precisas neste caso específico.

### e) **Treino do Modelo *Faster RCNN***

O *Faster RCNN* foi escolhido para ser treinado, utilizando pesos pré-treinados na *ResNet*. A *ResNet*, ou Rede Residual, é uma arquitetura de rede neural convolucional que introduz a ideia de saltos de conexões, ou conexões residuais, que ajudam a mitigar o problema do desaparecimento do gradiente em redes profundas. A utilização de pesos pré-treinados é uma estratégia conhecida como transferência de aprendizagem, que permite aproveitar o conhecimento adquirido em tarefas anteriores para melhorar o desempenho na tarefa atual, especialmente quando se dispõe de um número reduzido de anotações.

### f) **Validação dos Resultados dos Modelos**

Finalmente, a validação dos resultados foi realizada utilizando uma matriz de erro. A precisão do modelo foi de 89%, indicando a eficácia do modelo em detetar corretamente as copas das quercíneas (sobreiros e azinheiras) nas imagens. Os resultados do modelo foram submetidos a uma transformação de coordenadas geográficas (WGS84) para o sistema de referência ETRS89 / Portugal TM06 - EPSG:3763. A matriz de erro proporciona uma visão detalhada do desempenho do modelo, facilitando a identificação de erros e a melhoria contínua do modelo.

### 3.3 ANÁLISE VISUAL DE IMAGEM

#### a) Análise Visual Para Validação e Primeira Completagem dos Resultados

A análise visual das imagens foi realizada como um passo adicional de validação e para preenchimento inicial dos resultados obtidos a partir da aplicação dos modelos de *Deep Learning* anteriores. Este procedimento auxiliou na identificação de possíveis erros ou omissões dos algoritmos utilizados, assegurando uma maior fidelidade dos resultados finais.

#### b) Delimitação dos Limites de Copas por Digitalização Manual

Para complementar os resultados gerados pelos modelos, a delimitação dos limites das copas das árvores foi também realizada manualmente, através da digitalização por fotointerpretação. Este processo meticuloso de digitalização manual permitiu aferir e refinar os limites das copas identificados automaticamente, melhorando assim a precisão da detecção.

### 3.4 COMPLETAGEM EM CAMPO

#### a) Saída de Campo à Propriedade do Morgado de Arge

A fim de validar e completar os resultados obtidos pela detecção remota, foi realizada uma saída de campo à Propriedade de Morgado de Arge. Esta visita de campo permitiu confrontar os resultados obtidos com a realidade *in loco*, possibilitando um ajuste mais fiel e preciso dos dados.

#### b) Voo de Áreas de Maior Complexidade por Drone

As áreas de maior complexidade foram sobrevoadas por um drone, facilitando a observação e a recolha de dados de forma mais precisa e detalhada. A utilização de drones em áreas de difícil acesso ou de grande complexidade proporcionou uma visão aérea, que complementou a recolha de dados em campo.

#### c) Anotação e Retificação de Erros de Comissão ou Omissão

Durante esta saída de campo, quaisquer erros de comissão ou omissão foram anotados e retificados. Esta etapa assegura a qualidade e a integridade dos dados, ao garantir que todos os elementos relevantes são devidamente contabilizados e que nenhum erro ou inexatidão prejudica os resultados.

### 3.5 CONTROLO DE QUALIDADE E REFINAMENTO DOS RESULTADOS

Esta fase de controlo de qualidade e refinamento dos resultados foi realizada em gabinete, após a completagem de campo, com recurso aos dados recolhidos, incluindo as fotografias aéreas verticais e oblíquas obtidas por drone. Este material complementar, permitiu uma análise mais profunda e detalhada das áreas de estudo, facilitando a deteção de detalhes que possam não ter sido detetados nas etapas anteriores.

Na fase de refinamento dos resultados, as fotografias aéreas verticais e oblíquas capturadas por drone forneceram uma perspetiva diferenciada do terreno e das copas das árvores, complementando o ortofotomapa gerado a partir do voo convencional realizado.

#### a) Verificação em Gabinete e Retificação de Potenciais Imprecisões

Realizou-se uma verificação minuciosa em gabinete para identificar e retificar possíveis imprecisões. Este trabalho focou-se especialmente na identificação de árvores escondidas sob as copas de árvores sobrepostas e em cursos de água com recurso a imagens oblíquas, de modo a garantir que o conjunto final de dados fosse o mais completo e preciso possível, evitando este tipo de erros de omissão.

#### b) Último Varrimento Sobre a Imagem Para Validação dos Resultados

Como último passo deste processo, foi realizado um varrimento final sobre as imagens para validar os resultados. Esta revisão final permitiu confirmar a precisão das deteções e a fiabilidade dos dados obtidos, consolidando o conjunto de resultados.

### 3.6 RESULTADO FINAL

O resultado, em formato vetorial (polígonos), contém a **identificação e georreferenciação** das Quercíneas (Sobreiros e Azinheiras), com o apuramento das quantidades de árvores, garantindo que toda a informação e dados gerados foram processados no sistema de referência ETRS89 / Portugal TM06 - EPSG:3763.

Para as áreas afetas a futuras obras de desenvolvimento económico, a recolha do **PAP** (Perímetro à altura do peito) foi efetuada por método de topografia clássica, com recurso a equipamento GPS e registo dos valores medidos. Com base nas copas das árvores obtidas por método de deteção remota, foi calculado o **raio das copas** por forma a permitir estimar o **PAP** de acordo com os valores sugeridos pelas orientações da "Metodologia para a delimitação de áreas de povoamento de sobreiro e/ou azinheira", em uso no ICNF, de acordo com a tabela seguinte:

PAP (m)	Raio (m)
0.6	2
0.7	2.5
0.8	3
0.9	3.4
1	3.7
1.1	4
1.2	4.3
1.3	4.6
1.4	4.8
1.5	5.1
1.6	5.3
1.7	5.5
1.8	5.8
1.9	6
2	6.2

Para a delimitação dos **povoamentos** foram consideradas três variáveis, os **PAP, densidades e o estado fitossanitário das quercíneas**.

Foi adotada a mesma metodologia seguida no levantamento realizado para a Central Fotovoltaica do Morgado do Arge e que fundamentou a autorização para o abate de sobreiros e azinheiras. Essa metodologia consta do ofício do ICNF de 23/03/2020, com a ref.<sup>a</sup> 12863/2020/DR-ALG/DRGVF/DECF:

*No levantamento apresentado pelo promotor foi aplicado a cada árvore de uma distância de proteção variável em função do perímetro a altura do peito apresentado. sendo os diâmetros de proteção de 2m, 4m, 6m, e 8 m, aplicado a cada árvore, em função do perímetro a altura do peito, conforme previstas na alínea q) do artigo 1.º do decreto-lei n.º 169/2001, de 25 de Maio, alterado pelo decreto-lei n.º 155/2004 de 30 de junho.*

Considerando que o projeto da Central Fotovoltaica do Morgado do Arge é parte integrante do projeto de NDE da Herdade do Arade, constituindo-se como UP01 do NDE, e que as respetivas fases de elaboração/execução ocorrem num reduzido intervalo temporal, parece lógico e coerente que adotem a mesma metodologia.

Na variável das densidades, as árvores foram agrupadas em classes atendendo às orientações da metodologia em uso no ICNF, conforme informação n.º I00545-202303-INF-AMB, e atendendo aos resultados obtidos na avaliação do estado fitossanitário das quercíneas efetuada, não foram consideradas as árvores mortas e árvores que apresentam com sinais de declínio.

Apresenta-se assim uma tabela síntese das variáveis e parâmetros utilizados para a delimitação dos povoamentos:

Descrição da metodologia	Parâmetros		
<p><b>Variável PAP:</b> Foi utilizada a metodologia aplicada ao projeto da Central Fotovoltaica do Morgado do Arge que integra a UP01 do NDE; Com a ressalva que os PAP das quercíneas fora das áreas afetas a futuras obras de desenvolvimento económico foram estimados com base no raio das copas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobreiros e azinheiras com PAP &lt; 30 cm - distância de proteção de 2m;</li> <li>• Sobreiros e azinheiras com PAP entre 30 e 80 cm - distância de proteção de 4m;</li> <li>• Sobreiros e azinheiras com PAP entre 80 e 130 cm - distância de proteção de 6m;</li> <li>• Sobreiros e azinheiras com PAP &gt; 130 cm - distância de proteção de 8m.</li> </ul>		
<p><b>Variável Densidades:</b> Foi utilizada parte da metodologia em uso no ICNF, conforme informação n.º I00545-202303-INF-AMB (classes).</p>	Classe	PAP	Nº árvores mínimo
	1	>1 m e < 30 cm de PAP	50
	2	≥ 30 cm PAP < 80 cm	30
	3	≥ 80 cm PAP < 130 cm	20
	4	≥ 130 cm	10
<p><b>Estado fitossanitário das Quercíneas:</b> Foram retiradas do cálculo as árvores mortas e árvores que apresentam com sinais de declínio.</p>	<p>Não foram consideradas as árvores com ≥ 90% de grau de desfolha e árvores mortas.</p>		

## Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional

Ambiente

Planos Municipais de Ordenamento do Território

Proteção Civil

Turismo

## Sistemas de Informação Geográfica

Análise de Redes

Análise Multicritério

Bases de Dados Geográficas

Cartografia Temática e Infografias

Modelação de Superfícies

Modelos Digitais de Elevação

Sistemas de Apoio à Decisão

Topografia e GPS

## Unmanned Aerial Systems - UAS (aka Drone)

## Estudos e Projetos de Arquitetura

## Estudos e Projetos de Arquitetura Paisagista

## Modernização e Capacitação

Reengenharia de processos

Planos de intervenção formativa

### The USE Concept, Lda.

Rua Padre Américo, 17-B  
1600-548 Lisboa

(Sede) Rua Marechal Costa  
Gomes, 6 – 3.º C  
2685-892 Sacavém

T (+351) 962 755 210

I [www.use.com.pt](http://www.use.com.pt)

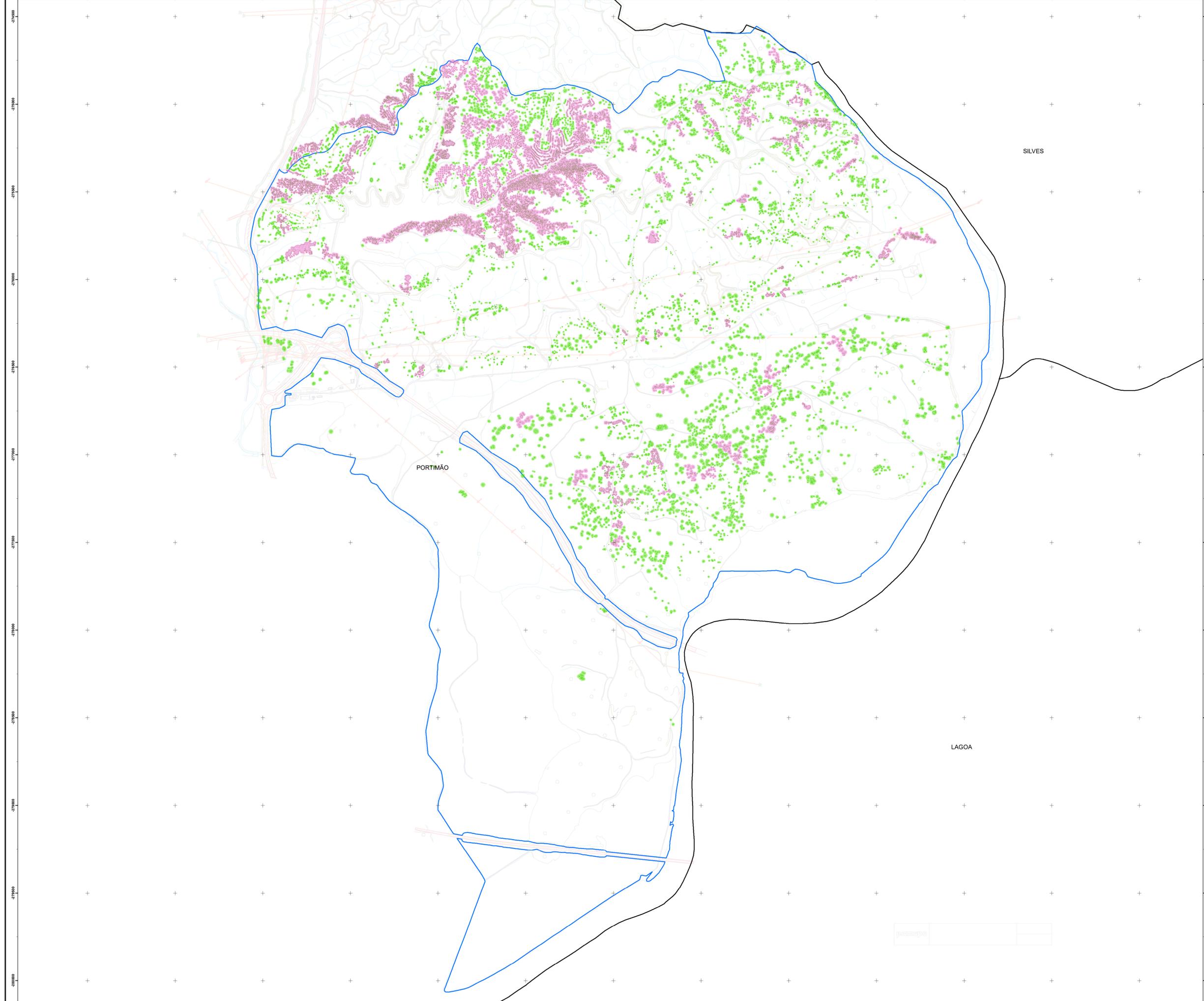
E [geral@use.com.pt](mailto:geral@use.com.pt)

Uma equipa, que há mais de 20 anos está empenhada no desenvolvimento territorial responsável, com experiência e conhecimento de mercado.

A USE Concept presta serviços de consultoria técnica no âmbito dos Sistemas de Informação Geográfica, Cartografia e Detecção Remota, facilitando a análise e o cruzamento de dados, quantitativos e qualitativos, relativos à distribuição espacial dos mais variados fenómenos a diferentes escalas.

A USE Concept integra a sua oferta de serviços em processos multidisciplinares que vão ao encontro das necessidades das organizações, com o objetivo de lhes acrescentar valor, contribuindo assim para a sua sustentabilidade, a sua competitividade e o seu crescimento.

A estratégia da USE Concept assenta numa visão holística e humanista dos seus objetos de estudo, ancorada num conhecimento profundo das matérias do planeamento e ordenamento do território, do marketing territorial, do geomarketing e dos sistemas de informação geográfica.



- Povoamentos - cenário 1.2**
- Não
  - Sim
  - Sobreiros a Azinheiras (copas)
  - Limite da área de estudo do EIA
  - Limite de concelhos (CAOP)

**Herdade Morgado de Arge**

Designação do projeto:  
**Delimitação de Áreas de Povoamentos de Sobreiros e Azinheiras**

Escala: <b>1:7 000</b>	0 62.5 125 250 375 500	Versão: <b>1</b>	Data: <b>Junho 2023</b>
Cartografia de base: Cartografia 1:5 000 <small>© Instituto Geográfico Português, 2018      CAOP - Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP)</small>		Desenho: <b>2</b>	Folha: <b>1/1</b>