



## PROJETO “PAUL DE TORNADA CAPITAL NATURAL DO OESTE”

### AÇÃO 2: MODELO DE REMUNERAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ECOSISTEMA PARA O PAUL DE TORNADA

## RELATÓRIO FINAL VERSÃO DE TRABALHO

LISBOA, 14 DE SETEMBRO DE 2020



ESTE RELATÓRIO DEVE SER CITADO COMO

---

Marta-Pedroso, C., Laporta, L., Gama, I., Domingos, T (2021) *Paul de Tornada Capital Natural do Oeste. Ação 2: Desenvolvimento de um Caso de Remuneração de Serviços de Ecossistema para o Paul de Tornada*. Relatório Final. Estudo realizado por encomenda do GEOTA ao agrupamento de empresas ATTHIS CONSULTING -- Ambiente e Economia dos Recursos Naturais e TerraPrima – Serviços Ambientais, e financiado pelo Fundo Ambiental do Ministério do Ambiente e da Ação Climática.

COORDENAÇÃO

Cristina Marta-Pedroso, PhD

ATTHIS CONSULTING | Ambiente e Economia dos Recursos Naturais  
[cmartapedroso@atthisconsulting.pt](mailto:cmartapedroso@atthisconsulting.pt)

## ÍNDICE

---

SINOPSE	7
INTRODUÇÃO	8
Paul de Tornada: breve caracterização	8
Capital Natural, Serviços de Ecossistemas e Valor Económico	10
A Remuneração dos Serviços de Ecossistema do Paul no contexto da sua gestão	11
Objetivos	13
METODOLOGIA	14
Cartografia biofísica da Reserva Natural Local do Paul de Tornada (RNL-PT)	14
Potencial de Fornecimento de Serviços de Ecossistema na RNL-PT	15
Impacto das intervenções de gestão nos Serviços de Ecossistema da RNL-PT	16
Valorização Económica dos Serviços de Ecossistema fornecidos pela RNL-PT	17
Remuneração dos Serviços de Ecossistema da RNL-PT no contexto do financiamento da sua gestão	19
Disponibilização da Informação Espacial (WebSIG)	19
RESULTADOS	20
Cartografia biofísica da RNL-PT	20
Potencial de Fornecimento de Serviços de Ecossistema na RNL-PT	22
Impacto das intervenções de gestão nos Serviços de Ecossistema da RNL-PT	24
Valorização Económica dos Serviços de Ecossistema fornecidos pela RNL-PT	26
Remuneração dos Serviços de Ecossistema da RNL-PT no contexto do financiamento da sua gestão	27
Disponibilização da Informação Espacial (WebSIG)	29
CONCLUSÕES	30
BIBLIOGRAFIA	31

<b>ANEXO I – PEÇAS CARTOGRÁFICAS</b>	<b>34</b>
<b>A. Cartografia Biofísica</b>	<b>34</b>
<b>B. Potencial de Fornecimento de Serviços de Ecossistema</b>	<b>38</b>
<b>C. Intervenções de gestão</b>	<b>39</b>
<b>ANEXO II - CASO DE ESTUDO “FITO-ETAR”</b>	<b>40</b>

## ÍNDICE DE QUADROS E FIGURAS

---

QUADRO 1 PROPOSTA PARA A DEFINIÇÃO DE UM PLANO DE NEGÓCIOS PARA UMA ÁREA PROTEGIDA	12
QUADRO 2 SERVIÇOS DE ECOSISTEMAS SELECIONADOS PARA ANÁLISE NO RNL-PT	15
QUADRO 3 MATRIZ PARA DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE IMPACTO DAS INTERVENÇÕES DE GESTÃO ADOTADAS NA RNL-PT NOS SERVIÇOS DE ECOSISTEMA	17
QUADRO 4 ESTUDOS DE VALORIZAÇÃO ECONÓMICA DE SERVIÇOS DE ECOSISTEMA EM ZONAS HÚMIDAS	18
QUADRO 5 CLASSES OCUPAÇÃO DO SOLO FOTO-INTERPRETADAS NA RNL-PT.	20
QUADRO 6 POTENCIAL DE FORNECIMENTO DE SERVIÇOS DE ECOSISTEMA NA RNL-PT	22
QUADRO 7 LÓGICA DA AVALIAÇÃO QUALITATIVA DOS SERVIÇOS DE ECOSISTEMAS FORNECIDOS PELO PAUL DE TORNADA	22
QUADRO 8 RELAÇÃO QUALITATIVA ENTRE CADA INTERVENÇÃO DE GESTÃO ADOTADA E O GRAU DE CONTRIBUIÇÃO PARA O FORNECIMENTO DE SERVIÇOS DE ECOSISTEMA NA RNL-PT	24
QUADRO 9 IMPACTO DAS INTERVENÇÕES DE GESTÃO ADOTADAS NO PAUL DE TORNADA NO FORNECIMENTO DE SERVIÇOS DE ECOSISTEMA	25
QUADRO 10 VALORIZAÇÃO ECONÓMICA DOS SERVIÇOS DE ECOSISTEMA FORNECIDOS PELA RNL-PT.	26
QUADRO 11 IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS BENEFICIÁRIOS DOS SE FORNECIDOS PELA RNL-PT	28
QUADRO 12 ESTUDOS CONSULTADOS PARA A VALORIZAÇÃO ECONÓMICA DO CASO DE ESTUDO DA FITO-ETAR	41
QUADRO 13 TAXAS DE RETENÇÃO DE AZOTO E FÓSFORO EM ÁREAS HÚMIDAS OBTIDAS NA LITERATURA	42
QUADRO 14 VALORIZAÇÃO ECONÓMICA DO SERVIÇO DE ECOSISTEMA (SE) DE DEPURAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PRESTADO PELA FITO-ETAR DO PAUL DE TORNADA	44
FIGURA 1 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO DA RESERVA NATURAL LOCAL DO PAUL DE TORNADA (EM CIMA EXCERTO DA IMAGEM DO OPENSTREETMAP, E EM BAIXO EXCERTO DA IMAGEM DA CARTA MILITAR IGEOE Nº326)	9
FIGURA 2 MAPEAMENTO DOS MECANISMOS COM BASE NO NÍVEL DE COMPLEXIDADE E IMPACTO	13
FIGURA 3 QUADRO METODOLÓGICO DOS TRABALHOS DA AÇÃO 2 DO PROJETO “PAUL DE TORNADA CAPITAL NATURAL DO OESTE”	14
FIGURA 4 CONCEPTUALIZAÇÃO DA REMUNERAÇÃO DE SERVIÇOS DE ECOSISTEMA	19
FIGURA 5 OCUPAÇÕES DO USO DO SOLO CARTOGRAFADAS NA ENVOLVÊNCIA DA RNL-PT	21
FIGURA 6 VALORIZAÇÃO ECONÓMICA DOS SERVIÇOS DE ECOSISTEMA FORNECIDOS PELA RNL-PT	27
FIGURA 7 IMAGENS AEROFOTOGRAFICA DA RNL-PT DO ANO DE 2020 (GOOGLE EARTH)	34
FIGURA 8 CLASSES DE OCUPAÇÃO DO SOLO FOTOINTERPRETADAS NA RNL-PT (NÍVEL 1)	35
FIGURA 9 CLASSES DE OCUPAÇÃO DO SOLO FOTOINTERPRETADAS NA RNL-PT (NÍVEL2)	36
FIGURA 10 CLASSES DE OCUPAÇÃO DO SOLO FOTOINTERPRETADAS NA RNL-PT (NÍVEL 3)	37
FIGURA 11 MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE FORNECIMENTO DE SERVIÇOS DE ECOSISTEMA NA RNL-PT	38
FIGURA 12 INTERVENÇÕES DE GESTÃO REALIZADAS NO PAUL DE TORNADA (A VERDE)	39
FIGURA 13 ÁREA EM ESTUDO PARA FITO-ETAR NO PAUL DE TORNADA (A VERDE)	40
FIGURA 14 ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE AZOTO (KGN/ANO) NA FITO-ETAR DO PAUL DE TORNADA COM BASE EM DIFERENTES ESTUDOS	43
FIGURA 15 ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE FÓSFORO (KGP/ANO) NA FITO-ETAR DO PAUL DE TORNADA COM BASE EM DIFERENTES ESTUDOS	43

## SINOPSE

---

O Projeto “Paul de Tornada Capital Natural do Oeste” foi financiado pelo Fundo Ambiental (Ministério do Ambiente e da Ação Climática) - Aviso n.º 5325/2020 - Gestão da Biodiversidade e Reforço do Capital Natural - e compreendeu um conjunto de 4 ações desenvolvidas na Reserva Natural Local do Paul de Tornada (RNL-PT):

- **Ação 1 - Melhorar as condições do habitat e promover a biodiversidade** Valorizar e promover o incremento de efetivos das espécies autóctones, aumentar a diversidade paisagística e a biodiversidade funcional, controlar e restaurar de áreas com espécies invasoras, renaturalizar linhas de água, restaurar biodiversidade funcional no habitat aquático das lagoas do Paul de Tornada.
- **Ação 2 - Modelo de remuneração dos serviços dos ecossistemas** Criação de um modelo de remuneração dos Serviços de Ecossistema (SE) para o Paul de Tornada nas componentes de aprovisionamento, regulação e manutenção e cultura, através da conceptualização do capital natural, em tudo semelhante ao entendimento convencional de “capital”, ou seja, uma reserva de ativos (componentes, estruturas e processos dos ecossistemas), capazes de gerar fluxos de benefícios diversos que contribuem para o bem-estar do Homem.
- **Ação 3 - Valorizar a Reserva, Promover a visitação** Valorização do território da RNL-PT e sua envolvente, no sentido de fomentar a apropriação dos valores naturais e da biodiversidade pela sociedade.
- **Ação 4 - Monitorização e controlo hidrológico e de qualidade da água do Paul de Tornada** Controlo da qualidade da água do PT através de uma estação de monitorização hidrológica e qualidade da água e realização de estudos preliminares de viabilidade e dimensionamento de uma Fito-ETAR.

O presente relatório incide na Ação 2 “Desenvolvimento de um Caso de Remuneração de Serviços de Ecossistema para o Paul de Tornada”. O principal objetivo da Ação 2 consistiu na determinação da capacidade potencial de fornecimento dos SE prestados pela RNL-PT, bem como uma estimativa do seu valor económico por via da transferência de benefício. Foi igualmente desenvolvida uma plataforma WebSIG para disponibilização da informação cartográfica produzida. Importa realçar que, ainda que a Ação 2 configure o principal objeto de análise do presente documento, houve lugar à avaliação do impacto das intervenções realizadas no âmbito das outras ações do Projeto no que respeita ao seu impacto no potencial de fornecimento de SE na RNL-PT. Por fim, procedeu-se ainda à identificação de atores relevantes a envolver em potenciais mecanismos de remuneração dos SE fornecidos pelo Paul num contexto do financiamento das atividades de gestão da Reserva Natural do Paul de Tornada.

### Paul de Tornada: breve caracterização

O Paul de Tornada é uma zona húmida com aproximadamente 53 hectares, 25 dos quais permanentemente alagados, classificada como Reserva Natural Local (RNL-PT) e integrada na Rede Nacional de Áreas Protegidas. O Plano de Gestão da Reserva enuncia a sua missão nos seguintes termos: *conservar, valorizar e promover o seu património natural através do seu estudo e interpretação, do desenvolvimento de usos sustentáveis e da sua ligação à comunidade como espaço educativo, de sensibilização e de lazer.*

O Paul de Tornada fica localizado à latitude 39°26'52"N e longitude 9°08'08"W, na unidade territorial do Centro de Portugal, na região do Oeste e faz parte da união de freguesias de Tornada e Salir do Porto, no concelho de Caldas da Rainha. Está a uma distância linear aproximada de 80 km da capital Lisboa, a 5 km da cidade concelho das Caldas da Rainha, a 6 km da localidade balnear de São Martinho do Porto e a 1 km da localidade de Tornada. É servida por boas acessibilidades rodovias, nomeadamente pela Autoestrada do Oeste (A8), pela Estrada Nacional n.º98 (EN8) e por uma rede de estradas municipais, como também, pela ferrovia da Linha do Oeste com as estações mais próximas em Salir do Porto (5 km) e em São Martinho do Porto (6 km). A união de freguesias de Tornada e Salir do Porto tem uma área aproximada de 29,5 km<sup>2</sup> e uma população residente média anual aproximada de 4300 (INE 2012) e no concelho das Caldas da Rainha é de 52000 (INE 2020).

O Paul de Tornada situa-se num vale suave no sentido SO-NE, a uma cota média de 10 m acima do nível médio do mar. A orografia é mais acidentada e a cerca de 2 km para Oeste do Paul de Tornada, com o ponto mais alto à cota de 114 m em Berra Brás. Está inserido numa região bioclimática do Mediterrânico Pluvistacional Oceânico, com precipitações positivas anuais aproximadas entre os 700 mm a 900 mm (precipitação média anual do ano seco 550 mm a 650 mm e precipitação média anual do ano húmido 950 mm a 1200 mm) e com temperaturas positivas anuais a variar entre os 15°C a 17°C, (média máxima do mês mais quente 20°C e média mínima do mês mais frio 6°C) (Monteiro-Henriques et al., 2016).

O Paul de Tornada está inserido na unidade hidrogeológica Orla Ocidental e na bacia hidrográfica das Ribeiras do Oeste, sobre o sistema aquífero das Caldas da Rainha-Nazaré (PT033). O Paul é atravessado por três valas de regime de escorrência permanente, nomeadamente a Vala da Palhagueira, a Vala do Meio e a Vala do Guarda Mato, que desaguam na Ribeira da Palhagueira, afluente do Rio Tornada, e cuja foz é na baía de São Martinho do Porto (Almeida et al., 2000).



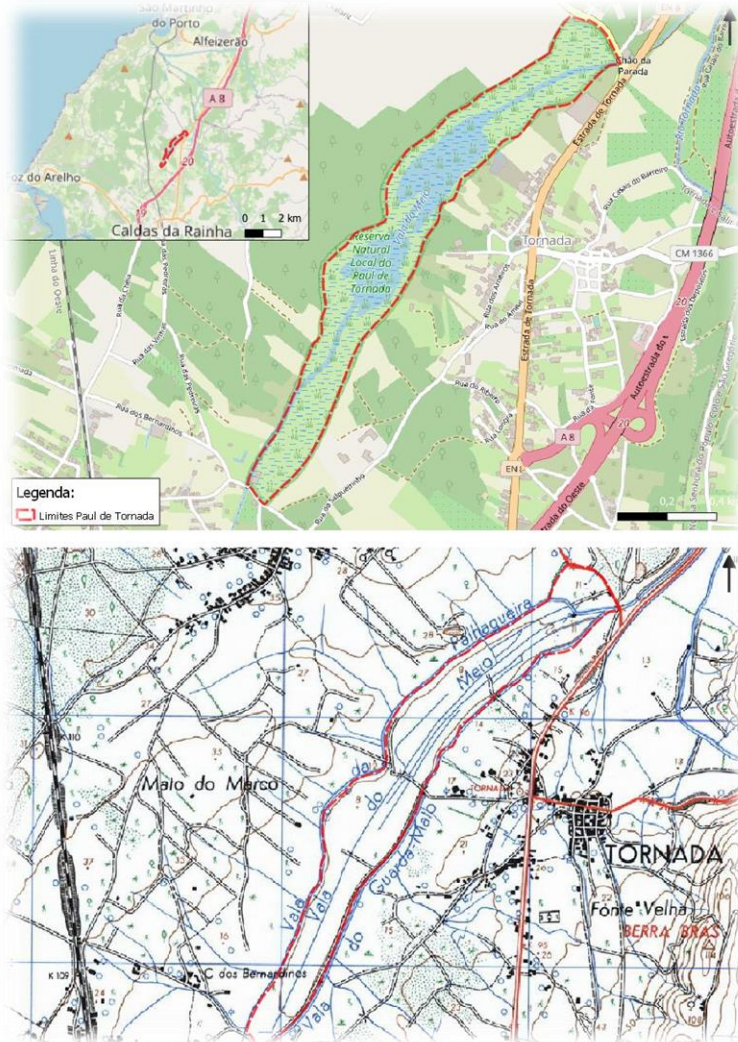


Figura 1 Enquadramento geográfico da Reserva Natural Local do Paul de Tornada (em cima excerto da imagem do OpenStreetMap, e em baixo excerto da imagem da carta militar IGeoE n°326)

A flora do Paul de Tornada é constituída por espécies características das zonas húmidas de água doce, Esta vegetação é uma componente essencial de toda a cadeia trófica existente, proporcionando às comunidades faunísticas alimento, refúgio, abrigo e sítio de nidificação. Estas espécies têm um papel essencial na regulação do ciclo da água, contribuindo para amenizar o clima da região e para a melhoria da qualidade das águas subterrâneas devido a processos de depuração natural. Há também a ocorrência de espécies exóticas ou invasoras que devem ser controladas. Em termos faunísticos, o Paul alberga um lote significativo de espécies. Algumas das espécies presentes têm estatuto de proteção ao abrigo de convenções internacionais e/ou estão listadas como espécies ameaçadas no Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal.

Esta zona húmida, outrora considerada como uma área insalubre e sem qualquer valor, é reconhecida atualmente como um ecossistema de elevada biodiversidade e inestimável valor genético. A preservação dos habitats do Paul de Tornada é uma forma de estancar a perda da biodiversidade, melhorar o seu

estado de conservação e utilização sustentável. O caráter periurbano da Reserva, dada a proximidade dos perímetros urbanos de Caldas da Rainha, Tornada e Salir do Porto, proporciona um espaço natural privilegiado para a fruição das áreas naturais e valorização dos ecossistemas, o que é importante para a apropriação pela comunidade e o seu reconhecimento. Junto da Reserva encontra-se o Centro Ecológico Educativo do Paul de Tornada (CEEPT), espaço de sede administrativa, receção, formação, gestão e interpretação da mesma.

O GEOTA integra a Comissão Diretiva da Reserva Natural Local do Paul de Tornada e detém o arrendamento da propriedade que engloba a maior parte da área da RNL-PT. Realiza há mais de 30 anos atividades no Paul nas áreas da Educação Ambiental e do estudo, monitorização e conservação da biodiversidade desta zona húmida. Nos últimos anos tem implementado projetos na reserva na área da conservação e biodiversidade apoiados pelo Fundo Ambiental.

## Capital Natural, Serviços de Ecossistemas e Valor Económico

Os conceitos de serviços de ecossistema (SE) e de capital natural ganharam visibilidade no discurso político e académico (em diferentes campos de conhecimento) e são, não raras vezes, usados de forma indistinta, sendo que não têm o mesmo significado e, portanto, deve a sua utilização ser cautelosa. O conceito de capital natural aproxima-se do entendimento clássico de “capital” significando o conjunto de recursos naturais (ativos; e.g. floresta) que providenciam fluxos de benefícios – serviços de ecossistema (e.g., regulação climática por via do sequestro de carbono). O ponto crítico de conexão entre os dois conceitos surge quando a exploração desses fluxos é superior à capacidade combinada das taxas de regeneração e investimento na preservação de capital natural.

Uma das razões subjacentes à sobre-exploração do capital natural consumido isoladamente ou combinado com outras formas de capital (manufaturado, financeiro, humano e social) resulta do facto de muitos desses fluxos de benefícios não serem transacionados nos mercados convencionais (Figura 1) e serem, portanto, do ponto de vista económico, externalidades. A ocorrência de externalidades, uma falha de mercado, são um dos argumentos em favor da valorização económica dos SE (Marta-Pedroso et al., 2014).

A valorização económica dos serviços de ecossistema, não sendo isenta de discussão, permite, por um lado, comparar o seu valor com outros substitutos, quando existentes, e, por outro, assegura a sua integração (internalização) em ferramentas convencionais de apoio à tomada de decisão, como seja a análise custo-benefício (Marta-Pedroso et al., 2018). Por outras palavras, a valorização económica permite fundamentar decisões relativas ao investimento na preservação, restauro e regulação do fornecimento e utilização desses fluxos. Na ausência de um sinal de mercado outros mecanismos (incentivos) são capazes de colmatar a falha de mercado, como são exemplos a remuneração, pública ou privada, dos serviços de ecossistema. A remuneração de serviços de ecossistema representa não só um incentivo à preservação do capital natural, mas pode, também, ter um efeito macroeconómico, por via do aumento do rendimento disponível (Figura 1).

O conceito de serviços de ecossistema (SE), ainda que a sua origem remonte às décadas de 60-70, foi definitivamente colocado na agenda política pelo Millennium Ecosystem Assessment (MA) tendo vindo a

ser, desde aí, paulatinamente integrado e orientador na definição de diferentes estratégias ao nível da EU (Marta-Pedroso, 2018). Neste enquadramento referira-se, por exemplo, a Estratégia Europeia para a Biodiversidade (EC, 2011) e a Estratégia Europeia para a Infraestrutura verde (EC, 2013). Ainda que a definição de SE tenha estado sujeita a diferentes, e naturais, derivações académicas, a par com a sua crescente visibilidade no discurso político, poder-se-á dizer que o conceito, no essencial, cristalizou como uma veículo de comunicação do contributo dos ecossistemas para o bem-estar do Homem - segurança (redução da vulnerabilidade a desastres por exemplo), saúde (água potável e ar purificado por exemplo), rendimento (resultante da integração dos recursos em cadeias produtivas), emprego (direto e indireto), coesão social (cooperação e respeito), entre outros. A afirmação do conceito de SE tem vindo a ser feita a par com a afirmação do conceito de capital natural, em particular nas esferas da conservação da biodiversidade (EEA, 2018), que é, assim, equiparado a outras formas de capital (manufaturado, financeiro, humano e social). A relação entre biodiversidade e SE tem sido um argumento em favor, por um lado, para a preservação da biodiversidade e, por outro lado, da adoção do conceito de serviços de ecossistema como um veículo que, exaltando o contributo do normal funcionamento ecológico dos ecossistemas, naturais ou seminaturais, para o bem-estar da sociedade, exorta igualmente à conservação da biodiversidade, tida como fundamental para esse normal funcional ecológico.

Tal como exposto acima muitos dos SE não são transacionados nos mercados convencionais e não raramente são fornecidos como produtos secundários de uma atividade que não é desenvolvida com o propósito de os providenciar. A falha de mercado subjacente pode ser explicada de forma simples tal como ilustrado em Marta-Pedroso et al. (2014): as florestas, que em Portugal são maioritariamente privadas, providenciam diversos SE sem valor de mercado (e.g. redução do risco de cheia a jusante). Os proprietários florestais têm como objetivo a maximização do seu lucro e, na ausência de outros incentivos, as suas escolhas recaem sobre os mercados existentes. Assim, uma opção de gestão do produtor pode ser o corte raso da plantação, tendo em vista o seu lucro e esta decisão não é de forma nenhuma afetada pelos custos que poderão ocorrer para terceiros a jusante. No entanto, perante incentivos específicos que permitam internalizar o custo evitado a jusante nas receitas do produtor, as opções de gestão deste poderão ser diferentes. A valorização económica é determinante para internalização dos valores nas opções de gestão do produtor e nas decisões de outros afetados pelas suas opções de gestão uma vez que poderão estar disponíveis para o compensar, neste exemplo, pelo serviço de proteção das bacias hidrográficas.

### A Remuneração dos Serviços de Ecossistema do Paul no contexto da sua gestão

O desenvolvimento de um plano de negócios/financeiro no contexto da gestão de uma área protegida é determinante. Estas ferramentas diferem da contabilidade de custos simples, pois identificam não apenas quanto dinheiro é necessário para diferentes atividades, mas também localizam as fontes de financiamento mais adequadas para as necessidades de curto, médio e longo prazo. O plano de negócios têm, também, um importante papel na comunicação institucional da própria área protegida (em particular com agências governamentais, de diferentes níveis, outros financiadores e partes interessadas). Este papel de comunicação é particularmente relevante no contexto do estabelecimento de sistemas de pagamento (remuneração) de Serviços de Ecossistema (SE). A experiência existente em diferentes geografias indica que o pagamento (remuneração) dos SE providenciados pelas áreas protegidas podem ser uma importante fonte de receita para as mesmas. Na ausência destes esquemas, os SE providenciados pelas áreas protegidas são frequentemente usufruídos a custo zero (ou a custo muito baixo face ao seu

valor) e, dessa maneira, têm uma contribuição residual na gestão financeira das mesmas. Ainda que haja outros mecanismos de financiamento de uma área protegida, o sistema de pagamento por SE deve ser privilegiado sempre que tal seja aplicável. No Quadro 1 são apresentadas as etapas principais no estabelecimento de um plano de negócios (bem como os resultados esperados em cada uma delas), que considere, entre outros, a remuneração de serviços de ecossistema como potencial mecanismo de financiamento. A existência de um plano de negócios/financeiro para a área protegida não substitui o plano de gestão ou estratégico, mas sim complementa-o com diretrizes financeiras estratégicas. O plano de negócios pode ser formulado considerando um mecanismo de financiamento específico ou pode incluir vários mecanismos selecionados para a área protegida em consideração.

*Quadro 1 Proposta para a definição de um plano de negócios para uma área protegida*

Etapa	Resultado
1 Análise Financeira	<p><b>Uma análise financeira fornece as seguintes informações principais:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rendimento por fonte: pública (nacional/internacional ou local) e privada (utilizadores, filantropos e outros)</li> <li>2. Revisão histórica da receita e despesa por programa, subprograma ou atividade;</li> <li>4. Identificação de oportunidades de redução de custos;</li> <li>5. Inventariação das necessidades financeiras por programa, subprograma ou atividade (incluindo os custos de manutenção): num cenário de conservação básico e ótimo;</li> <li>6. Lacunas financeiras existentes por programa, subprograma ou atividade, por meio da comparação de receita versus despesas e de necessidades versus receita. A lacuna financeira é a diferença entre os fundos disponíveis e os fundos necessários para níveis básicos ou ótimos de conservação.</li> </ol>
2 Seleção de Mecanismos de Remuneração	<p><b>A seleção de mecanismos financeiros permite:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. identificar mecanismos financeiros simples que não exijam estudos detalhados ou qualquer reforma legal para sua implementação direta (por exemplo, o estabelecimento de caixas para recolha de contribuições voluntárias nos centros de visitantes);</li> <li>2. identificar mecanismos financeiros mais complexos (por exemplo, o estabelecimento de um fundo fiduciário ou um sistema de pagamento por serviços de ecossistema) que exigem detalhes económicos, sociais, jurídicos e ambientais;</li> <li>3. determinar que mecanismos financeiros não são viáveis devido à sua alta complexidade e baixo impacto.</li> <li>4. avaliar a viabilidade de implementação dos mecanismos previamente à sua seleção, mesmo que estes se apresentem como promissores.</li> </ol>
3 Formulação do Plano de Negócios	<p><b>A formulação de um plano financeiro/de negócios permite:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fortalecimento da capacidade de gestão financeira.</li> <li>2. Fortalecimento da tomada de decisão adicionando informação económica e financeira ao conhecimento/objetivos de conservação;</li> <li>3. Incorporação de práticas de gestão financeira adaptativa oriundas do setor corporativo.</li> </ol>

A seleção dos mecanismos de financiamento deve ser enquadrada, em primeira linha, por uma análise de viabilidade das diferentes opções usando para o efeito critérios como o nível de complexidade (definição do mecanismo, implementação, contexto legal e institucional) e nível de impacto (Figura 3). Tipicamente, o pagamento por SE localiza-se no quadrante nível de complexidade elevado-impacto elevado.

Impacto Relativo	Elevado	Prosseguir rapidamente	Prosseguir estrategicamente
	Baixo	Prosseguir (se necessário)	Rejeitar
		Baixo	Elevado
		Complexidade de implementação	

*Figura 2 Mapeamento dos mecanismos com base no nível de complexidade e impacto*

## Objetivos

O presente estudo visou a disponibilização de informação de suporte à gestão da Reserva Natural do Paul de Tornada (RNL-PT), nomeadamente, o desenvolvimento de um modelo de remuneração de Serviços de Ecossistema (SE) para a Reserva Natural do Paul de Tornada (RNL-PT).

Foram estabelecidos como objetivos específicos o/a:

- Mapeamento biofísico dos SE providenciados pelo Paul de Tornada (em particular: proteção contra cheias, depuração da qualidade da água, conservação da biodiversidade, oportunidade de recreio, e investigação científica e educação/sensibilização ambiental );
- Estimativa do valor económico dos SE considerados no ponto anterior;
- Análise qualitativa do impacto das intervenções de gestão do Projeto no potencial de fornecimento de SE do Paul
- Identificação dos principais atores que se possam constituir como dinamizadores da procura e parte integrante de mecanismos de remuneração de SE;
- Disponibilização da informação produzida através de uma plataforma especializada para visualização de mapas online - WebSIG.

## METODOLOGIA

Na persecução dos objetivos elencados na secção anterior, foram mobilizados diferentes métodos de forma a potenciar a utilização de informação pré-existente e assegurar, com as limitações decorrentes do horizonte temporal em que o projeto se desenvolveu, a disponibilização de informação de base científica relativa aos SE providenciados pela RNL-PT, seguindo a lógica de intervenção ilustrada no quadro metodológico adotado (Figura 3).

As subsecções seguintes apresentam uma caracterização detalhada dos métodos selecionados em cada fase ilustrada na Figura 3.

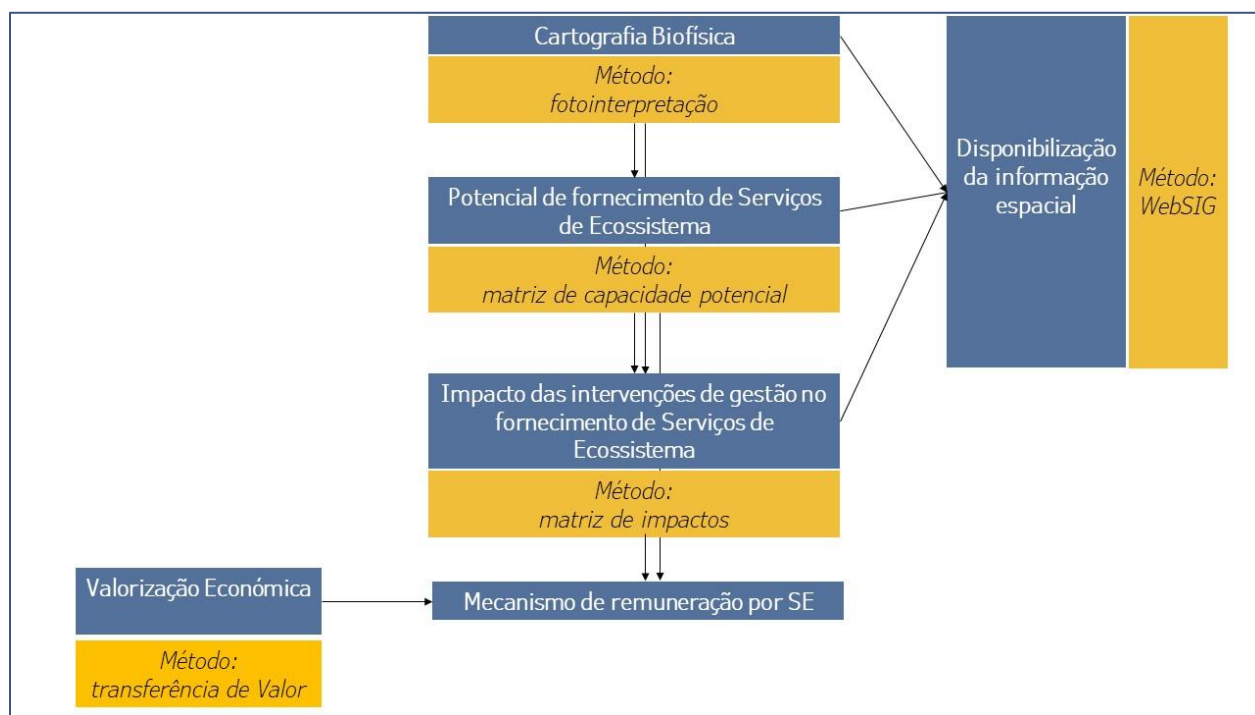


Figura 3 Quadro Metodológico dos trabalhos da Ação 2 do Projeto “Paul de Tornada Capital Natural do Oeste”

### Cartografia biofísica da Reserva Natural Local do Paul de Tornada (RNL-PT)

O enquadramento geográfico e biofísico do Paul de Tornada são instrumentos fundamentais para os métodos preconizados neste trabalho.

O levantamento cartográfico da RNL-PT foi obtido por meio de dois níveis de análise espacial e produção de cartográfica, nomeadamente: i) de forma mais abrangente, através da análise de cartografia oficial de Cartas Ocupação do Solo de 2018 da DGT (COS18, com área mínima cartográfica de 1ha), auxiliada por cartografia da COS do concelho de Caldas da Rainha (fornecida pela Camara Municipal das Caldas da Rainha), cujos limites de análise foram para além do Paul de Tornada (buffer de 2km, dentro dos limites do Concelho de Caldas da Rainha); e ii) por técnicas de fotointerpretação e classificação sobre imagens

aereofotográficas do ano de 2020 (Google Earth), cujos limites de análise foram dentro da área oficial da RNL-PT, de forma a possibilitar uma classificação de maior detalhe da ocupação e dos usos do solo.

## Potencial de Fornecimento de Serviços de Ecossistema na RNL-PT

A seleção dos Serviços de Ecossistema (SE) para análise teve por base revisão de literatura, caracterização biofísica e socioeconómica, consulta de especialistas e levantamento da percepção de *stakeholders* do Paul (Quadro 2). Sendo que a informação disponível não permitiu a quantificação biofísica dos SE, optou-se por realizar uma avaliação qualitativa e espacial do potencial de fornecimento de SE na RNL-PT assente na caracterização biofísica e cartográfica produzida (conforme descrito na secção anterior).

Quadro 2 Serviços de Ecossistemas selecionados para análise no RNL-PT

Serviços de Ecossistema	Definição
Proteção contra cheias	O SE de <i>Proteção contra cheias</i> resulta da capacidade de algumas espécies de vegetação presentes no Paul regularem o fluxo hidrológico devido às suas propriedades biofísicas e à estrutura das comunidades, contribuindo assim para mitigar ou prevenir possíveis danos que advém da subida dos caudais associados a eventos climáticos, incluindo os extremos.
Depuração da qualidade da água	O SE de <i>Depuração da qualidade da água</i> advém da capacidade de algumas espécies de vegetação e algas presentes no Paul regularem a condição química das águas através da remoção de nutrientes como o azoto e o fósforo, que são lixiviados de terrenos agrícolas adjacentes, bem como outros contaminantes, melhorando assim a qualidade da água no Paul e a jusante.
Conservação da biodiversidade	O SE de <i>Conservação da Biodiversidade</i> refere-se às condições biofísicas singulares do Paul que permitem a preservação de espécies e habitats no presente e para futuras gerações.
Oportunidades de recreio	O SE de <i>Oportunidades de recreio</i> é resulta das características biofísicas da RNL-PT, bem como, das espécies e habitats aí presentes, que permite inúmeras experiências, como sendo a observação e interação com as diversas espécies de fauna e flora presentes no Paul, o disfrute da paisagem, das cores e dos sons associados a essas experiências.
Investigação científica & educação/sensibilização ambiental	O SE de <i>Investigação científica e educação/sensibilização ambiental</i> advém das características e qualidades biofísicas das espécies e habitats encontrados no Paul que têm particular interesse para investigação científica e/ou atividades de educação e sensibilização ambiental <i>in situ</i> .

A avaliação aqui apresentada foi realizada tendo por base a metodologia proposta por Burkhard et al., (2010), que descreve uma classificação qualitativa para avaliação da capacidade de diferentes ocupações/usos do solo para fornecer SE, constituindo por isso uma avaliação do potencial de fornecimento de SE. Esta metodologia foi posteriormente testada a diferentes escalas e em diferentes contextos (como revisto recentemente por Campagne et al., 2020), sendo essencialmente mobilizada sempre que necessário realizar uma primeira avaliação do potencial de fornecimento de SE sem recorrer a métodos de quantificação biofísica que requerem um volume significativo de informação primária nem sempre disponível.

A metodologia proposta por Burkhard et al., (2010), e aqui adotada, resulta numa matriz de avaliação qualitativa que classifica o potencial de cada ocupação do solo para fornecer cada SE avaliado em seis categorias, como sendo:

0. Sem potencial para fornecer o SE
1. Potencial baixo para fornecer o SE
2. Potencial médio-baixo para fornecer o SE
3. Potencial médio-elevado para fornecer o SE
4. Potencial elevado para fornecer o SE
5. Máximo potencial para fornecer o SE

No contexto do presente trabalho, a avaliação qualitativa foi assente numa revisão de literatura e complementada por opinião de especialistas, tendo sempre como contexto a estrutura ecológica que caracteriza o Paul para ser possível determinar o potencial de cada unidade cartografada para fornecer cada um dos cinco SE analisados. Foi também possível representar espacialmente o potencial de fornecimento de SE, tendo por base a cartografia biofísica produzida e a classificação acima descrita (Anexo 1B).

### Impacto das intervenções de gestão nos Serviços de Ecosistema da RNL-PT

Conforme exposto na Sinopse, ainda que a Ação 2 do Projeto “*Paul de Tornada Capital Natural do Oeste*” configure o principal objeto de análise do presente trabalho, houve lugar à avaliação do impacto de todas as intervenções de gestão realizadas no âmbito das outras as ações do Projeto no que respeita o potencial de fornecimento de SE no Paul de Tornada. Para tal, foi estabelecida uma matriz de impacto assente numa metodologia de três passos com forte componente qualitativa, que se detalha de seguida.

Para o efeito, foi necessário estabelecer uma relação entre cada intervenção analisada e as ocupações do solo cartografadas na RNL-PT, determinando-se uma ocupação do solo que tenha sido o foco de cada intervenção. Seguidamente, para cada intervenção de gestão analisada, fez-se corresponder um ou mais SE, dos cinco SE selecionados para análise, para os quais a intervenção contribuiu positivamente. A correspondência foi realizada a três níveis, tendo em conta o nível de contributo da intervenção para cada SE analisado, nomeadamente: *Contribuição Principal* (SE mais beneficiado pela intervenção), *Contribuição Secundária* (SE secundariamente beneficiado pela intervenção) e *Contribuição Terciária* (SE terciariamente beneficiado pela intervenção). Para a maior parte das intervenções, foi possível obter uma correspondência nos 3 níveis, sendo que para algumas intervenções apenas a contribuição principal ou secundária foi passível de determinação. Por fim, atendendo às relações estabelecidas nos pontos anteriores, foi possível determinar o nível de impacto (baixo, médio ou alto) de cada intervenção de gestão no potencial fornecimento de cada um dos cinco SE analisados, através da matriz de impacto apresentada no Quadro 3.



Quadro 3 Matriz para determinação do nível de impacto das intervenções de gestão adotadas na RNL-PT nos Serviços de Ecossistema

		Potencial de Fornecimento do Serviço de Ecossistema na Ocupação do Solo				
		0	1	2	3	4
		Sem Potencial ou Potencial Baixo	Potencial médio-baixo a médio-elevado		Potencial elevado e máximo	
Contributo das intervenções de gestão no Serviço de Ecossistema	Contribuição terciária ou sem contribuição	Baixo impacto	Baixo impacto		Médio impacto	
	Contribuição secundária	Baixo impacto	Médio impacto		Alto impacto	
	Contribuição principal	Médio impacto	Alto impacto		Alto impacto	

O nível de impacto de cada intervenção em cada SE foi especializado recorrendo à cartografia das intervenções, criada especificamente no âmbito deste trabalho à partir da informação cedida (Anexo 1C).

### Valorização Económica dos Serviços de Ecossistema fornecidos pela RNL-PT

No que diz respeito à valorização económica dos Serviços de Ecossistema (SE), diferentes métodos estão hoje bem estabelecidos do ponto de vista teórico e, dividem-se em duas grandes tipologias: a) estudos de valorização primária e b) estudos que usam resultados de estudos primários transferindo-os (ajustando-os) ao contexto de análise, sendo esta a opção metodológica para a concretização dos trabalhos propostos.

Ainda que o mapeamento tenha sido restrito à capacidade potencial de fornecimento de SE com base nas classes de ocupação do solo presentes no Paul de Tornada, o exercício de valorização económica incide sobre os SE fornecidos pelo Paul enquanto zona húmida. Isto é, o exercício de valorização económica é dissociado do mapeamento do potencial de fornecimento de SE apresentado no ponto anterior.

Na ausência de informação recolhida localmente e passível de utilização no exercício de valorização pretendido, recorreu-se à literatura para se encontrar estimativas do valor económico associado ao fornecimento de SE em áreas húmidas. Assim, a valorização económica do conjunto de SE selecionados foi realizada com recurso ao método da transferência de valor (Brander et al., 2016; Marta-Pedroso et al., 2018). Para esse efeito, foi constituída uma base de dados de estudos primários de valorização e, os valores aí estimados, foram transferidos para o contexto do presente trabalho (tipologia de serviço, área geográfica e contexto socioeconómico) com os ajustamentos que o método da transferência de benefício exige. Os estudos que apresentavam valores passíveis de transferência para o contexto de valorização dos SE no Paul de Tornada e que foram consultados na presente análise são brevemente descritos no Quadro 4.

Quadro 4 Estudos de valorização económica de Serviços de Ecossistema em zonas húmidas

Estudos	Breve Descrição Metodológica
Schuyt & Brander (2004)	O estudo compreende 89 casos de estudo em áreas húmidas em diferentes partes do globo, os autores consideraram a mediana das estimativas de valor económico de cada SE analisado em cada estudo para encontrar um valor médio global por SE fornecido pelas áreas húmidas (em US\$ <sub>2007</sub> /ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> ), que foram utilizados no presente trabalho.
de Groot et al., (2012)	Os autores elaboraram uma revisão sistemática de literatura com base em 5 critérios: 1) estudos com informação primária (e.g. não por transferência de valor), 2) estudos em que um valor monetário fora atribuído a um SE que possa ser claramente identificado como pertencendo a um bioma/ecossistema, 3) estudos que apresentaram informação sobre a área avaliada, 4) estudos com metodologia de valorização económica clara, e 5) estudos que reportaram a localização e escala da área de estudo (e.g., local, regional, nacional, etc.). Os resultados da revisão sistemática foram agregados em Valores Monetariamente Estimados (VME), normalizando-se as estimativas de cada estudo numa métrica comum (dólares internacionais*) contextualizada ao ano de 2007. Foram então produzidas estimativas (em Int <sub>2007</sub> \$/ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> ), do valor económico de cada um de um vasto conjunto de SE fornecidos por diferentes biomas/ecossistemas no mundo, incluindo especificamente para “zonas húmidas interiores”, que foram usados no presente trabalho.
TEEB (2013)	Uma revisão de literatura compreendendo 343 estudos de valorização económica em diferentes tipologias de áreas húmidas foi efetuada pelos autores. À semelhança de Groot et al 2012, os resultados da revisão de literatura foram normalizados em dólares internacionais de 2007. Os autores apresentam um intervalo de valores mínimo e máximo (em Int <sub>2007</sub> \$/ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> ) por SE e por tipologia de zona húmida. Para o presente trabalho, foram consideradas as estimativas de valor máximo dos SE fornecidos por “zonas húmidas interiores”.

*\*O dólar internacional, ou dólar Geary-Khamis, é uma unidade monetária hipotética usada para normalizar valores monetários entre países através do ajuste de poder de compra com o dólar americano, num determinado ano. Assim, os valores estimados com dólares internacionais só devem ser convertidos para outras moedas através da Paridade de Poder de Compra. Para um determinado ano, 1 dólar internacional = 1 dólar americano.*

Os valores anuais unitários (por hectare e ano) dos SE estimados nos três estudos foram convertidos para €<sub>2021</sub>/ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> recorrendo aos métodos convencionais aplicáveis (índice de preço ao consumidor, paridade de poder de compra e taxa de câmbio), e foram posteriormente aplicados à área da RNL-PT para uma estimativa do valor total anual dos SE fornecidos pelo Paul.

Não obstante o exposto acima, e apesar da limitação referida em termos de informação primária, foi também possível realizar um exercício de valorização económica focado apenas na área designada para implementação de uma Fito-ETAR no Paul de Tornada, como uma das medidas de intervenção de gestão previstas. Os resultados são apresentados no Anexo II como um caso de estudo, onde se procedeu à valorização económica do SE de *Depuração da Qualidade da Água* potencialmente prestado pela Fito-ETAR em estudo.

## Remuneração dos Serviços de Ecossistema da RNL-PT no contexto do financiamento da sua gestão

Após identificação do nível de impacto de cada uma das intervenções de gestão nos SE avaliados, e atendendo à elevada complexidade subjacente aos mecanismos de remuneração por SE (abordada na secção correspondente na introdução), importa estabelecer uma cadeia entre os SE potencialmente fornecidos pelo Paul e os potenciais beneficiários/investidores e/ou utilizadores/pagadores (segundo a lógica ilustrada na Figura 4).

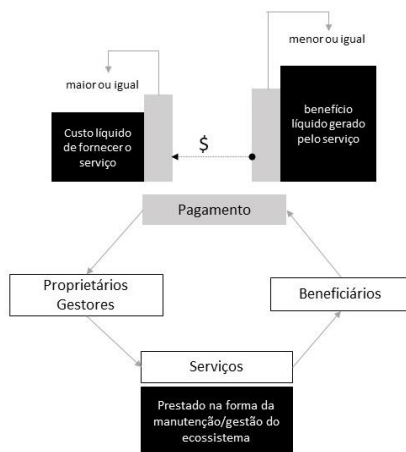


Figura 4 Conceptualização da remuneração de Serviços de Ecossistema

Para o efeito, foi realizado um levantamento de atores – entidades públicas e privadas - elegíveis para integração num mecanismo de remuneração por SE enquanto beneficiários dos SE potencialmente fornecidos pelo Paul de Tornada, através do financiamento das intervenções de gestão que apresentam alto impacto para cada um dos SE analisados.

## Disponibilização da Informação Espacial (WebSIG)

O conjunto de peças cartográficas produzido no âmbito do presente trabalho será disponibilizado através de um visualizador de mapas *online*, fornecido pela *TerraPrima* através dos seus serviços de WebSIG. O WebSIG é uma forma avançada de Sistema de Informação Geográfica (SIG) assente num servidor de mapas externo que permite a consulta de informação geográfica online, simultânea e por diferentes utilizadores (mesmo os menos experientes em SIG). O servidor possui um endereço eletrónico exclusivo para que os utilizadores o possam aceder online, através de um navegador de internet. O acesso é realizado por via de um endereço eletrónico Uniform Resource Locator (URL).

No que respeita o WebSIG criado para o Paul de Tornada, o URL poderá posteriormente ser alojado no próprio *site* do GEOTA. O acesso ao WebSIG do Paul de Tornada pode ser público ou restrito a utilizadores credenciados. Até ao momento, o endereço URL para aceder ao WebSIG do Paul de Tornada está restrito a utilizadores credenciados.

## RESULTADOS

---

### Cartografia biofísica da RNL-PT

Para caracterização da Ocupação do Solo dentro dos limites da reserva do Paul de Tornada (49,7ha) adotou-se uma classificação em três níveis de agregação: Nível 1 (N1), o mais agregado; Nível (N2), nível de agregação intermédia; e Nível 3 (N3), o nível menos agregado (Quadro 5). Os mapas correspondentes são apresentados no Anexo 1A.

*Quadro 5 Classes Ocupação do Solo foto-interpretadas na RNL-PT.*

OS (N1)	OS (N2)	OS (N3)	Área (ha)
Agrícola	Culturas permanentes	Pomares	0,8
Florestal	Folhosas	Eucalipto	0,4
Florestal	Mistura de folhosas	Vegetação ripícola	9,6
Florestal	Resinosas	Pinheiro bravo	2,3
Urbano	Infraestruturas e equipamentos	Caminho pedonal / Passadiço	1,6
Urbano	Infraestruturas e equipamentos	Edificado	0,1
Zonas Húmidas	Linhas de água	Vala	3,3
Zonas Húmidas	Terrenos inundáveis	Vegetação halófito	22,6
Zonas Húmidas	Terrenos permanentemente alagados	Espelho de água sem vegetação	8,9
Zonas Húmidas	Terrenos permanentemente alagados	Vegetação flutuante	0,1
<b>Área total RNL-PT</b>			<b>49,7</b>

De uma maneira geral, a ocupação do solo na envolveria da RNL-PT (buffer 2km do Paul) é caracterizada fundamentalmente com usos agrícolas (42%), florestais (39%) e urbanos (17%), com algumas zonas húmidas (2%) e destas, aproximadamente  $\frac{2}{3}$  corresponde à zona do Paul de Tornada (Figura 5).

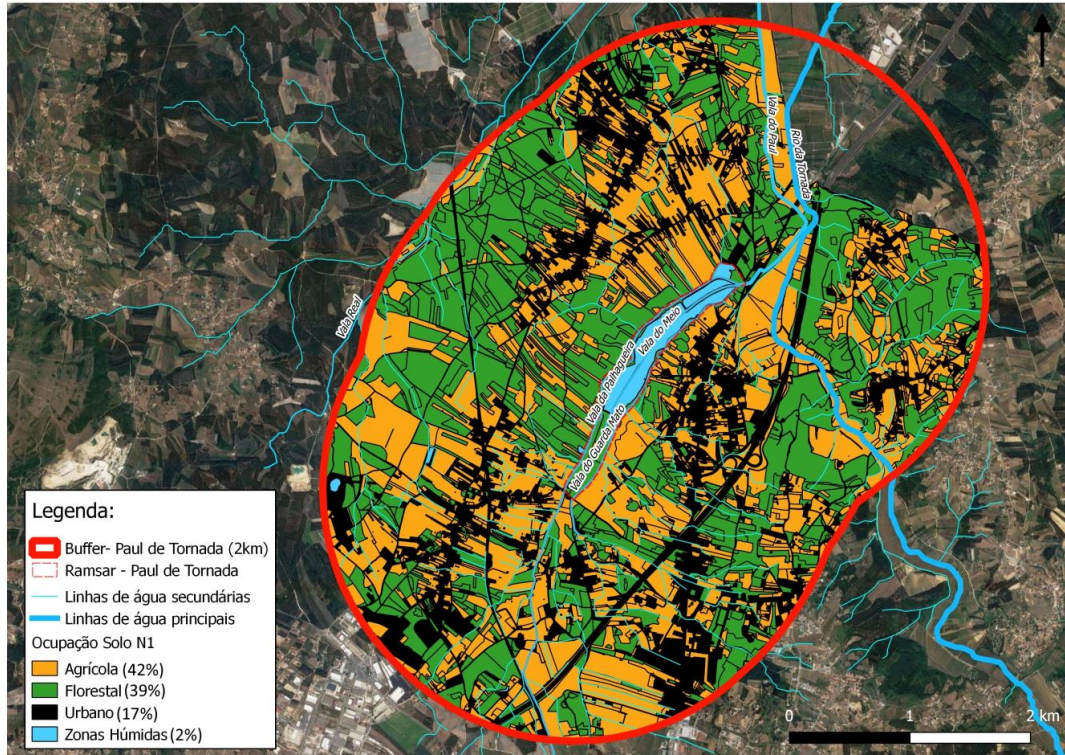


Figura 5 Ocupações do uso do solo cartografadas na envoltória da RNL-PT

Conforme exposto no quadro metodológico (Figura 3), a cartografia biofísica aqui apresentada (N3) serviu de base para a atribuição do potencial de fornecimento de Serviços de Ecossistemas no Paul.

## Potencial de Fornecimento de Serviços de Ecossistema na RNL-PT

Foi elaborada uma matriz de avaliação qualitativa que classifica o potencial de cada ocupação do solo cartografado no Paul (N3) para fornecer cada SE avaliado. Os resultados e a lógica da avaliação são apresentados nos quadros seguintes (Quadro 6 e Quadro 7, respetivamente). O mapeamento que resulta desta avaliação de potencial é apresentado no Anexo 1B.

Quadro 6 Potencial de Fornecimento de Serviços de Ecossistema na RNL-PT

Tipologias de ocupação do solo dentro do Paul	Proteção contra cheias	Depuração da qualidade da água	Conservação da biodiversidade	Oportunidades de recreio	Investigação científica & educação/sensibilização ambiental
Edificado					
Caminho pedonal / Passadiço					
Vala					
Espelho de água sem vegetação					
Vegetação flutuante					
Vegetação halofítica					
Vegetação ripícola					
Pomares					
Eucalipto					
Pinheiro bravo					

Legenda:

Sem potencial	Potencial Baixo	Potencial Médio-Baixo	Potencial Médio-Elevado	Potencial Elevado	Potencial Máximo
---------------	-----------------	-----------------------	-------------------------	-------------------	------------------

Quadro 7 Lógica da avaliação qualitativa dos Serviços de Ecossistemas fornecidos pelo Paul de Tornada

Serviços de Ecossistema	Lógica da avaliação qualitativa	Fontes
Proteção contra cheias	<ul style="list-style-type: none"> <li>O SE de <i>Proteção contra cheias</i> é caracterizado pela capacidade de algumas espécies de vegetação presentes no Paul em regular o fluxo hidrológico devido às suas propriedades biofísicas e à estrutura das comunidades, contribuindo assim para mitigar ou prevenir possíveis danos que advêm da subida dos caudais associados a eventos climáticos frequentes ou extremos.</li> <li>O potencial máximo para fornecimento deste SE é atribuído à vegetação ripícola, com destaque para os salgueiros (<i>Salix</i> spp.), e à vegetação halofítica, em particular o caniço (<i>Phragmites australis</i>). Comparativamente, a composição ripícola dos habitats que caracterizam as valas presentes no Paul (e as intervenções de gestão associadas às mesmas) apresentam potencial elevado para fornecer este SE. Considera-se que as restantes ocupações do solo não apresentam potencial para fornecer o SE.</li> </ul>	Fischenich & Copeland, 2001 Ferreira 2013
Depuração da qualidade da água	<ul style="list-style-type: none"> <li>O SE de <i>Depuração da qualidade da água</i> é caracterizado pela capacidade de algumas espécies de vegetação e algas presentes no Paul em regular a condição química das águas através da remoção de nutrientes como o azoto e o fósforo, que são lixiviados de terrenos agrícolas adjacentes, melhorando assim a qualidade da água no Paul e a jusante.</li> <li>O potencial máximo para fornecimento deste SE é atribuído à vegetação halofítica, com principal destaque para a tabúia (<i>Typha latifolia</i>) e o caniço (<i>Phragmites</i></li> </ul>	Dordio et al., 2008; Guidi Nissim et al., 2015; Hernandez & Mitsch, 2007; Köbbing et al., 2013

Serviços de Ecossistema	Lógica da avaliação qualitativa	Fontes
	<p><i>australis</i>). A vegetação ripícola, nomeadamente os salgueiros (<i>Salix</i> spp.), e as espécies de vegetação presentes nas valas apresentam elevado potencial para fornecimento deste SE. Comparativamente, considera-se que as espécies de vegetação flutuante (<i>Nymphaea alba</i> e <i>Lemna minor</i>) e as algas potencialmente presentes no espelho d'água apresentam potencial médio-elevado para fornecer este SE. As restantes ocupações do solo não apresentam potencial para fornecer o SE.</p>	
<p><b>Conservação da biodiversidade</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O SE de <i>Conservação da Biodiversidade</i> é dado pelas características e qualidades biofísicas das espécies e habitats encontrados no Paul que se pretendem preservar devido ao seu valor de existência para esta e futuras gerações.</li> <li>• O potencial máximo para fornecimento deste SE é atribuído aos habitats mais característicos do Paul, como sendo a vegetação flutuante, halofítica e ripícola, bem como os espelhos d'água e a vegetação que caracteriza as valas presentes no Paul, que justificam o seu estatuto de Zona Úmida de Importância Internacional de acordo com a Convenção de Ramsar desde 2009. São habitats que suportam a presença de um elevado número de espécies de fauna e flora com interesse de conservação, incluindo espécies que constam no Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal e protegidas pela Convenção de Berna, como sendo o Cágado-de-carapaça-estriada (<i>Emys orbicularis</i>) e a Lontra-europeia (<i>Lutra lutra</i>). Comparativamente, considera-se que os pomares presentes mais a sul e os pinhais apresentam potencial baixo para fornecer este SE devido à sua capacidade de constituir potencial abrigo e alimento a alguma fauna residente ou migratória, ainda que não sejam os habitats principais do Paul. As restantes ocupações do solo não apresentam potencial para fornecer o SE.</li> </ul>	<p>Campos et al 2011 Coelho 2015 <a href="http://www.avesdeportugal.info/sittornada.html">http://www.avesdeportugal.info/sittornada.html</a></p>
<p><b>Oportunidades de recreio</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O SE de <i>Oportunidades de recreio</i> é dado pelas características e qualidades biofísicas das espécies e habitats encontrados no Paul, bem como a sua estrutura envolvente, que permite inúmeras experiências de recreio com interesse de lazer, relaxamento ou turístico, como sendo a observação e interação com as diversas espécies de fauna e flora presentes no Paul e o disfrute da paisagem, das cores e dos sons associados a essas experiências.</li> <li>• O potencial máximo de fornecimento deste SE é atribuído à vegetação ripícola e flutuante, devido aos inúmeros valores florísticos e faunísticos que comportam – com destaque para os nenúfares (<i>Nymphaea alba</i>) e os salgueiros negrais (<i>Salix atrocinerea</i>), com toda a fauna a eles associada. Também a vegetação halofítica e os espelhos d'água apresentam elevado potencial para fornecer este SE, não sendo o seu potencial aliado como máximo apenas porque, por um lado, o caniço denso presente ao longo dos percursos pode dificultar a observação ao interior do Paul e, por outro lado, a interação direta com os espelhos d'água é limitada. Considera-se que as valas apresentam potencial médio-baixo para fornecer este SE uma vez que, mesmo sendo determinante para a existência do Paul, o seu acesso é limitado. Considera-se ainda que os pomares e pinhais presentes no Paul apresentam potencial médio-baixo para fornecer este SE uma vez que, não sendo o foco das visitas, podem fornecer algumas experiências de recreio. Por fim, ainda que os caminhos pedonais e os passadiços e pontes presentes no Paul não caracterizem ecossistemas naturais em si, para os efeitos da presente análise considera-se o seu papel fundamental no suporte das experiências de recreio proporcionadas pelo Paul e atribui-se, assim, o potencial máximo de fornecimento deste SE a esta ocupação do solo. As restantes ocupações do solo não apresentam potencial para fornecer o SE.</li> </ul>	<p><a href="https://natural.pt/protected-areas/reserva-natural-local-paul-tornada?locale=pt">https://natural.pt/protected-areas/reserva-natural-local-paul-tornada?locale=pt</a></p>
<p><b>Investigação científica &amp; educação/ sensibilização ambiental</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O SE de <i>Investigação científica e educação ambiental</i> é dado pelas características e qualidades biofísicas das espécies e habitats encontrados no Paul que têm particular interesse para investigação científica e/ou atividades de educação e sensibilização ambiental <i>in situ</i>.</li> <li>• O potencial máximo de fornecimento deste SE é atribuído aos habitats mais característicos do Paul, como sendo a vegetação flutuante, halofítica e ripícola, bem como os espelhos d'água e a vegetação que caracteriza as valas presentes no Paul. Considera-se ainda que os pomares e pinhais presentes no Paul apresentam potencial baixo para fornecer este SE uma vez que, sendo possível a sua utilização para fins de educação e sensibilização ambiental, o Paul não configura a melhor área de estudo para esses habitats em particular. Por fim, ainda que os edifícios e os caminhos pedonais, passadiços e pontes presentes no Paul não caracterizem ecossistemas naturais em si, para os efeitos da presente análise considera-se o seu papel fundamental na disponibilização de informação aos visitantes e no acesso aos habitats com interesse de educação e sensibilização ambiental, atribuindo-se, assim, o potencial máximo de fornecimento deste SE a estas ocupações do solo.</li> </ul>	<p>Neves 2013 <a href="http://www.ccept.pt/">http://www.ccept.pt/</a></p>

## Impacto das intervenções de gestão nos Serviços de Ecossistema da RNL-PT

Uma vez estimado o valor económico dos SE do Paul de Tornada, torna-se ainda mais evidente a sua importância e a necessidade de se compreender de que forma as intervenções de gestão previstas no projeto impactam o fornecimento desses mesmos SE. Conforme descrito na metodologia, a determinação do impacto das intervenções de gestão contemplou, em primeiro lugar, a identificação das ocupações de solo afetadas pelas mesmas e o seu contributo para o fornecimento de SE, através de uma análise qualitativa (Quadro 8).

*Quadro 8 Relação qualitativa entre cada intervenção de gestão adotada e o grau de contribuição para o fornecimento de Serviços de Ecossistema na RNL-PT*

Intervenções de Gestão	Foco de Intervenção (Ocupação do Solo)	Contribuição Principal	Contribuição Secundária	Contribuição Terciária
Comportas / área reservada para intervenção temporária para obras	Vala	PC	DQ	OR
Plantação de nenúfares	Vegetação flutuante	CB	OR	DQ
Criação de plataformas para cárgados	Espelho de água sem vegetação	CB	OR	IE
Estações de qualidade da água (monitorização e ETAR)	Vala	DQ	CB	IE
Estações elevatórias de água	Vala	PC	DQ	OR
Corredor ecológico com árvores e arbustos de várias espécies	Outro	CB	OR	IE
Plantação de pinheiros	Pinheiro Manso	OR	n.a.	n.a.
Plantação de loureiros	Vegetação ripícola	PC	CB	DQ
Criação de galeria ripícola	Vegetação ripícola	PC	CB	DQ
Manutenção das manchas de nenúfares	Vegetação flutuante	CB	OR	DQ
Plantação de Amieiros, Salgueiros e Freixos	Vegetação ripícola	PC	CB	DQ
Implantação da fitoETAR	Espelho de água sem vegetação/Vegetação halofítica	DQ	CB	IE
Construção de Passadiços	Caminho pedonal / Passadiço	OR	IE	n.a.
Instalação de uma WEBCAM no abrigo norte	Outro	IE	CB	n.a.
Colocação de 10 abrigos para morcegos	Outro	CB	IE	OR
Colocação de uma caixa abrigo para ouriço-caixeiro	Outro	CB	OR	IE
Criação de charco temporário	Espelho de água sem vegetação/Vegetação halofítica	CB	OR	IE
Criação de abrigo para rãs	Outro	CB	OR	IE
Viveiro de plantas autóctones	Outro	CB	OR	IE
Eira*	Outro	OR	n.a.	n.a.
Centro Ecológico Educativo	Edificado	IE	OR	n.a.

*n.a.* = não aplicável

PC = Contribui para o SE de *Proteção contra cheias*

DQ= Contribui para o SE de *Depuração da qualidade da água*

CB = Contribui para o SE de *Conservação da Biodiversidade*

OR = Contribui para o SE de *Oportunidades de Recreio*

IE = Contribui para o SE de *Investigação Científica e Educação/Sensibilização ambiental*



Desta forma, e atendendo à matriz do impacto das intervenções de gestão adotadas no Paul de Tornada nos Serviços de Ecossistema construída (Quadro 3), foi possível determinar a intensidade do impacto de cada intervenção de gestão adotada no fornecimento dos SE analisados no Paul. Da análise resulta que o conjunto de medidas adotadas contribuiu para a melhoria no fornecimento de todos os SE analisados, com destaque para o SE de *Conservação da Biodiversidade*.

Quadro 9 Impacto das intervenções de gestão adotadas no Paul de Tornada no fornecimento de Serviços de Ecossistema

Intervenções de Gestão	Serviços de Ecossistema				
	Proteção contra cheias	Depuração da qualidade da água	Conservação da biodiversidade	Oportunidades de recreio	Investigação científica & educação/sensibilização ambiental
Comportas / área reservada para intervenção temporária para obras	+++	+	++	+	++
Plantação de nenúfares	+	++	+++	+++	++
Criação de plataformas para cágados	+	+	+++	+++	++
Estações de qualidade da água (monitorização e ETAR)	+	+++	+++	+	++
Estações elevatórias de água	+++	+++	+++	++	++
Corredor ecológico com árvores e arbustos de várias espécies*			+++		
Plantação de pinheiros	+	+	+	+++	+
Plantação de loureiros	+++	++	+++	++	++
Criação de galeria ripícola	+++	++	+++	++	++
Manutenção das manchas de nenúfares	+	++	+++	+++	+
Plantação de Amieiros, Salgueiros e Freixos	+++	++	+++	++	++
Implantação da fitoETAR	+	+++	+++	++	++
Construção de Passadiços	+	+	+	+++	+++
Instalação de uma WEBCAM no abrigo norte*					+++
Colocação de 10 abrigos para morcegos*			+++		
Colocação de uma caixa abrigo para ouriço-caixeiro*			+++		
Criação de charco temporário	+	+	+++	+++	++
Criação de abrigo para rãs*			+++		
Viveiro de plantas autóctones *			+++		
Eira*				+++	
Centro Ecológico Educativo				+	+++

+ = Baixo Impacto

++ = Médio Impacto

+++ = Alto Impacto

Células preenchidas = não foi possível avaliar o impacto da intervenção no SE

\* avaliação apenas com base na relação qualitativa apresentada no Quadro 3 uma vez que a ocupação do solo foco da intervenção é desconhecida ou indefinida.

## Valorização Económica dos Serviços de Ecossistema fornecidos pela RNL-PT

Na ausência de informação primária e quantitativa sobre o fornecimento de SE no Paul de Tornada, foi construída uma base de dados de estudos de valorização económica em áreas húmidas com valores passíveis de serem indicativos dos SE fornecidos pelo Paul. O conjunto de estudos considerados para análise não permitiram estimar um valor económico para o SE de *Investigação científica & educação/sensibilização ambiental*.

Os valores unitários apresentados nos estudos foram convertidos para €<sub>2021</sub>/ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e, dessa forma, foi possível estimar um intervalo de valores (em €<sub>2021</sub>.ano<sup>-1</sup>) relativo aos SE fornecidos pelo Paul (considerando a área da RNL-PT apresentada no Quadro 5), bem como um intervalo de valores totais resultante da soma dos valores dos quatro SE analisados (Quadro 10). O valor médio dos intervalos apresentados consta da Figura 6.

Com base nas estimativas apresentadas, o valor total anual dos SE fornecidos pela RNL-PT pode variar entre 110 e 670 mil Euros. O valor médio total anual dos SE fornecidos pela RNL-PT é de aproximadamente 400 mil Euros (399 775€). As considerações metodológicas descritas impõem uma utilização cautelosa de valores médios dada a elevada incerteza que a amplitude do intervalo traduz.

Quadro 10 Valorização Económica dos Serviços de Ecossistema fornecidos pela RNL-PT.

Estudos de Valorização Económica		Serviços de Ecossistema					Valor Total (€/ano)
		Proteção contra cheias	Depuração da qualidade da água	Conservação da biodiversidade	Oportunidades de recreio	Investigação científica & educação/sensibilização ambiental	
Schuyt & Brander (2004)	Valor unitário* (US <sub>2000</sub> \$/ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	464	288	214	492	<i>n.d</i>	
	Valor unitário (€ <sub>2021</sub> /ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	705	438	325	748	-	
	Valor da RNL-PT (€ <sub>2021</sub> /ano)	35 058	21 760	16 169	37 174	-	110 162
de Groot et al., (2012)	Valor unitário** (Int <sub>2007</sub> \$/ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	5 606	3 015	<i>n.d</i>	2 211	<i>n.d</i>	
	Valor unitário (€ <sub>2021</sub> /ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	4 359	2 345	-	1 719	-	
	Valor da RNL-PT (€ <sub>2021</sub> /ano)	216 654	116 520	-	85 448	-	418 621
TEEB (2013)	Valor unitário** (Int <sub>2007</sub> \$/ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	9 369	4 280	<i>n.d</i>	3 700	<i>n.d</i>	
	Valor unitário (€ <sub>2021</sub> /ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	7 285	3 328	-	2 877	-	
	Valor da RNL-PT (€ <sub>2021</sub> /ano)	362 081	165 408	-	142 993	-	670 482

\*convertido para €<sub>2021</sub> considerando taxa de câmbio (média para 2000) e inflação € (2000-2021) com base no índice de preços ao consumidor.

Fontes: Banco Central Europeu

\*\*convertido para €<sub>2021</sub> considerando Paridade de Poder de Compra (2007) e inflação € (2007-2021) com base no índice de preços ao consumidor.

Fontes: OCDE e Banco Central Europeu

*n.d* = não disponível

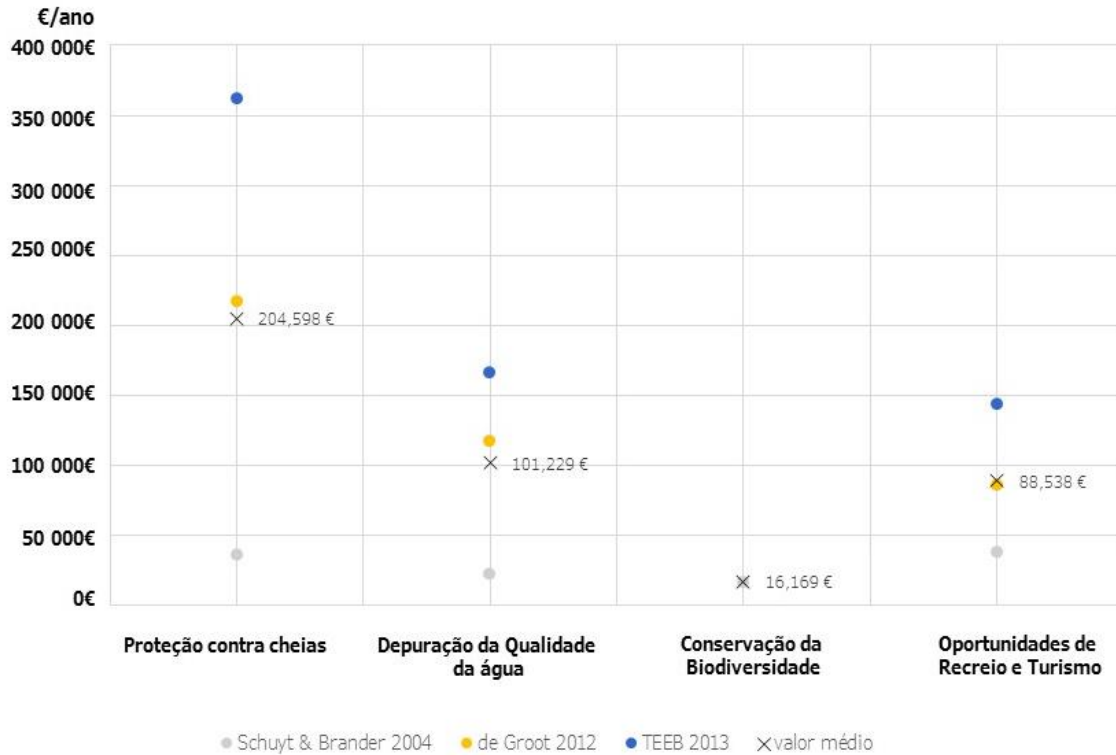


Figura 6 Valorização Económica dos Serviços de Ecossistema fornecidos pela RNL-PT

## Remuneração dos Serviços de Ecossistema da RNL-PT no contexto do financiamento da sua gestão

Após a avaliação qualitativa da intensidade do impacto das intervenções de gestão no potencial de fornecimento dos SE analisados no Paul de Tornada, procedeu-se à identificação de potenciais beneficiários (financiadores/pagadores) de cada um dos SE analisados (Quadro 11). A identificação dos atores apresentada no Quadro 11 é ilustrativa e não teve por objetivo constituir uma listagem exaustiva.

Quadro 11 Identificação dos principais beneficiários dos SE fornecidos pela RNL-PT

Serviços de Ecossistema	Beneficiários	Intervenções a financiar*	Valor médio do SE**
Proteção contra cheias	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entidades públicas com responsabilidade na proteção civil</li> <li>Entidades públicas/privadas com infraestruturas em risco na zona de inundação potencial</li> <li>Seguradoras</li> <li>População local, em particular residentes na zona de inundação potencial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comportas / área reservada para intervenção temporária para obras</li> <li>Estações elevatórias de água</li> <li>Plantação de loureiros</li> <li>Criação de galeria ripícola</li> <li>Plantação de Amieiros, Salgueiros e Freixos</li> </ul>	205 mil €/ano
Depuração da qualidade da água	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entidades públicas/privadas com responsabilidade na gestão dos recursos hídricos</li> <li>Entidades públicas/privadas fornecedoras de água para consumo humano</li> <li>Concessionários de infraestruturas balneares</li> <li>Operadores de turismo local</li> <li>População local</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estações de qualidade da água</li> <li>Estações elevatórias de água</li> <li>Implantação da fitoETAR</li> </ul>	101 mil €/ano
Conservação da biodiversidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entidades públicas com responsabilidade na conservação da natureza</li> <li>Operadores de turismo com interesse na promoção do ecoturismo</li> <li>Organizações não-governamentais destinadas à conservação da natureza</li> <li>Indivíduos ou coletividades que se dedicam à observação de aves</li> <li>Entidades privadas obrigadas ao <i>offsetting</i> dos impactos decorrentes das suas atividades na biodiversidade (sujeito a enquadramento legal)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plantação de nenúfares</li> <li>Criação de plataformas para cágados</li> <li>Estações de qualidade da água</li> <li>Estações elevatórias de água</li> <li>Plantação de loureiros</li> <li>Criação de galeria ripícola</li> <li>Manutenção das manchas de nenúfares</li> <li>Plantação de Amieiros, Salgueiros e Freixos</li> <li>Plantação de corredor ecológico com várias espécies</li> <li>Implantação da fitoETAR</li> <li>Abrigos para morcegos</li> <li>Abrigo para ouriço-caixeiro</li> <li>Abrigo para rãs</li> <li>Criação de charco temporário</li> <li>Viveiro de plantas autóctones</li> </ul>	16 mil €/ano
Oportunidades de recreio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operadores de turismo local</li> <li>Visitantes do Paul</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plantação de nenúfares</li> <li>Criação de plataformas para cágados</li> <li>Plantação de Pinheiros</li> <li>Manutenção das manchas de nenúfares</li> <li>Construção de passadiços</li> <li>Criação de charco temporário</li> <li>Eira</li> </ul>	89 mil €/ano
Investigação científica & educação/ sensibilização ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instituições públicas/privadas ligadas à investigação científica, com particular interesse nas zonas húmidas</li> <li>Participantes/organizadores de visitas de estudo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construção de passadiços</li> <li>Instalação da WebCAM à saída de abrigos</li> <li>Melhorias ao Centro Ecológico Educativo</li> </ul>	<i>n.d.</i>

\* intervenções com alto impacto no potencial de fornecimento do SE, conforme estimado no Quadro 9

\*\*conforme estimado na secção correspondente deste relatório (Figura 6)

*n.d.* = não disponível

## Disponibilização da Informação Espacial (WebSIG)

O endereço URL ativo para aceder ao WebSIG do Paul de Tornada, sujeito a credenciais, é:

[https://wgis.terraprima.pt/lizmap/index.php/view/map/?repository=ptornada&project=paul\\_tornada](https://wgis.terraprima.pt/lizmap/index.php/view/map/?repository=ptornada&project=paul_tornada)

As credenciais de acesso são:

**Utilizador (USER): geota**

**Palavra-chave (PASS): b&Z4S4a!**

As camadas de informação (layers) que estão disponíveis para visualização no WebSIG do Paul de Tornada são:

- Limites
  - Limites ajustados (por fotointerpretação)
  - Limites oficiais RAMSAR
  - Buffer 2km RAMSAR
- Pontos de Interesse
  - Intervenções de Gestão
- Potencial de fornecimento de Serviços de Ecossistemas
  - Proteção contra cheias
  - Depuração da Qualidade da água
  - Conservação da biodiversidade
  - Oportunidades de recreio
  - Investigação científica & educação/sensibilização ambiental
- Ocupação do Solo
  - Nível 1
  - Nível 2
  - Nível 3
- Hidrografia
  - Linhas de água
  - Aquíferos
- Acessibilidades
  - Rodovias
  - Ferrovias

## CONCLUSÕES

---

O trabalho apresentado ao longo do presente relatório permitiu estabelecer um entendimento relativo aos Serviços de Ecossistema (SE) fornecidos pela Reserva Natural Local do Paul de Tornada, bem como mapear a capacidade potencial de fornecimento de SE com base nas ocupações do solo cartografadas no Paul e, pese embora as limitações metodológicas evidenciadas, estimar o seu valor económico. Também foi possível estimar qualitativamente o nível de impacto das intervenções de gestão realizadas no âmbito do Projeto “*Paul de Tornada Capital Natural do Oeste*” no potencial de fornecimento dos SE analisados. Por fim, identificou-se um conjunto de potenciais beneficiários dos SE fornecidos pelo Paul e que, face ao benefício recebido, são elegíveis para integrar um mecanismo de remuneração de SE associados às intervenções de gestão no Paul.

Conclui-se pelo elevado potencial de fornecimento do conjunto de SE avaliados na Reserva Natural Local do Paul de Tornada, cujo valor económico total estimou-se entre 110 e 670 mil Euros por ano – o que corresponde a um valor médio total de cerca de 400 mil Euros por ano. Não obstante, as considerações metodológicas descritas impõem uma utilização cautelosa de valores médios dada a elevada incerteza que a amplitude do intervalo traduz.

Para uma intervenção de gestão em particular, nomeadamente a instalação de uma Fito-ETAR na metade sul da reserva, foi possível quantificar biofisicamente o SE de *Depuração da Qualidade da Água*, e, por via de métodos de transferência de valor, estimar o seu valor económico. O valor económico da retenção média de azoto e fósforo associada à Fito-ETAR em estudo, atendendo ao custo de abatimento dos nutrientes referidos, foi estimado entre 35 a 350 mil Euros por ano, refletindo este intervalo potenciais melhorias a unidades de ETAR existentes ou a sua construção de raiz.

Toda a informação cartografada neste estudo está disponível num serviço de WebSIG, a disponibilizar na página oficial do GEOTA.

## BIBLIOGRAFIA

---

- Almeida C., Mendonça J., Jesus M., Gomes A. (2000). *Sistemas de Aquíferos de Portugal Continental*. Centro de Geologia do Instituto da Água.
- Burkhard, B., Kroll, F., & Müller, F. (2010). Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. *Landscape Online*, 15, 1–22. <https://doi.org/10.3097/LO.200915>
- Campagne, C. S., Roche, P., Müller, F., & Burkhard, B. (2020). Ten years of ecosystem services matrix: Review of a (r)evolution. *One Ecosystem*, 5, e51103. <https://doi.org/10.3897/oneeco.5.e51103>
- Campos, A. R., Catry, P., Tenreiro, P., Neto, J. M., Pereira, A. C., Brito, R., ... & Newton, J. (2011). How do Robins *Erithacus rubecula* resident in Iberia respond to seasonal flooding by conspecific migrants? *Bird study*, 58(4), 435-442.
- CCC (Cape Cod Commission). (2013). *Regional wastewater management plan: Understanding the cost factors of wastewater treatment and disposal*. Cape Cod Commission. [https://www.town.orleans.ma.us/sites/g/files/vyhliif3631/f/file/file/rwmp\\_costs\\_comparative\\_by\\_ccc.pdf](https://www.town.orleans.ma.us/sites/g/files/vyhliif3631/f/file/file/rwmp_costs_comparative_by_ccc.pdf)
- Coelho, T. G. B. (2015). Caracterização e conservação das populações de cágado-de-carapaça-estriada (*Emys orbicularis*) e cágado-mediterrânico (*Mauremys leprosa*) na Reserva Natural Local do Paul de Tornada (Dissertação de Mestrado, Universidade de Évora).
- Compton, J. E., Harrison, J. A., Dennis, R. L., Greaver, T. L., Hill, B. H., Jordan, S. J., Walker, H., & Campbell, H. V. (2011). Ecosystem services altered by human changes in the nitrogen cycle: A new perspective for US decision making. *Ecology Letters*, 14(8), 804–815. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01631.x>
- de Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermandi, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R., Rodriguez, L. C., ten Brink, P., & van Beukering, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1(1), 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>
- Dordio, A., Carvalho, A. J. P., & Pinto, A. P. (2008). Wetlands: Water “living filters”? In R. E. Russo (Ed.), *Wetlands: Ecology, Conservation and Restoration* (p. pp.15-71). Nova Science Publishers.
- Dørge, J. (1994). Modelling nitrogen transformations in freshwater wetlands. Estimating nitrogen retention and removal in natural wetlands in relation to their hydrology and nutrient loadings. *Ecological Modelling*, 75, 409–420. [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(94\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0304-3800(94)90036-1)
- European Commission. (2011). *Our life insurance, our natural capital: An EU biodiversity strategy to 2020* (p. 20).
- European Commission (2013) Commission Communication (COM) 0249 final. Communication from the commission to the European parliament, the European council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions: green infrastructure (GI) — Enhancing Europe's natural capital.
- European Environmental Agency (2018) Natural capital accounting in support of policymaking in Europe: A review based on EEA ecosystem accounting work. ISBN 978-92-9480-060-2. doi:10.2800/154803.
- Ferreira, E. D. H. (2013). Zonas húmidas como depuradoras de poluição. Caso do Paul de Tornada (Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências e Tecnologia).
- Fischenich, J. C., & Copeland, R. R. (2001). Environmental considerations for vegetation in flood control channels. *This Digital Resource Was Created in Microsoft Word and Adobe Acrobat*. <https://erdc-library.erdcdren.mil/jspui/handle/11681/8536>

- Guidi Nissim, W., Jerbi, A., Lafleur, B., Fluet, R., & Labrecque, M. (2015). Willows for the treatment of municipal wastewater: Performance under different irrigation rates. *Ecological Engineering*, 81, 395–404. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.04.067>
- Hernandez, M. E., & Mitsch, W. J. (2007). Denitrification potential and organic matter as affected by vegetation community, wetland age, and plant introduction in created wetlands. *Journal of Environmental Quality*, 36(1), 333–342. <https://doi.org/10.2134/jeq2006.0139>
- IWA. (2000). *Constructed Wetlands for Pollution Control: Processes, Performance, Design and Operation*. IWA Publishing. <https://www.iwapublishing.com/sites/default/files/ebooks/9781900222051.pdf>
- Jiang, F., Beck, M. B., Cummings, R. G., Rowles, K., & Russell, D. (2005). Estimation of Costs of Phosphorus Removal In Wastewater Treatment Facilities: Adaptation of Existing Facilities. *Water Policy Working Paper #2005-011*, 45.
- Jiang, F., Beck, M. B., Rowles, K., Cummings, R. G., & Russell, D. (2004). *Estimation Of Costs Of Phosphorus Removal In Wastewater Treatment Facilities: Construction De Novo* [Water Policy Working Paper #2004-010].
- Köbbing, J. F., Thevs, N., & Zerbe, S. (2013). *The utilisation of reed (Phragmites australis): A review*. Mires and Peat, Volume 13 (2013/2014).
- Lee, B.-H., & Scholz, M. (2007). What is the role of *Phragmites australis* in experimental constructed wetland filters treating urban runoff? *Ecological Engineering*, 29(1), 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.08.001>
- Marta-Pedroso, C., Laporta, L., Gama, I., & Domingos, T. (2018). Economic valuation and mapping of Ecosystem Services in the context of protected area management (Natural Park of Serra de São Mamede, Portugal). *One Ecosystem*, 3. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e26722>
- Marta-Pedroso, C., Laporta, L., Proença, V., Azevedo, J., & Domingos, T. (2014). Changes in the ecosystem services provided by forests and their economic valuation: A review. In *In: Azevedo J, Perera AH & Pinto MA (eds) "Forest Landscapes and Global Change—Challenges for Research and Management."* Springer.
- Meuleman, A. F. M., Beekman, J. Ph., & Verhoeven, J. T. A. (2002). Nutrient retention and nutrient-use efficiency in *Phragmites australis* stands after wastewater application. *Wetlands*, 22(4), 712–721. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2002\)022\[0712:NRANUE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2002)022[0712:NRANUE]2.0.CO;2)
- Monteiro-Henriques T, Martins MJ, Cerdeira JO, Silva PC, Arsénio P, Silva Á, Bellu A, Costa JC 2016. Bioclimatological mapping tackling uncertainty propagation: application to mainland Portugal. *International Journal of Climatology* 36(1): 400-411. doi:10.1002/joc.4357.iques T, Martins MJ, Cerdeira JO, Silva PC, Arsénio P, Silva Á, Bellu A, Costa JC 2016. Bioclimatological mapping tackling uncertainty propagation: application to mainland Portugal. *International Journal of Climatology* 36(1): 400-411. doi:10.1002/joc.4357.
- Neves, J. S. (2013). *Práticas de Educação Ambiental na Reserva Natural do Paul de Tornada* (Tese de Doutoramento, Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Educação).
- Schuyt, K., & Brander, L. (2004). *The Economic Values of the World's Wetlands* (Living Waters: Conserving the Source of Life). World Wildlife Fund (WWF). Prepared with support from the Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL).
- Southichak, B., Nakano, K., Nomura, M., Chiba, N., & Nishimura, O. (2006). *Phragmites australis*: A novel biosorbent for the removal of heavy metals from aqueous solution. *Water Research*, 40(12), 2295–2302. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.04.027>
- TEEB. (2013). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands* (p. 78). Institute for European Environmental Policy (IEEP) & Ramsar Secretariat.
- Toet, S., Bouwman, M., Cevaal, A., & Verhoeven, J. T. A. (2005). Nutrient Removal Through Autumn Harvest of *Phragmites australis* and *Thypha latifolia* Shoots in Relation to Nutrient Loading in a

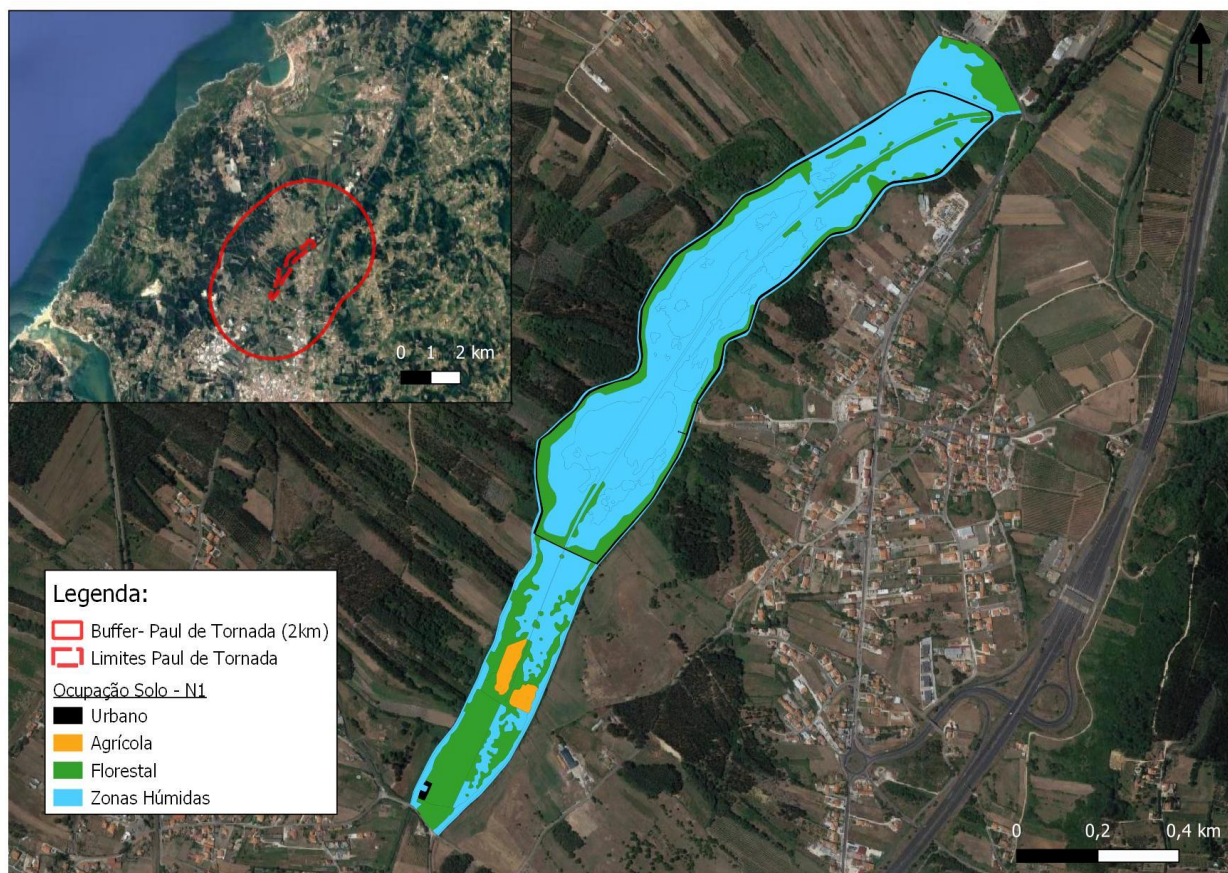


- Wetland System Used for Polishing Sewage Treatment Plant Effluent. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 40(6–7), 1133–1156. <https://doi.org/10.1081/ESE-200055616>
- Widney, S., Kanabrocki Klein, A., Ehman, J., Hackney, C., & Craft, C. (2018). The value of wetlands for water quality improvement: An example from the St. Johns River watershed, Florida. *Wetlands Ecology and Management*, 26(3), 265–276. <https://doi.org/10.1007/s11273-017-9569-4>
- Vymazal, J., & Kröpfelová, L. (2008). *Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow* (Vol. 14). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8580-2>

A. Cartografia Biofísica



*Figura 7 Imagens aerofotográfica da RNL-PT do ano de 2020 (Google Earth)*



*Figura 8 Classes de Ocupação do Solo fotointerpretadas na RNL-PT (Nível 1)*

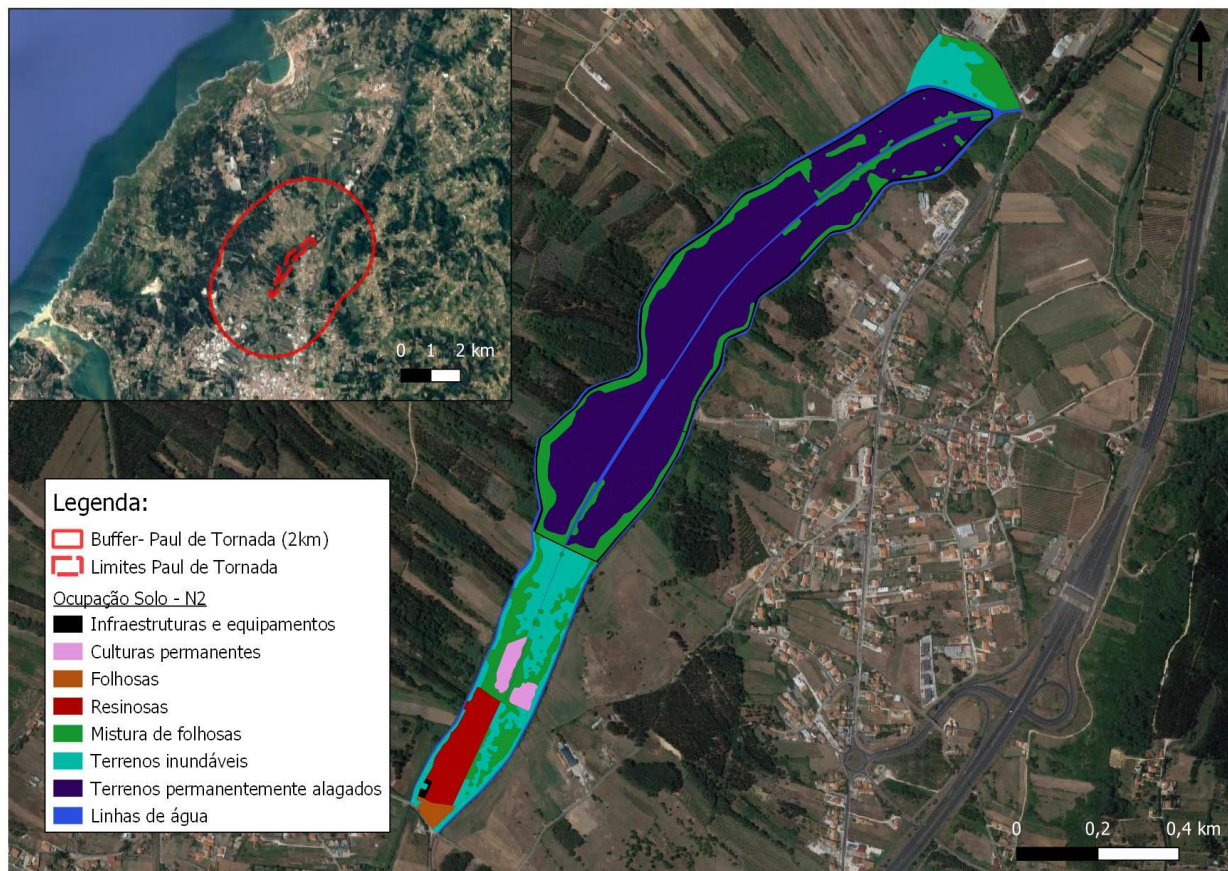


Figura 9 Classes de Ocupação do Solo fotointerpretadas na RNL-PT (Nível2)

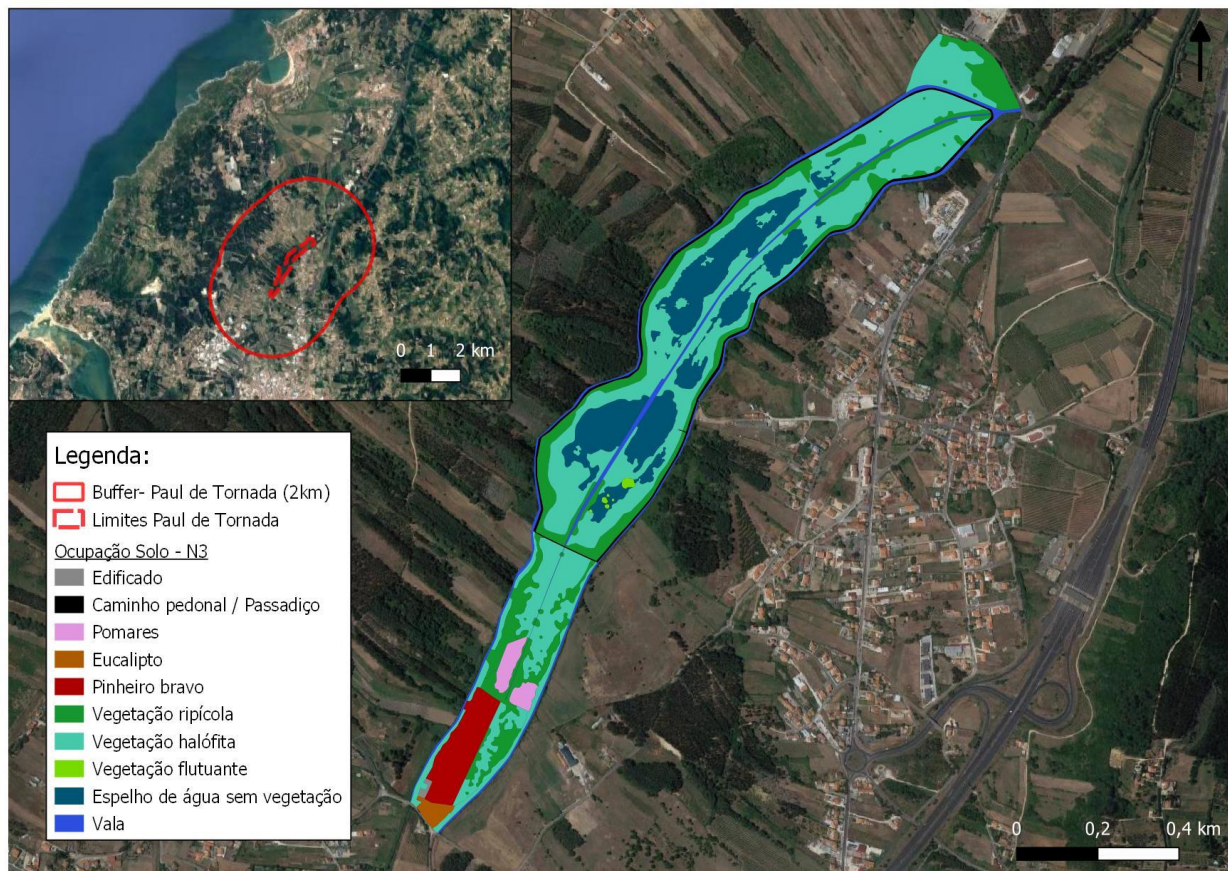


Figura 10 Classes de Ocupação do Solo fotointerpretadas na RNL-PT (Nível 3)

## B. Potencial de Fornecimento de Serviços de Ecossistema

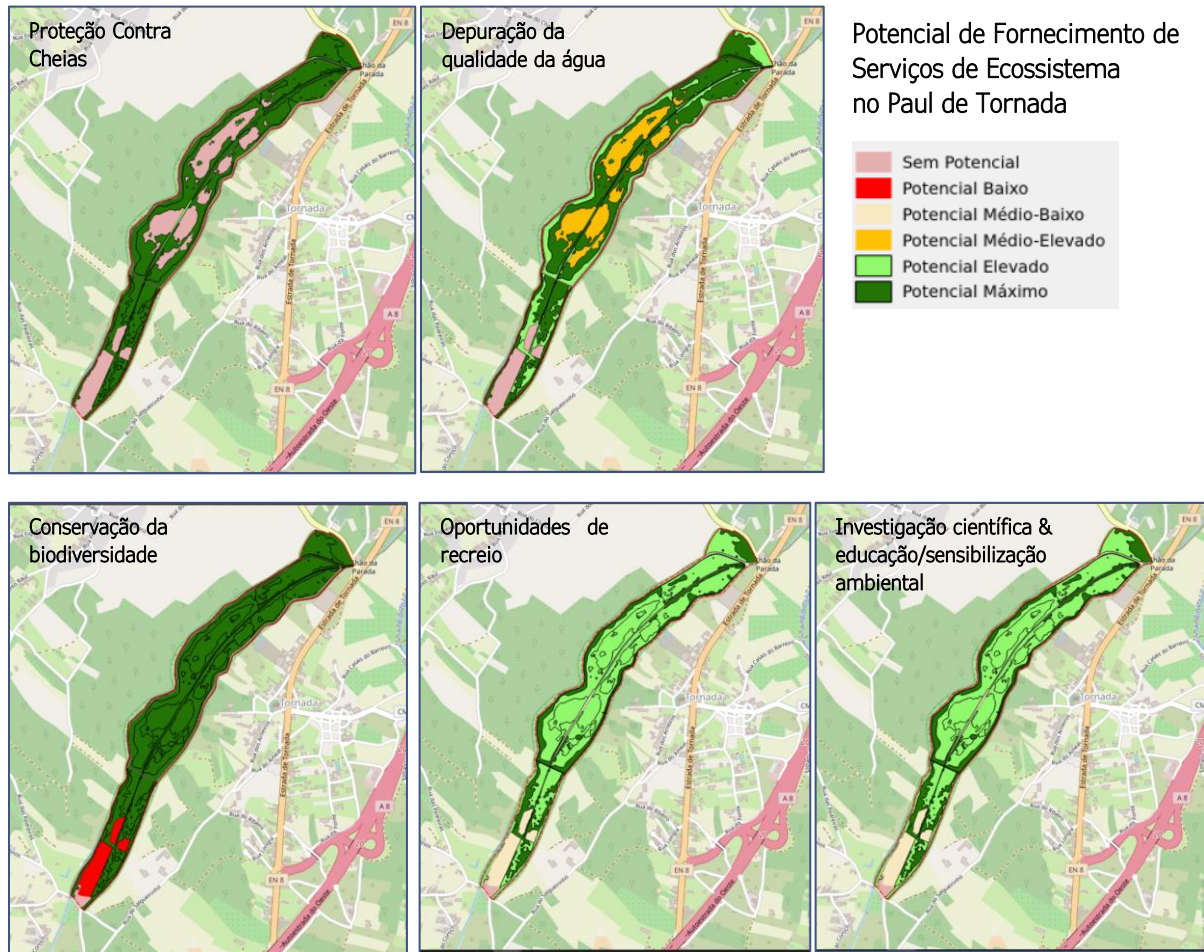
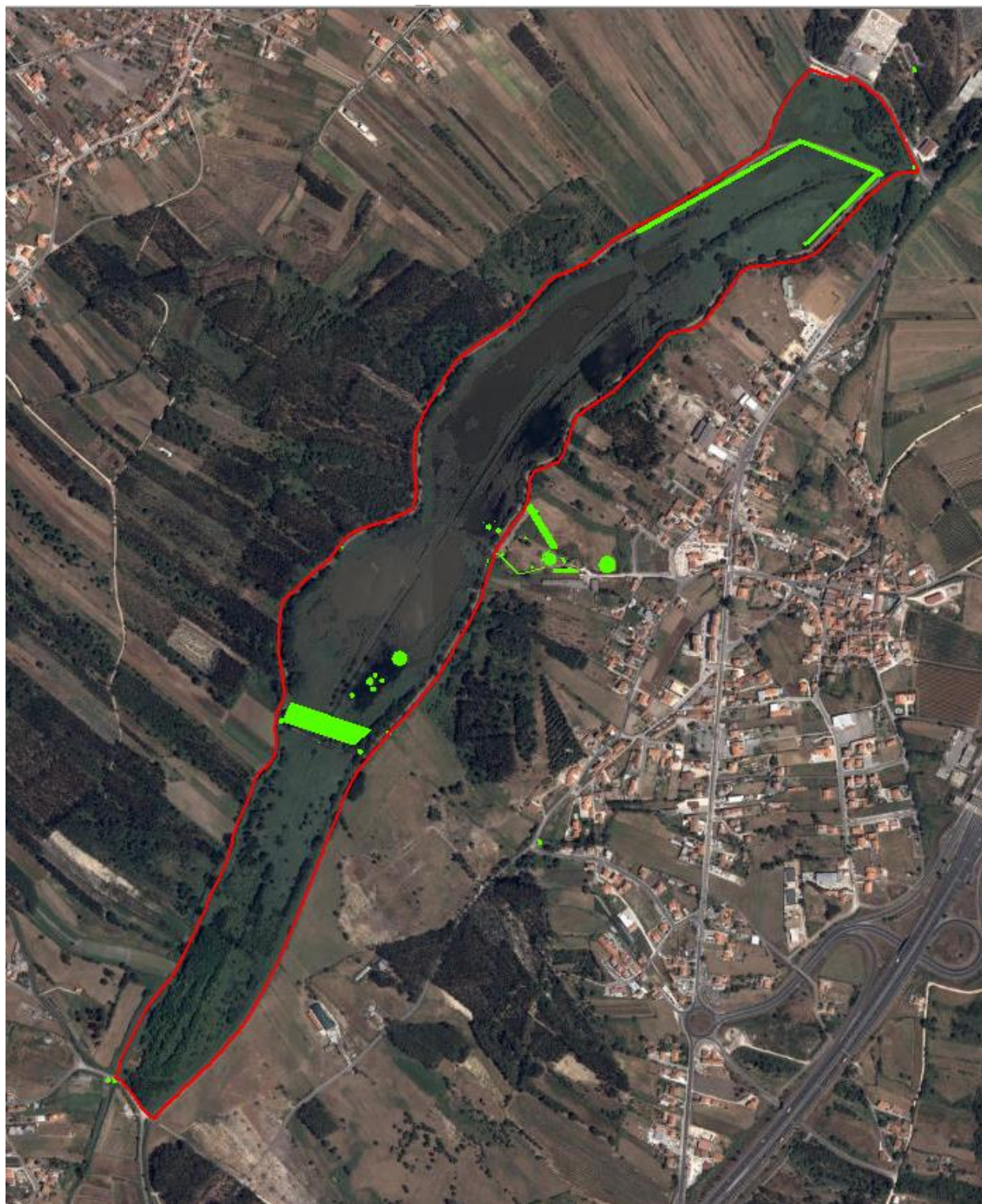


Figura 11 Mapeamento do potencial de fornecimento de Serviços de Ecossistema na RNL-PT

### C. Intervenções de gestão



*Figura 12 Intervenções de Gestão realizadas no Paul de Tornada (a verde)*

## ANEXO II - CASO DE ESTUDO “FITO-ETAR”

---

No âmbito das intervenções de gestão previstas para o Paul de Tornada, está contemplada a instalação de uma Fito-ETAR de macrófitas na metade sul da reserva (ver Figura 13), numa área que abrange cerca de 0.61ha, onde podem existir problemas de poluição no Paul. Os objetivos desta intervenção passam por não só demonstrar a possibilidade de utilização destas estações com eficácia na resolução de problemas ambientais com vantagens para a biodiversidade (contribuindo para os Serviços de Ecossistema de *Depuração da qualidade da água e Conservação da Biodiversidade*) como também demonstrar a importância da Reserva como local de estudo e experimentação de técnicas (contribuindo para o SE de *Investigação científica & educação/sensibilização ambiental*).



Figura 13 Área em estudo para Fito-ETAR no Paul de Tornada (a verde)



Com base na informação recolhida sobre esta medida de intervenção, e recorrendo a uma revisão de literatura, foi possível elaborar um caso de estudo para valorização económica do SE de *Depuração da qualidade da água* prestado pela futura Fito-ETAR, conforme se apresenta de seguida.

Dado às características edafoclimáticas do Paul, e vegetação dominante, subentende-se que as principais espécies de macrófitas a utilizar na Fito-ETAR do Paul de Tornada são o caniço (*Phragmites australis*) e, menos expressivamente, outra vegetação halófitas como sendo a Tabúia (*Typha latifolia*). As espécies consideradas constituem a componente vegetal de um sistema de escoamento horizontal sub-superficial (Vymazal & Kröpfelová, 2008). Foi então realizada uma revisão de literatura com dois objetivos principais: 1) encontrar informação relativa ao potencial das espécies referidas na remoção de nutrientes e outros poluentes presente na água, e 2) encontrar informação relativa aos custos de remoção antropogénica dos mesmos nutrientes e poluentes da água. Os resultados da revisão de literatura realizada apresentam-se sumarizados no Quadro 12.

Quadro 12 Estudos consultados para a valorização económica do caso de estudo da Fito-ETAR

Estudos	Área de estudo	Espécies	Tipologia e descrição	Informação recolhida
Widney et al. (2018)	EUA	<i>n.a</i>	Revisão de custos de abatimento relativos à concentração de azoto e fósforo em diferentes estudos realizados nos EUA	Custos de abatimento para reduzir a concentração de azoto e fósforo (em \$/kgN ou \$/kgP)
Toet et al. (2005)	Holanda	<i>Phragmites australis</i> e <i>Typha latifolia</i> ,	Estudo da eficácia de áreas húmidas construídas como tratamento terciário de uma ETAR. Colheitas feita no outono.	Capacidade de remoção de azoto e fósforo das espécies (em kgN ou kgP/ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )
Dørge (1994)	Dinamarca	<i>Phragmites australis</i> e <i>Typha latifolia</i> ,	Modelação da capacidade de retenção de nutrientes em zonas húmidas naturais	Capacidade de remoção de azoto das espécies (em kgN/ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )
IWA (2000)	Reino Unido, Canadá, EUA	Macrófitas no geral	Revisão da capacidade de retenção de nutrientes em macrófitas com base em estudos realizados em diferentes países	Capacidade de remoção de azoto e fósforo por macrófitas (em kgN ou kgP/ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )
Lee & Scholz (2007)	<i>n.a</i>	<i>Phragmites australis</i>	Avaliação da capacidade de retenção de nutrientes e poluentes num estudo controlado "in-vitro" - temporarily flooded vertical-flow wetland filters	Capacidade de remoção de azoto do caniço (em kgN/ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )
Meuleman et al. (2002)	Holanda	<i>Phragmites australis</i> em combinação com outras, incluindo <i>Typha latifolia</i>	Estudo da eficácia de áreas húmidas construídas como tratamento terciário de uma ETAR. Colheitas feita no inverno e no verão	Capacidade de remoção de azoto e fósforo das espécies (em kgN ou kgP/ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )

*n.a* = não aplicável

Ainda que a capacidade das zonas húmidas em reter nutrientes e contribuir para a qualidade da água seja um processo complexo, controlado por inúmeros fatores (como sendo a temperatura, precipitação, concentração de nutrientes, área, qualidade do solo, etc), foi possível, com base nos estudos consultados, determinar um intervalo de taxas de retenção de azoto e fósforo aplicáveis à futura Fito-ETAR, atendendo à sua composição em termos de espécies (Quadro 13).

Quadro 13 Taxas de retenção de Azoto e Fósforo em áreas húmidas obtidas na literatura

Estudos	Espécies	Taxa de retenção de Azoto (kgN/ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	Taxa de retenção de Fósforo (kgP/ha-1.ano-1)
Toet et al. (2005)	<i>Phragmites australis</i> e <i>Typha latifolia</i> ,	1260	50
Dørge (1994)	<i>Phragmites australis</i> e <i>Typha latifolia</i> ,	850	n.a.
IWA (2000)	Macrófitas no geral	min. 200	min. 30
		máx. 2500	máx. 150
Lee & Scholz (2007)	<i>Phragmites australis</i>	514	n.a.
Meuleman et al. (2002)	<i>Phragmites australis</i> e <i>Typha latifolia</i> em combinação com outras	min. 200	min. 19
		máx. 650	máx. 70

Com base nas taxas obtidas na literatura, foi possível estimar um intervalo potencial de retenção de nutrientes na área da Fito-ETAR do Paul de Tornada (ver Figura 14 para azoto e Figura 15 para fósforo). Ainda que não tenha sido possível quantificar e valorizar a depuração de outros poluentes, salienta-se a existência de estudos laboratoriais com o caniço (*Phragmites australis*) com resultados que comprovam a sua elevada capacidade de adsorção de metais pesados como o cobre, cádmio, níquel, chumbo e zinco em solução aquosa (Southichak et al., 2006).

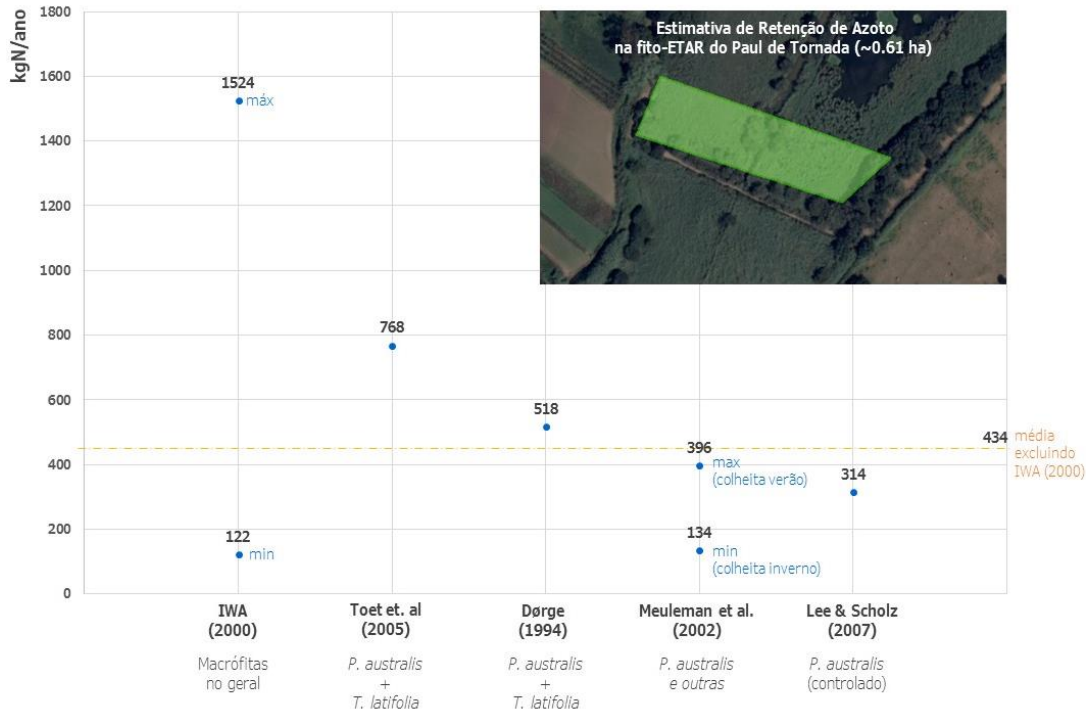


Figura 14 Estimativa da capacidade de retenção de azoto (kgN/ano) na Fito-ETAR do Paul de Tornada com base em diferentes estudos

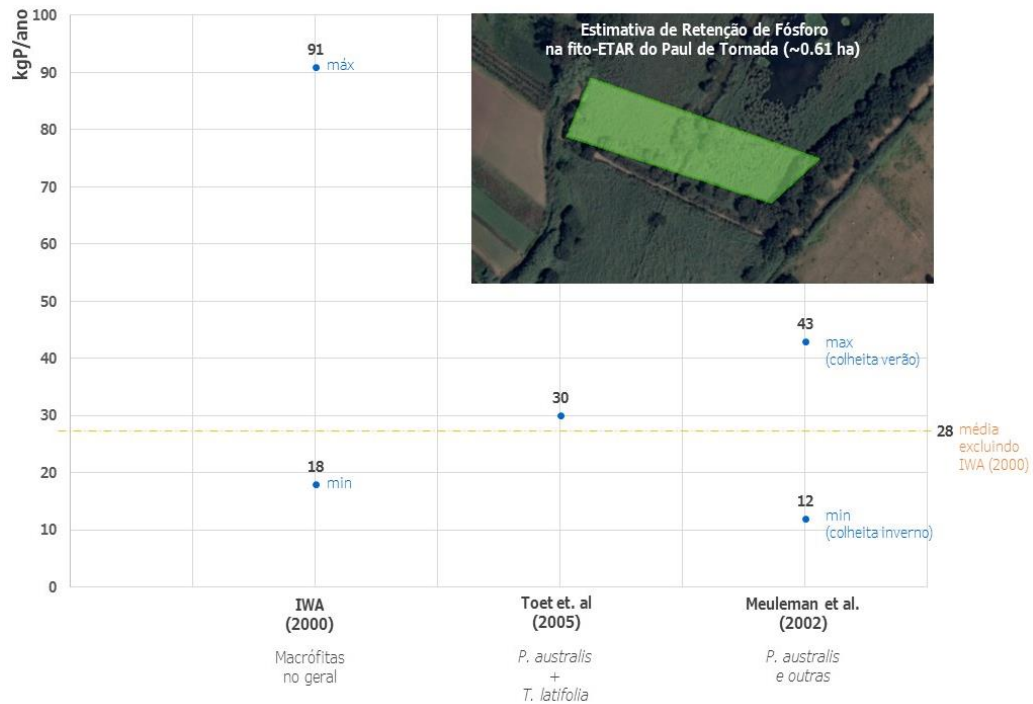


Figura 15 Estimativa da capacidade de retenção de fósforo (kgP/ano) na Fito-ETAR do Paul de Tornada com base em diferentes estudos

Com base nas estimativas apresentadas, foi também possível proceder à valorização económica da capacidade média de retenção de nutrientes da Fito-ETAR do Paul de Tornada através dos custos de abatimento publicados em Widney et al. (2018) (Quadro 14). Os intervalos de valores publicados no estudo foram convertidos para €(2021) através dos métodos apropriados. Faz-se notar que os valores mínimos correspondem a abatimento de nutrientes em estações de tratamento de águas residuais já existentes (melhorias), e os valores máximos são referentes a situações em que houve necessidade de se construir unidades de raiz, em virtude do aumento da concentração de nutrientes presentes na água.

Quadro 14 Valorização económica do Serviço de Ecosystema (SE) de Depuração da Qualidade da Água prestado pela fito-ETAR do Paul de Tornada

	Valorização Económica	Valor Unitário em €(2021)/kg	Capacidade média de retenção em kg/ano	Custo de Abatimento em €/ano	Valor do SE em €/ano
Azoto	Custo mínimo de abatimento de azoto*	76	434	33 194 €	Min.: 35 022 € Máx.: 358 474 €
	Custo máximo de abatimento de azoto*	806		350 956	
Fósforo	Custo mínimo de abatimento de fósforo**	65	28	1 828 €	
	Custo máximo de abatimento de fósforo**	278		7 791 €	

\*valor médio do limite inferior/superior dos intervalos reportados no estudo, com base nas estimativas de CCC (2013) e Compton et al. (2011). Valores convertidos para €(2021) com base no índice de preços ao consumidor do respetivo ano (2011 e 2013) e taxa de câmbio (média anual).

\*\*valor médio do limite inferior/superior dos intervalos reportados no estudo, com base nas estimativas de Jiang et al. (2004) e Jiang et al. (2005). Valores convertidos para €(2021) com base no índice de preços ao consumidor do respetivo ano (2004 e 2005) e taxa de câmbio (média anual)

O caso de estudo que aqui se apresenta permite concluir que a fito-ETAR a implementar no Paul tem o potencial para reter entre 134 e 768 kgN/ano e entre 12 a 43 kgP/ano. Com base nesta estimativa, o valor económico associado ao SE de *Depuração da Qualidade da Água* prestado pela fito-ETAR, atendendo à capacidade média de retenção dos referidos nutrientes e o seu custo de atenuação, pode variar entre 35 a 358 mil Euros.