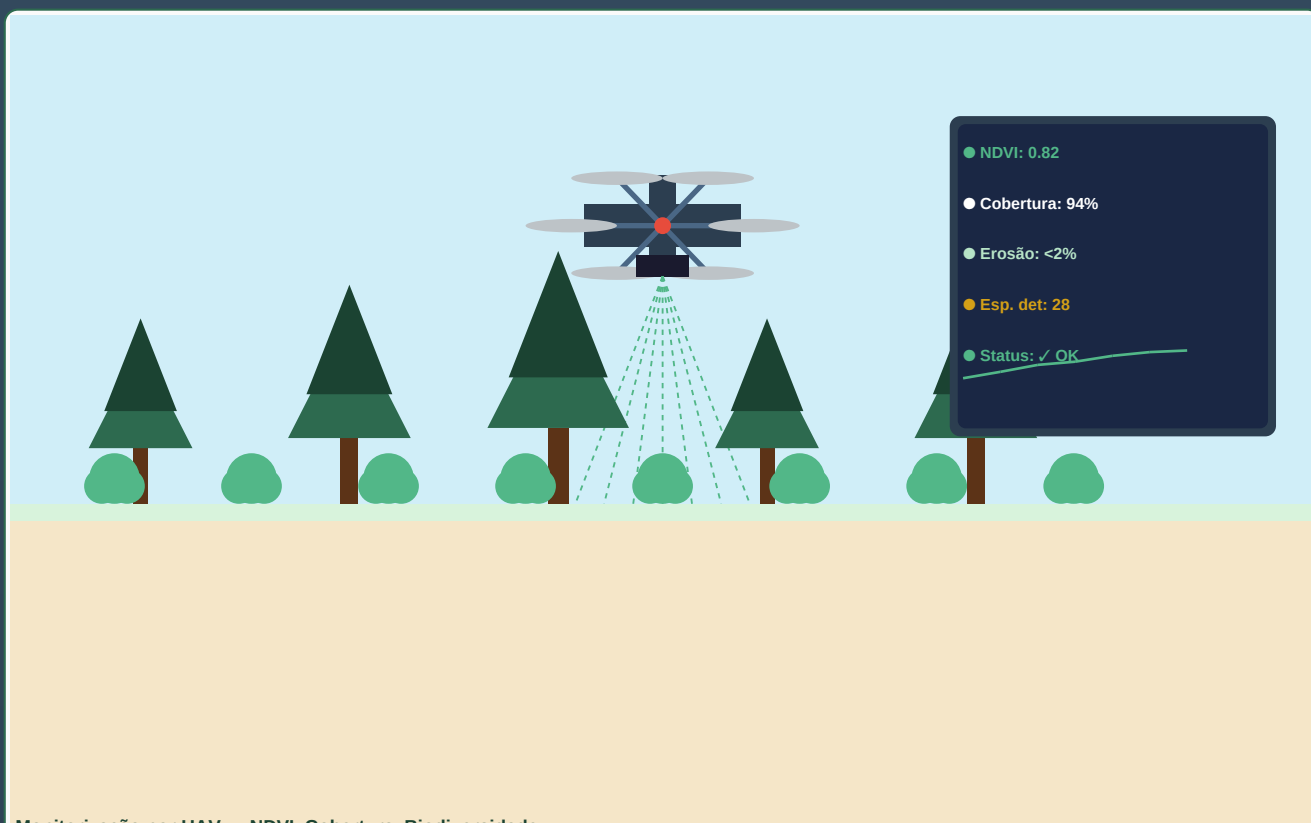


Monitorização e Fiscalização Ambiental

Manual Técnico · Controlo Ambiental e Gestão Adaptativa

Metodologias e ferramentas de monitorização ambiental: drones, NDVI, índices bióticos, relatórios de conformidade e gestão adaptativa.

15



Monitorização por UAV — NDVI, Cobertura, Biodiversidade

Monitorização por drone multispectral — NDVI, cobertura vegetal e dados em tempo real

Coleção Técnica EcoSalix · Volume 15 de 15

Manuais Técnicos de Engenharia Natural para Profissionais em Portugal

ECOSALIX

Sistemas Ecológicos de Engenharia Natural, Lda

Monitorização e Fiscalização Ambiental

Manual Técnico · Controlo Ambiental e Gestão Adaptativa

Publicação: EcoSalix — Sistemas Ecológicos de Engenharia Natural, Lda

Morada: Rua D, Lote 8 · Zona Industrial Casal dos Frades · 2435-661 Ourém

Contacto: geral@ecosalix.pt · +351 964 169 349

Website: www.ecosalix.pt

Ano: 2025

Versão: 1.0 — Volume 15/15 da Coleção Técnica EcoSalix

Público-alvo: Engenheiros, Arquitetos Paisagistas, Técnicos Ambientais, Biólogos, Gestores de Espaços Naturais

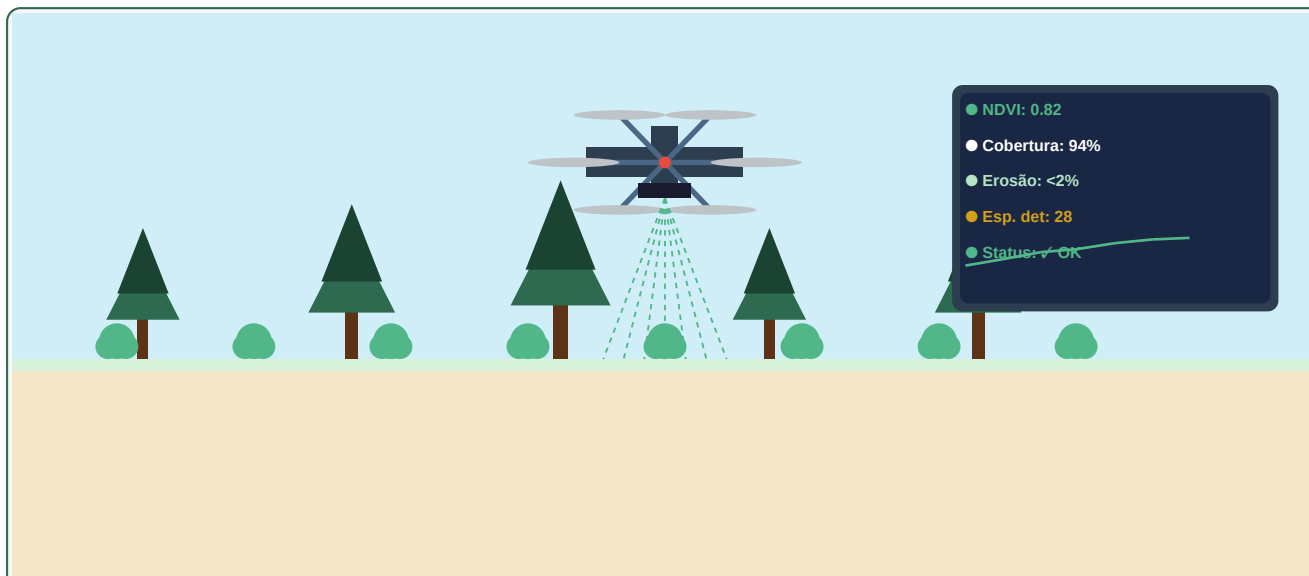
Este documento é propriedade intelectual da EcoSalix — Sistemas Ecológicos de Engenharia Natural, Lda. A reprodução total ou parcial sem autorização expressa da empresa é proibida. As informações técnicas contidas neste manual têm carácter informativo e de referência, não substituindo o julgamento profissional qualificado na aplicação de soluções técnicas específicas. A EcoSalix não se responsabiliza pela aplicação indevida das técnicas descritas sem adequada avaliação técnica do local e das condições específicas de cada projeto.

Índice

Monitorização e Fiscalização Ambiental · Manual Técnico

● 1. Monitorização Ambiental — Fundamentos e Enquadramento	4
● 2. UAV/Drones — Tecnologia e Aplicações em EN	5
● 3. Índices Bióticos e Avaliação de Qualidade Ecológica	6
● 4. Relatórios de Conformidade e Gestão Adaptativa	7
● 5. Tecnologias Emergentes em Monitorização Ambiental	8
● Espécies Recomendadas — Monitorização e Fiscalização Ambiental	9
● Dados e Análise Quantitativa	10
● Estudos de Caso — Monitorização e Fiscalização Ambiental	11

1. Monitorização Ambiental — Fundamentos e Enquadramento



1. Monitorização Ambiental — Fundamentos e Enquadramento — EcoSalix

A monitorização ambiental é o processo sistemático e contínuo de recolha, análise e interpretação de dados sobre o estado do ambiente e a evolução das intervenções de reabilitação. É componente obrigatória na maioria dos projetos licenciados em Portugal (RJAIA, DL 151-B/2013) e exigida pelos planos de gestão hidrográfica (PGRH, DQA).

A EcoSalix utiliza uma abordagem de monitorização integrada que combina métodos tradicionais de campo com tecnologias avançadas de teledetecção (drones, satélites), permitindo monitorizar grandes áreas de forma eficiente e com dados de alta resolução espacial e temporal.

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index. Calculado a partir de imagens multiespectrais: Varia de -1 a +1. $NDVI > 0.4$: vegetação densa e saudável; $NDVI < 0.2$: solo nu ou vegetação seca.

dNBR: delta Normalized Burn Ratio. Indica a severidade dos incêndios por comparação de imagens Sentinel-2 pré e pós-fogo. Usado para cartografar e priorizar intervenções pós-fogo.

IBMWP: Iberian Biological Monitoring Working Party. Índice baseado em famílias de macroinvertebrados bênticos. Mede a qualidade ecológica de rios e ribeiras.

2. UAV/Drones — Tecnologia e Aplicações em EN

O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (UAV/drones) revolucionou a monitorização ambiental em projetos de EN. Em poucas horas, um drone multispectral pode mapear centenas de hectares com resolução centimétrica, gerando dados de NDVI, cobertura vegetal e topografia impossíveis de obter de outra forma a custo acessível.

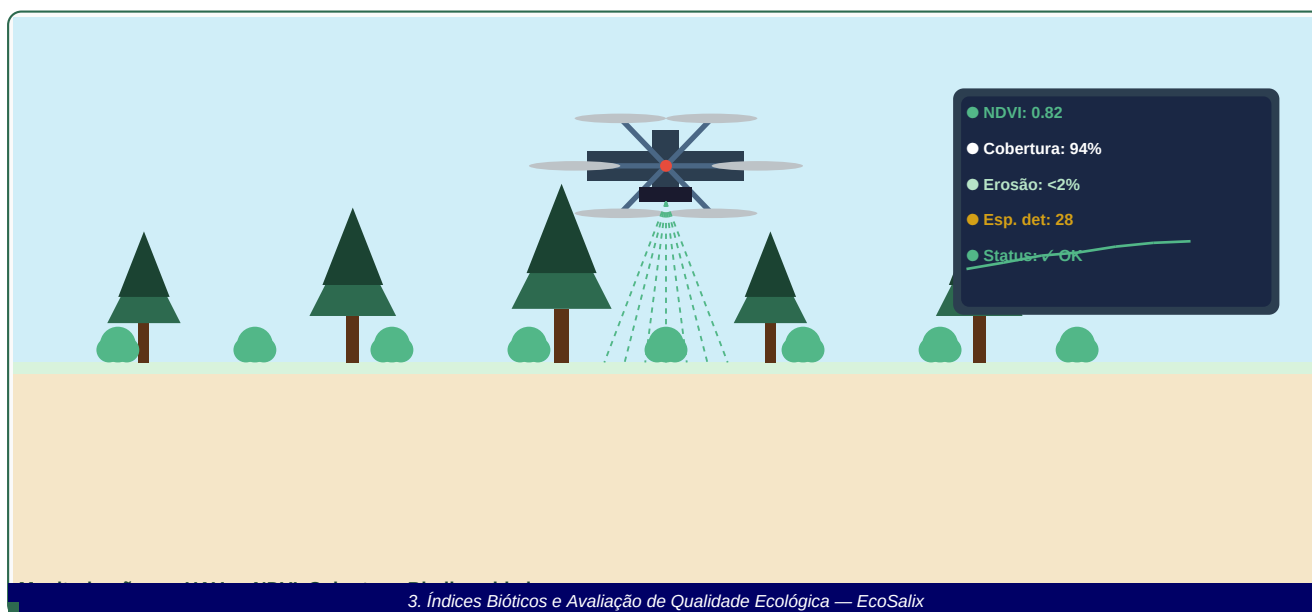
Câmara RGB: Fotografia aérea a cores. Resolução 2-5 cm/pixel. Permite mapeamento topográfico (fotogrametria) e de cobertura vegetal.

Câmara Multiespectral: Captura 4-10 bandas espectrais (visível + infravermelho próximo + SWIR). Calcula índices de SAVI). Resolução 5-15 cm/pixel (ex: MicaSense RedEdge).

LiDAR: Sensor de varrimento laser. Gera modelos 3D de alta precisão ($\pm 5\text{cm}$). Permite calcular volume de biomassa, de vegetação e estrutura do dossel.

3. Índices Bióticos e Avaliação de Qualidade Ecológica

A avaliação da qualidade ecológica dos ecossistemas reabilitados é feita através de índices bióticos padronizados. A DQA estabelece os protocolos obrigatórios para linhas de água; outros índices são usados para solos e ecossistemas terrestres.



Índices para Linhas de Água

QBR (galeria ripária: 0-100), IBMWP (macroinvertebrados: 0-300+), IPTIN (rios mediterrânicos secos: 0-1), IBI-PT (peixe: 0-100), IFRM (macrófitas: 0-1). Recolha semestral (primavera e outono).

Índices para Solo

SQI (Soil Quality Index): pH, matéria orgânica, atividade biológica (respiração basal), minhocas/m², germinação (%). Avaliação anual.

Índices para Comunidades Vegetais

Índice de Shannon-Wiener (diversidade florística), cobertura vegetal por estrato (%), riqueza específica (n.º espécies/ha), proporção de espécies nativas vs. exóticas.

4. Relatórios de Conformidade e Gestão Adaptativa

Os relatórios de conformidade ambiental documentam o cumprimento das condicionantes de licenciamento e a evolução dos indicadores de sucesso. A gestão adaptativa usa estes dados para ajustar continuamente as estratégias de intervenção.

Pontos Técnicos Essenciais

- Relatório semestral: cobertura vegetal, NDVI, taxa de erosão, observações de fauna
- Relatório anual: índices bióticos, análise de solo, avaliação de FS dos taludes, fotografia comparativa
- Relatório de fim de garantia (2-3 anos): avaliação final do cumprimento dos objetivos do projeto
- Comunicação de desvios à entidade licenciadora (APA, ICNF, CM) sempre que limiar de alerta for atingido
- Plano de ação corretivo obrigatório quando indicadores ficam abaixo dos limiares definidos no projeto

5. Tecnologias Emergentes em Monitorização Ambiental

A rápida evolução tecnológica está a transformar a monitorização ambiental: IA e machine learning para classificação automática de vegetação em imagens de drone, sensores IoT de baixo custo para monitorização contínua de solo e água, e teledetecção por satélite de alta resolução (Sentinel-2, Planet) para monitorização de grandes áreas sem custos de campo.

Inteligência Artificial: Redes neuronais convolucionais (CNN) para classificação automática de espécies em imagens de >85% para espécies dominantes. Reduz 90% do tempo de análise.

Sensores IoT: Estações meteorológicas miniaturizadas, piezómetros digitais, inclinómetros sem fios. Transmissão em LoRaWAN/4G. Custo: 500-2.000€ por estação.

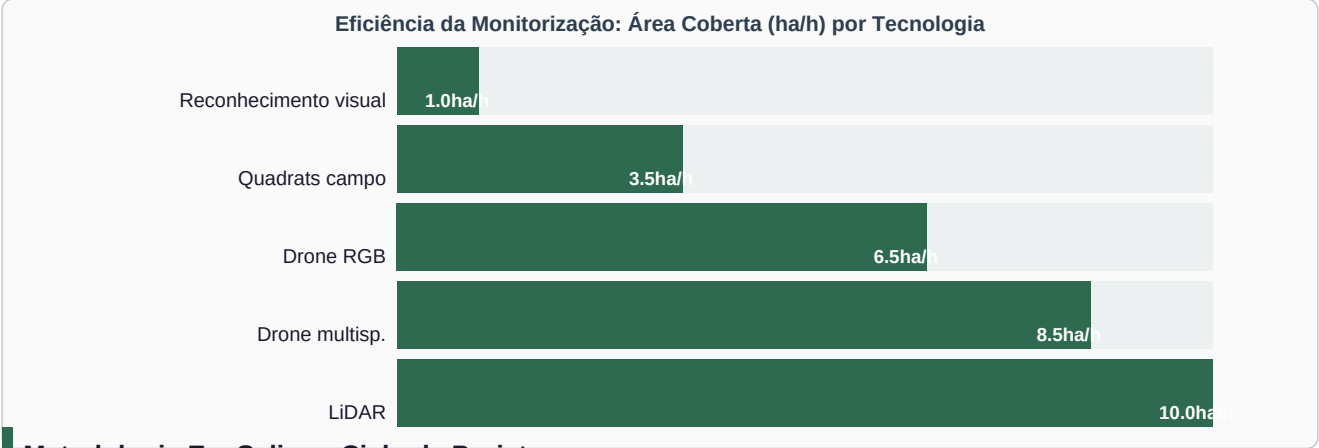
Espécies Recomendadas — Monitorização e Fiscalização Ambiental

■ **Nota Técnica:**
Priorizar sempre espécies autóctones de proveniência local certificada. Excluir espécies do Reg.(UE) 1143/2014 (invasoras).

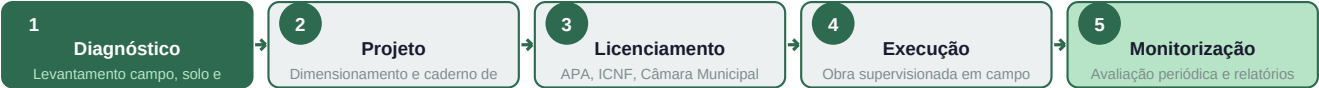
Catálogo de Espécies para Monitorização e Fiscalização Ambiental em Portugal

Nome Comum	Nome Científico	Família	Uso em EN
Festuca rubra	Festuca rubra	Poaceae	Indicadora de recuperação — avaliada em
Salix atrocinerea	Salix atrocinerea	Salicaceae	Espécie alvo de monitorização em zonas
Cistus ladanifer	Cistus ladanifer	Cistaceae	Colonizadora monitorizada em pós-fogo e
Ammophila arenaria	Ammophila arenaria	Poaceae	Indicadora de recuperação dunar costeira
Alnus glutinosa	Alnus glutinosa	Betulaceae	Espécie indicadora de boa qualidade ripária
Quercus robur	Quercus robur	Fagaceae	Indicadora de ecossistema climácico

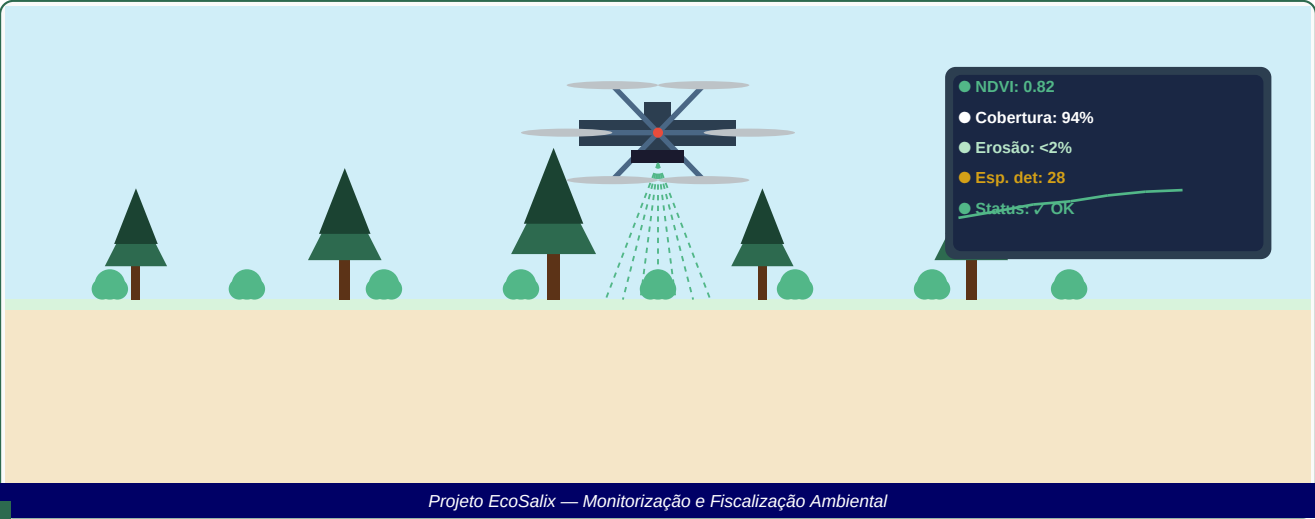
Dados e Análise Quantitativa



Metodologia EcoSalix — Ciclo de Projeto



Estudos de Caso — Monitorização e Fiscalização Ambiental



Casos Reais EcoSalix em Portugal

espécies novas identificadas a cada ano. Zero eventos de erosão significativa após intervenção de emergência.

Monitorização semestral por drone MicaSense RedEdge. NDVI: 0.18→0.62 em 36 meses. Cobertura vegetal: 8%→87%. 12

Monitorização UAV semestral 850 ha — pós-fogo

■ Serra Lousã (2022-2024) 2024

Biodiversidade: 8→34 espécies. Zero instabilidades. Referência técnica EcoSalix.

Monitorização contínua 6 anos pós-intervenção. FS estável: 1.68-1.78. NDVI: 0.42→0.82. Cobertura: 55%→97%.

Monitorização contínua 6 anos — talude estabilizado

■ EN10, Ourém (2018-2024) 2024

Referências: EcoSalix Technical Reports 2014-2024; ICNF; APA; DQA; Florineth (2004); Gray & Sotir (1996)

Serviços EcoSalix

- **Engenharia Natural e Bioengenharia**
Estabilização de taludes, controlo de erosão, restauro ecológico
- **Arquitetura Paisagista**
Projeto de espaços verdes, jardins sustentáveis, espaços públicos
- **Engenharia Civil Ambiental**
Geossintéticos, estruturas ecológicas, drenagem natural
- **Consultoria Técnica**
Estudos de impacto, licenciamento, peritagem ambiental
- **Monitorização Ambiental**
UAV/drones, índices NDVI, relatórios de conformidade
- **Formação e Workshops**
Cursos práticos de bioengenharia, formação in-company

Contacte-nos

✉ geral@ecosalix.pt
☎ +351 964 169 349
🌐 www.ecosalix.pt

NDVI: 0.82