



Convention on
Biological Diversity

ONU 
programa para o
meio ambiente



RESUMO DAS FERRAMENTAS PARA O PLANEJAMENTO ESPACIAL PARTICIPATIVO

 **UNBiodiversity**
Lab



CONTEXTO

Planejamento espacial e priorização

O **planejamento espacial** é um processo participativo para avaliar e designar a distribuição espacial e temporal das atividades humanas visando alcançar objetivos econômicos, ecológicos e sociais. [A Meta 1 do Quadro Global de Biodiversidade de Kunming-Montreal](#) exige que todas as áreas estejam “sob um **planejamento espacial participativo, integrado e que inclua a biodiversidade**” até 2030 (ver Glossário no Anexo 2). Entre as várias abordagens ao planejamento espacial, o **planejamento sistemático da conservação** (PSC) fornece uma abordagem transparente e estruturada para identificar, atribuir e monitorar ações no espaço e no tempo para conservação, manejo e/ou restauração (Margules e Pressey, 2000). Um componente central do PSC é a **priorização espacial**, o processo de alocação espacial de ações de manejo para atender aos objetivos socioeconômicos e ecológicos desejados (Tallis et al., 2021). A priorização espacial utiliza **algoritmos de otimização** matemática (por exemplo, Ball et al., 2009, Moilanen et al., 2022; Hanson et al., 2024) para alocar ações de manejo da terra e/ou mar de maneira econômica, seguindo um conjunto de princípios básicos (Kukkala e Moilanen, 2013).

Ferramentas de priorização espacial

Há uma ampla variedade de ferramentas de software disponíveis para a etapa de priorização espacial dentro do PSC (frequentemente chamadas de ferramentas de otimização), sendo as mais comumente utilizadas Marxan (Ball et al., 2009), prioritizr (Hanson et al., 2024) e Zonation (Moilanen et al., 2022; para uma revisão detalhada das ferramentas de otimização, consulte Giakoumi et al., 2025). Essas ferramentas variam nos algoritmos que utilizam, o que afeta seus resultados (soluções ótimas ou heurísticas), bem como na sua velocidade, flexibilidade e personalização. Cada ferramenta tem seus próprios pontos fortes e limitações, mas todas compartilham uma abordagem fundamental: fornecer um método sistemático, científico e transparente para alocar espaço para ações de manejo com base em objetivos definidos, seguindo princípios claros. Essa abordagem é significativamente mais avançada do que simples técnicas de mapeamento baseadas em sobreposição ou outros métodos de planejamento espacial menos sistemáticos e, portanto, pode oferecer algumas das melhores opções para formuladores de políticas e especialistas técnicos que trabalham para

desenvolver e implementar abordagens nacionais para a Meta 1 do Quadro Global de Biodiversidade. No entanto, a escolha da ferramenta mais adequada depende, em última análise, da capacidade do planejador e da natureza específica do problema que está sendo abordado.

Ferramentas para o planejamento espacial participativo

Embora a priorização espacial possa ajudar a alocar sistematicamente espaço para diferentes ações de manejo de maneira econômica, existem algumas barreiras iniciais que os planejadores e as partes interessadas precisam superar para iniciar uma priorização espacial. Isso inclui o conhecimento técnico necessário para usar o software de priorização e a necessidade de comunicar claramente o processo de planejamento para promover a compreensão e o envolvimento das partes interessadas, ambos essenciais para o planejamento espacial colaborativo. Um processo de planejamento transparente pode facilitar discussões informadas, ajudar a definir objetivos e prioridades de forma mais clara, evitando mal-entendidos, e elaborar planos espaciais viáveis. Para enfrentar esses desafios, uma série de ferramentas foram desenvolvidas para democratizar a priorização espacial. Essas ferramentas servem como interfaces fáceis de usar em torno de softwares de priorização ou são ferramentas independentes com software personalizado, permitindo que planejadores e partes interessadas explorem planos espaciais com base em suas próprias prioridades e tomem decisões participativas e bem-informadas.

Este resumo apresenta um subconjunto de ferramentas participativas de priorização espacial que se baseiam principalmente em softwares de priorização existentes e fornecem interfaces fáceis de usar para facilitar o uso por especialistas não técnicos. As ferramentas incluídas aqui foram compiladas com o objetivo de apoiar os formuladores de políticas nacionais e especialistas técnicos a compreender e acessar ferramentas para suas necessidades nacionais e trabalhar em torno da Meta 1 do Quadro Global de Biodiversidade.

1. **Ferramenta de Planejamento Espacial Integrado - Área Essencial ao Suporte à Vida (ELSA)**
2. **Plataforma de Planejamento Marxan (MaPP)**
3. **WePlan-Forests**

Determinando a melhor ferramenta para uso em seu país

Adotar uma abordagem sistemática, independentemente da ferramenta participativa de priorização espacial utilizada, já é um passo importante para um planejamento espacial integrado transparente, eficiente e reproduzível.

Às vezes, porém, isso significa escolher entre ferramentas para identificar a mais adequada para o projeto em questão. Várias considerações podem ajudar a orientar essa escolha.

- **Exemplo de uso.** Projetos com forte foco na restauração de florestas tropicais podem considerar a ferramenta **WePlan-Forests** mais relevante, especialmente quando os serviços ecossistêmicos específicos da floresta são centrais para a análise. Ainda assim, as ferramentas **ELSA** e **MaPP** também podem ser aplicadas para otimizar os resultados florestais, cada uma de maneiras ligeiramente diferentes. **MaPP** é atualmente a única ferramenta em nossa lista para priorização espacial em ambientes marinhos. **ELSA** é atualmente a única ferramenta em nossa lista que oferece suporte ao planejamento espacial para diferentes zonas de manejo. A escala espacial do projeto também é importante: enquanto **MaPP** oferece suporte a análises em qualquer extensão espacial, **ELSA** e **WePlan-Forests** são projetadas principalmente para projetos nacionais, com aplicações regionais disponíveis mediante solicitação.
- **Disponibilidade de dados.** Quando existem apenas dados limitados, uma ferramenta com uma base sólida de conjuntos de dados pré-compilados, como **ELSA** ou **WePlan-Forests**, pode ser a opção mais prática. Quando há dados regionais em pequena escala ou de alta resolução disponíveis, ou quando

a disponibilidade de dados é geralmente forte, pode-se considerar uma ferramenta que ofereça maior flexibilidade na incorporação de diversos conjuntos de dados, como **MaPP** ou **ELSA**. Os usuários da **MaPP** podem processar e adicionar dados diretamente na escala relevante à ferramenta, enquanto a **ELSA** oferece isso como um serviço a preço de custo.

- **Capacidade.** Algumas ferramentas enfatizam uma abordagem participativa que orienta os usuários através dos principais aspectos do processo de planejamento (por exemplo, **ELSA** e **WePlan-Forests**). Outras, como **MaPP**, oferecem mais liberdade para definir todo o problema desde o início. Embora essa flexibilidade seja poderosa, ela também requer maior conhecimento técnico e capacidade para processar e interpretar os resultados. Para alguns projetos, um processo guiado, como a pipeline ELSA, pode ser mais apropriada.
- **Envolvimento das partes interessadas.** Tanto **ELSA** quanto **WePlan-Forests** foram concebidas tendo em mente processos participativos, ajudando a estruturar o diálogo com os tomadores de decisão e as comunidades. A **MaPP** também pode ser usada em contextos participativos, mas sua maior flexibilidade normalmente requer mais facilitação técnica para envolver as partes interessadas de forma eficaz.
- **Resultados de apoio à decisão.** A ferramenta **ELSA** fornece resultados padronizados, como cenários de planejamento, indicadores e medidas de desempenho de priorização, que são adequados para processos políticos. **WePlan-Forests** produz mapas e análises de priorização específicos para florestas que podem ser diretamente vinculados aos benefícios dos serviços ecossistêmicos. **MaPP** é altamente personalizável, produzindo resultados que podem ser adaptados para públicos técnicos ou científicos, mas pode exigir um esforço adicional para comunicar aos formuladores de políticas públicas.

A Tabela 1 fornece uma comparação geral dessas três ferramentas para ajudar os formuladores de políticas a identificar a ferramenta certa com base nas necessidades e no contexto nacional. O restante deste resumo explora cada ferramenta com mais detalhes.

Tabela 1.
Comparação de alto nível das ferramentas para planejamento espacial participativo.

	ELSA	MaPP	WePlan-Forests
Resumo	Uma ferramenta em escala nacional para identificar áreas prioritárias para conservação, restauração e manejo sustentável.	Uma versão online do Marxan para planejamento da conservação baseado em cenários.	Uma ferramenta de planejamento de restauração florestal que equilibra objetivos de biodiversidade, clima e custos.
Custo	Gratuito	Gratuito	Gratuito
Acesso aberto	Sim	Sim	Sim
Perfil do usuário	Formuladores de políticas nacionais, escritórios nacionais do PNUD, ONGs	Formuladores de políticas nacionais, planejadores espaciais, equipe técnica, ONGs	Formuladores de políticas nacionais, agências florestais, ONGs
Conhecimentos técnicos necessários	Sem conhecimentos de SIG; compreensão básica do planejamento sistemático da conservação e da priorização espacial	Conhecimentos básicos a médios de SIG; teoria básica da ciência da priorização espacial	Sem conhecimentos de SIG; compreensão média do planejamento sistemático da conservação e da priorização espacial

	ELSA	MaPP	WePlan-Forests
Dados de entrada	Camadas globais incluídas e disponíveis; dados nacionais adicionados na cocriação	Algumas camadas de dados globais incluídas; o usuário carrega todos os outros dados necessários	Camadas globais incluídas
Formulação do problema	Alguma flexibilidade na formulação do problema (por exemplo, pesos, restrições, zonas)	Alta flexibilidade na formulação do problema (por exemplo, metas, parâmetros, restrições)	Formulação integrada do problema de otimização multiobjetiva (apenas metas flexíveis)
Reino	Terrestre	Terrestre, água doce, marinho	Terrestre (florestas tropicais)
Disponibilidade	Todos os países	Todos os países	37 países
Escala de análise	Nacional (ou escalas personalizadas mediante solicitação)	Escala personalizada (dependente dos dados fornecidos pelo usuário)	Nacional



1. FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO ESPACIAL INTEGRADO ELSA

Principal caso de uso: Conservação, restauração, manejo sustentável, esverdeamento urbano

Principal ambiente de uso (terrestre, água doce, marinho): Terrestre

RESUMO PARA FORMULADORES DE POLÍTICAS

A Ferramenta de Planejamento Espacial Integrado ELSA no [UN Biodiversity Lab](#) (UNBL) é uma aplicação personalizada da [Essential Life Support Area \(ELSA\) framework](#), uma abordagem participativa para o planejamento espacial integrado que capacita as nações a cumprir seus compromissos com a biodiversidade, o clima e o desenvolvimento sustentável. A Ferramenta de Planejamento Espacial Integrado ELSA foi projetada especificamente para apoiar ações nacionais em torno das metas e indicadores do Quadro Global de Biodiversidade. Esta ferramenta gratuita, de código aberto e hospedada na nuvem fornece às partes interessadas em todos os países uma metodologia baseada na ciência para identificar áreas prioritárias nacionais onde a proteção, restauração, manejo e o esverdeamento urbano podem levar aos melhores resultados em todas as metas e [indicadores](#) do Quadro Global de Biodiversidade. Versões adaptadas da pipeline ELSA foram usadas em uma abordagem participativa de planejamento espacial para apoiar 13 países no desenvolvimento de um mapa ELSA com base em prioridades e contribuições nacionais, o que levou a ELSA a informar diversas políticas nos 13 países, desde garantir a segurança hídrica, desenvolver estratégias de mitigação das mudanças climáticas até definir redes nacionais de áreas protegidas.

Ao aproveitar conjuntos de dados globais e modelagem de cenários avançada, a Ferramenta de Planejamento Espacial Integrado ELSA permite que os usuários avaliem as prioridades nacionais e tomem decisões informadas que equilibram as necessidades da natureza, do clima e do desenvolvimento em um processo colaborativo. A ferramenta usa uma abordagem transparente para equilibrar usos concorrentes da terra. Os usuários podem ajustar prioridades, definir restrições e revisar seus planos para garantir que áreas críticas sejam adequadamente protegidas ou restauradas, ao mesmo tempo em que atendem às necessidades econômicas e sociais. O mapa de priorização espacial resultante pode apoiar diretamente a implementação das Metas 1, 2 e 3 do Quadro Global de Biodiversidade, com cobenefícios para as Metas 4-12, bem como

a [Decisão 16/12 da CDB](#), que reconhece a necessidade de avanços no planejamento espacial inclusivo da biodiversidade. Esse processo iterativo e flexível garante que a tomada de decisões seja baseada em evidências e adaptável, apoiando melhores resultados para as pessoas e o planeta.

A Ferramenta de Planejamento Espacial Integrado ELSA está disponível gratuitamente mediante solicitação na UNBL para todos os países. Para usar a Ferramenta de Planejamento Espacial Integrado ELSA em seu país, basta [solicitar um espaço de trabalho no UN Biodiversity Lab](#) usando nosso formulário e indicar que você gostaria de ter acesso à ferramenta ELSA. Personalizações nacionais adicionais, incluindo contextos específicos de planejamento da biodiversidade, como metas nacionais de biodiversidade e uso de dados nacionais, estão disponíveis a preço de custo.

BREVE RESUMO TÉCNICO

A Ferramenta de Planejamento Espacial Integrado ELSA é um aplicativo personalizado baseado na web da [Essential Life Support Area \(ELSA\) framework](#), uma estrutura operacional para o planejamento espacial integrado em nível nacional. Esta ferramenta gratuita, de código aberto e hospedada na nuvem fornece uma abordagem sistemática para identificar áreas prioritárias para conservação, restauração, manejo sustentável e esverdeamento urbano, alinhada com as metas e indicadores do Quadro Global de Biodiversidade. Ao empregar princípios de planejamento sistemático de conservação e aproveitar conjuntos de dados globais, a ferramenta permite a análise de cenários em tempo real usando o pacote prioritizr do R, permitindo assim que diversas partes interessadas avaliem colaborativamente as prioridades nacionais para o Quadro Global de Biodiversidade, explorem compensações e sinergias e desenvolvam planos espaciais viáveis para apoiar a implementação nacional das Metas 1, 2 e 3.

A formulação do problema inclui características s de planejamento que mapeiam elementos das Metas 1 a 12 do Quadro Global de Biodiversidade, bem como zonas explicitamente projetadas com base nas Metas 1, 2, 3, 10 e 12. Os dados de entrada baseiam-se principalmente nos dados globais referenciados nos metadados da estrutura de monitoramento do Quadro Global de Biodiversidade, com conjuntos de dados alternativos usados apenas quando os conjuntos de dados da estrutura de monitoramento não são aplicáveis ao planejamento espacial ou não estão disponíveis publicamente (ver Anexo 1). O planejamento da conservação é feito usando um objetivo de utilidade máxima, que inclui o máximo possível de recursos sem exceder o orçamento nas zonas de planejamento. Os usuários podem ajustar pesos e restrições, refazer análises e explorar compromissos entre objetivos concorrentes. Por exemplo, a pontuação de representação de cada recurso de planejamento pode ser revisada e os pesos podem ser ajustados para priorizar recursos sub-representados ou críticos. Esse processo iterativo promove uma tomada de decisão transparente e defensável, permitindo que governos e partes interessadas equilibrem de forma eficaz os usos da terra concorrentes.

FONTES DE CAPACITAÇÃO

- [LfN - Planejamento Espacial Integrado](#)

ESTUDOS DE CASO EXEMPLARES

- [Resumos curtos dos resultados do ELSA para vários países](#)

LINKS IMPORTANTE

- [Manual de planejamento espacial integrado](#)
- [Guia do usuário da ELSA](#)
- [Pré-impressão: Uma estrutura operacional para mapear Áreas Essenciais ao Suporte à Vida \(ELSAs\) para biodiversidade, clima e desenvolvimento sustentável](#)



2. PLATAFORMA DE PLANEJAMENTO MARXAN (MAPP)

Principal caso de uso: Conservação, restauração e uma ampla gama de usos humanos

Principal ambiente de uso (terrestre, água doce, marinho): Terrestre, água doce e marinho

RESUMO PARA FORMULADORES DE POLÍTICAS

A [Plataforma de Planejamento Marxan \(MaPP\)](#) é uma ferramenta gratuita e de código aberto que ajuda os planejadores espaciais a alocar de forma eficaz ações de manejo para conservação e desenvolvimento sustentável. Ao aproveitar a computação em nuvem e a tecnologia de ponta, ela simplifica o processo de concepção, análise e implementação de planos de conservação que se alinham com as prioridades nacionais e globais.

A MaPP equipa os planejadores com as ferramentas para criar estratégias direcionadas que equilibram a proteção ambiental com considerações econômicas. Ela permite que os usuários elaborem novos planos, integrem esforços de planejamento existentes e colaborem com segurança com as partes interessadas, tudo dentro de uma plataforma online que garante o gerenciamento eficiente de dados e a privacidade. A capacidade da plataforma de testar cenários, identificar lacunas e gerar visualizações claras garante que os planos sejam transparentes, baseados em evidências e defensáveis. A MaPP possui muitas funcionalidades do pacote de software Marxan, a ferramenta de planejamento de conservação mais amplamente utilizada para o planejamento aplicado à conservação em ambientes terrestres, marinhos e de água doce.

A MaPP apoia particularmente as Metas 1, 2, 3, 8 e 11, permitindo a otimização espacialmente explícita para a expansão de áreas protegidas, restauração de ecossistemas, resiliência climática e manutenção de serviços ecossistêmicos em terra, água e mar. Ele também apoia a Meta 21, melhorando o acesso e a usabilidade de diversos dados ambientais e espaciais. O processo transparente e baseado em cenários da plataforma contribui para as Metas 14 e 23 sobre governança equitativa e tomada de decisão participativa. A MaPP apoia o planejamento espacial inclusivo da biodiversidade promovido na [Decisão 16/12 da CDB](#) e contribui

para o planejamento espacial marinho e abordagens baseadas em ecossistemas, em consonância com a [Decisão 16/17 da CDB](#).

RESUMO TÉCNICO BREVE

A Plataforma de Planejamento Marxan (MaPP) é uma plataforma hospedada na nuvem, gratuita e de código aberto, projetada para otimizar o planejamento de conservação, aproveitando o pacote de software Marxan (ver Anexo 1). A plataforma melhora a eficiência do Marxan por meio da computação em nuvem, do processamento automatizado de dados espaciais e de fluxos de trabalho personalizados, permitindo um planejamento mais rápido e eficaz. Ela permite que os usuários projetem e avaliem novos planos de conservação, integrem projetos Marxan existentes e colaborem com equipes e partes interessadas. A plataforma também oferece armazenamento em nuvem, permitindo que os usuários carreguem e gerenciem conjuntos de dados com segurança, garantindo acesso privado para as equipes e possibilitando o uso de conjuntos de dados hospedados.

O planejamento da conservação é feito usando a função objetivo de conjunto mínimo que segue os princípios básicos do planejamento de conservação, garantindo que as metas estabelecidas sejam cumpridas para todas as características, minimizando os custos e, assim, criando planos que representem adequadamente as características de uma região de planejamento de maneira eficiente. Os usuários podem criar e explorar vários cenários que incluem recursos selecionados com metas flexíveis e outros parâmetros de planejamento de conservação, realizar análises de lacunas, comparar soluções e gerar resumos, mapas e figuras abrangentes do projeto.

FONTES DE CAPACITAÇÃO

- [Marxan Learn](#) para recursos de treinamento
- [Tutorial da MaPP Ruanda](#)
- [Estudos de caso e guias](#) disponíveis no Mapp (requer uma conta)

ESTUDOS DE CASO

- **Marinho:** [Planejamento transfronteiriço no Pacífico \(Baixa Califórnia\); Estabelecimento e expansão de áreas marinhas protegidas eficazes no Triângulo de Coral](#)
- **Água doce:** [Planejamento do uso da terra para a bacia hidrográfica do rio Daly \(Austrália\); Planejamento de conservação para a bacia hidrográfica do rio Tejo \(Portugal\)](#)
- **Terrestre:** [Planejamento da rede de áreas protegidas representativas da Mongólia; Equilíbrio de compensações em Kalimantan Central \(Bornéu indonésio\)](#)

LINKS IMPORTANTES

- [Marxan MaPP](#)
- [Breve descrição do Marxan MaPP](#)
- [Repositório GitHub do Marxan](#)



3. WEPLAN-FORESTS

Principal caso de uso: Restauração de ecossistemas florestais tropicais e subtropicais

Principal ambiente de uso (terrestre, água doce, marinho): Terrestre (florestas)

RESUMO PARA FORMULADORES DE POLÍTICAS

WePlan-Forests é uma ferramenta de acesso aberto projetada para apoiar os esforços nacionais de restauração florestal e paisagística em países tropicais e subtropicais. Ela ajuda os tomadores de decisão a identificar os locais mais eficazes para restaurar florestas e, assim, proporcionar os maiores benefícios para o clima e a biodiversidade, ao mesmo tempo em que considera o custo da restauração. Usando dados ambientais e econômicos, a WePlan-Forests permite comparar rapidamente diferentes opções de restauração. A plataforma ajuda os tomadores de decisão a encontrar soluções que funcionem melhor para as prioridades e os recursos disponíveis de seu país.

A ferramenta é especialmente valiosa porque transforma ciência complexa em informações claras e fáceis de entender. Os formuladores de políticas e as partes interessadas podem explorar cenários online, ajustar metas e criar planos personalizados e baseados em evidências, sem a necessidade de treinamento especializado em modelagem espacial ou programação. Criada para apoiar a implementação do Quadro Global de Biodiversidade, a ferramenta pode ajudar a transformar metas globais e nacionais em estratégias de restauração práticas e específicas para cada país. Isso inclui metas relacionadas à restauração (Meta 2), conservação de espécies (Meta 4) e mitigação das mudanças climática (Meta 8). Também contribui para as metas da Década das Nações Unidas para a Restauração de Ecossistemas, traduzindo compromissos de alto nível em prioridades nacionais viáveis, e [Decisão 16/12 da CDB](#), promovendo o planejamento espacial inclusivo da biodiversidade.

WePlan-Forests apoia as Metas 1, 2, 3, 10 e 11 do Quadro Global de Biodiversidade, permitindo a alocação espacial de ações para restauração florestal, manejo sustentável e melhoria dos serviços ecossistêmicos dentro das paisagens. Ele integra múltiplos valores ecológicos e econômicos em uma plataforma acessível para apoiar o planejamento participativo, contribuindo para as Metas 14 e 23 sobre governança inclusiva e tomada de decisão equitativa.

RESUMO TÉCNICO BREVE

WePlan-Forests é uma ferramenta de apoio à decisão de acesso aberto para o planejamento da restauração florestal e paisagística em escala nacional em países tropicais e subtropicais. Por meio de uma interface web fácil de usar, ela permite que os tomadores de decisão avaliem e equilibrem múltiplos objetivos dentro de uma estrutura de otimização espacial projetada para identificar oportunidades de restauração com boa relação custo-benefício (ver Anexo 1). A ferramenta usa uma abordagem de otimização espacial multiobjetiva para identificar áreas onde a restauração traria o maior benefício por custo unitário. Os benefícios da restauração são quantificados usando duas métricas: potencial de sequestro de carbono para mitigação climática e redução média do risco de extinção nacional de espécies associadas à floresta como proxy para a conservação da biodiversidade. Os custos de restauração levam em conta tanto os custos de oportunidade do uso da terra quanto os custos de implementação, como aqueles associados à regeneração natural ou à restauração ativa.

WePlan-Forests automatiza essas análises complexas, tornando o planejamento espacial avançado rápido e acessível para usuários sem conhecimento técnico em GIS ou programação. A plataforma fornece cenários de planejamento em cinco metas de restauração baseadas em área, utilizando três abordagens de otimização: maximizar a relação custo-benefício, maximizar o benefício total ou minimizar o custo. Os usuários podem explorar diferentes cenários com base nos vários objetivos e metas espaciais para 37 países e comparar suas compensações em termos de geração de serviços ecossistêmicos, alocação espacial e custos potenciais associados de estabelecimento e oportunidade.

FONTES DE CAPACITAÇÃO

- [Webinar WePlan-Forests](#)
- [WePlan-Forests 2.0 \(vídeo\)](#)

ESTUDOS DE CASO EXEMPLARES

- [Estudo de caso da Colômbia](#)
- [Estudo de caso do México \(vídeo\)](#)

LINKS IMPORTANTES

- [WePlan-Forests](#)

ANEXO 1

Tabela 2.
Comparação técnica das ferramentas para planejamento espacial participativo.

	ELSA	MaPP	WePlan–Forests
Ferramenta de otimização integrada	prioritizr	Marxan	Ferramenta personalizada
Algoritmo	Programação linear inteira (ótima)	Recozimento simulado (heurístico)	Programação linear (ótima)
Objetivo	Utilidade máxima (implementada no prioritizr)	Conjunto mínimo	Relação custo-benefício (maximizar os benefícios, levando em conta os custos; multiobjetivo)
Linguagem de programação	R, R Shiny	C++	NA
Tipos de dados de entrada utilizados	Raster (terra)	Vetor (arquivos DAT)	NA
Dados de entrada disponíveis	Sim, vastos conjuntos de dados disponíveis na UNBL	Alguns conjuntos de dados disponíveis (extensão espacial limitada)	Sim (para 37 países)
Possibilidade de upload de dados de entrada	Não	Sim	Não
Resultados produzidos	Mapas espaciais (rasters categóricos), tabelas de representação de características	Mapas espaciais (categóricos), tabelas de representação	Mapas espaciais, tabelas com custos e serviços ecossistêmicos na solução
Tipos de dados de saída gerados	Raster	CSV	Raster
Zoneamento	Sim	Não (apenas suportado no Marxan com Zonas)	Não
Autônomo ou parte de um pacote	Combinado com o pacote elsaR	Parte do pacote de software Marxan	Ferramenta autônoma

	ELSA	MaPP	WePlan–Forests
IU ou executado localmente	IU (R Shiny), também implementado no UNBL (não R Shiny)	IU (Microsoft)	IU
Facilmente adaptável	Sim, código R adaptável	Não (ferramenta); sim (análise através do código disponível)	Não (código não é open-source)
Já integrado com outras ferramentas	Integrado no UNBL	Não	Não

ANEXO 2: GLOSSÁRIO

Este glossário é adaptado de Neubert et al. (em revisão).

PLANEJAMENTO ESPACIAL

Planejamento espacial integrado: O planejamento espacial participativo, integrado e inclusivo da biodiversidade se baseia no planejamento espacial tradicional, enfatizando a colaboração na tomada de decisões e colocando a biodiversidade no centro do processo de planejamento. Ele direciona a alocação espacial das atividades e ações humanas em sistemas terrestres, de água doce e marinhos para atingir simultaneamente objetivos sociais, econômicos e ecológicos, ao mesmo tempo em que integra explicitamente considerações de biodiversidade.

Otimização (espacial) multiobjetivo: Um tipo de problema de planejamento que incorpora várias funções objetivo em um único modelo.

Planejamento sistemático de conservação: Uma abordagem estruturada para selecionar, alocar e avaliar áreas para conservação, restauração ou uso sustentável da biodiversidade por meio de uma série de etapas. É orientado por princípios como complementaridade, insubstituibilidade, representatividade, adequação, conectividade e eficiência, e frequentemente emprega ferramentas de apoio à decisão para equilibrar a conservação da biodiversidade com fatores sociais e econômicos. A priorização espacial é uma etapa desse processo.

Planejamento espacial (marinho ou uso do solo): Um “processo público de análise e alocação da distribuição espacial e temporal das atividades humanas [...] para atingir objetivos ecológicos, econômicos e sociais que geralmente são especificados por meio de um processo político” (Ehler e Douvere, 2009). Pode incluir, mas não necessariamente, objetivos relacionados à natureza.

Priorização espacial: Um subconjunto de processos de planejamento mais abrangentes (por exemplo, planejamento sistemático de conservação) focado na alocação de ações em espaço e tempo, usando otimização ou outros métodos.

Otimização espacial: O uso de algoritmos matemáticos (exatos ou heurísticos) para determinar a melhor alocação espacial de recursos ou ações com base em critérios específicos.

Análise de trade-off: Um método para avaliar objetivos conflitantes no planejamento espacial, como conservação versus desenvolvimento econômico, ou as disparidades na percepção de custos e benefícios por diferentes partes interessadas..

Zoneamento: O processo de criação de um plano espacial que inclui zonas de manejo. Essas zonas podem apoiar ações individuais (por exemplo, pesca, energia eólica offshore, conservação) ou múltiplas ações (por exemplo, zonas de uso sustentável) e podem ter um ou vários objetivos.

PRIORIZAÇÃO ESPACIAL

Dados espaciais: Informações geográficas que descrevem a paisagem, incluindo localizações de áreas ricas em biodiversidade, custos de terrenos ou atividades humanas, que podem ser utilizadas como dados de enntrada (inputs) na otimização espacial.

Características: Elementos espaciais de interesse em uma área de planejamento (por exemplo, habitats importantes, locais de energia) que o plano foi projetado para representar ou proteger. “Características” também podem se referir a conjuntos de dados espaciais que servem como indicadores (proxies) para metas políticas específicas – por exemplo, dados de riqueza de espécies como indicador para proteção da biodiversidade ou densidade de carbono acima do solo como proxy para mitigação das mudanças climáticas.

Métricas de desempenho: Medidas quantitativas usadas para avaliar o desempenho do plano em relação aos seus objetivos, geralmente envolvendo metas como a porcentagem de habitat abrangido.

Metas: Indicadores quantitativos predefinidos para características, como proteger uma quantidade ou porcentagem mínima de um habitat específico.

Custos: Valores econômicos ou sociais vinculados a áreas específicas, como custo de aquisição ou custo de oportunidade devido ao uso restrito, que são usados para orientar a alocação eficiente de recursos.

Função objetiva: A expressão matemática que a otimização busca minimizar ou maximizar, como minimizar o custo total enquanto atinge as metas ou maximizar o benefício total.

Restrições: Condições ou regras aplicadas para garantir que a solução seja realista, como limitações orçamentárias ou a inclusão de áreas específicas.

Formulação do problema: A etapa de traduzir metas de planejamento, características, dados de custo e restrições em um modelo matemático solucionável.

Zonas: Diferentes designações de uso ou manejo do solo atribuídas a unidades de planejamento, permitindo alocações espaciais mais complexas do que a simples inclusão/exclusão.

Unidades de planejamento: Unidades espaciais individuais (por exemplo, células de grade, parcelas) que são consideradas no processo de otimização.

Peso: Um valor numérico atribuído a uma característica para refletir sua importância relativa no problema de planejamento, influenciando a priorização e as compensações.

OUTROS TERMOS TÉCNICOS

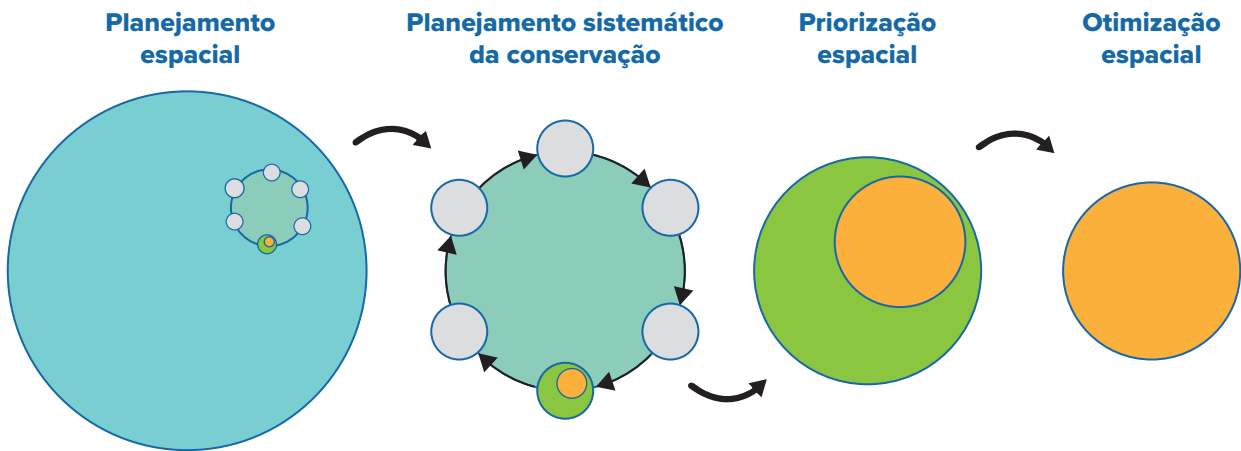
Ferramenta de otimização: O software ou pacote principal usado para resolver o problema de priorização espacial (por exemplo, Marxan, prioritizr).

Algoritmo de otimização: O método matemático usado para encontrar soluções, como recozimento simulado (heurístico/não ideal) ou programação linear inteira (ideal).

Tipos de dados de entrada: Os formatos de dados geográficos que a ferramenta aceita, como dados raster (mapas baseados em grade que mostram valores por célula) ou dados vetoriais (pontos, linhas, polígonos que representam características do mundo real).

Interface do usuário (UI): Como os usuários interagem com a ferramenta — por meio de um aplicativo web, software de desktop ou ambiente de programação.

Figura 1.
Esquema adaptado da relação entre planejamento espacial, planejamento sistemático de conservação, priorização espacial e otimização espacial de Neubert et al. (no prelo).



ANEXO 3: REFERÊNCIAS

Ball, I.R. et al. (2009) Marxan and Relatives: Software for Spatial Conservation Prioritization. Em Spatial Conservation Prioritization: Quantitative Methods and Computational Tools (Moilanen, A. et al., eds), pp. 185–195, Oxford University Press. Oxford

Ehler C. e Douvere F. (2009) Planejamento espacial marinho: uma abordagem passo a passo para a manejo baseada em ecossistemas. Comissão Oceanográfica Intergovernamental e Programa Homem e Biosfera, Manual e Guias da COI n.º 53, Dossiê ICAM n.º 6. Paris: UNESCO. <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-43>

Giakoumi, S. et al. (2025) Avanços no planejamento sistemático da conservação para atender às metas globais de biodiversidade. Trends Ecol. Evol. 40, 395-410

Hanson, J.O. et al. (2024) Priorização sistemática da conservação com o pacote R prioritizr. Conserv. Biol. 39, e14376

Kukkala, A.S. e Moilanen, A. (2013) Conceitos fundamentais da priorização espacial no planejamento sistemático da conservação. Biol. Rev. 88, 443–464

Margules, C.R. e Pressey, R.L. (2000) Planejamento sistemático da conservação. Nature 405, 243–253

Moilanen, A. et al. (2022) Novos métodos para priorização espacial com aplicações em conservação, planejamento do uso da terra e prevenção de impactos ecológicos. Methods Ecol. Evol. 13, 1062–1072

Neubert S, McGowan J, Metcalfe K, Hanson JO, Buenafe KCV, Dabalà A, Dunn DC, Everett JD, Possingham HP, Stelzenmüller V, Estep A, Ervin J & Richardson AJ. Planejamento espacial de uso múltiplo para o desenvolvimento sustentável e a conservação. (no prelo). Trends in Ecology and Evolution.

Tallis, H. et al. (2021) Priorizando ações: mapas de ação espacial para conservação. Ann. N. Y. Acad. Sci. 1505, 118–141

