

Filipa Guilherme

15 junho 2026

campo  
aberto

# Evolução da cobertura do solo e biodiversidade na cidade do Porto

# Índice

1 Principais conceitos

2 Plano de investigação

3 Padrões de cobertura do solo no Porto entre 1947 e 2019

4 Trajetórias de cobertura do solo como indicador de persistência dos habitats urbanos

5 Resposta dos vertebrados ao legado da cobertura do solo no Porto

6 Discussão e conclusão

1

2

3

4

5

6

Evolução da cobertura do solo e biodiversidade no Porto

## Principais conceitos



# A importância da biodiversidade urbana

Serviços do ecossistema urbano

Processos de urbanização



**BIODIVERSIDADE  
URBANA**



1

2

3

4

5

6

# Biodiversidade e evolução da paisagem urbana

1



**TRANSFORMAÇÃO  
ou PERDA do HABITAT**

reduz a ocorrência de espécies, com efeitos imediatos ou retardados

2

3

4

5

6



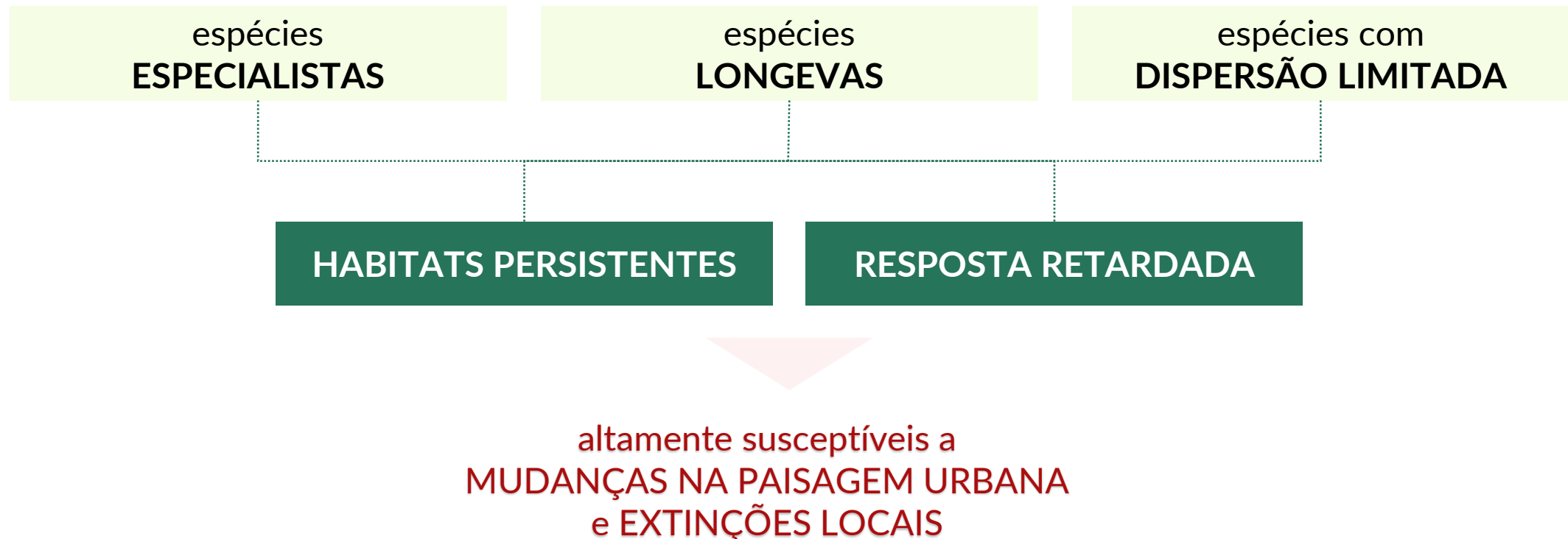
**PERSISTÊNCIA  
do HABITAT**

cria condições favoráveis para um elevado número de espécies

# Biodiversidade e evolução da paisagem urbana

1

A resposta das espécies à evolução do habitat depende das características do seu ciclo de vida



2

3

4

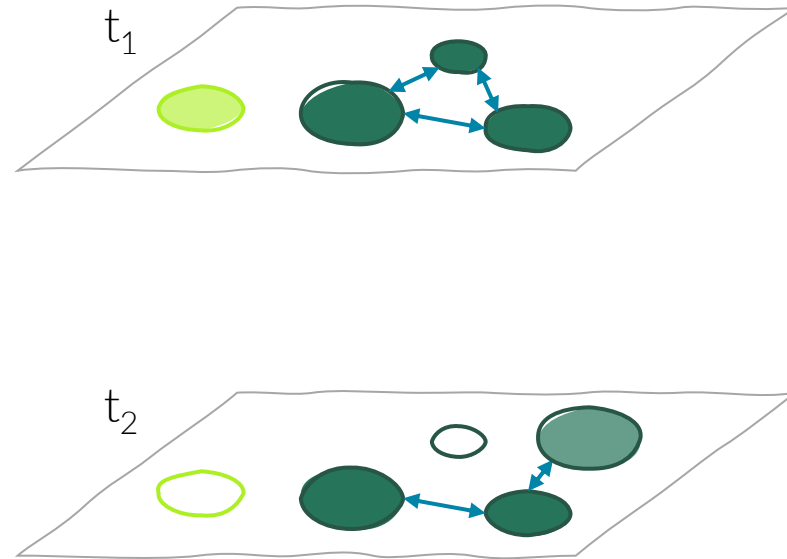
5

6

# Biodiversidade e evolução da paisagem urbana

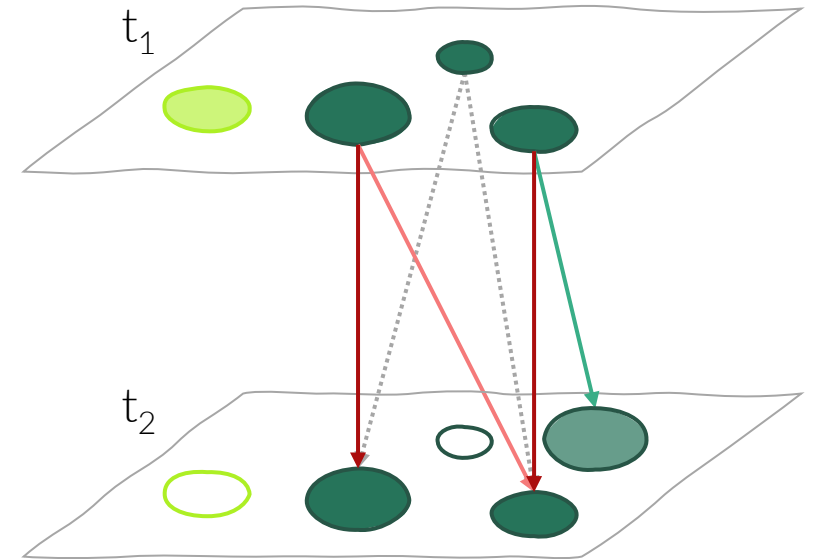
1

DISPONIBILIDADE e  
CONNECTIVIDADE  
do habitat  
no **espaço** e no **tempo**



conectividade espacial

ABORDAGEM ESTÁTICA



conectividade  
espácio-temporal

ABORDAGEM TEMPORAL

2

3

4

5

6

# Planeamento urbano para a biodiversidade

1

FALTA DE CONHECIMENTO SOBRE  
O FUNCIONAMENTO DO ECOSISTEMA URBANO

RESPOSTA DAS  
ESPÉCIES à dinâmica  
dos habitats urbanos



EVOLUÇÃO da  
infraestrutura verde



2

3

4

5

6

# Planeamento urbano para a biodiversidade

1

FALTA DE “CONHECIMENTO APLICÁVEL”

2

3

4

5

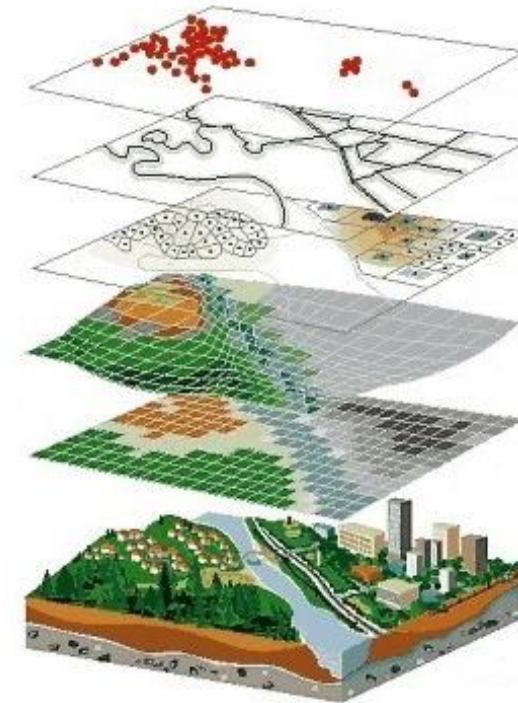
6

# Planeamento urbano para a biodiversidade

1

FALTA DE “CONHECIMENTO APLICÁVEL”

- Espacialização / priorização espacial



2

3

4

5

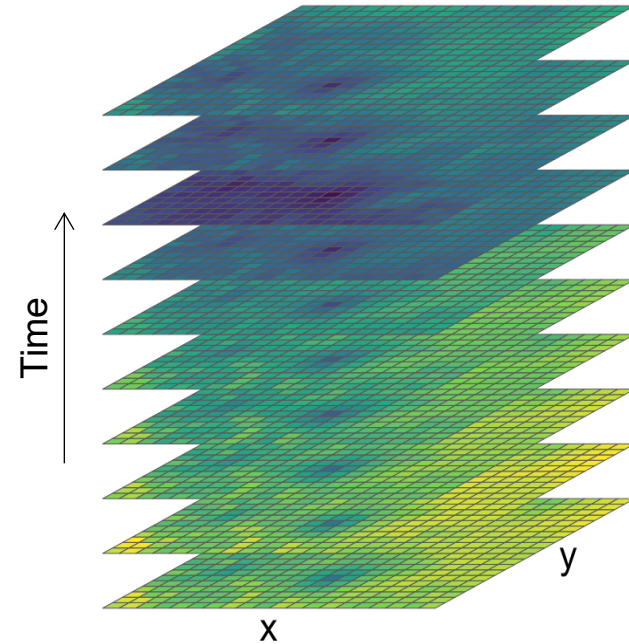
6

# Planeamento urbano para a biodiversidade

1

## FALTA DE “CONHECIMENTO APLICÁVEL”

- Espacialização / priorização espacial
- Perspetiva temporal



2

3

4

5

6

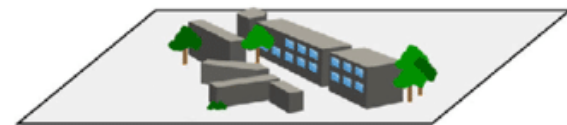
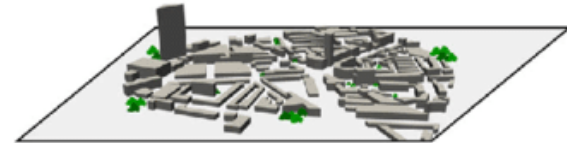
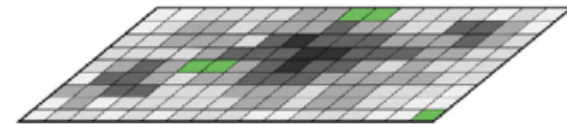
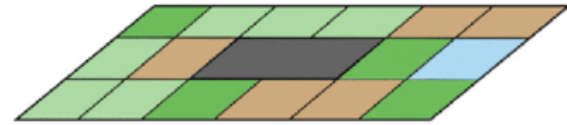
# Planeamento urbano para a biodiversidade

1

## FALTA DE “CONHECIMENTO APLICÁVEL”

- Espacialização / priorização espacial
- Perspetiva temporal
- Escala local/fina

*áreas físicas que são diretamente intervencionadas por urbanistas, designers, gestores e utilizadores*



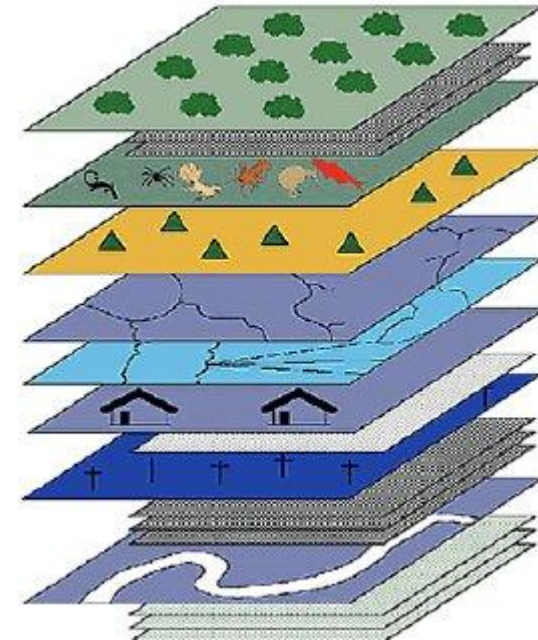
# Planeamento urbano para a biodiversidade

1

## FALTA DE “CONHECIMENTO APLICÁVEL”

- Espacialização / priorização espacial
- Perspetiva temporal
- Escala local/fina
- Cobertura do solo

*como indicador da distribuição do **habitat**, em vez de, ou complementando, informação sobre o uso do solo*



1

2

3

4

5

6

Evolução da cobertura do solo e biodiversidade no Porto

## **Plano de investigação**

# Objetivos e estrutura da investigação

1 O principal objetivo desta investigação foi contribuir para o planeamento de

2 infraestruturas verdes urbanas através da identificação de hotspots de

3 biodiversidade urbana, baseada na relação entre a biodiversidade e a

4 evolução da cobertura do solo.

5

6

PORTO



# Objetivos e estrutura da investigação

1 O principal objetivo desta investigação foi contribuir para o planeamento de infraestruturas verdes urbanas através da identificação de hotspots de biodiversidade urbana, baseada na relação entre a biodiversidade e a evolução da cobertura do solo.

## Estudo 1

4 Como é que os padrões de cobertura do solo evoluíram no Porto, num passado recente?

## Estudo 2

5 Quais são e onde se encontram as áreas com maior persistência de habitat?

## Estudo 3

6 Qual é a relação entre a riqueza de espécies e a evolução da cobertura do solo?

1

2

3

4

5

6

# Evolução da cobertura do solo e biodiversidade no Porto

## **Padrões de cobertura do solo no Porto entre 1947 e 2019**

# Objetivos

1 Como é que os padrões de cobertura do solo evoluíram no Porto, num passado recente?

- 2 • Avaliar a **cobertura do solo** do Porto em três datas, desde meados do século XX;
- 3 • Analisar a evolução do padrão e composição da paisagem com **métricas espaciais**;
- 4 • Identificar as principais **tendências** da evolução da cobertura do solo.
- 5
- 6

Padrões de cobertura do solo no Porto entre 1947 e 2019

# Métodos

Dados de deteção remota

2019



1

2

3

4

5

6

Padrões de cobertura do solo no Porto entre 1947 e 2019

# Métodos

Dados de deteção remota

1979



1

2

3

4

5

6

Padrões de cobertura do solo no Porto entre 1947 e 2019

# Métodos

Dados de deteção remota



1

2

3

4

5

6

## Padrões de cobertura do solo no Porto entre 1947 e 2019

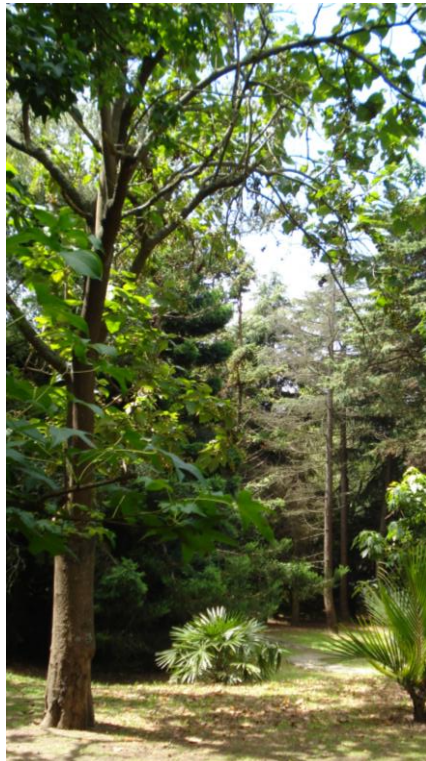
# Métodos

Categorias de cobertura do solo (método UrHBA)

ABE  
Elementos  
artificiais



TRS  
Árvores e arbustos



HER  
Herbáceas



SPV  
Sem vegetação



AQU  
Superfícies  
aquáticas



1

2

3

4

5

6

## Padrões de cobertura do solo no Porto entre 1947 e 2019

# Métodos

Categorias de cobertura do solo (método UrHBA)

1  
2  
3  
4  
5  
6

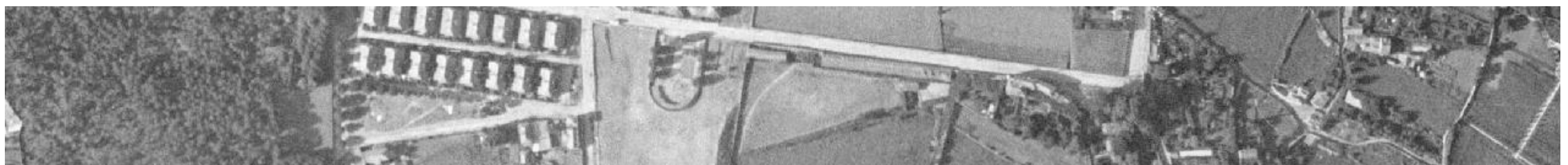
ABE  
Elementos  
artificiais

TR  
Árvores e arbustos

HER  
Herbáceas

SPV  
Sem vegetação

AQU  
Superfícies  
aquáticas



# Métodos

Categorias de cobertura do solo (método UrHBA)

1  
2  
3  
4  
5  
6

ABE  
Elementos  
artificiais

TR  
Árvores e arbustos

HER  
Herbáceas

SPV  
Sem vegetação

AQU  
Superfícies  
aquáticas



# Métodos

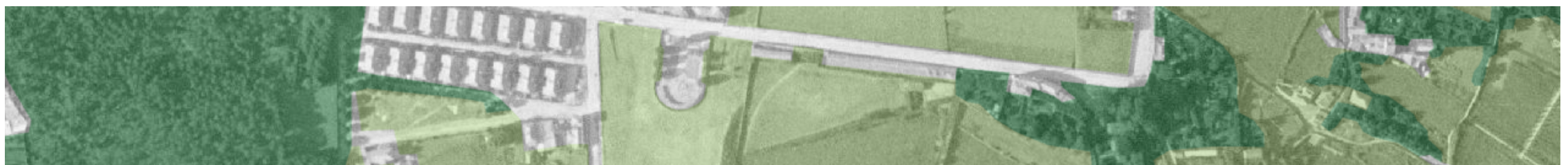
Métricas espaciais

ÁREA e PERÍMETRO

FORMA

AGREGAÇÃO

DIVERSIDADE



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

# Métodos

Métricas espaciais

ÁREA e PERÍMETRO

FORMA

AGREGAÇÃO

DIVERSIDADE

- Composição da paisagem
- Disponibilidade do habitat

- Textura da paisagem
- Fragmentação

- Isolamento / conectividade

- Efeito de orla

1

2

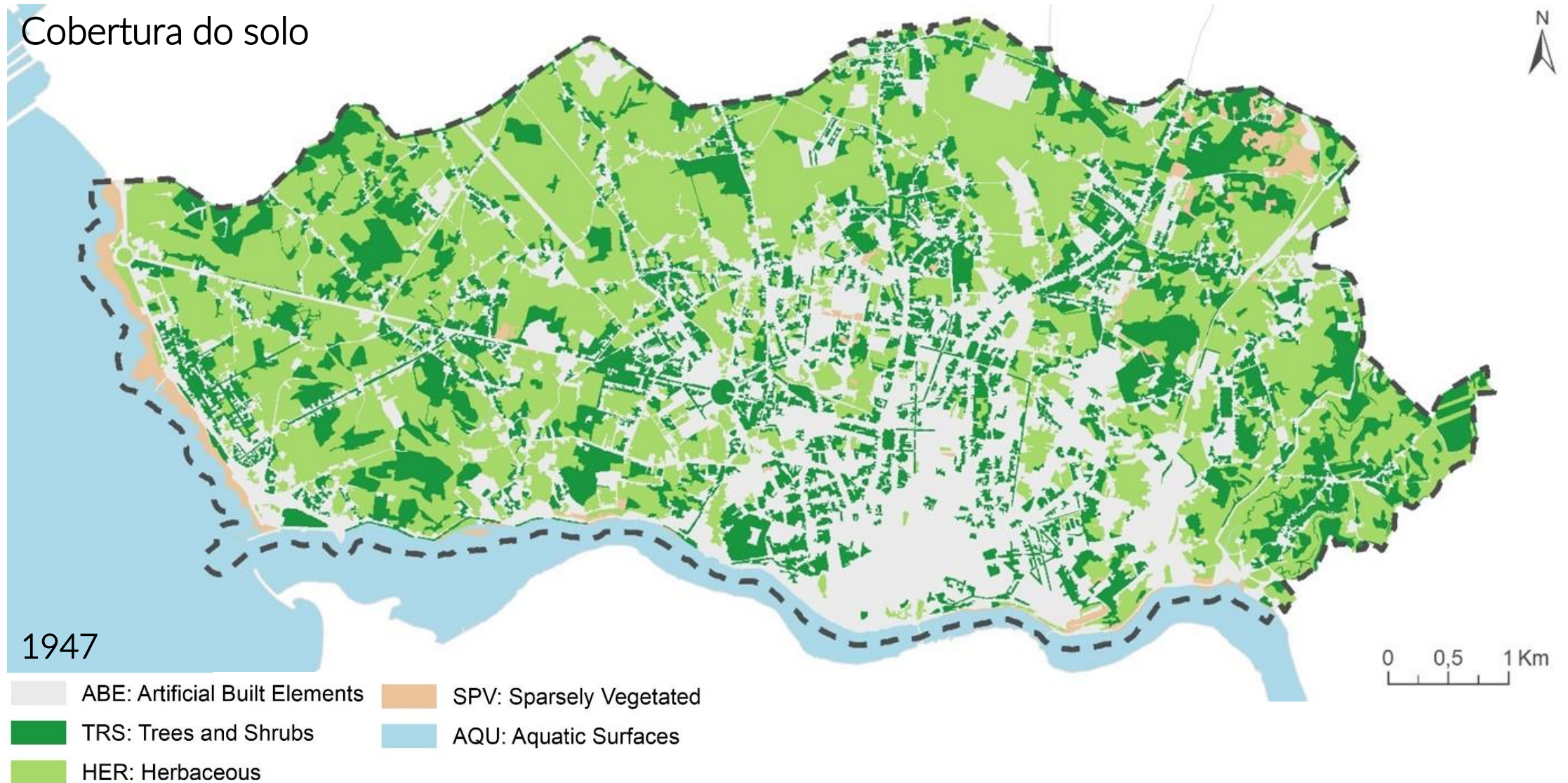
3

4

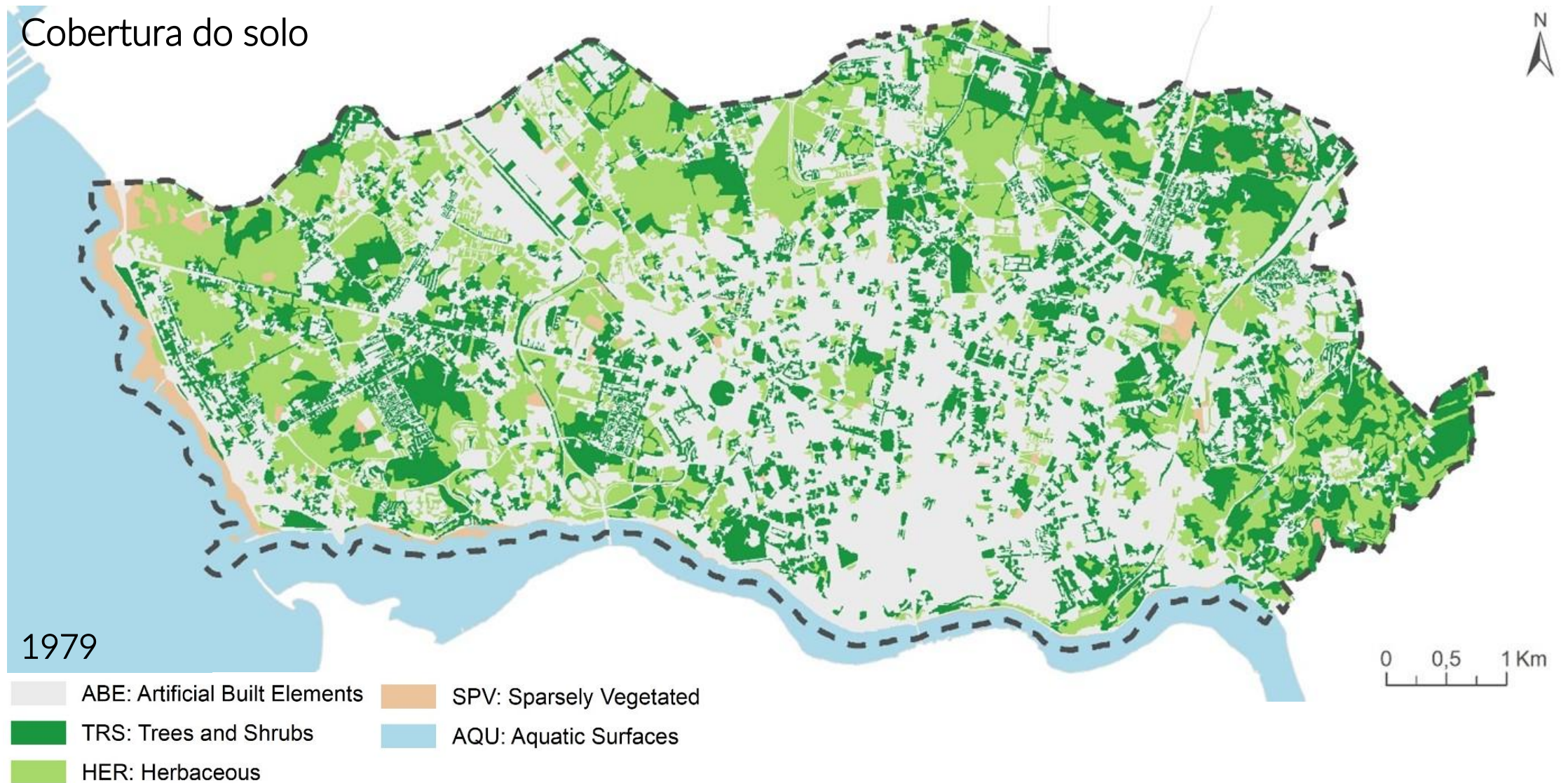
5

6

# Resultados

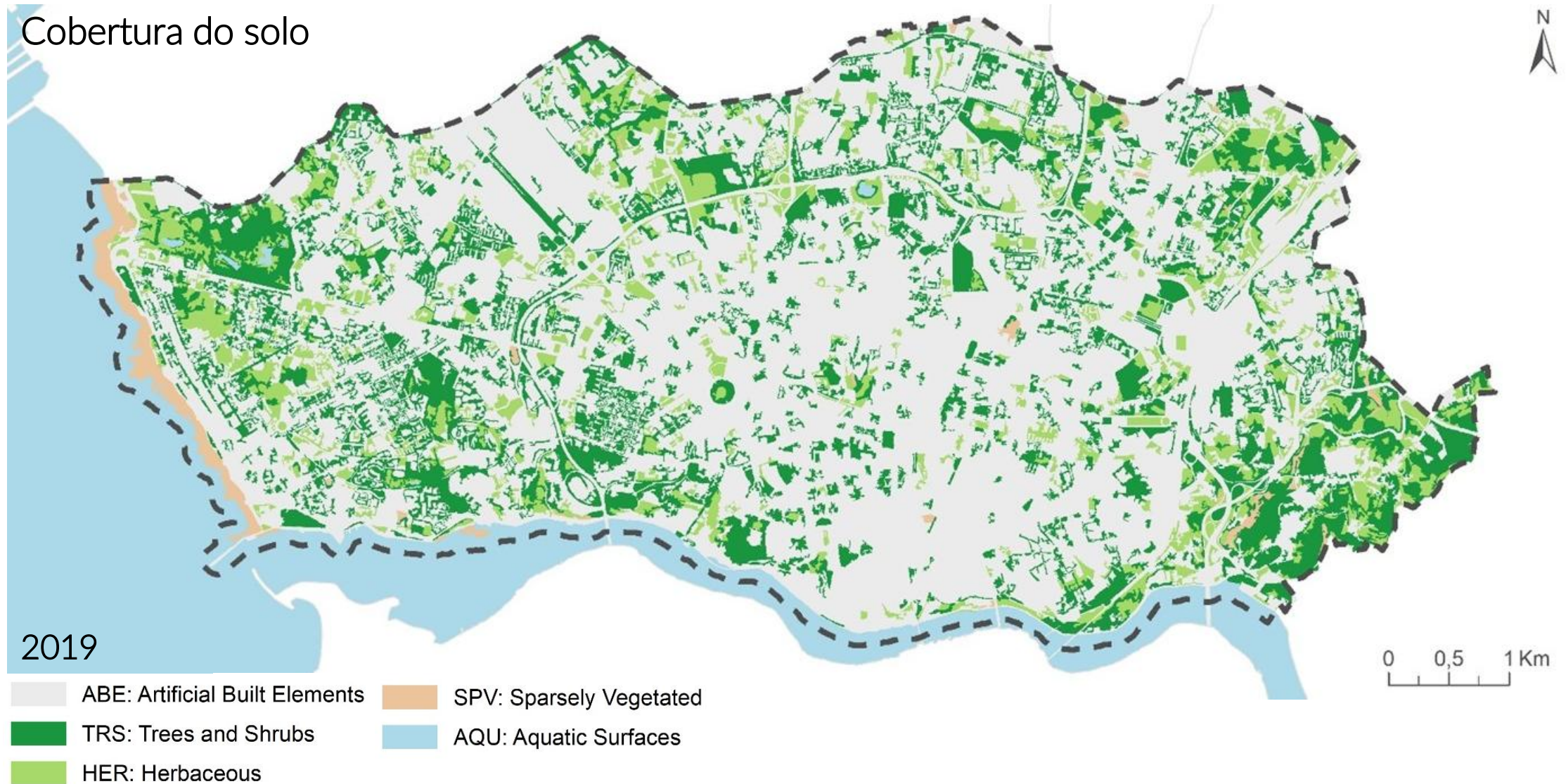


# Resultados



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

# Resultados



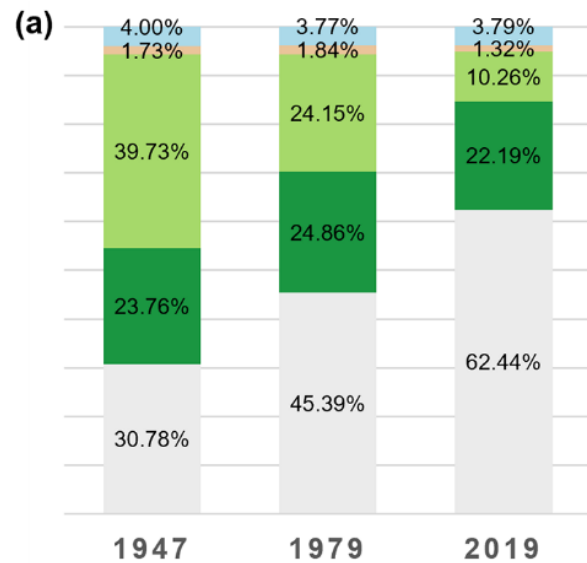
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

# Padrões de cobertura do solo no Porto entre 1947 e 2019

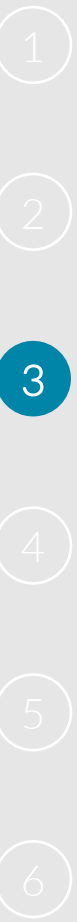
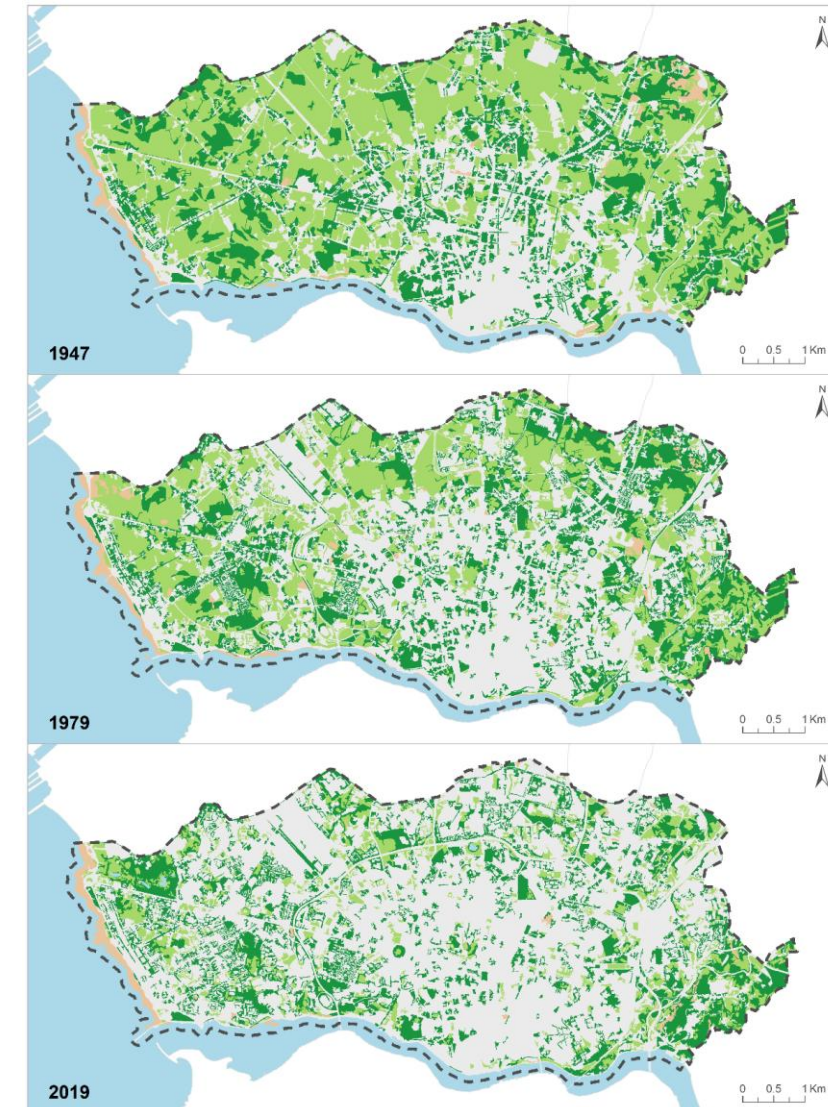
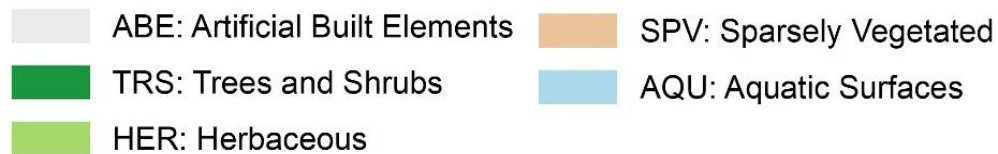
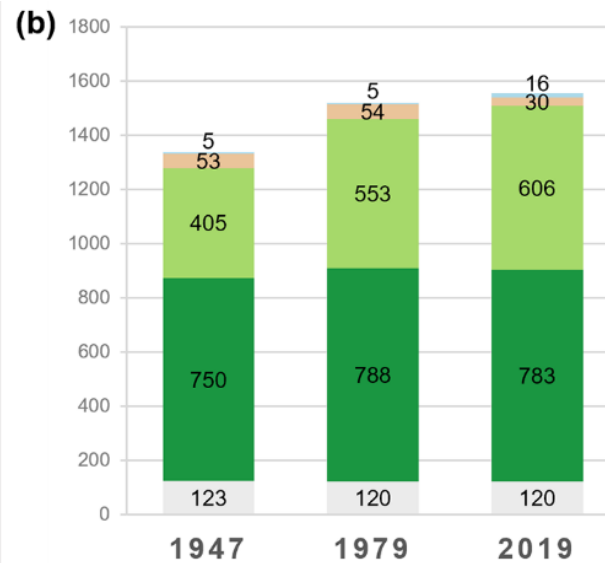
## Resultados

### Métricas espaciais

Proporção



Número de manchas



# Padrões de cobertura do solo no Porto entre 1947 e 2019

## Resultados

Métricas espaciais

À escala da cidade

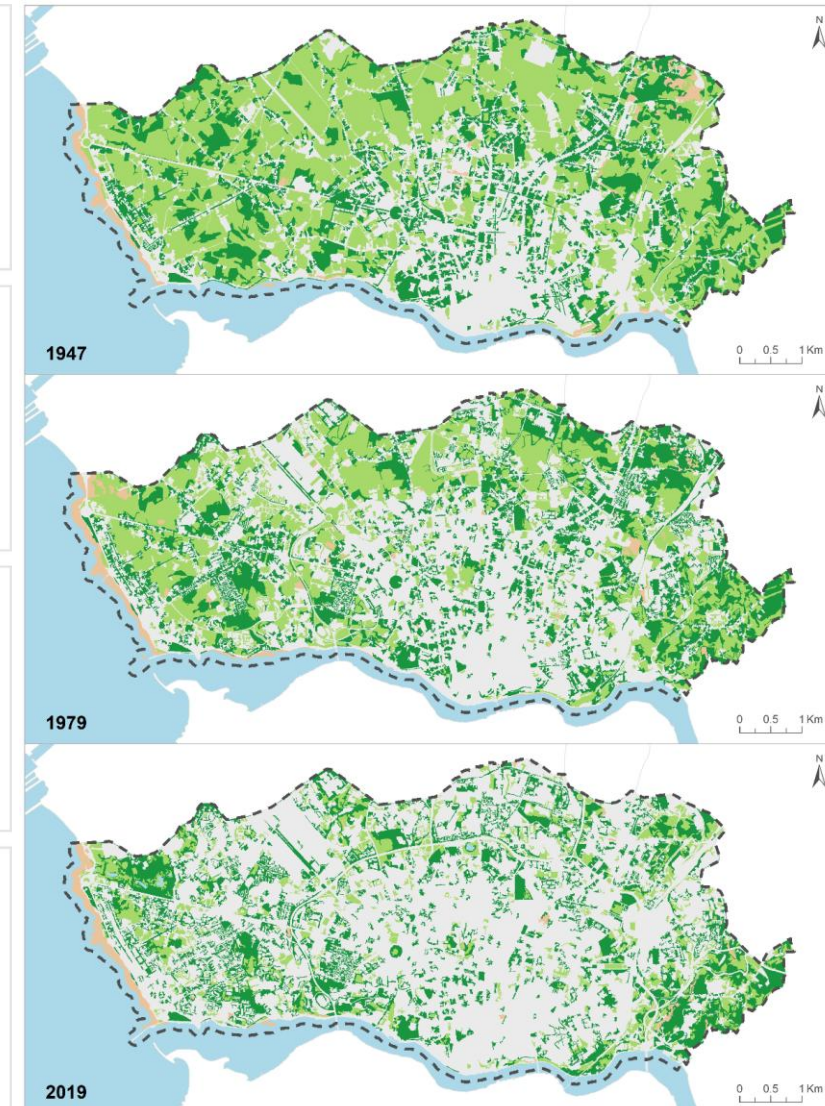
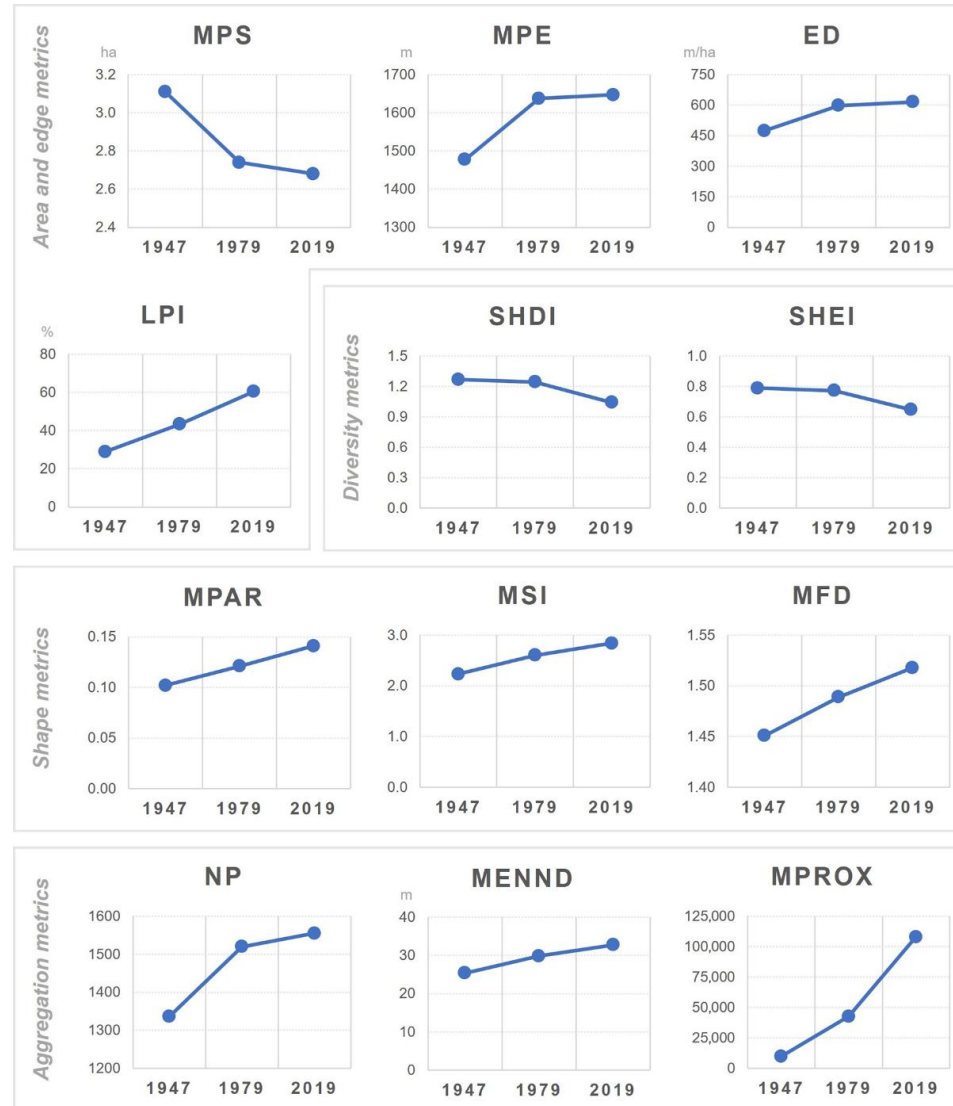
Diversidade



Fragmentação



Efeito de orla



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

# Padrões de cobertura do solo no Porto entre 1947 e 2019

## Resultados

Métricas espaciais

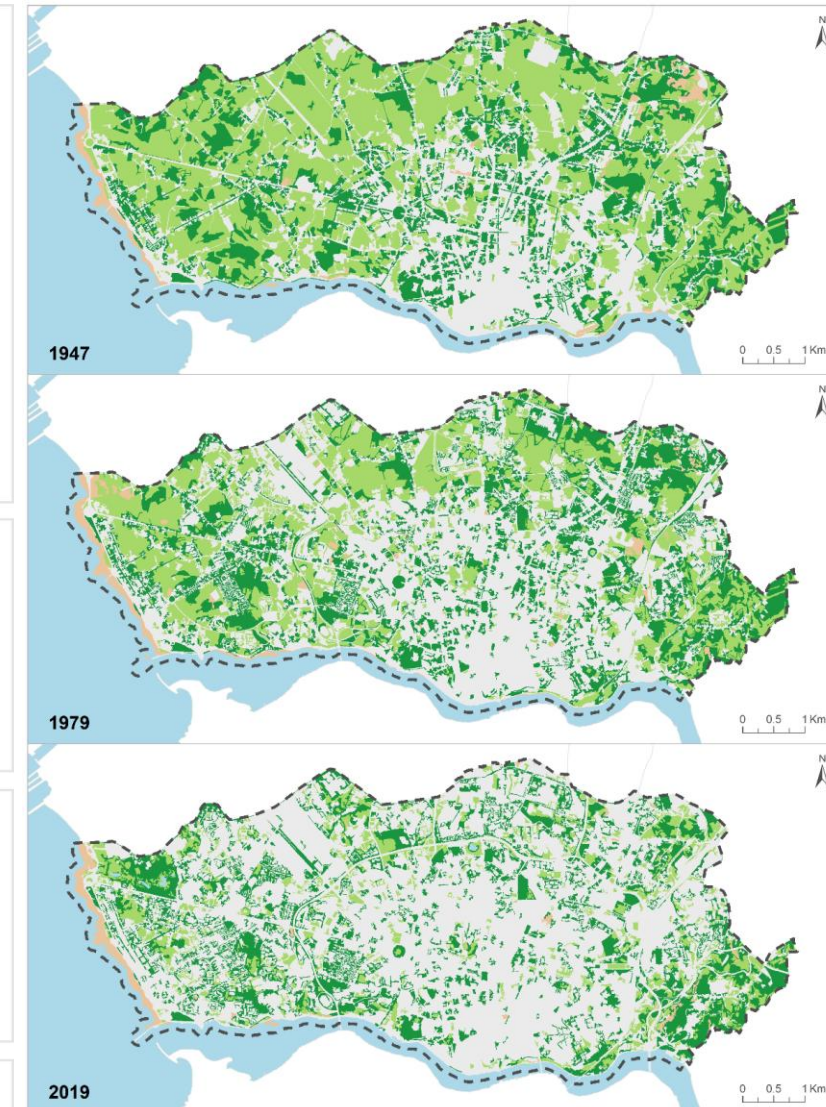
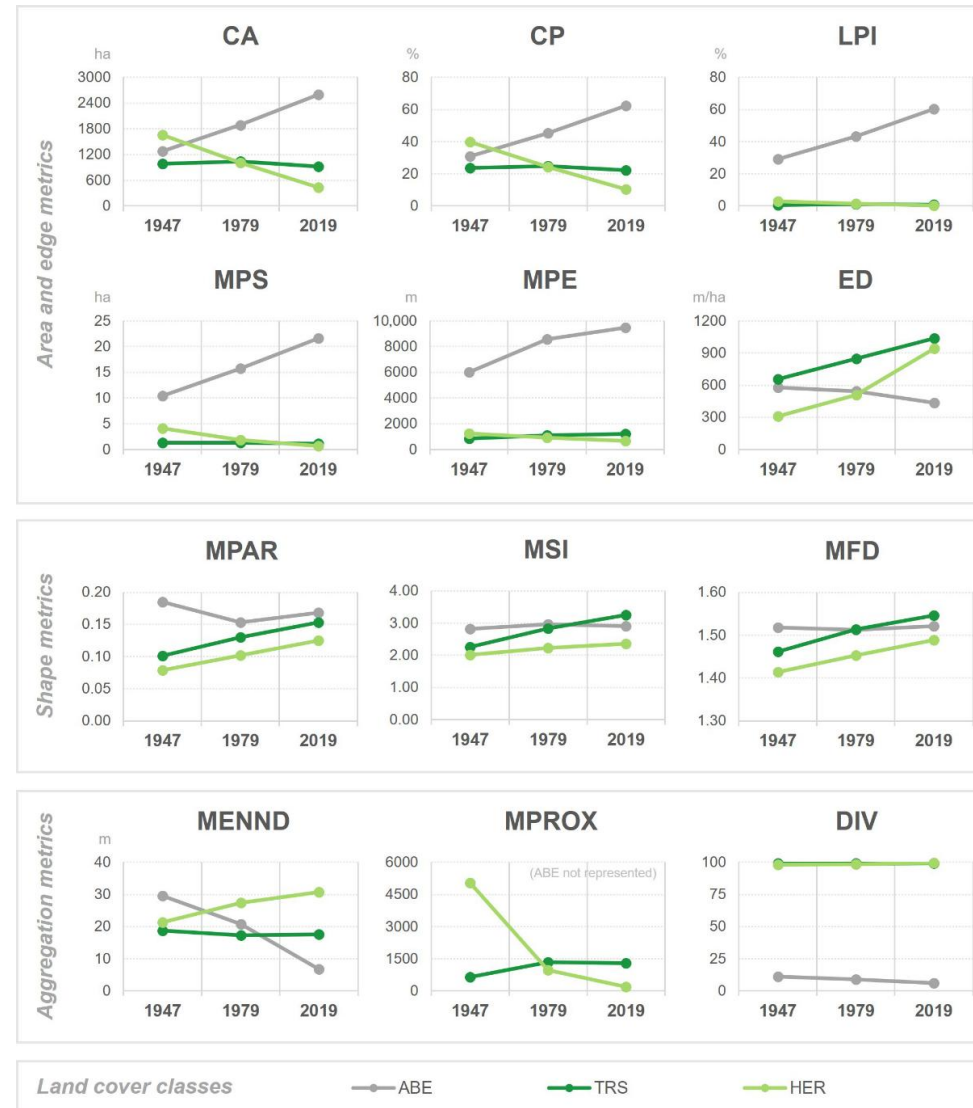
ABE  
Elementos  
artificiais

Disponibilidade ↑

Conectividade ↑

Fragmentação ≈

Efeito de orla ≈



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

# Padrões de cobertura do solo no Porto entre 1947 e 2019

## Resultados

Métricas espaciais

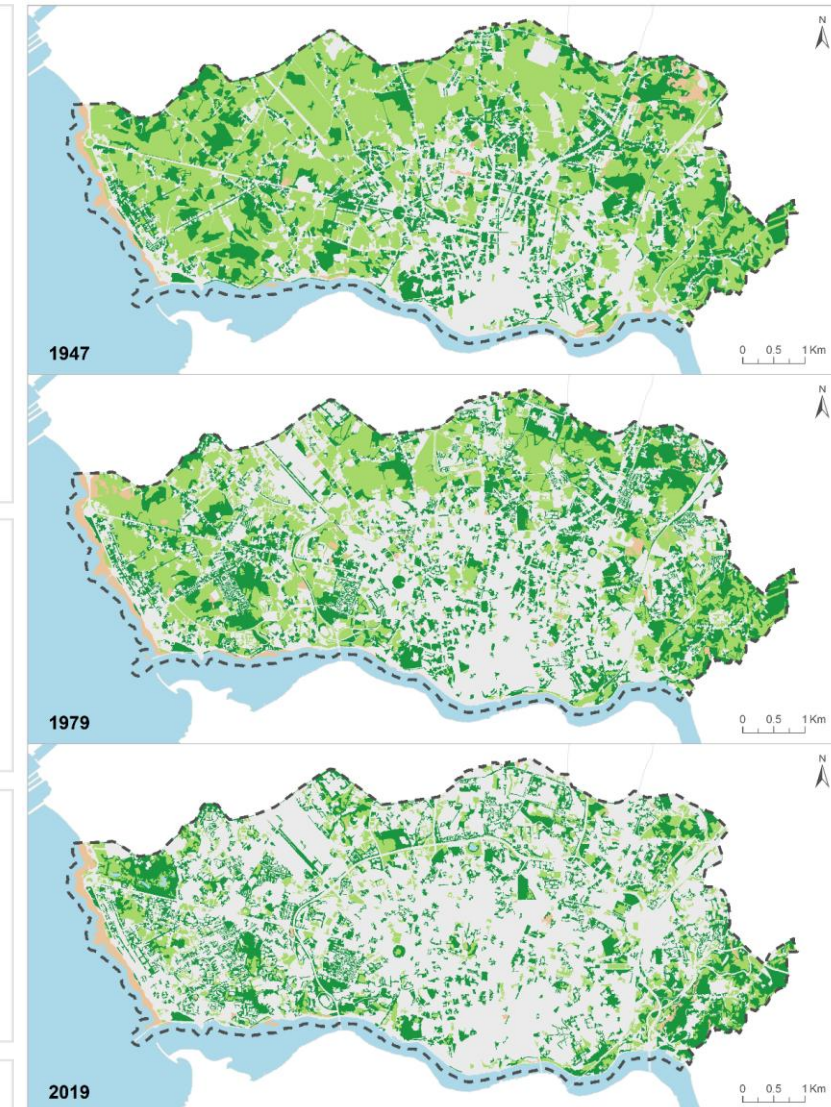
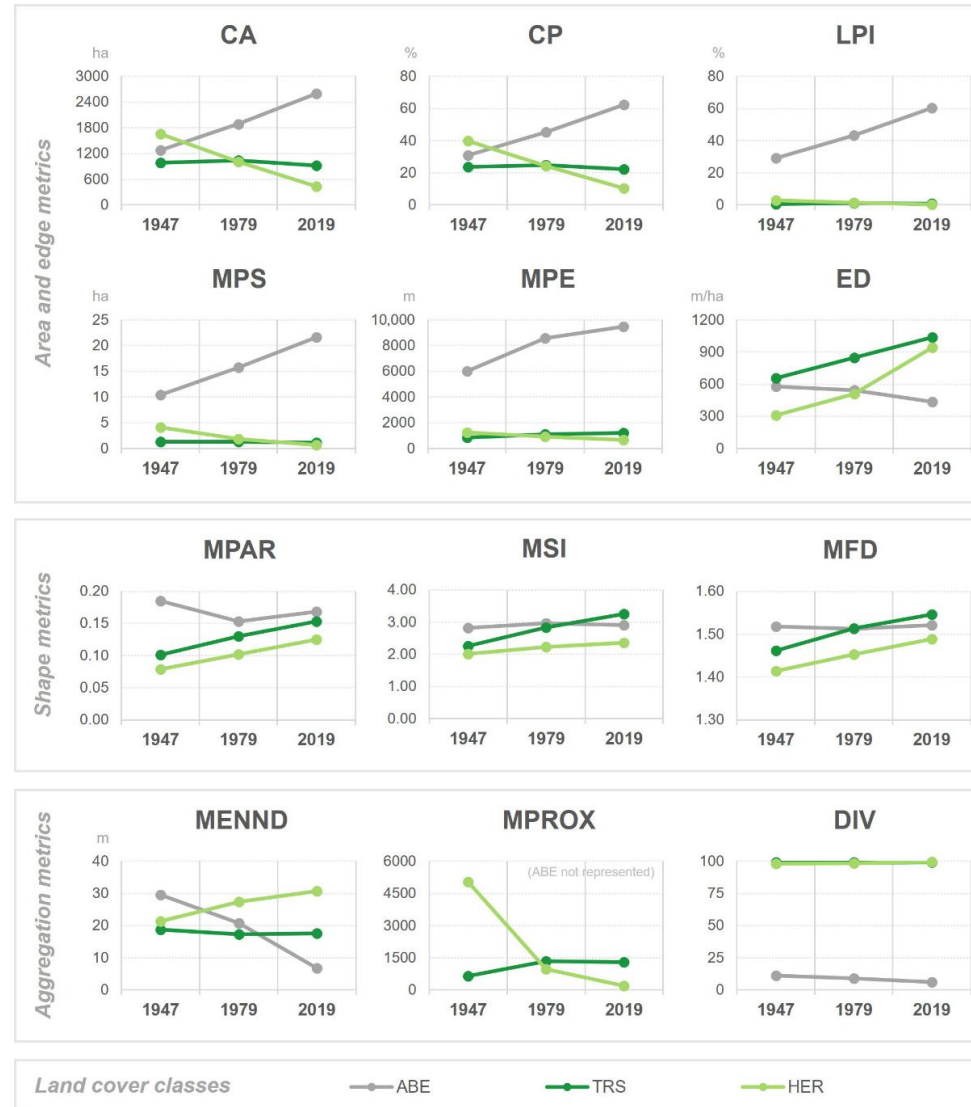
HER  
Herbáceas

Disponibilidade ↓

Conectividade ↓

Fragmentação ↑

Efeito de orla ↑



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

# Padrões de cobertura do solo no Porto entre 1947 e 2019

## Resultados

Métricas espaciais

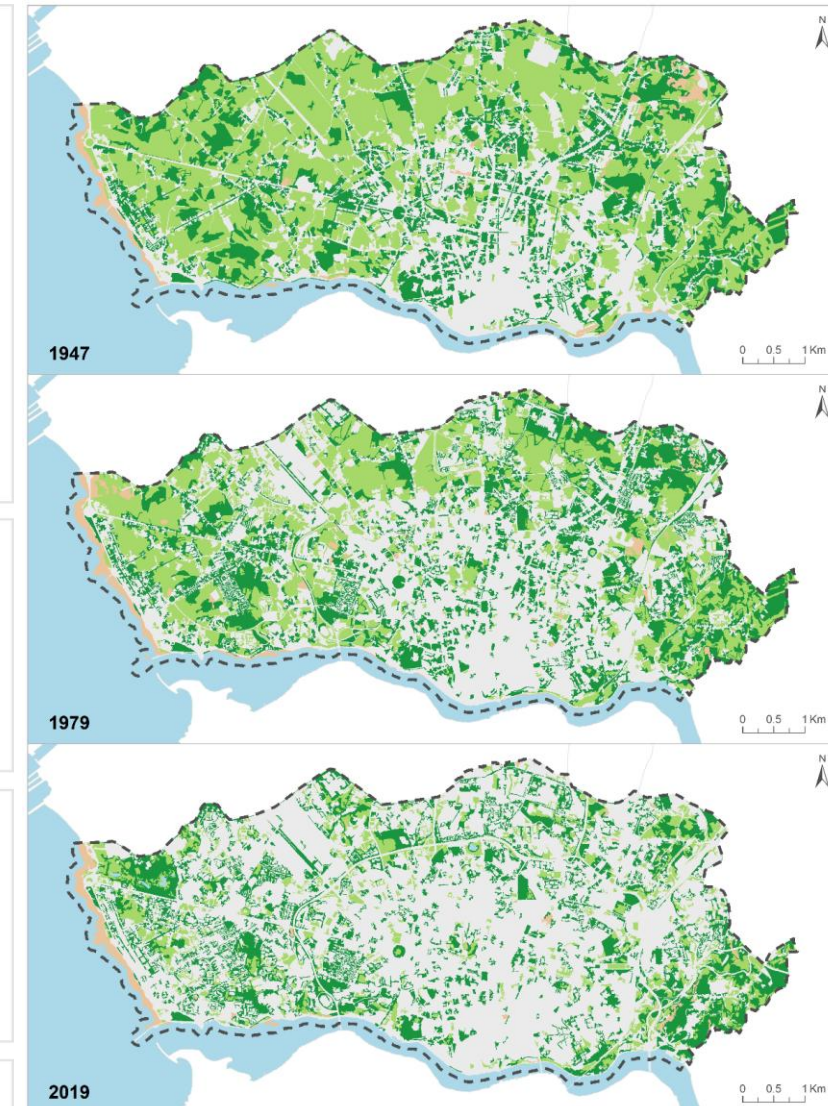
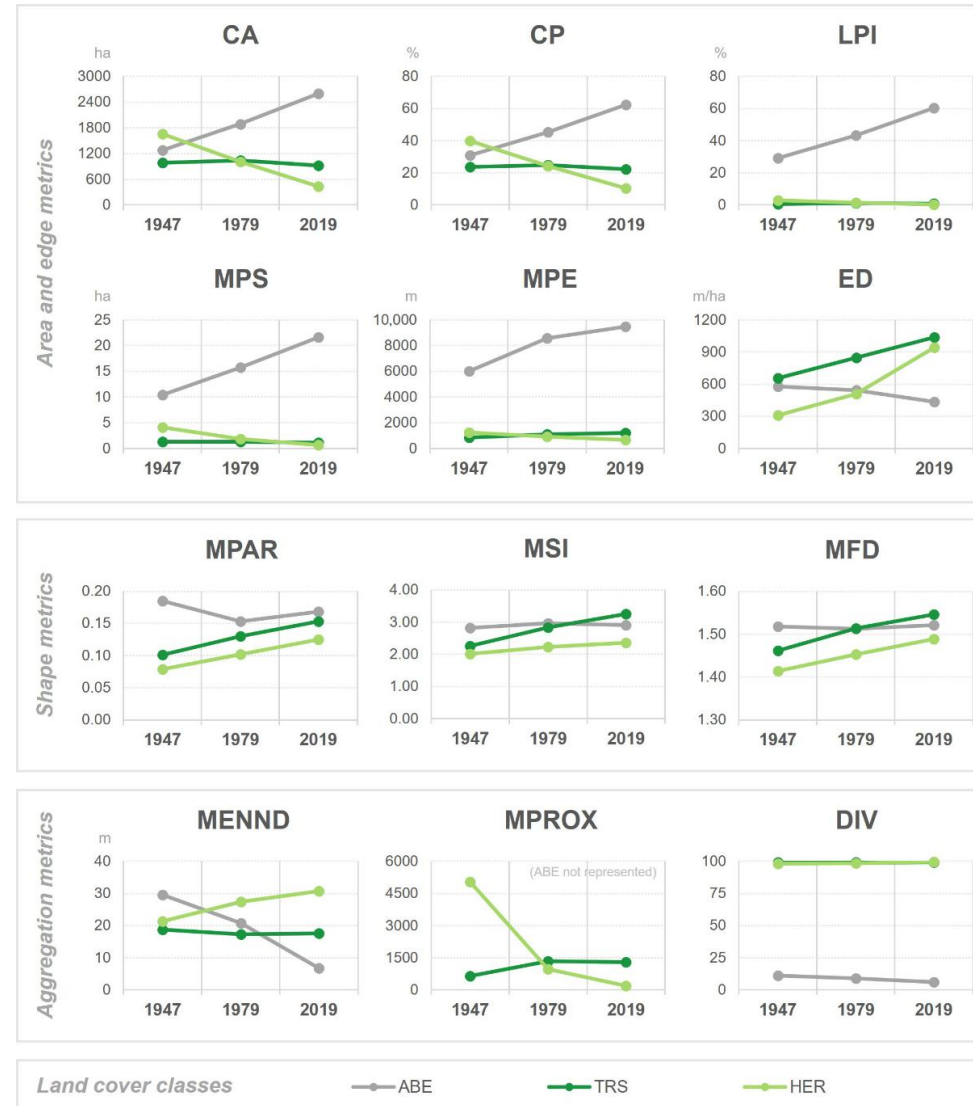
TRS  
Árvores e arbustos

Disponibilidade 

Conectividade 

Fragmentação 

Efeito de orla 



# Resultados

Análise de cobertura do solo

ABE  
Elementos  
artificiais

HER  
Herbáceas

**DINÂMICA  
URBANA???**

TRS  
Árvores e arbustos

1

2

3

4

5

6

1

2

3

4

5

6

# Evolução da cobertura do solo e biodiversidade no Porto

## Trajetórias de cobertura do solo como indicador de persistência de habitats urbanos



Landscape and  
Urban Planning

*Landscape and Urban Planning*, 242, 104932. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104932>

# Objetivos

1 Quais são e onde se encontram as áreas com maior persistência de habitat?

- 2 • Determinar as **trajatórias de cobertura do solo** no Porto de 1947 até 2019;
- 3 • Avaliar as principais **mudanças** nas áreas de **vegetação**;
- 4 • Identificar as áreas com mais **elevada persistência do habitat**.

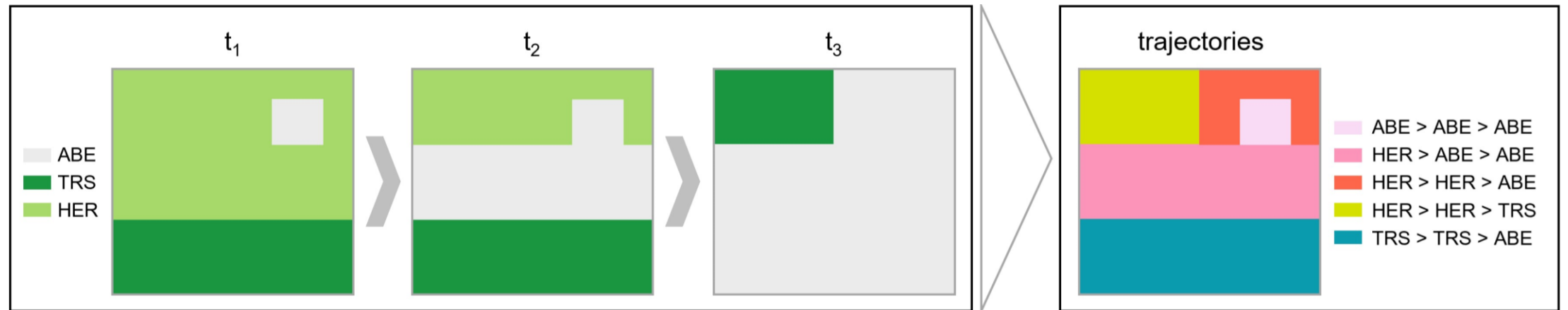
5

6

# Trajétórias de cobertura do solo como indicador de persistência de habitats urbanos

## Métodos

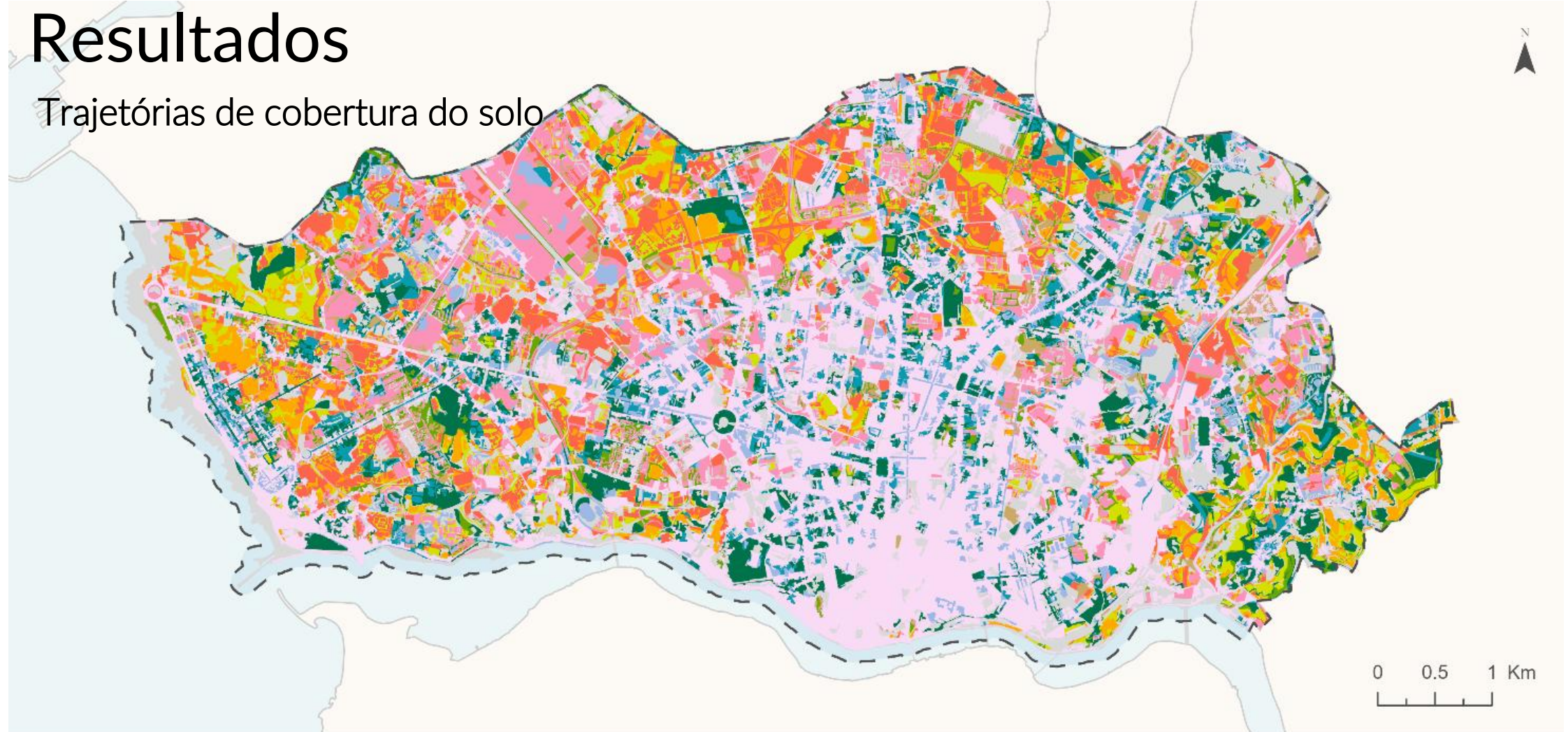
Trajétória de cobertura do solo



# Trajatórias de cobertura do solo como indicador de persistência de habitats urbanos

## Resultados

Trajatórias de cobertura do solo



ABE > ABE > ABE (24.5%)	TRS > TRS > TRS (7.5%)	HER > HER > HER (5.2%)	HER > TRS > ABE (3.2%)
HER > ABE > ABE (10.0%)	TRS > ABE > ABE (6.0%)	TRS > TRS > ABE (4.8%)	HER > TRS > TRS (3.1%)
HER > HER > ABE (9.1%)	HER > HER > TRS (5.4%)	AQU > AQU > AQU (3.5%)	Other trajectories (17.8%)

1

2

3

4

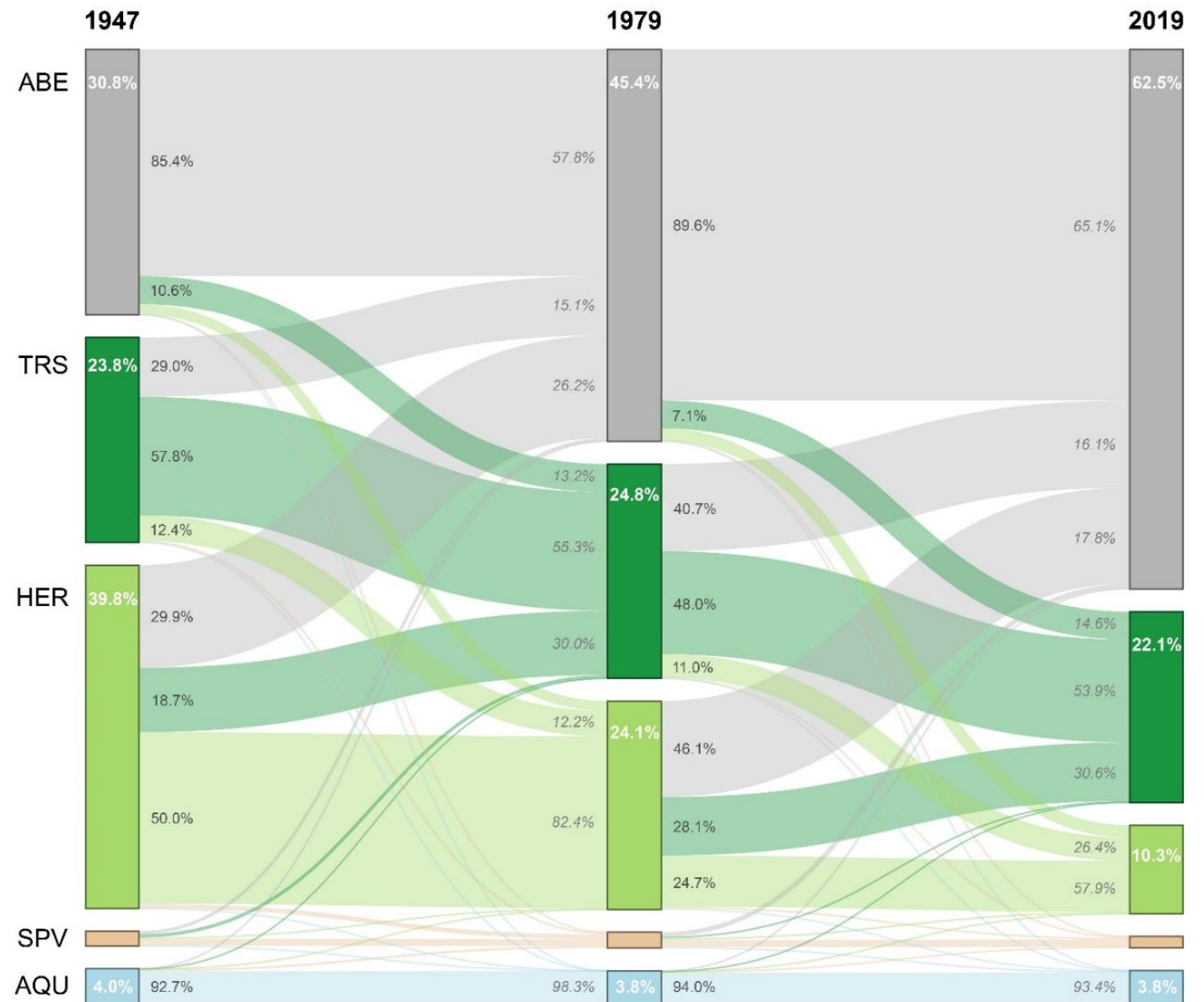
5

6

# Trajetórias de cobertura do solo como indicador de persistência de habitats urbanos

## Resultados

Evolução da cobertura do solo



1

2

3

4

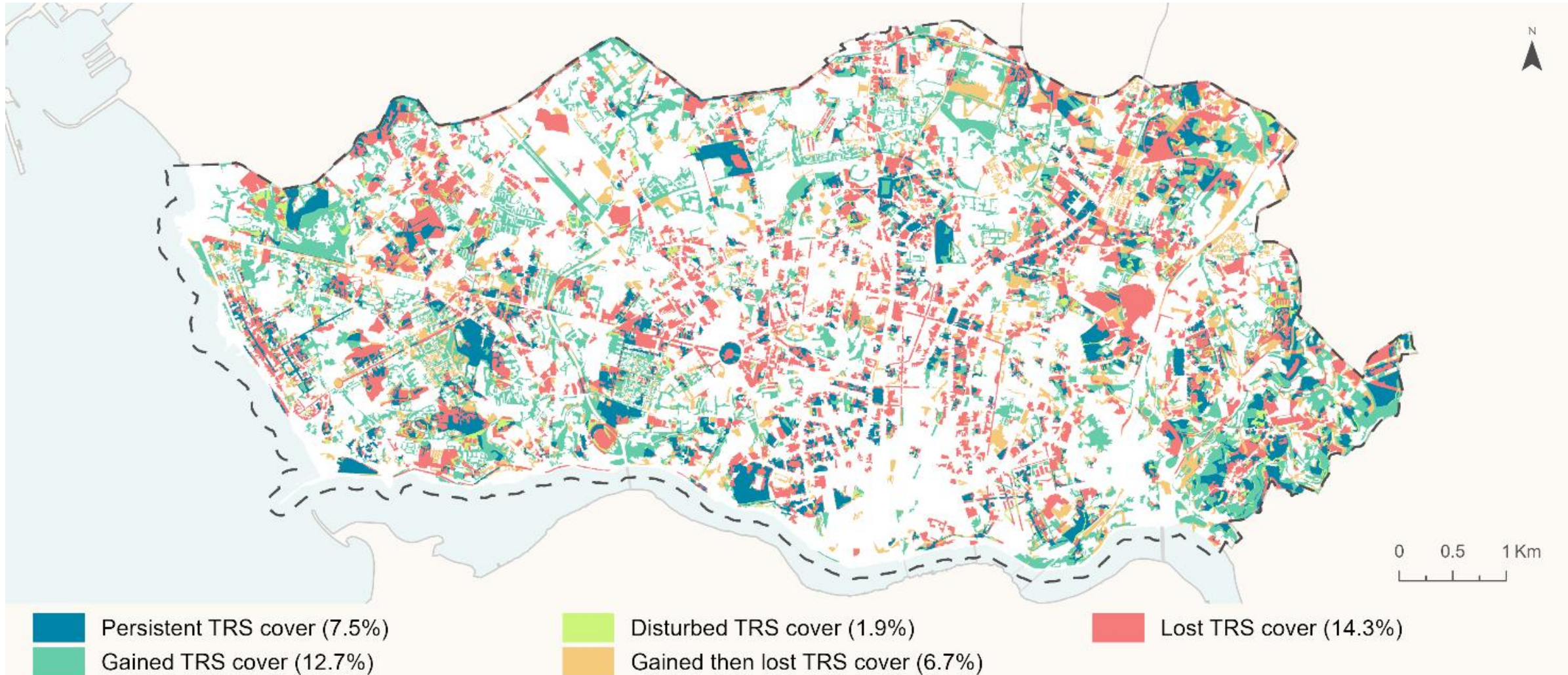
5

6

Trajetórias de cobertura do solo como indicador de persistência de habitats urbanos

# Resultados

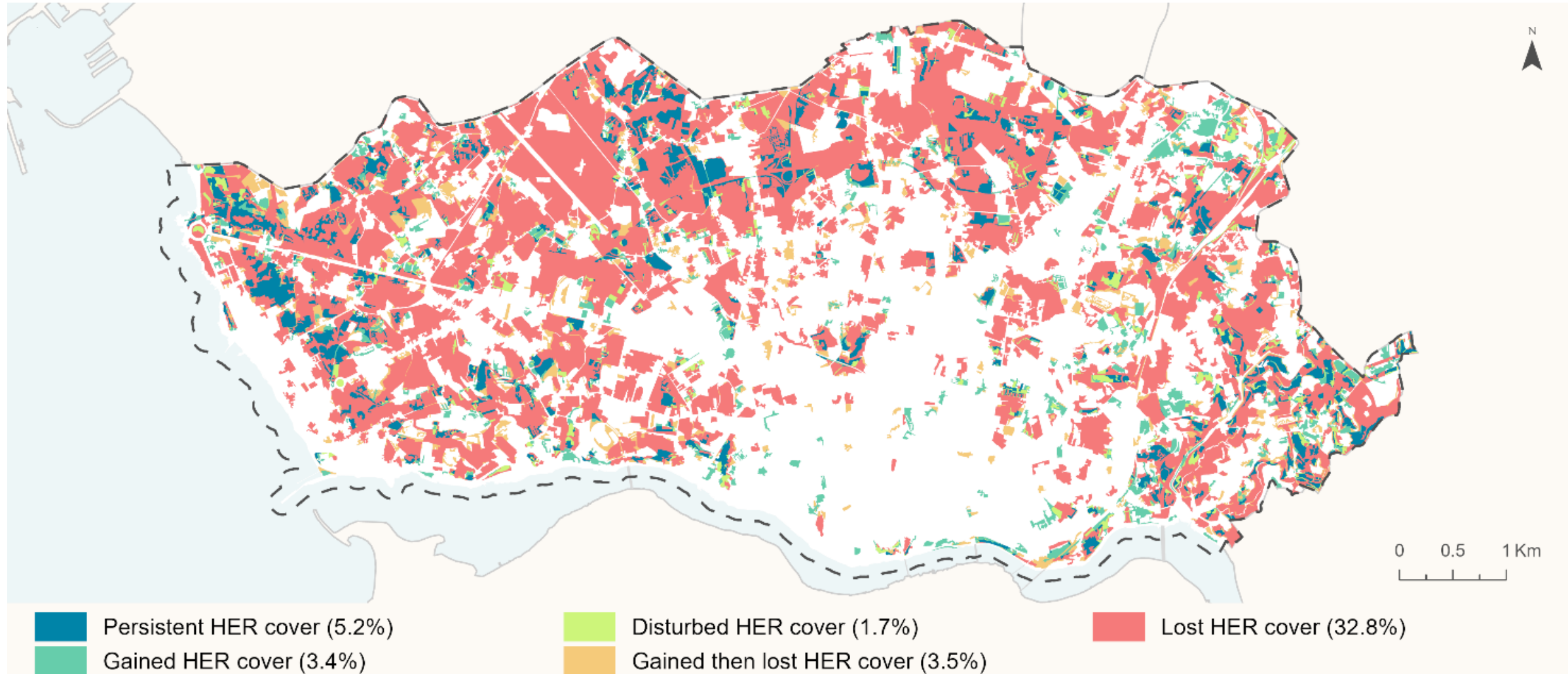
Mudanças no coberto arbóreo/arbustivo



Trajetórias de cobertura do solo como indicador de persistência de habitats urbanos

# Resultados

Mudanças no coberto herbáceo



1

2

3

4

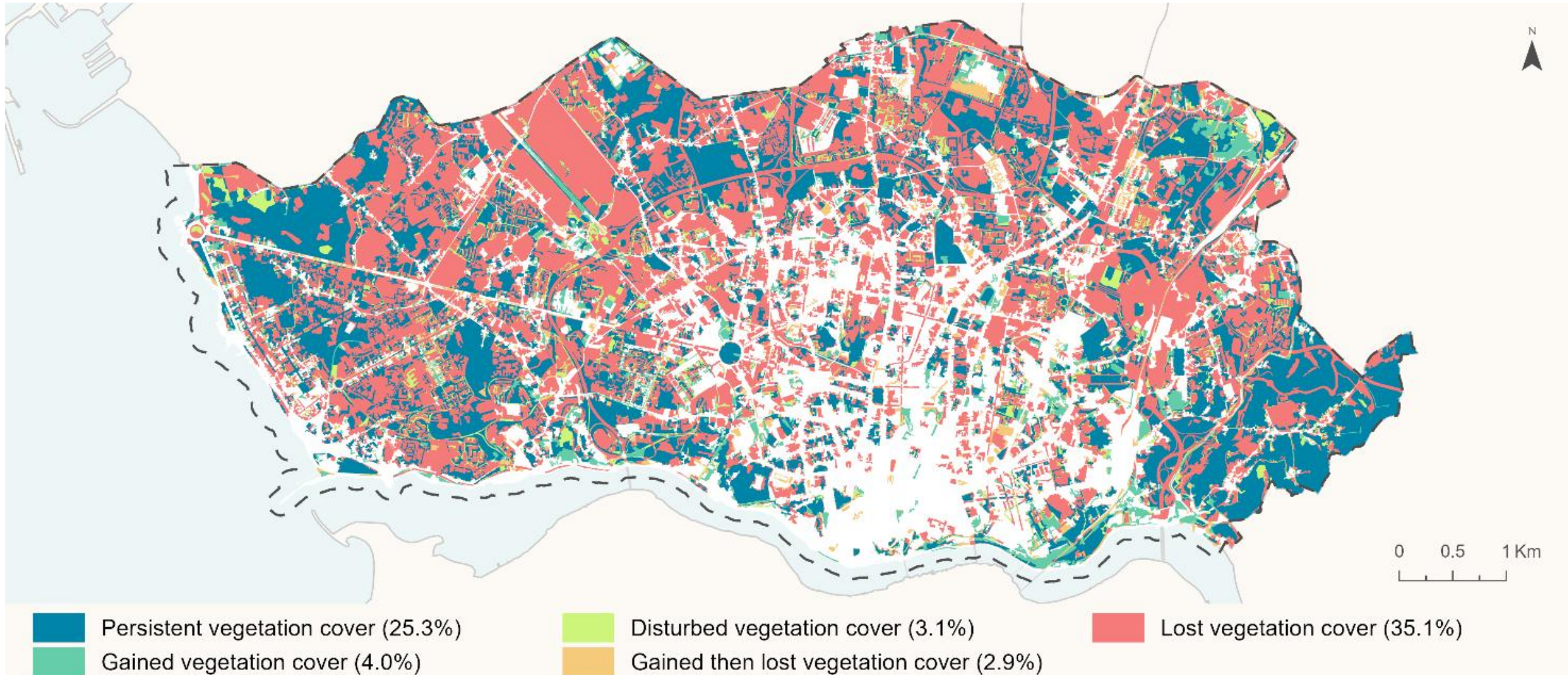
5

6

Trajetórias de cobertura do solo como indicador de persistência de habitats urbanos

# Resultados

Mudanças no coberto vegetal



1

2

3

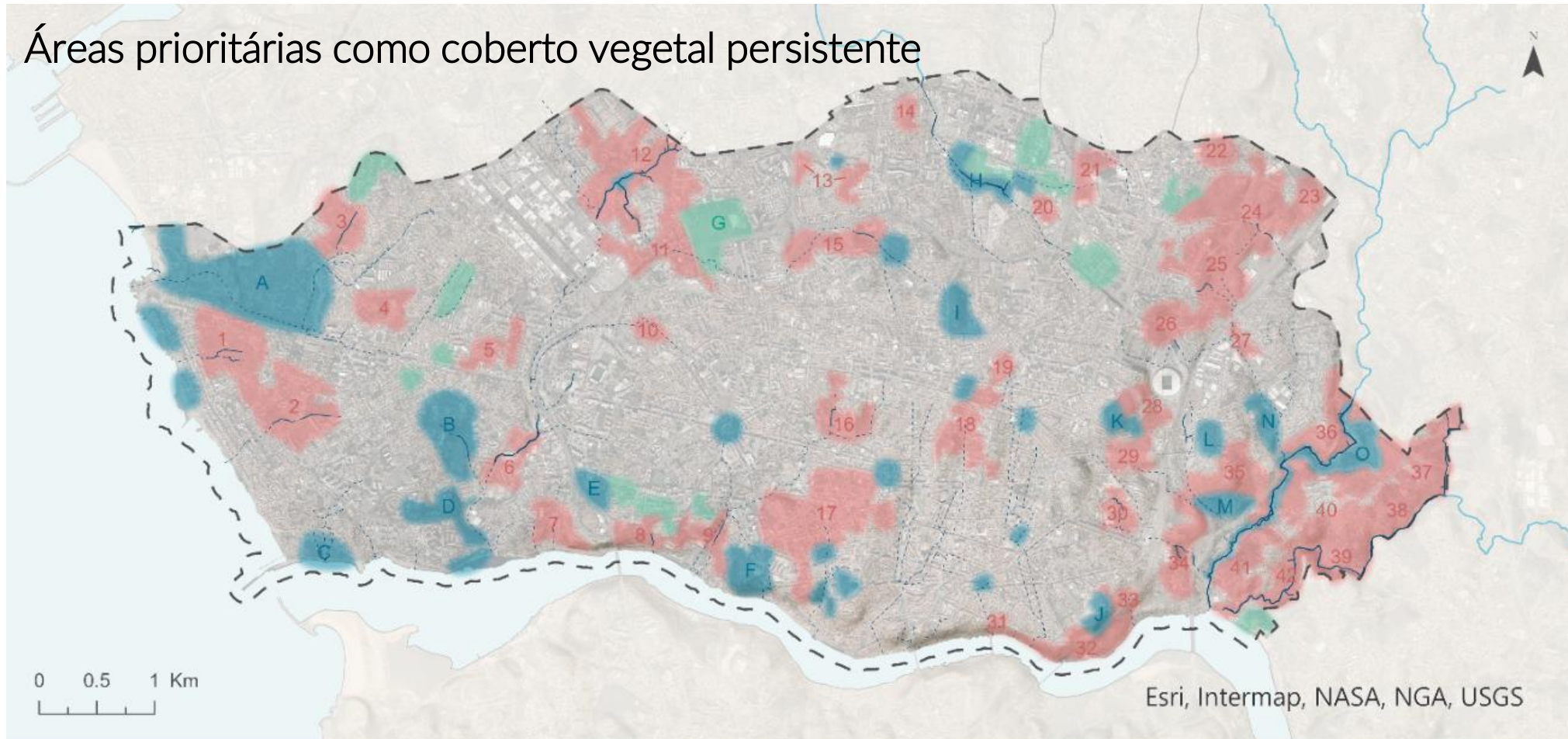
4

5

6

# Resultados

Áreas prioritárias como coberto vegetal persistente



- Most vulnerable to habitat destruction
- Moderately vulnerable to habitat destruction
- Least vulnerable to habitat destruction

1

2

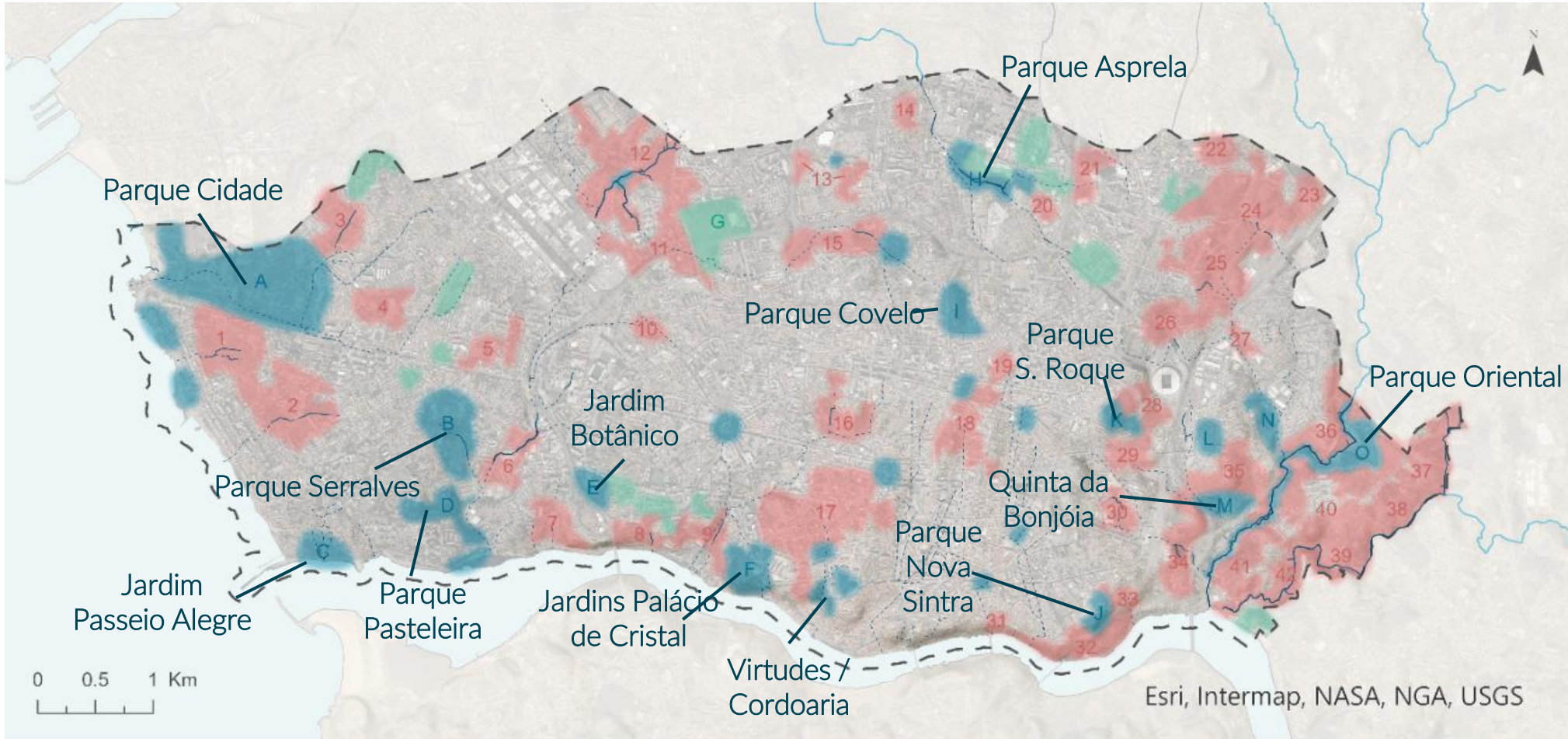
3

4

5

6

# Resultados



1

2

3

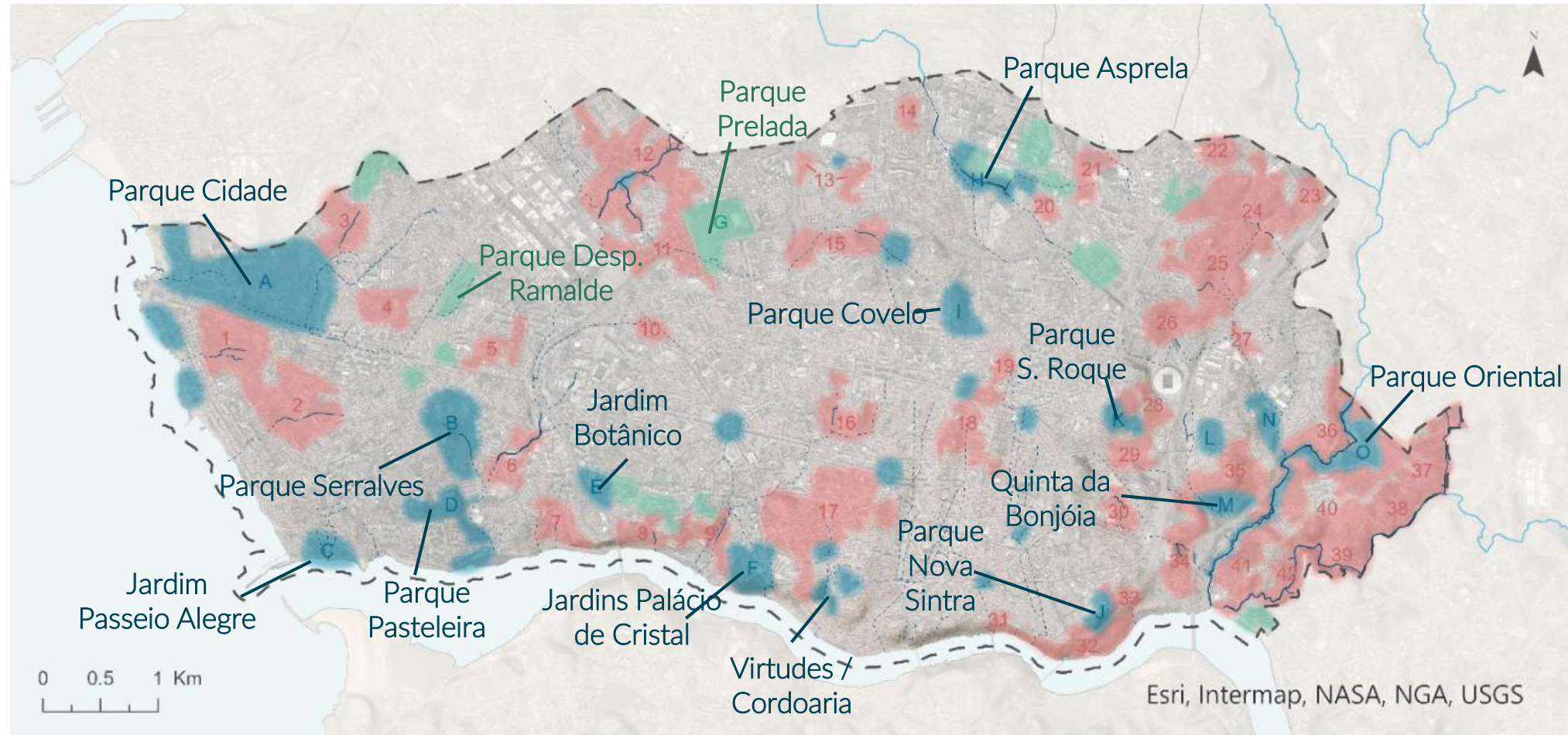
4

5

6

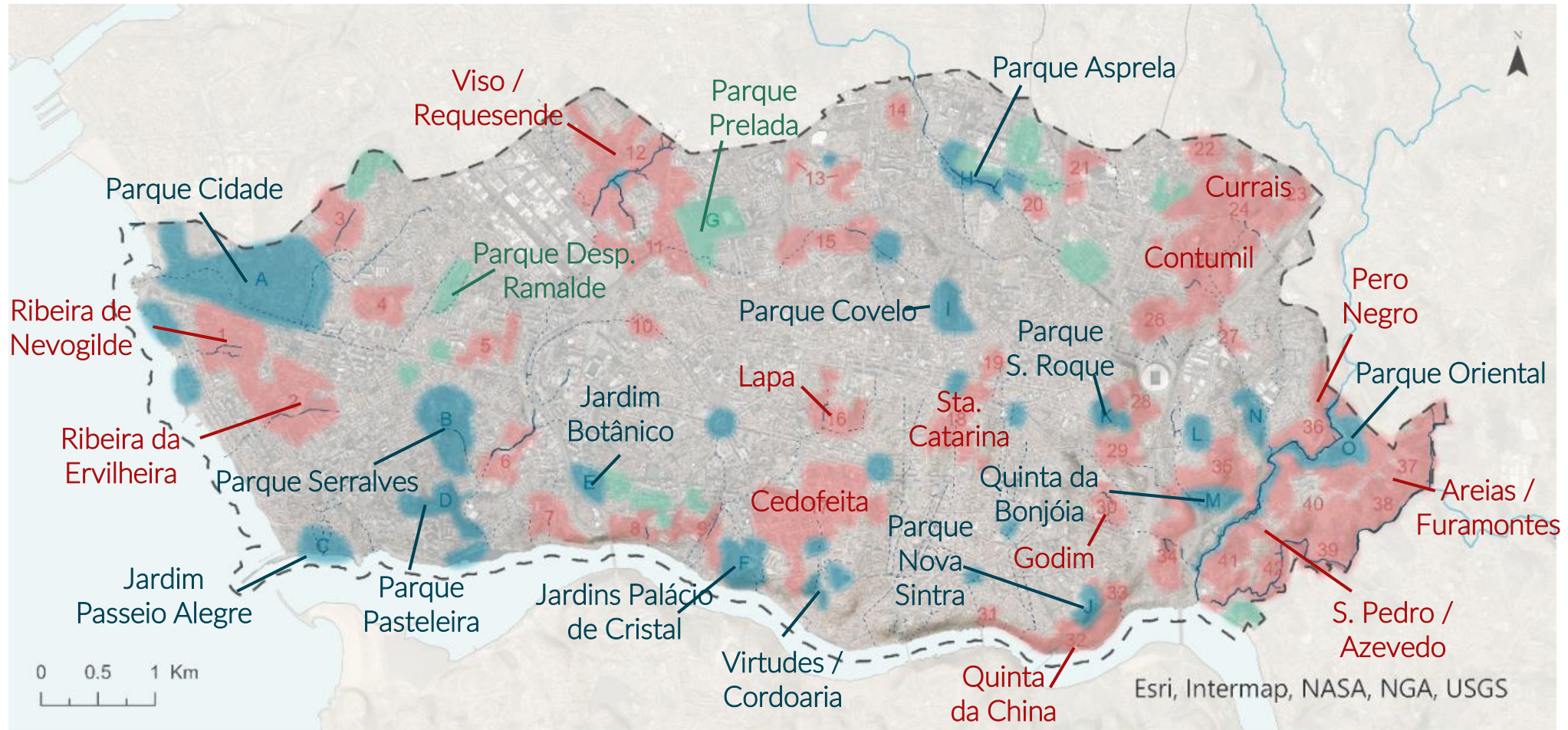
Trajetórias de cobertura do solo como indicador de persistência de habitats urbanos

# Resultados



- Most vulnerable to habitat destruction
- Moderately vulnerable to habitat destruction
- Least vulnerable to habitat destruction

# Resultados



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

1

2

3

4

5

6

# Evolução da cobertura do solo e biodiversidade no Porto

## Resposta dos vertebrados ao legado da cobertura do solo no Porto



**BIOLOGICAL  
CONSERVATION**

*Biological Conservation*, 291, 110508. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110508>

# Objetivos

Qual é a relação entre a riqueza de espécies e a evolução da cobertura do solo?

- Avaliar a ocorrência de **vertebrados** no Porto, nomeadamente aves, répteis e anfíbios;
- Testar a influência do **legado e idade da cobertura do solo** na riqueza de espécies de vertebrados;
- Identificar **áreas prioritárias** para a conservação da biodiversidade urbana no Porto.

1

2

3

4

5

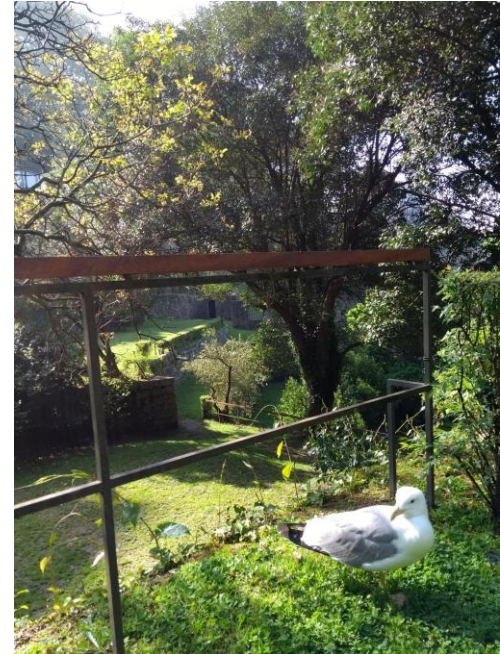
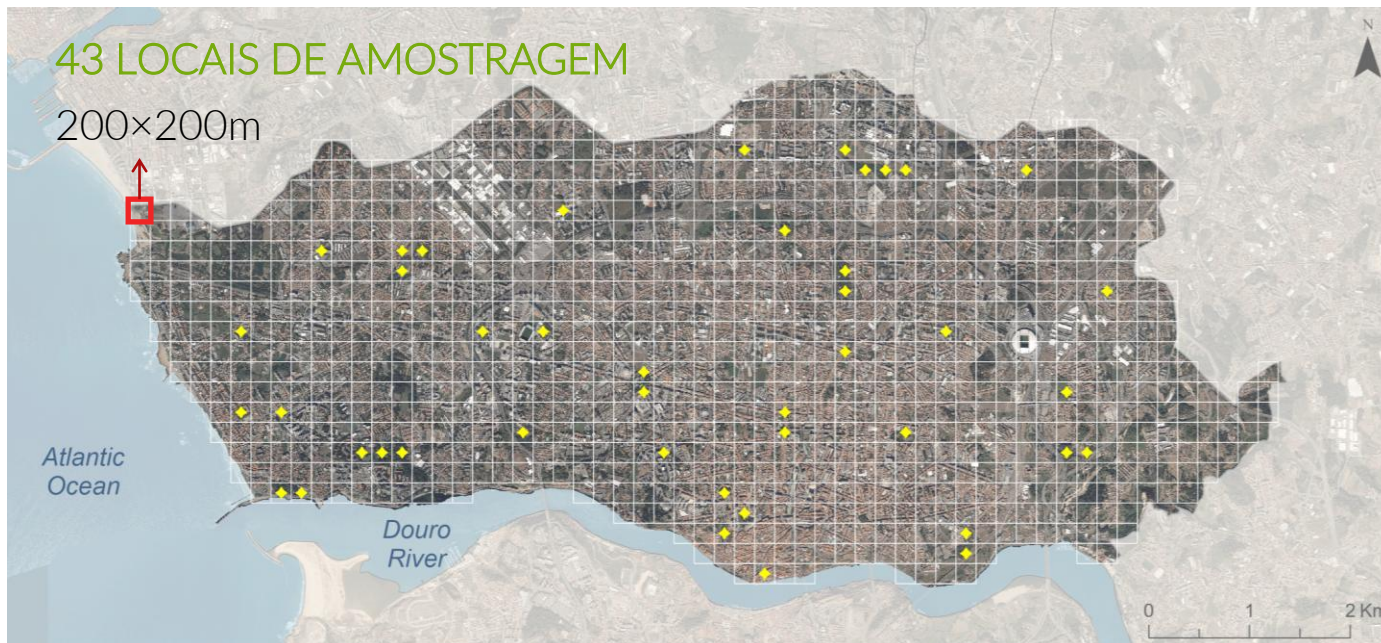
6

Resposta dos vertebrados ao legado da cobertura do solo

# Métodos

Variáveis resposta | Riqueza específica

- AVES
- RÉPTEIS
- ANFÍBIOS



1

2

3

4

5

6

Resposta dos vertebrados ao legado da cobertura do solo

# Métodos

Variáveis explicativas

- Cobertura do solo atual
- Cobertura do solo no passado
- Idade do coberto vegetal
- Tendência de mudança do coberto vegetal
- Presença de elementos de água



Modelação

## INFERÊNCIA MULTI-MODELO

- Modelos Lineares Generalizados (GLM)
- Modelo médio – utilizado para as previsões espaciais

# Resultados



Efeito da cobertura do solo na riqueza específica

## POSITIVO

Coberto vegetal em 2019

Coberto vegetal em 1947

Coberto vegetal persistente

Coberto vegetal ganho

Coberto vegetal perturbado

Coberto vegetal perdido

## NEGATIVO

Coberto artificial em 2019

Coberto artificial em 1947

*legado da  
cobertura do solo*

1

2

3

4

5

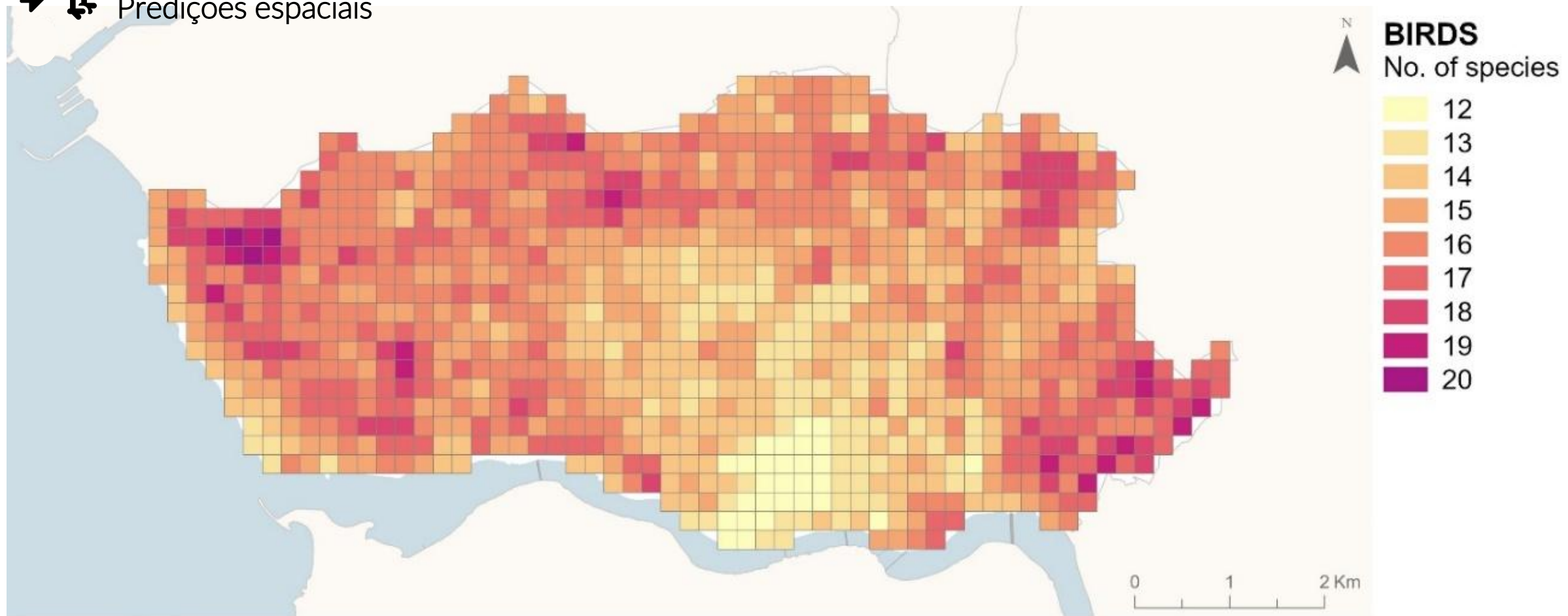
6

Resposta dos vertebrados ao legado da cobertura do solo

# Resultados



Predições espaciais



1

2

3

4

5

6

# Resultados



Efeito da cobertura do solo na riqueza específica

## POSITIVO

Coberto vegetal em 2019

Coberto lenhoso em 2019

Coberto herbáceo em 2019

Coberto vegetal em 1979

Coberto vegetal em 1947

## NEGATIVO

Coberto artificial em 1979

Coberto artificial em 1947

*legado da  
cobertura do solo*

1

2

3

4

5

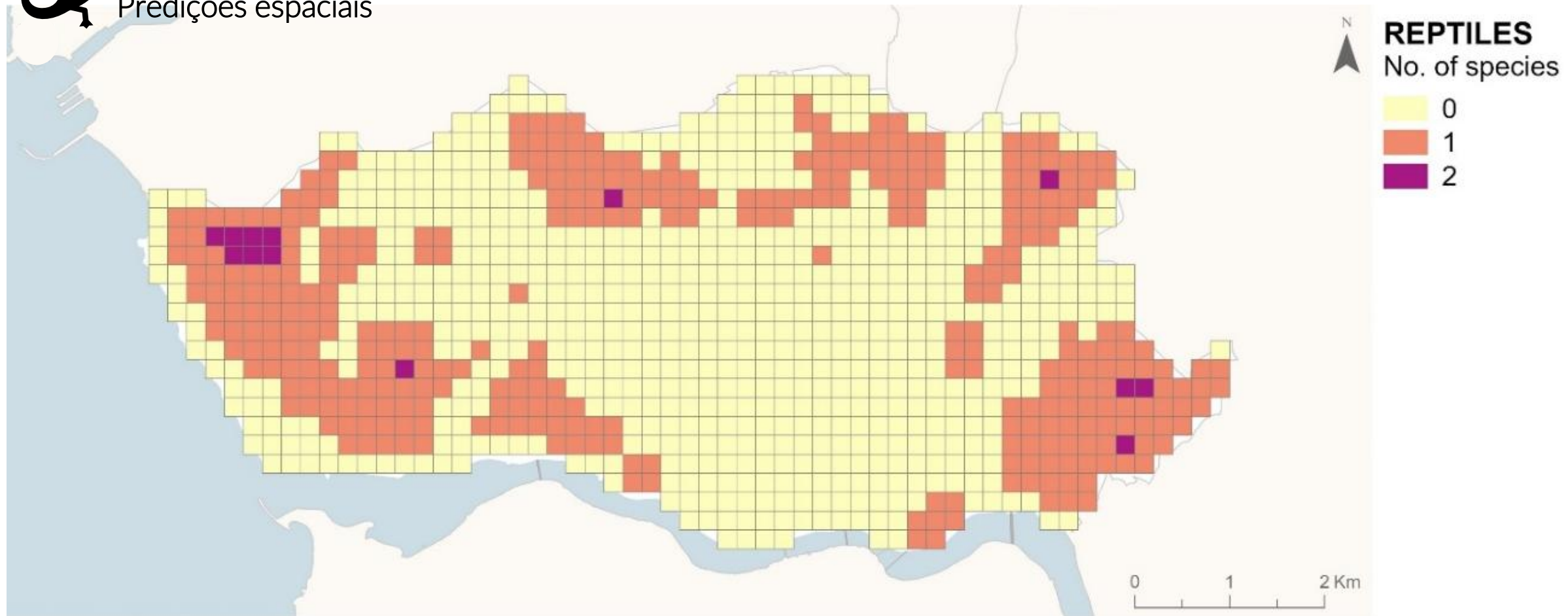
6

Resposta dos vertebrados ao legado da cobertura do solo

# Resultados



Predições espaciais



1

2

3

4

5

6

# Resultados



Efeito da cobertura do solo na riqueza específica

## POSITIVO

Presença de água

Coberto vegetal +72 anos

Coberto vegetal 40-71 anos

Coberto lenhoso em 1979

Coberto lenhoso persistente

Coberto lenhoso ganho

Coberto lenhoso +72 anos

Coberto lenhoso 40-71 anos

*legado da  
cobertura do solo*

## NEGATIVO

Coberto vegetal 0-39 anos

Coberto lenhoso 0-39 anos

Coberto herbáceo em 1979

Coberto lenhoso perturbado

Coberto lenhoso perdido

1

2

3

4

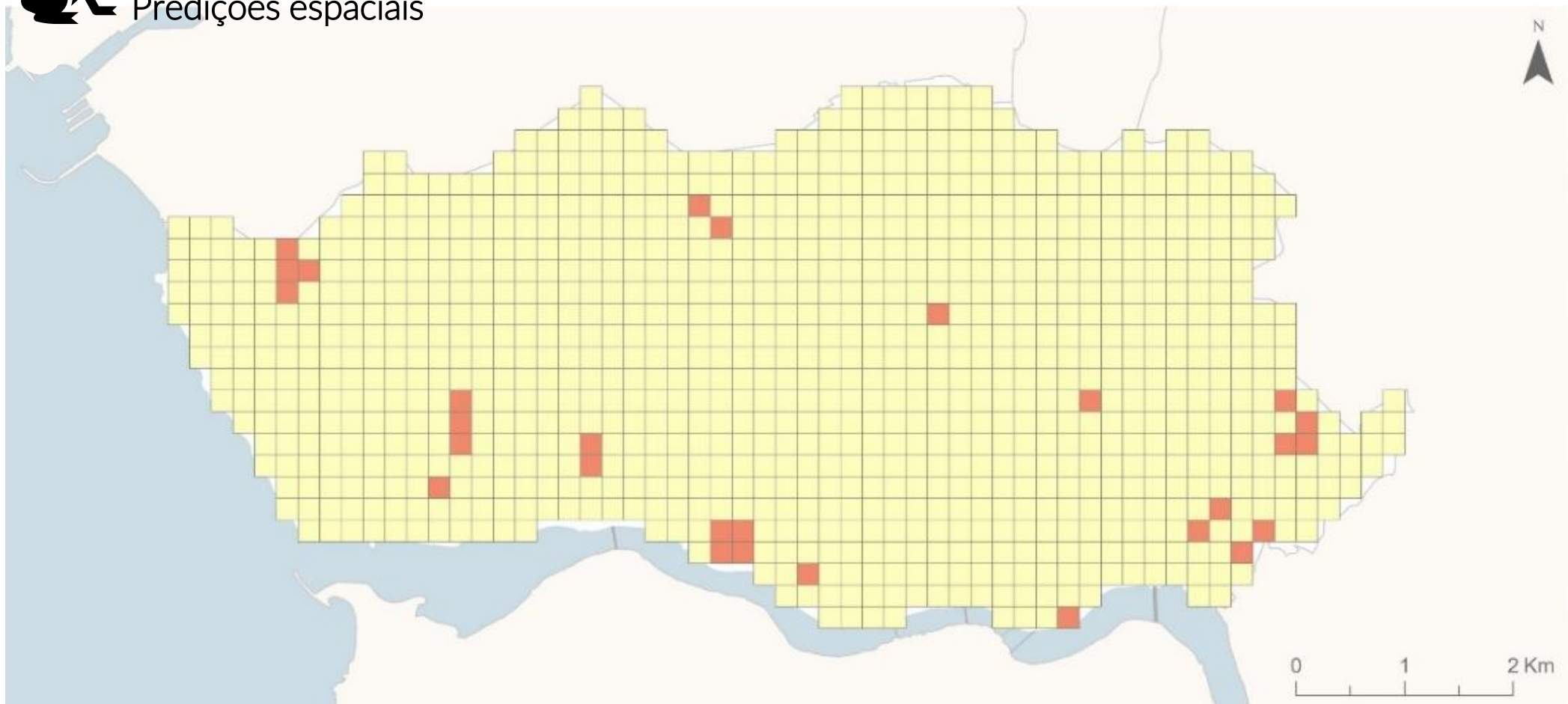
5

6

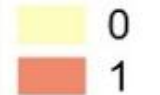
# Resultados



Predições espaciais



**AMPHIBIANS**  
No. of species

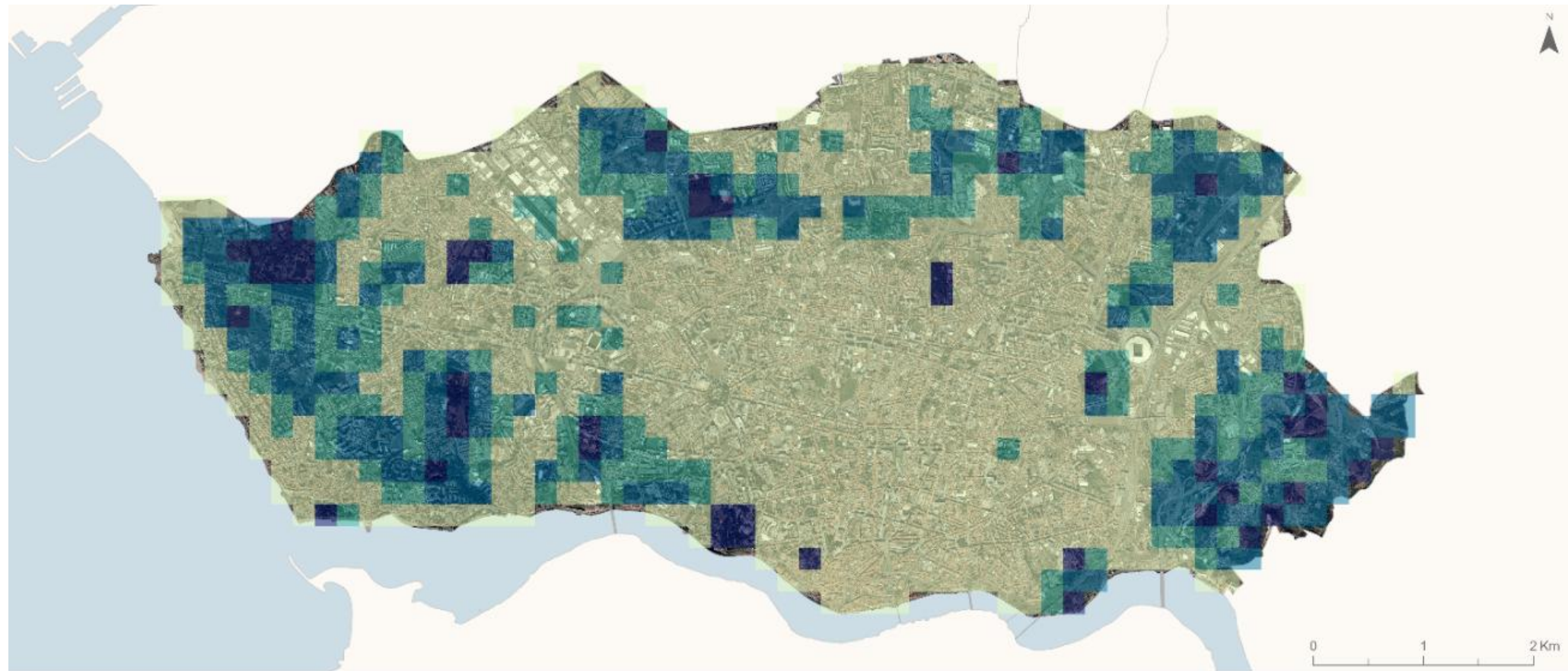


- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Resposta dos vertebrados ao legado da cobertura do solo

# Resultados

Identificação de áreas prioritárias para conservação



Priority scores:

Top priority

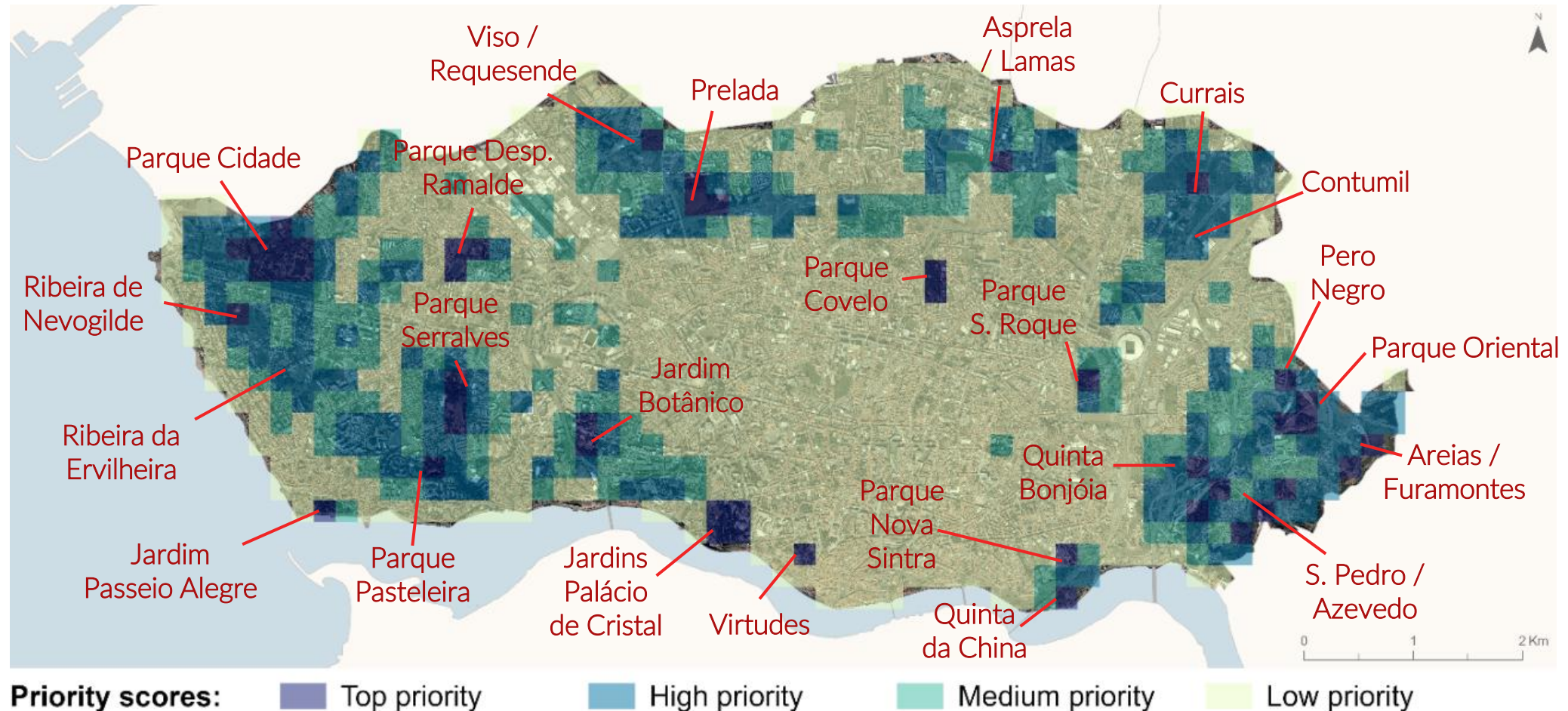
High priority

Medium priority

Low priority

# Resultados

Identificação de áreas prioritárias para conservação



1

2

3

4

5

6

1

2

3

4

5

6

Evolução da cobertura do solo e biodiversidade no Porto

**Discussão e conclusão**

# Planear a infraestrutura verde urbana

COBERTO VEGETAL PERSISTENTE



ELEVADO N.º ESPÉCIES DE VERTEBRADOS

## Hotspots de Biodiversidade Urbana

- Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade urbana
- Fundamentais para a infraestrutura verde urbana
- **Áreas dominadas por herbáceas** são particularmente relevantes para prevenir a perda de comunidades faunísticas únicas e de património biológico significativo

# Planear a infraestrutura verde urbana

COBERTO VEGETAL PERSISTENTE



ELEVADO N.º ESPÉCIES DE VERTEBRADOS

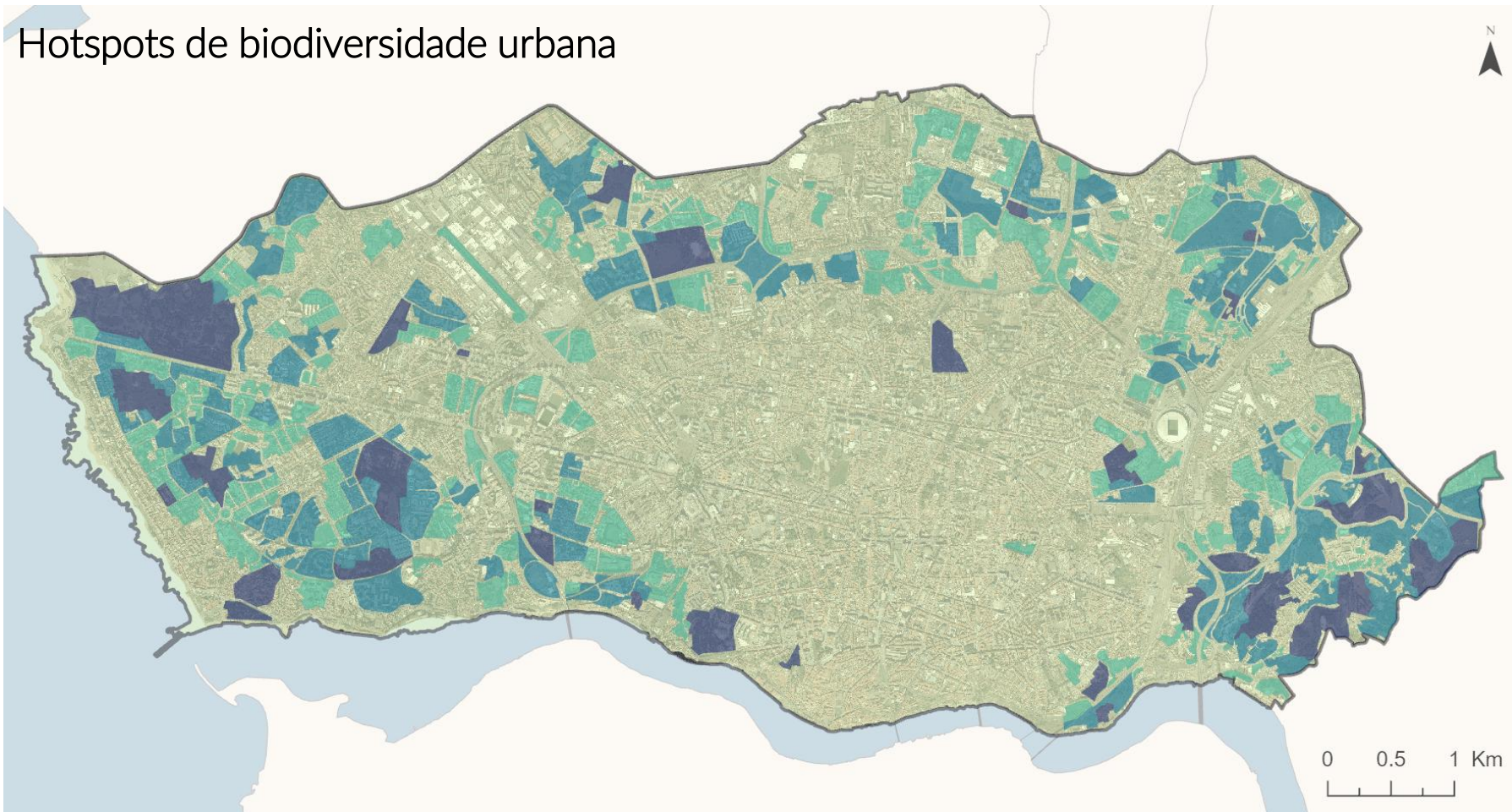
## Hotspots de Biodiversidade Urbana

- **Conectividade** deve ser promovida através de corredores verdes contínuos
- A **diversidade de habitats** de pequena escala deve ser otimizada
- Os **elementos de água** devem ser desenhados e mantidos de forma adequada

Discussão e conclusão

# Planear a infraestrutura verde urbana

COBERTO VEGETAL PERSISTENTE + ELEVADO N.º ESPÉCIES DE VERTEBRADOS



Priority scores:

Top priority

High priority

Medium priority

1

2

3

4

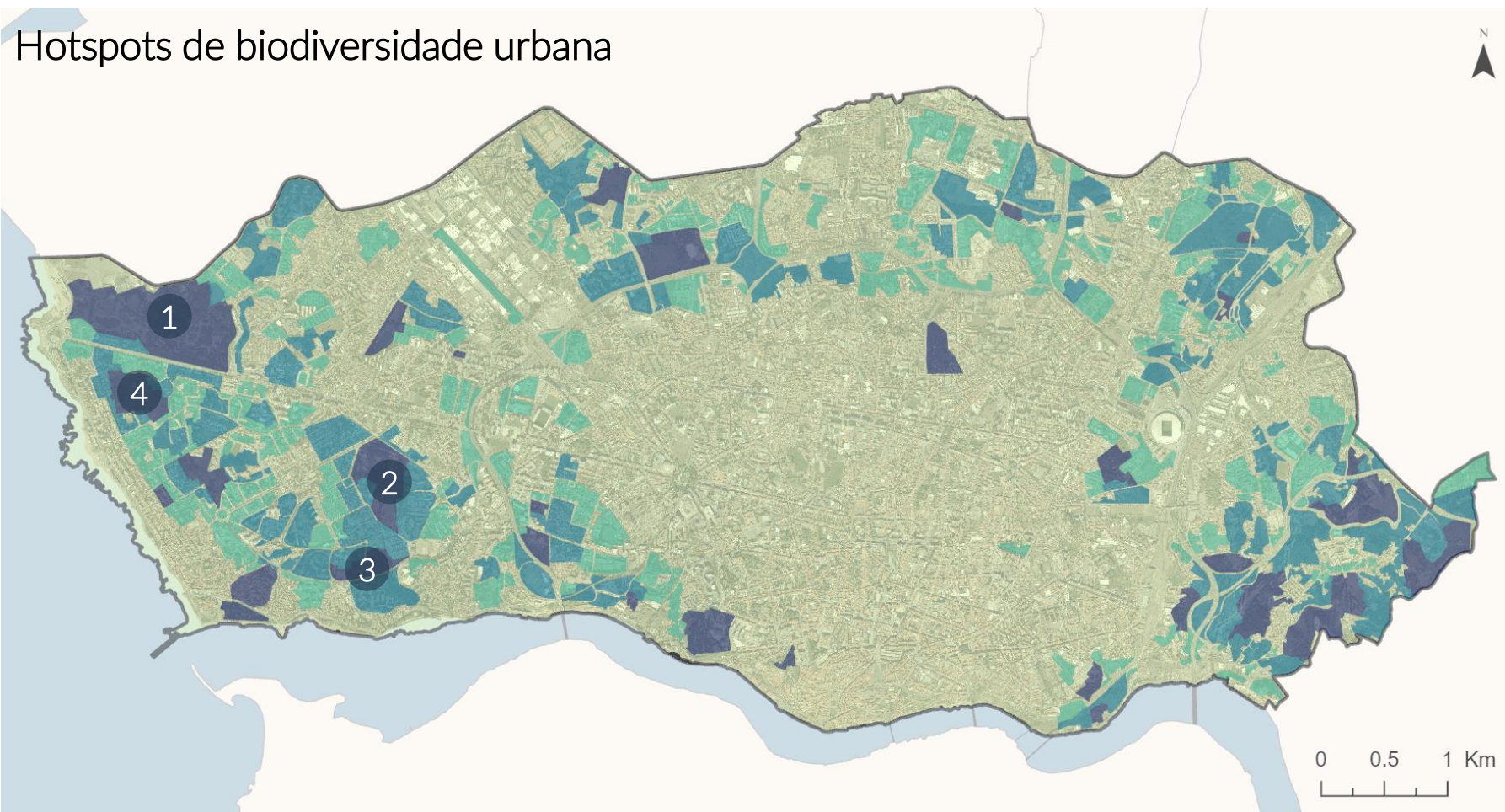
5

6

Discussão e conclusão

# Planear a infraestrutura verde urbana

COBERTO VEGETAL PERSISTENTE + ELEVADO N.º ESPÉCIES DE VERTEBRADOS

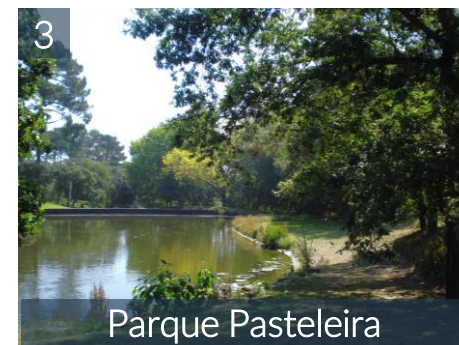


Priority scores:

Top priority

High priority

Medium priority



1

2

3

4

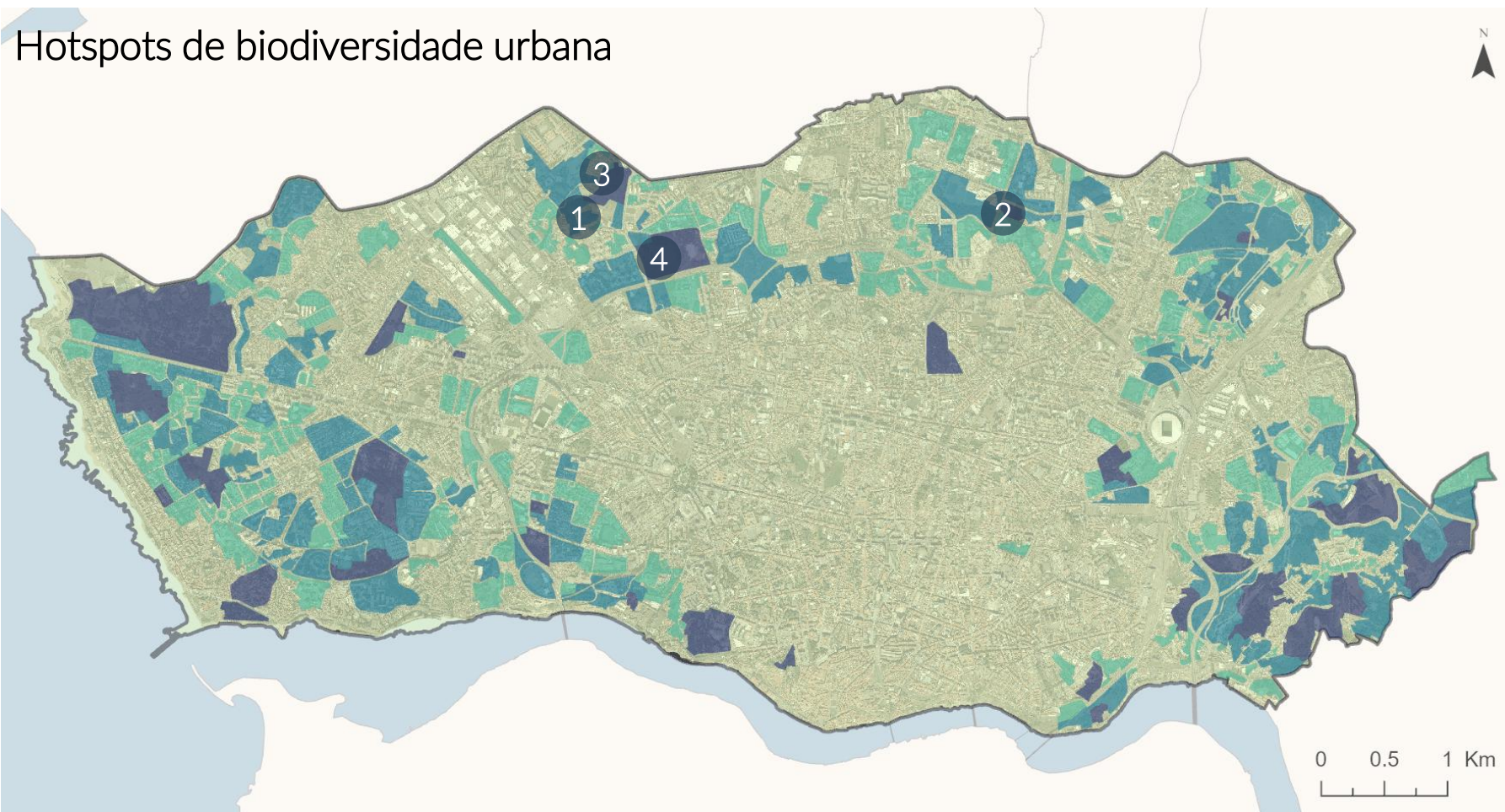
5

6

Discussão e conclusão

# Planear a infraestrutura verde urbana

COBERTO VEGETAL PERSISTENTE + ELEVADO N.º ESPÉCIES DE VERTEBRADOS



Priority scores:

Top priority

High priority

Medium priority



1

2

3

4

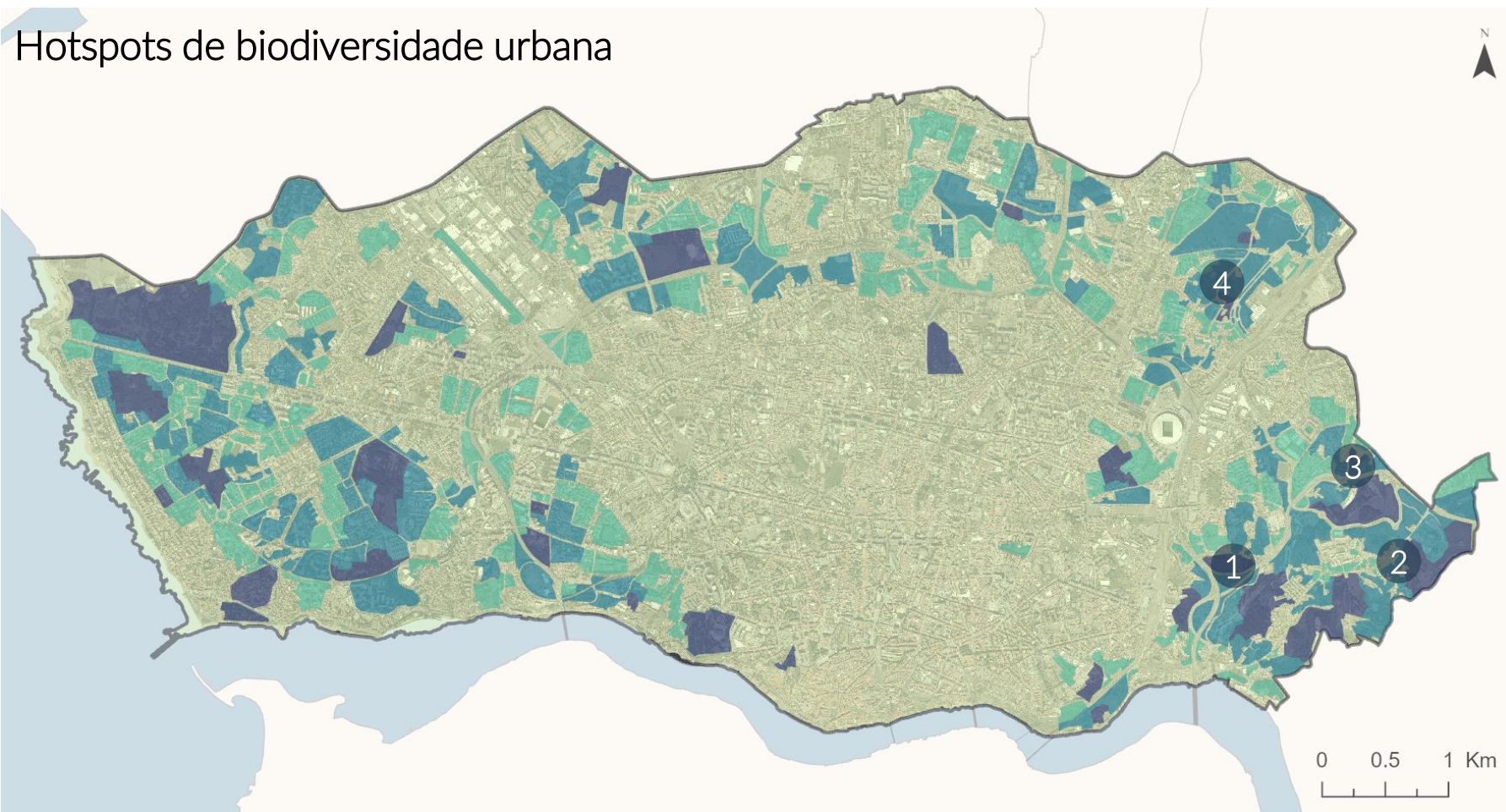
5

6

Discussão e conclusão

# Planear a infraestrutura verde urbana

COBERTO VEGETAL PERSISTENTE + ELEVADO N.º ESPÉCIES DE VERTEBRADOS

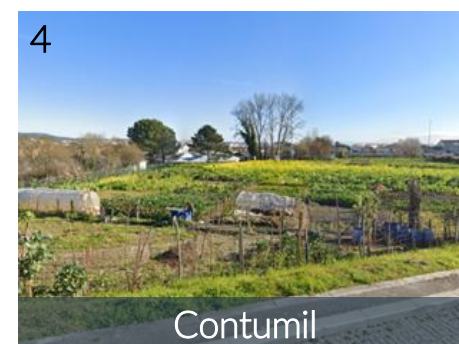
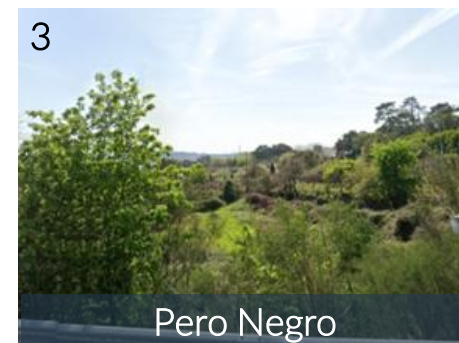


Priority scores:

Top priority

High priority

Medium priority

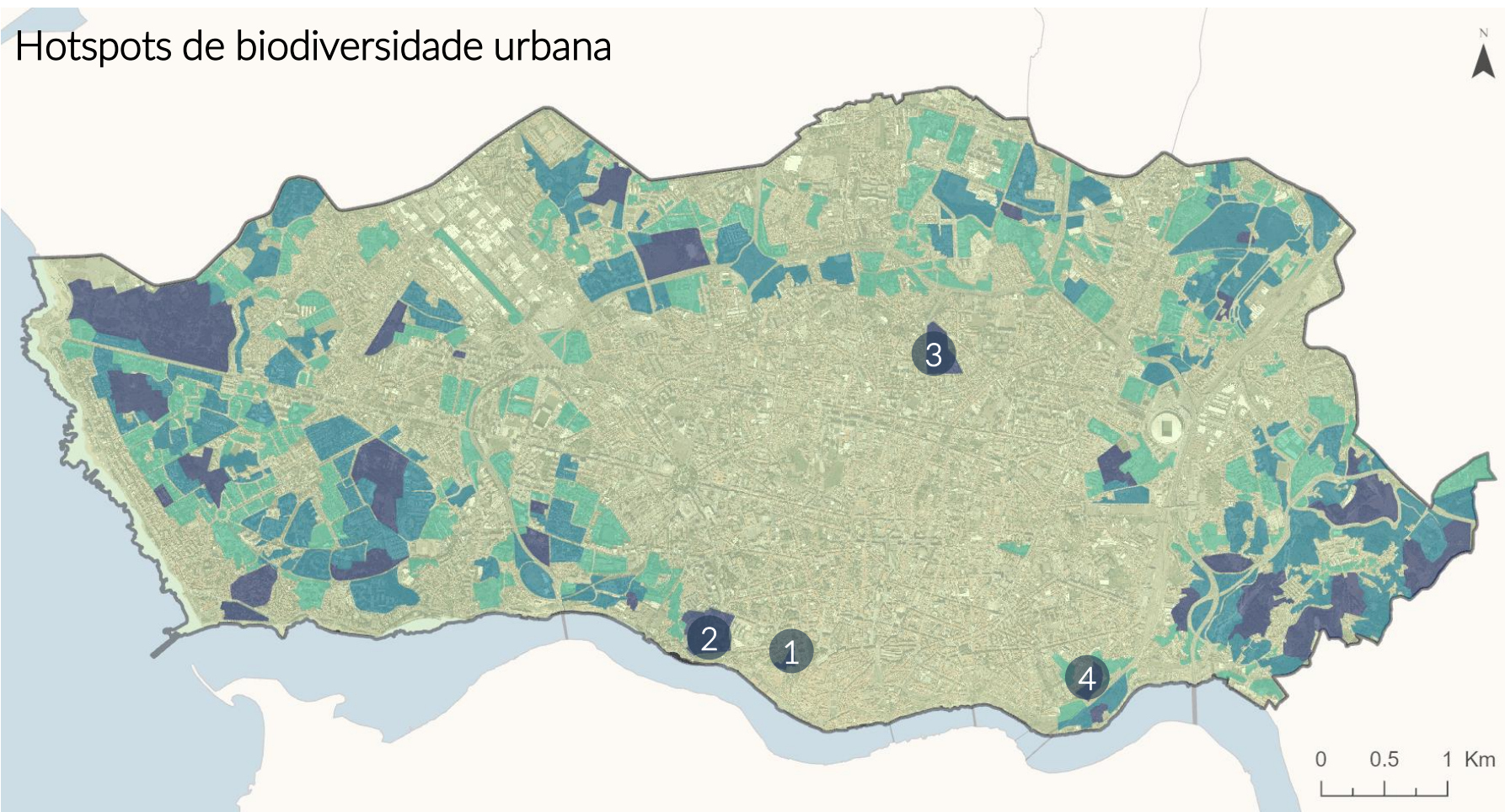


- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Discussão e conclusão

# Planear a infraestrutura verde urbana

COBERTO VEGETAL PERSISTENTE + ELEVADO N.º ESPÉCIES DE VERTEBRADOS



Priority scores:

Top priority

High priority

Medium priority

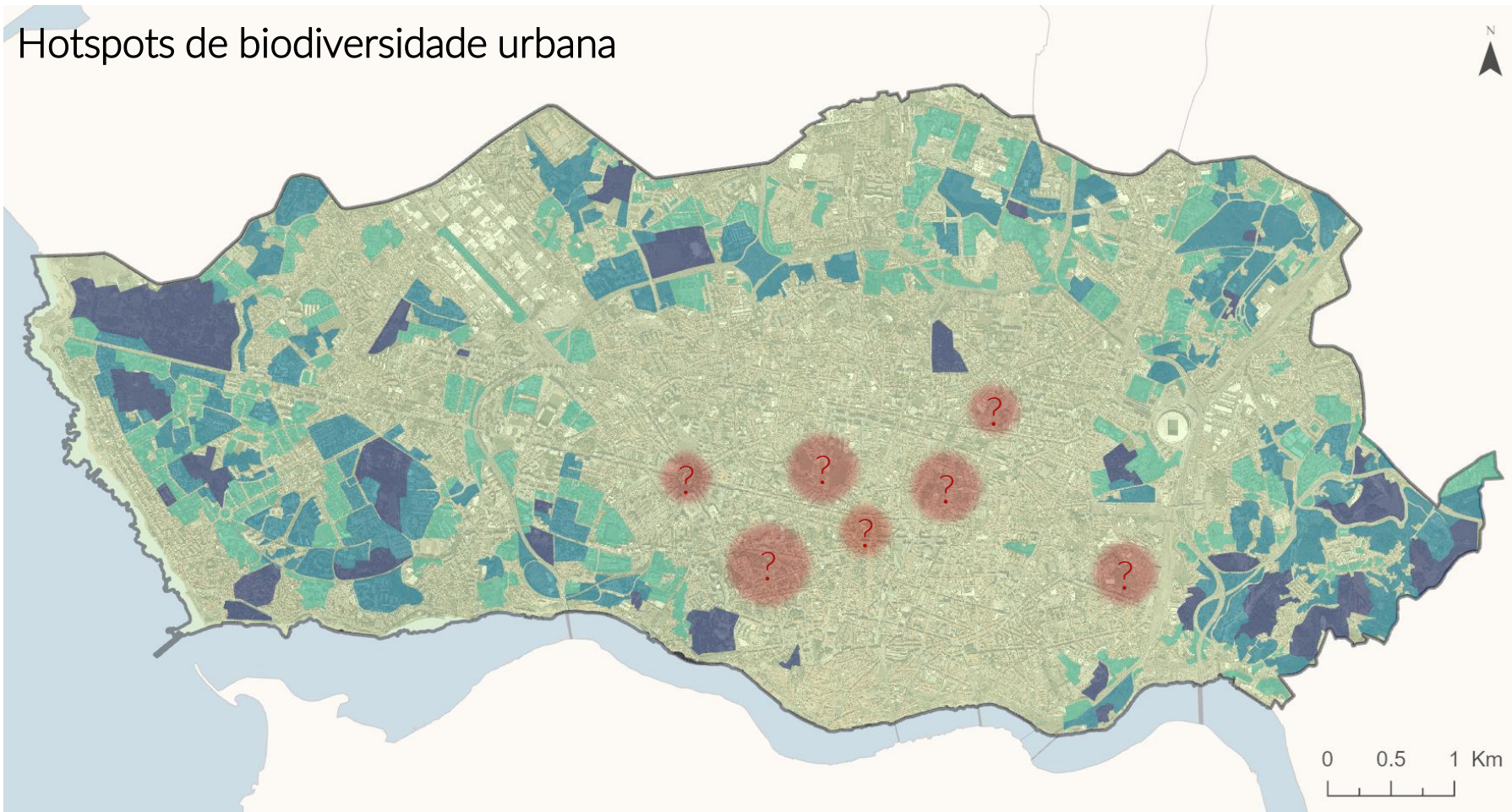


- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Discussão e conclusão

# Planear a infraestrutura verde urbana

COBERTO VEGETAL PERSISTENTE + ELEVADO N.º ESPÉCIES DE VERTEBRADOS



Priority scores:

Top priority

High priority

Medium priority

1

2

3

4

5

6

# Planear a infraestrutura verde urbana

COBERTO VEGETAL PERSISTENTE



BAIXO N.º ESPÉCIES DE VERTEBRADOS

## Áreas para Restauro do Habitat

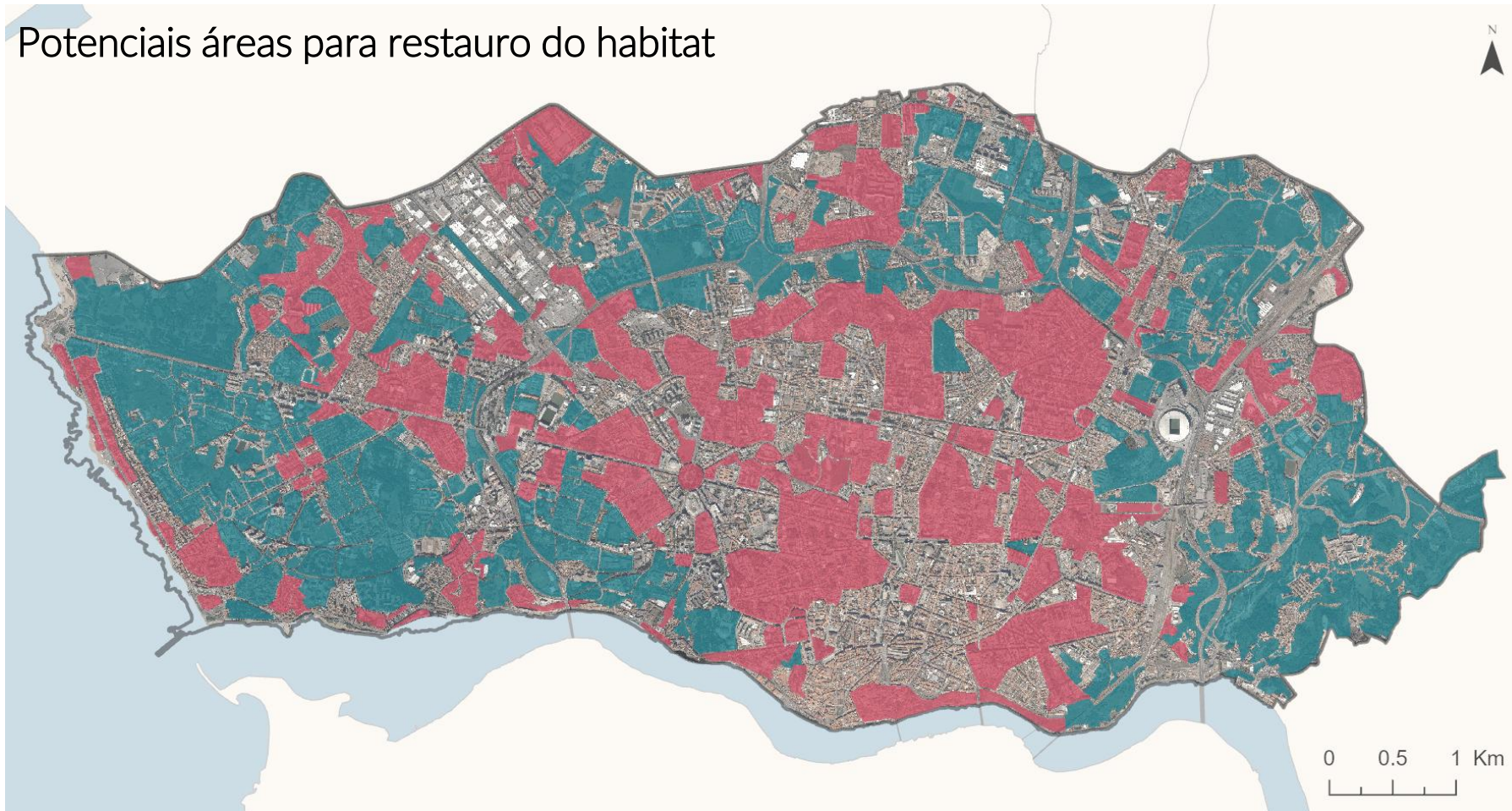
- Áreas prioritárias para **restauro ecológico**
- Maior **probabilidade de sucesso** das intervenções no habitat
- Importantes para a **conectividade** em zonas densamente urbanizadas
- Promovem a **qualidade de vida** para os cidadãos

Discussão e conclusão

# Planear a infraestrutura verde urbana

COBERTO VEGETAL PERSISTENTE + BAIXO N.º ESPÉCIES DE VERTEBRADOS

Potenciais áreas para restauro do habitat



■ Main areas for vertebrate conservation

■ Main areas for habitat restoration

1

2

3

4

5

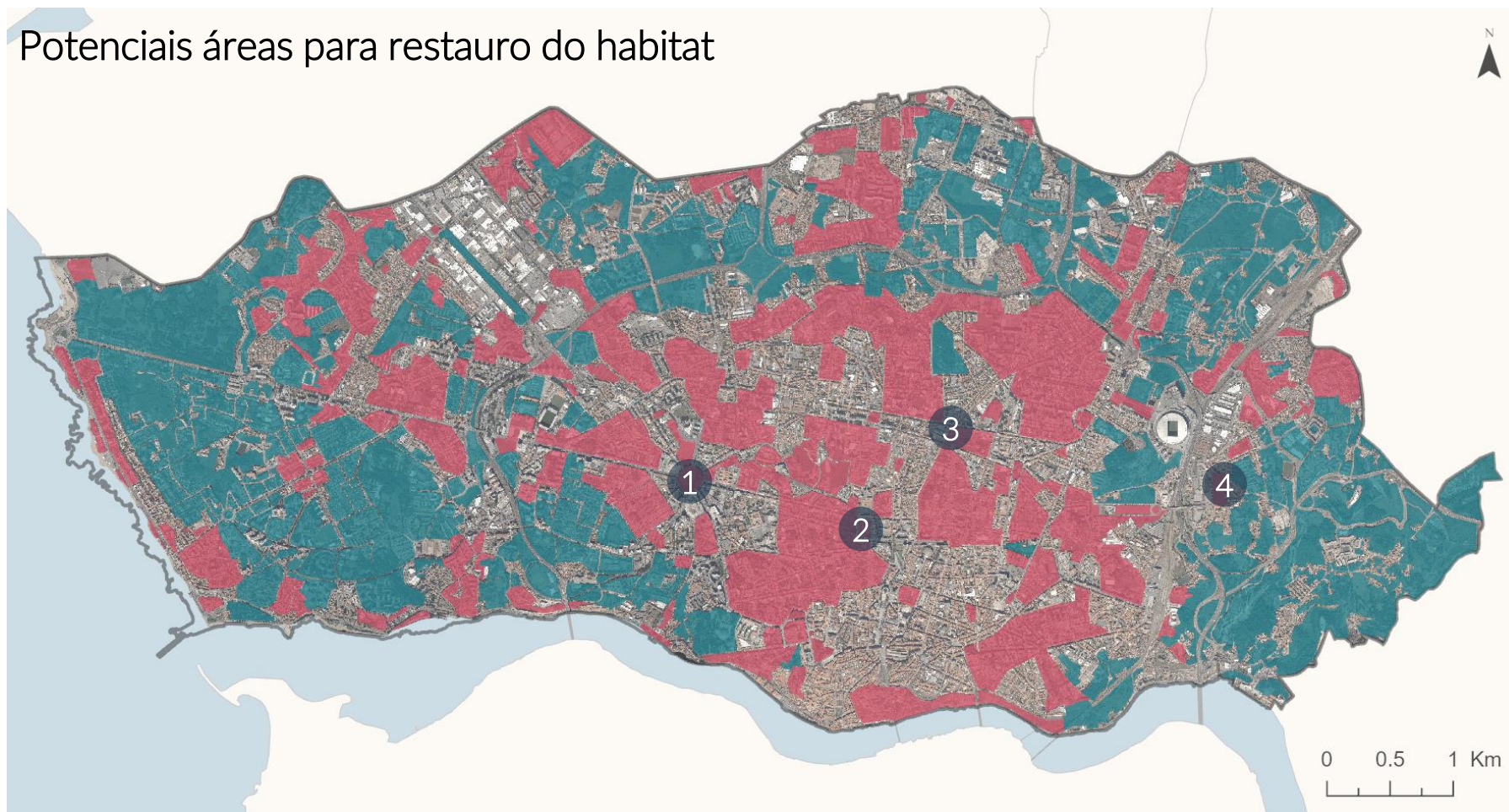
6

## Discussão e conclusão

# Planear a infraestrutura verde urbana

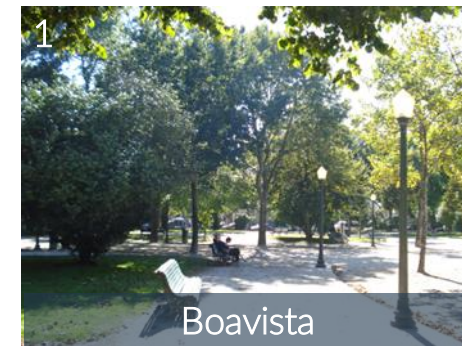
COBERTO VEGETAL PERSISTENTE + BAIXO N.º ESPÉCIES DE VERTEBRADOS

Potenciais áreas para restauro do habitat



Main areas for vertebrate conservation

Main areas for habitat restoration



1

2

3

4

5

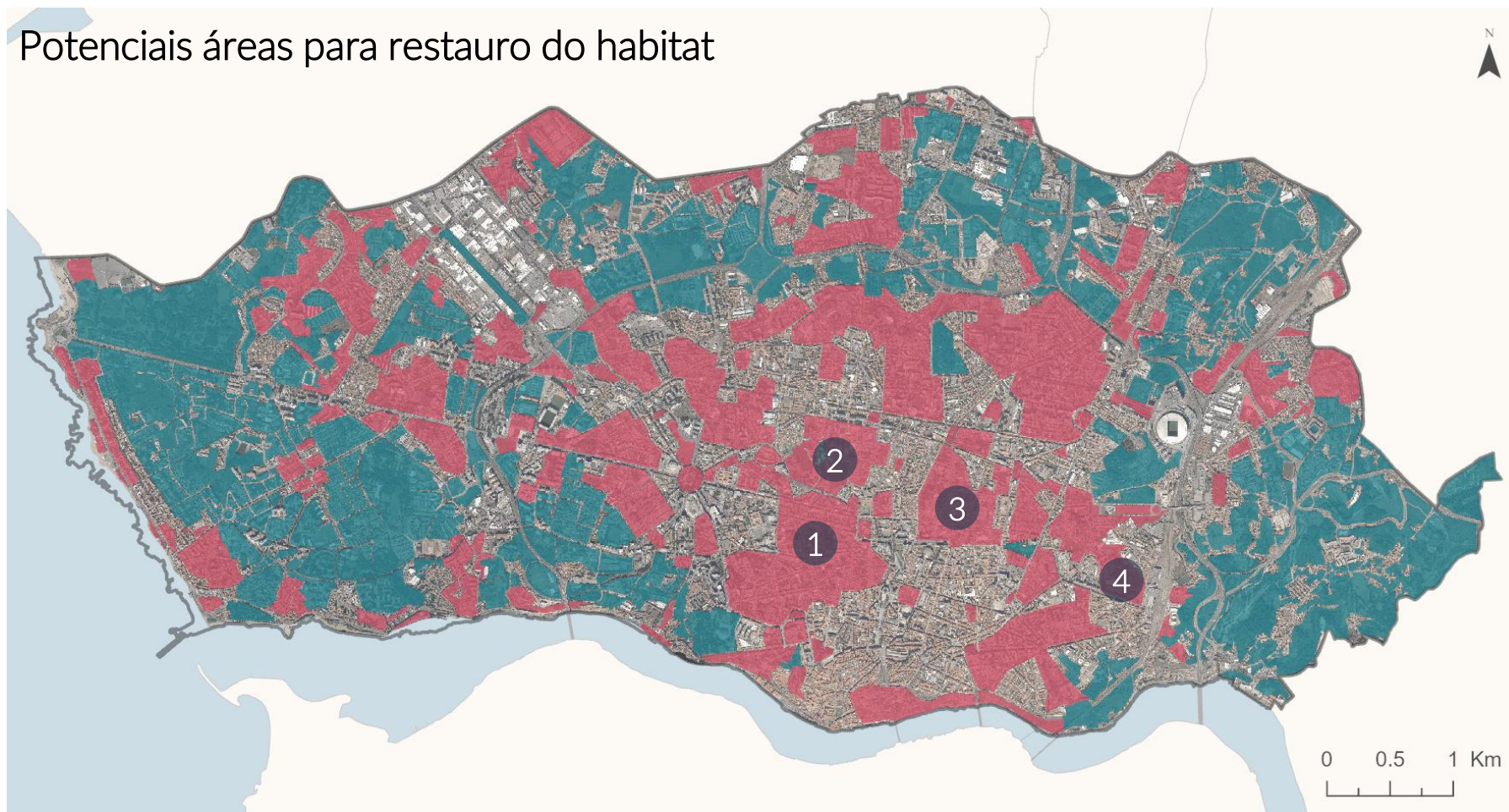
6

Discussão e conclusão

# Planear a infraestrutura verde urbana

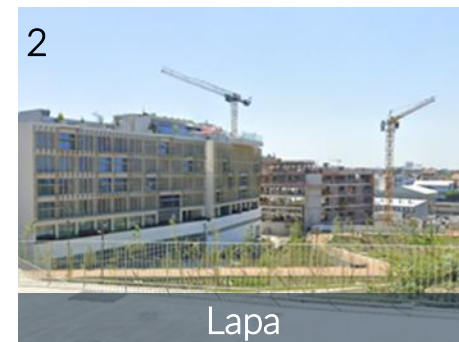
COBERTO VEGETAL PERSISTENTE + BAIXO N.º ESPÉCIES DE VERTEBRADOS

Potenciais áreas para restauro do habitat



Main areas for vertebrate conservation

Main areas for habitat restoration



1

2

3

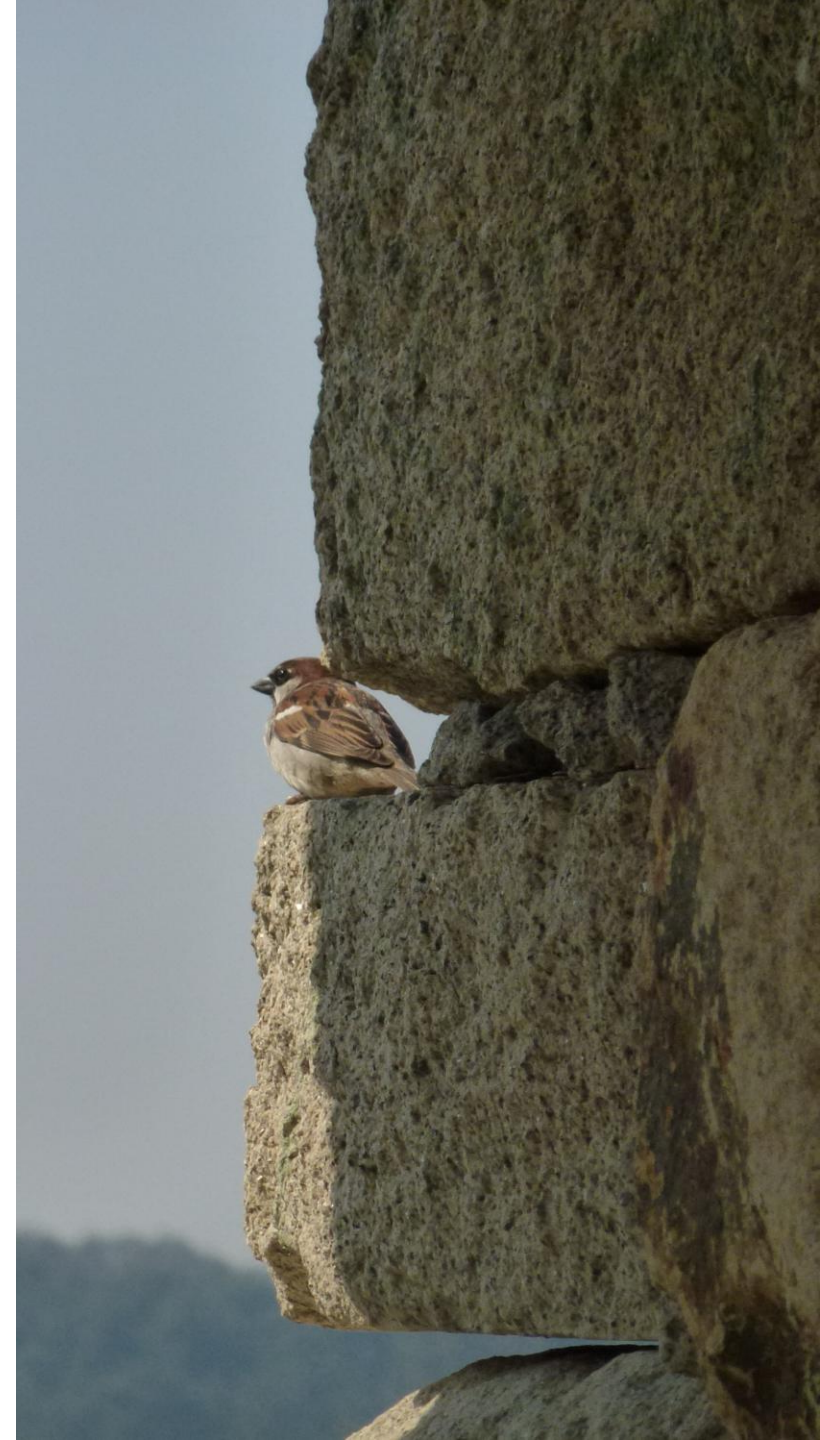
4

5

6

# Principais conclusões

- Foi demonstrada a relevância de uma **abordagem temporal** para estudo de áreas urbanas
- Todos os grupos de fauna estudados revelaram uma **relação com a cobertura do solo no passado e com a cobertura do solo persistente**



1

2

3

4

5

6

# Principais conclusões

- Os **anfíbios e répteis** são particularmente sensíveis à perda e fragmentação do habitat
- As espécies de aves associadas a **prados e matos** são extremamente raras



# Principais conclusões

- Os **habitats herbáceos persistentes** são particularmente importantes devido à sua raridade e contribuição para os níveis de biodiversidade à escala da cidade
- Os **habitats herbáceos** estão **excluídos** de programas de conservação e planeamento ambiental



Discussão e conclusão

# Recomendações

Estratégia para a biodiversidade urbana | PLANEAMENTO

- Os **habitats herbáceos persistentes** devem ser integrados em programas de planeamento urbano e conservação ambiental
- A conservação, restauro e expansão das áreas com as **espécies mais sensíveis** devem ser consideradas prioritárias



1

2

3

4

5

6

Discussão e conclusão

# Recomendações

Estratégia para a biodiversidade urbana | PLANEAMENTO

- Novas áreas verdes devem ser **criadas junto a hotspots de biodiversidade ou áreas de vegetação persistente**
- **Corredores verdes contínuos** devem ser criados para benefício de anfíbios e répteis



1

2

3

4

5

6

# Recomendações

Estratégia para a biodiversidade urbana | DESENHO & MANUTENÇÃO

- A **complexidade** estrutural e composicional dos habitats mais antigos deve ser recriada
- A **diversidade de habitats** de pequena escala deve ser promovida
- **Microhabitats artificiais** relevantes podem ser incluídos



Discussão e conclusão

# Recomendações

Estratégia para a biodiversidade urbana | DESENHO & MANUTENÇÃO

- **Habitats herbáceos** devem integrar composições diversas, plantas de diferentes alturas e múltiplos usos
- A ocorrência de diferentes combinações de **estratos verticais de vegetação** deve ser promovida
- **Árvores maduras e madeira morta** devem ser valorizadas



1

2

3

4

5

6

Discussão e conclusão

# Recomendações

Estratégia para a biodiversidade urbana | DESENVOLVIMENTO URBANO

- **Grandes áreas de vegetação contínua** devem ser preservadas aquando de novas intervenções para urbanização
- Os cidadãos devem ser incentivados a adotar **projetos e práticas favoráveis à biodiversidade**
- Devem ser oferecidos incentivos a projetos que **preservem ou melhorem a biodiversidade no local**



1

2

3

4

5

6

# Notas finais

## Contribuição para transferência de conhecimento

- “Conhecimento ecológico aplicável” em planejamento urbano
  - Escala espacial fina
  - Classificação da cobertura do solo
  - Representação espacialmente explícita
- O estudo das **trajetórias da cobertura do solo** constitui um método para avaliar o **valor da conservação da biodiversidade** em áreas urbanas por não-especialistas



Discussão e conclusão

# Notas finais

Relevância do estudo

- Aplicável a outras cidades com contexto semelhante
- Cada vez mais relevante no contexto atual de **perda de biodiversidade, emergência climática e eventos climáticos extremos**
- Fundamental para cidades mais **sustentáveis, resilientes e com melhor qualidade de vida**



1


2

3

4

5

6



Obrigada!