



Integração entre biodiversidade, geodiversidade e paisagem

Ana Silvia da Fonseca

Angela Terumi Fushita

Christian Ricardo Ribeiro

Vitor Vieira Vasconcelos

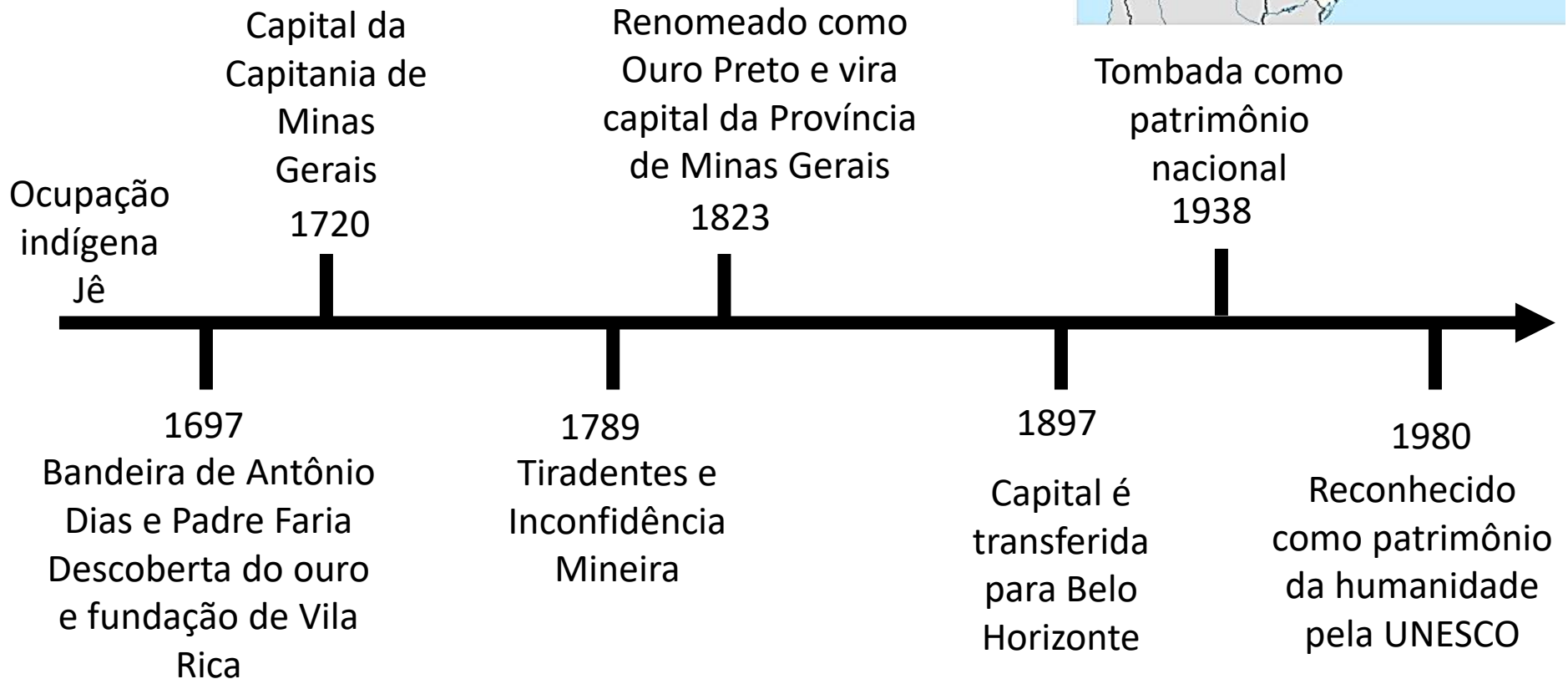
Universidade Federal do ABC

Março, 2026, São Bernardo do Campo - SP

Objetivos

- Analisar estudos de caso integrando os conteúdos de Biodiversidade, Geodiversidade e Paisagem
- Compreender a técnica de modelagem de uso do solo como uma ferramenta de análise das dinâmicas de paisagem, geodiversidade e biodiversidade

OURO PRETO



Tombamento do Patrimônio Histórico e Paisagístico



Foto: Raquel Mendes Silva

<https://www.gazetadopovo.com.br/haus/arquitetura/11-patrimonios-mundiais-humanidade-unesco-dna-brasileiro-dia-nacional-patrimonio>

Geossítios em Ouro Preto



<https://cprm.gov.br/geossit/geossitios>

Estromatólitos da Pedreira do Cumbi

2,11 bilhões de anos
(mais antigos do Brasil)



<https://cprm.gov.br/geossit/geossitios/ver/2526>



https://fossilady.files.wordpress.com/2018/02/gallery_image_6371.jpg?w=698

Gemologia

Geodiversidade e Estética



Euclásio

<https://blog.helenacristais.com.br/wp-content/uploads/2018/05/euclasio-minerale-crtstal-blog.jpg>



Cinábrio

https://pt.wikipedia.org/wiki/Cin%C3%A1brio#/media/Ficheiro:Cinnabar_on_Dolomite.jpg

Gemologia

Geodiversidade e Estética



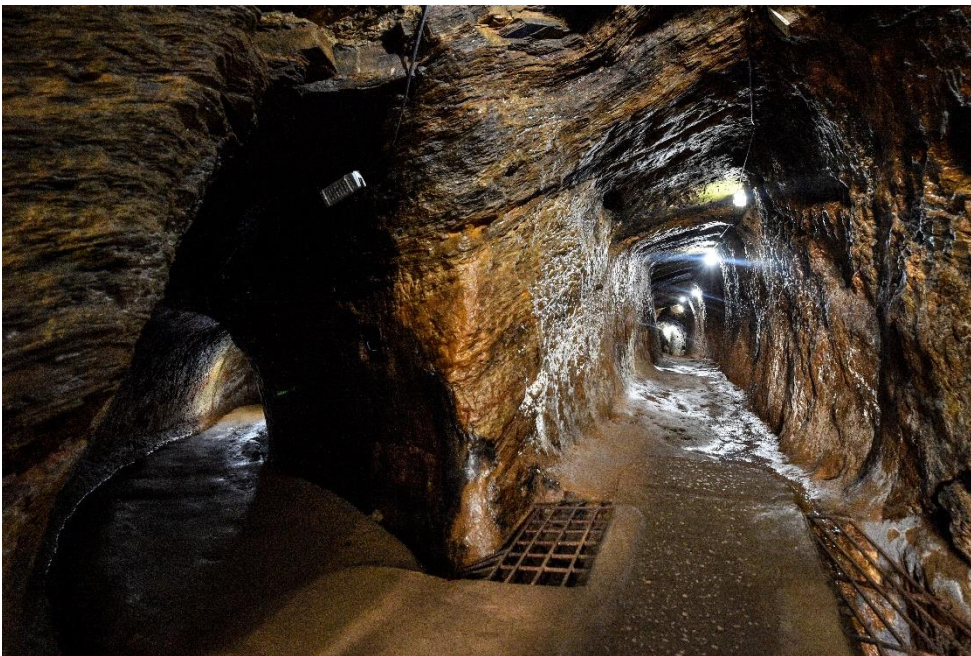
Mina do Chico Rei

Patrimônio Mineral

História dos escravos

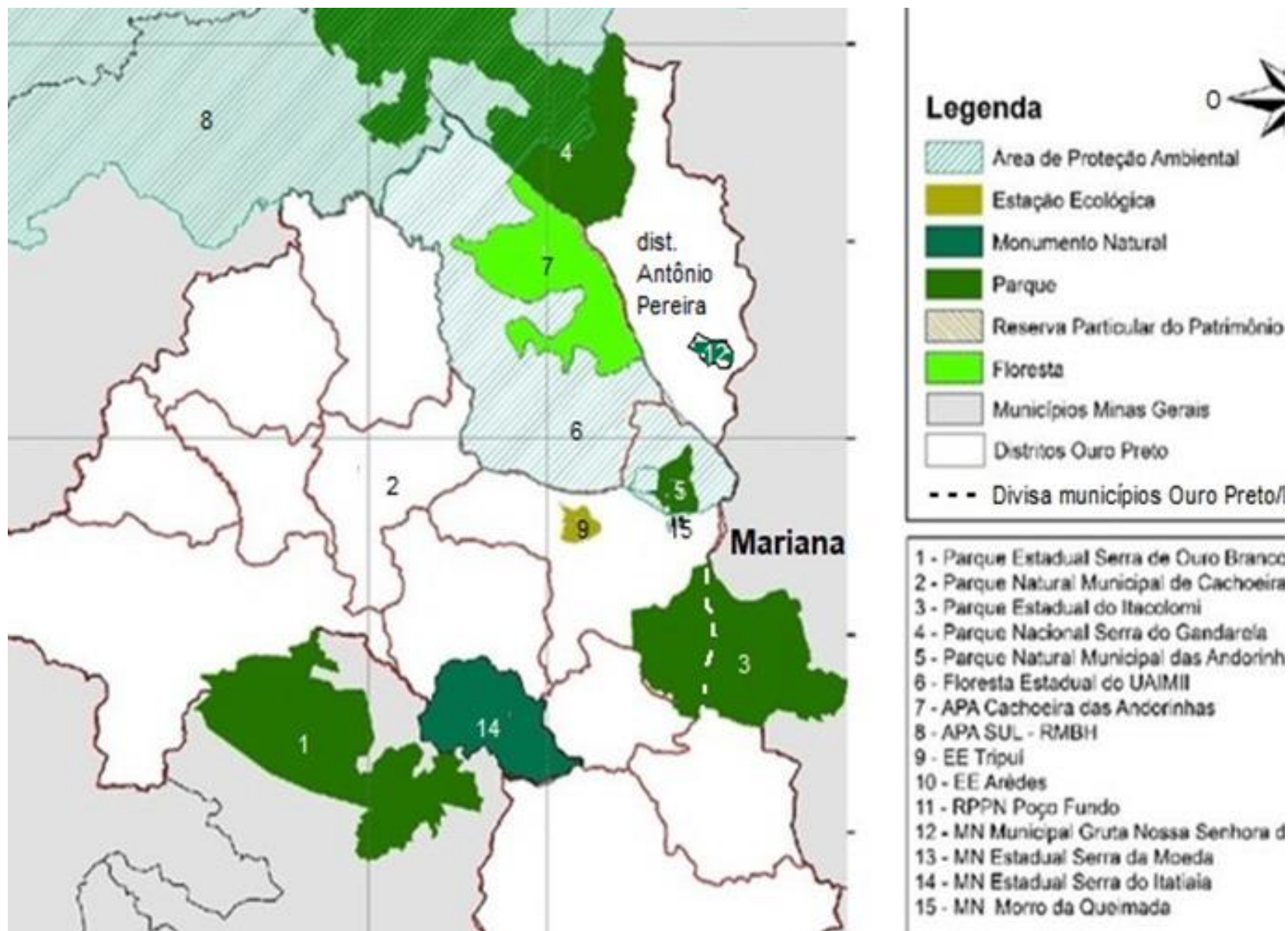


https://cidadesmineradoras.com.br/wp-content/webp-express/webp-images/uploads/2023/05/IMG_8836-696x348.jpg.webp



https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:PedroVilela_Mina_do_Chico_Rei_Ouro_Preto_MG_%28269_95677578%29.jpg

Unidades de Conservação em Ouro Preto



Parque Municipal Nossa Senhora da Lapa



Parque Municipal Nossa Senhora da Lapa



Parque do Itacolomi

(Dedo de Deus)



Parque do Itacolomi

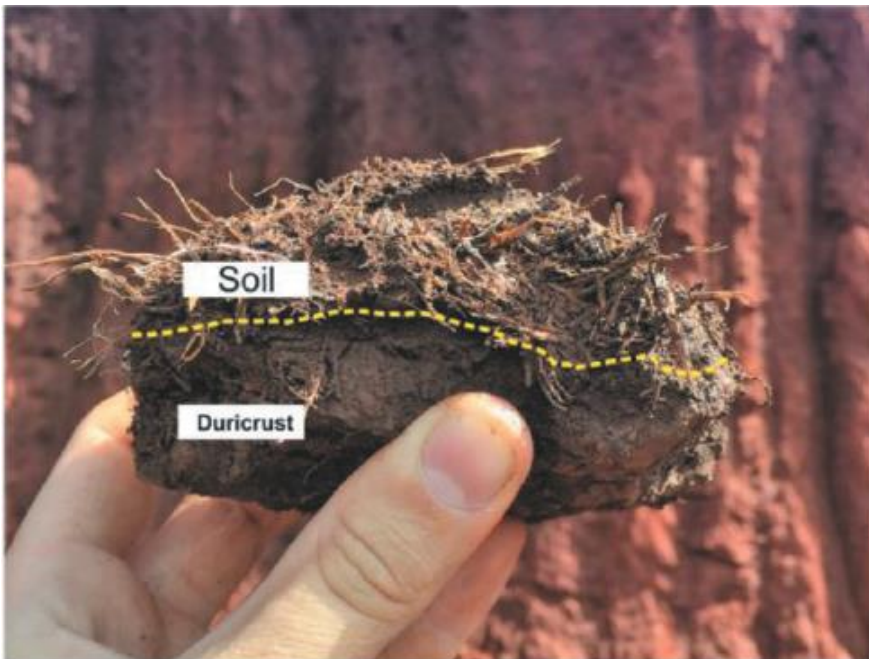
Espécies endêmicas dos campos de altitude

Mollinedia fatimae



Transposição de TopSoil para restauração de campos rupestres

- Transposição de uma cobertura de solo + rocha de uma nova área de mineração para outra em recuperação
- Vegetação depende de:
 - Geodiversidade mineralógica do solo
 - Biodiversidade de bactérias e fungos do solo



ROCHA, Fernanda CG et al. Chemical and microstructural behaviour of ferruginous rocky outcrops topsoils applied to degraded mining areas. **International Journal of Mining, Reclamation and Environment**, v. 35, n. 3, p. 219-234, 2021.

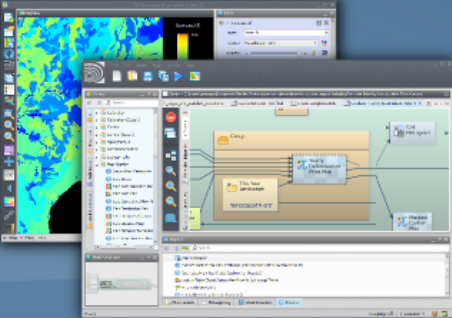
Objetivos

- Analisar estudos de caso integrando os conteúdos de Biodiversidade, Geodiversidade e Paisagem
- **Compreender a técnica de modelagem de uso do solo como uma ferramenta de análise das dinâmicas de paisagem, geodiversidade e biodiversidade**

Dinamica Ego

<https://csr.ufmg.br/dinamica/>

- Abrir o Dinâmica Ego 7.8 nos computadores
- Baixar os dados de aula



Home About Documentation Applications Publications Community Contact

DINAMICA EGO

Download
current stable: 7.8.0

What is Dinamica EGO?

Dinamica EGO is a sophisticated, free, and non-commercial platform for environmental modeling with outstanding possibilities for the design from the very simple static spatial model to very complex dynamic ones, which can ultimately involve nested iterations, multi-transitions, dynamic feedbacks, multi-region and multi-scale approach, decision processes for bifurcating and joining execution pipelines, and a series of complex spatial algorithms for the analysis and simulation of space-time phenomena.

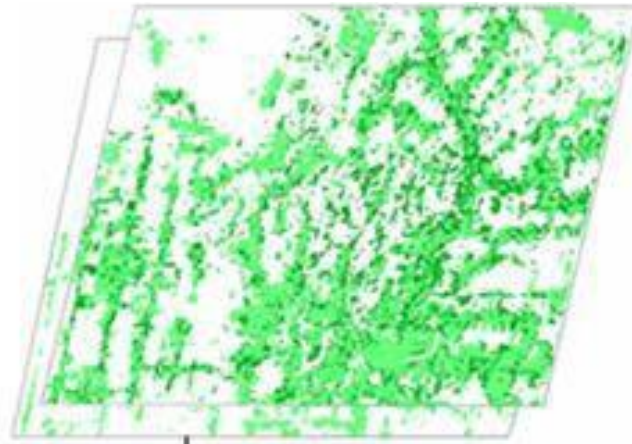
Version 5 onward of Dinamica EGO features a bleeding edge parallel architecture. Now, the parallel execution uses a fixed number of execution threads (called workers) with task stealing to provide load balancing and increase the flexibility of how parallel tasks can be designed. In theory, all model components can run in parallel.

Modelos de mudança de uso e cobertura de uso da Terra

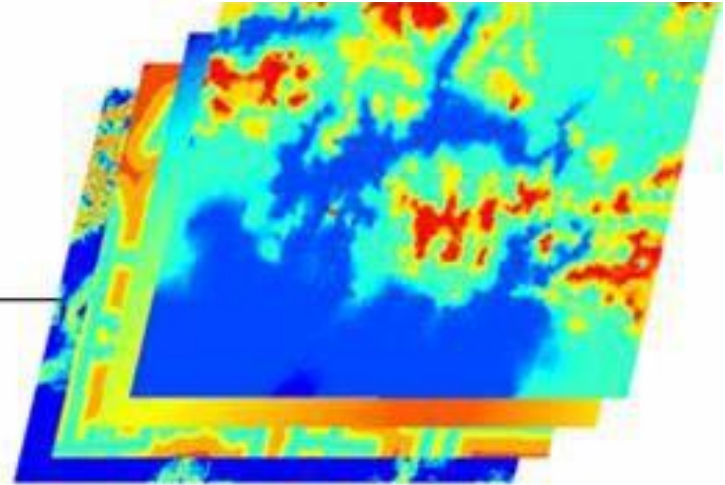
- Entender os determinantes espaciais de um processo de ocupação
- Monitorar processos críticos (exemplo: desmatamento, expansão urbana)
- Identificar áreas sensíveis para priorizar ações, estratégias
- Gerar cenários compreendendo diferentes quadros sócio-econômicos, políticos e ambientais

Lantman, J. V. S., Verburg, P. H., Bregt, A., & Geertman, S. (2011). Core principles and concepts in land-use modelling: A literature review. *Land-use modelling in planning practice*, 35-57.

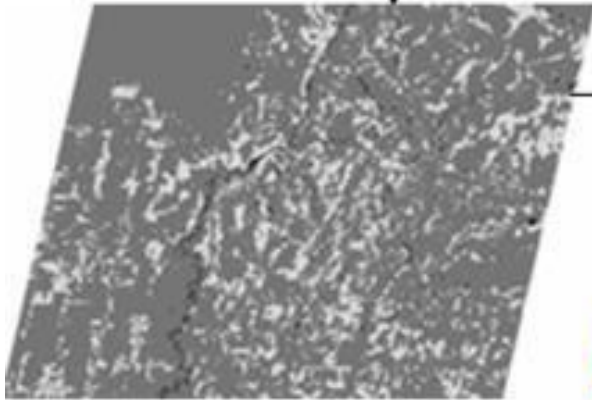
Mapas de uso e cobertura do solo em 2 momentos



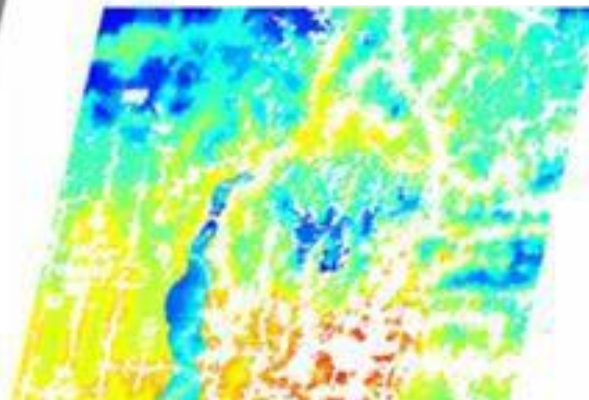
Mapas de características explicativas

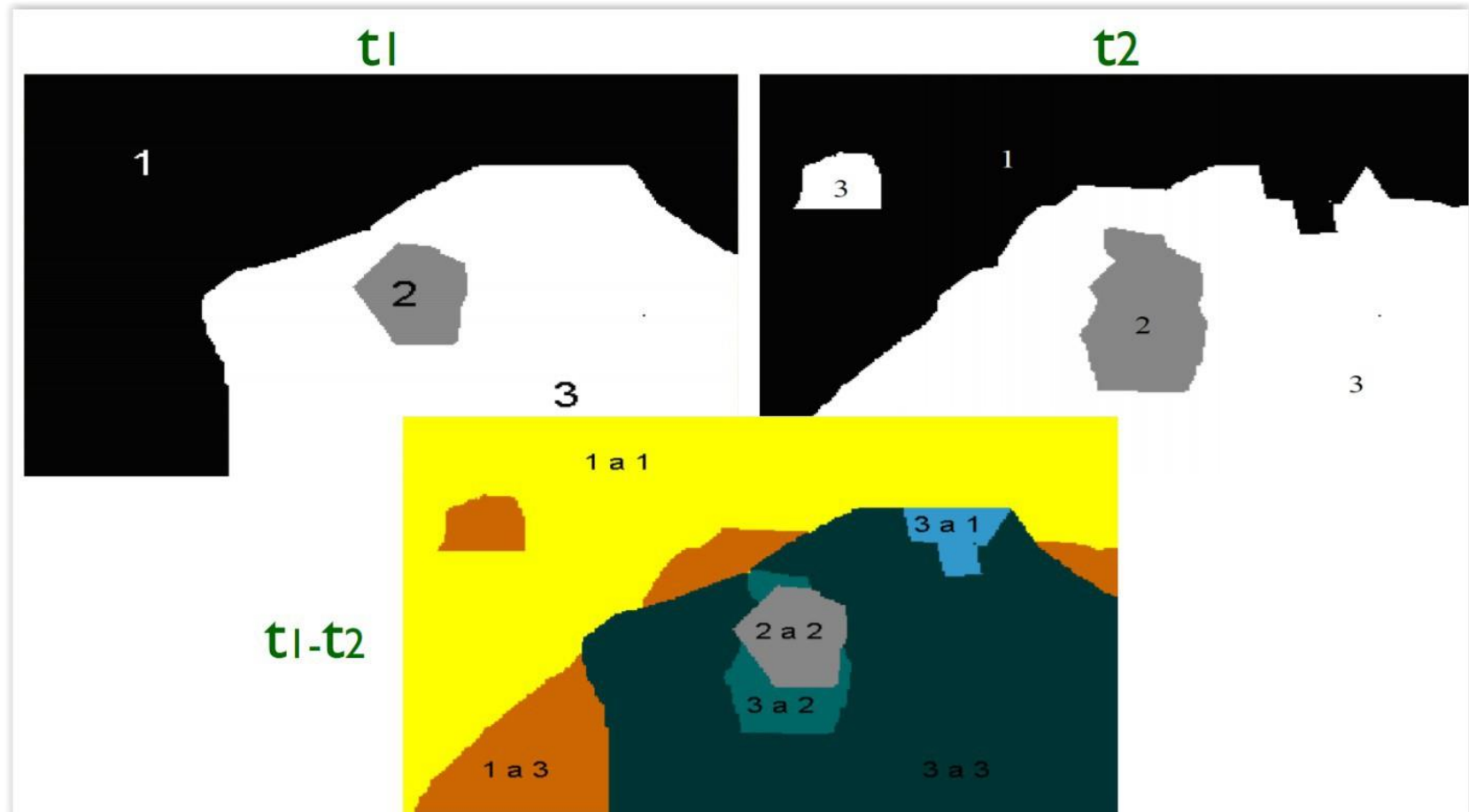


Mapa de mudança



Mapas de probabilidades de mudanças





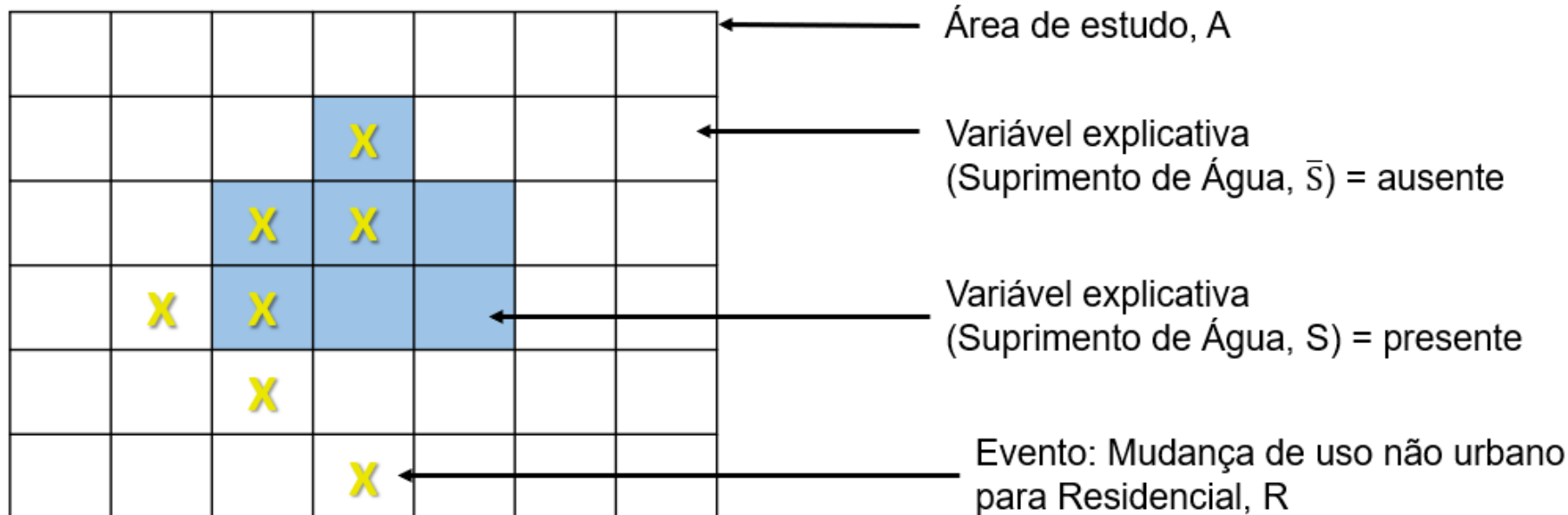
Matriz de Transição

t1 \ t2	1	2	3	suma
1	C1 permanece	C1 A C2	C1 A C3	Total C1 en t1
2	C2 a C1	C2 permanece	C2 A C3	Total C2 en t1
3	C3 a C1	C3 a C2	C3 permanece	Total C3 en t1
suma	Total C1 en t2	Total C2 en t2	Total C3 en t2	

Principais variáveis em modelos de mudança de uso e cobertura do solo

Dimensão	Exemplo
Geomorfologia / fatores físicos	Inclinação
Conectividade / Acessibilidade	Proximidade a estradas
Instalações / Proximidade	Proximidade a áreas construídas
Governo	Regulação de zoneamento
Restrições	Áreas protegidas
Demografia	Taxa de crescimento anual
Economia	Valor da terra
Terra	Adequação da terra (umidade, fertilidade)
Uso e Cobertura da Terra	Vegetação nativa, pastagem, área abandonada

Andrade, Hedlla M. Modelagem espacial da expansão urbana no município de Ilha Comprida – SP: contribuição à gestão territorial de uma unidade de conservação. Dissertação de Mestrado. UFABC. 2020.



Probabilidade de urbanização na área inteira: $7 / 42 = 17\%$

Probabilidade de urbanização na área azul: $4 / 7 = 57\%$

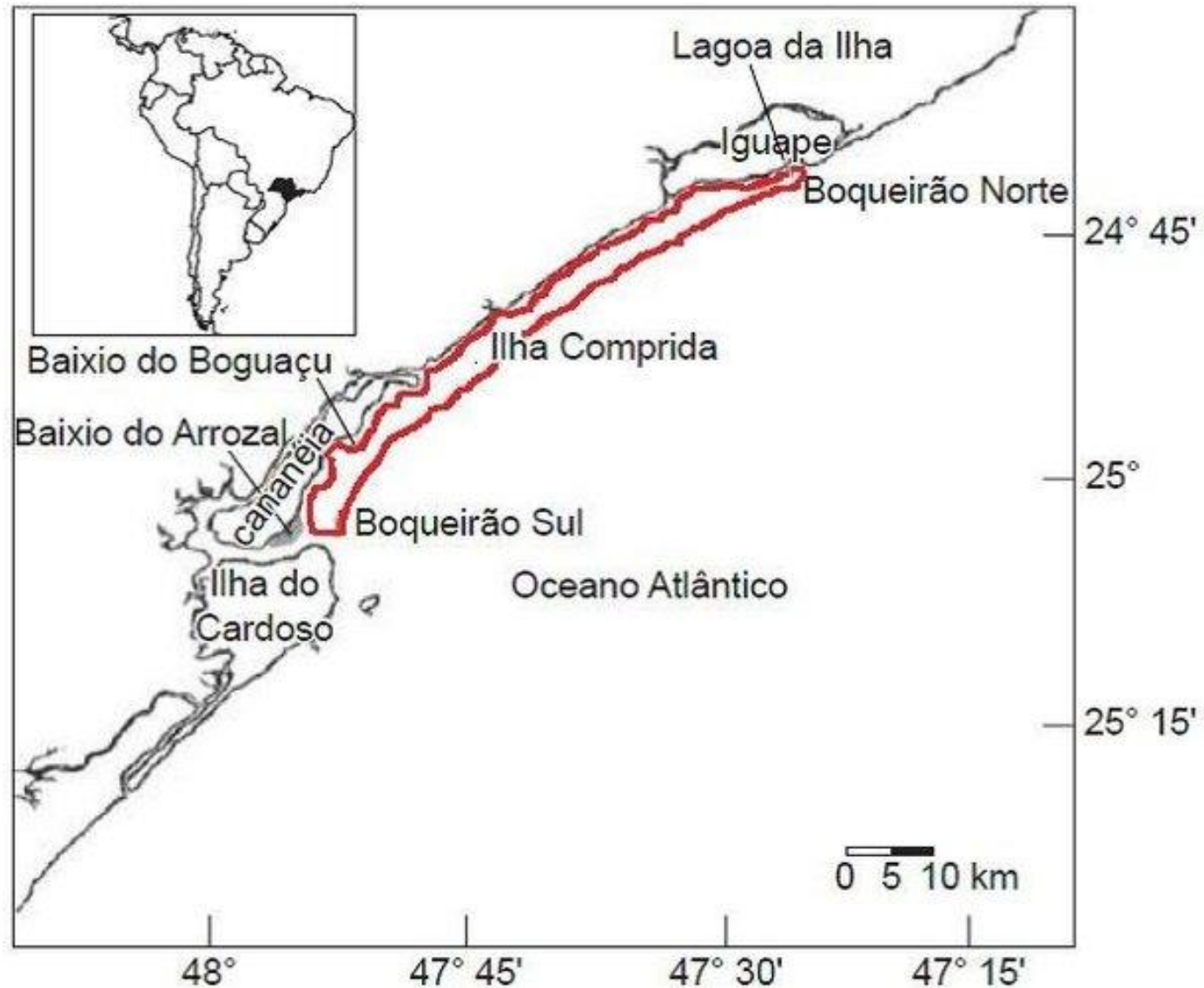
Probabilidade de urbanização na área não-azul: $3 / 35 = 9\%$

Ilha Comprida – Vale do Ribeira

Sítio do Patrimônio Natural Mundial (UNESCO)



Ilha Comprida – Vale do Ribeira



Costa, R. N. C. et al. Criação de Áreas Protegidas Municipais como avanço na política de planejamento e conservação territorial: o caso do Município de Ilha Comprida, São Paulo, Brasil. V Congresso de Geografia Tropical, 2016.

Ilha Comprida – Vale do Ribeira

Sítio do Patrimônio Natural Mundial (UNESCO)



Como a dinâmica de ocupação da Ilha Comprida está relacionada com:

- Paisagem:
 - Proximidade da praia e das dunas
 - Patrimônio arqueológico (Sambaquis)
- Biodiversidade
 - Preservação da restinga, mata atlântica, mangues e vegetação fixadora de dunas (protegidos)
 - Unidades de conservação
- Geodiversidade
 - Erosão costeira e eólica (dunas)
 - Solos brejados (restrição a construções)
- Sociodiversidade
 - Comunidades caiçaras (extrativismo)

Dunas – Ilha Comprida



Foto: Ricardo Custódio, 2021

<https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/terra-da-gente/noticia/2021/10/22/ilha-comprida-guarda-misterios-e-as-ultimas-dunas-do-estado-de-sp.shtml>



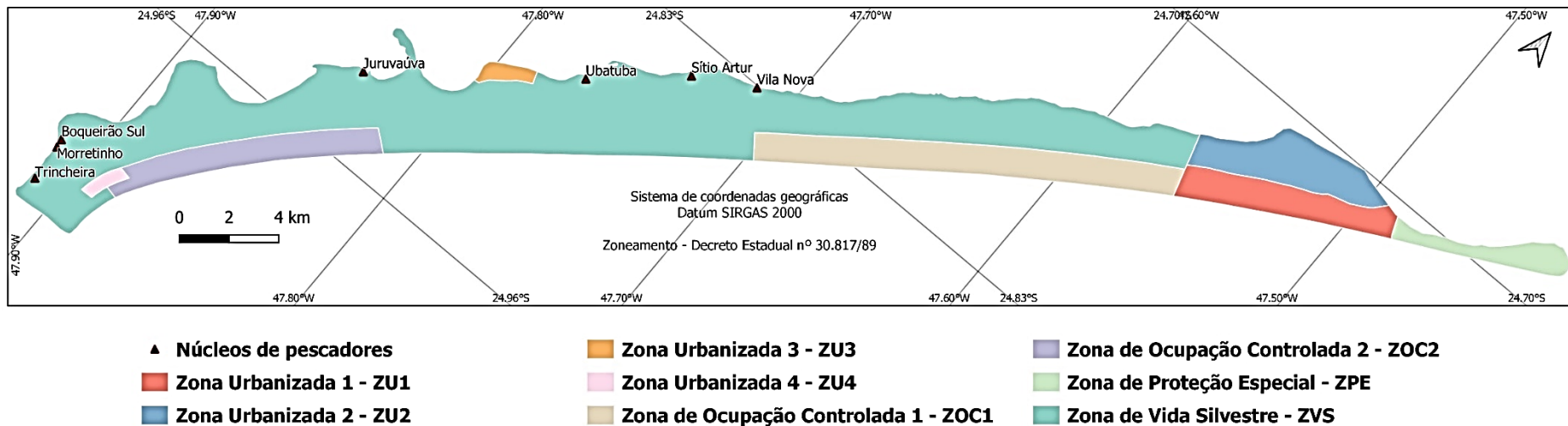
Localização de sambaquis no Brasil



Nova Escola. Localização Geográfica de Sambaquis pelo Brasil. 2014.

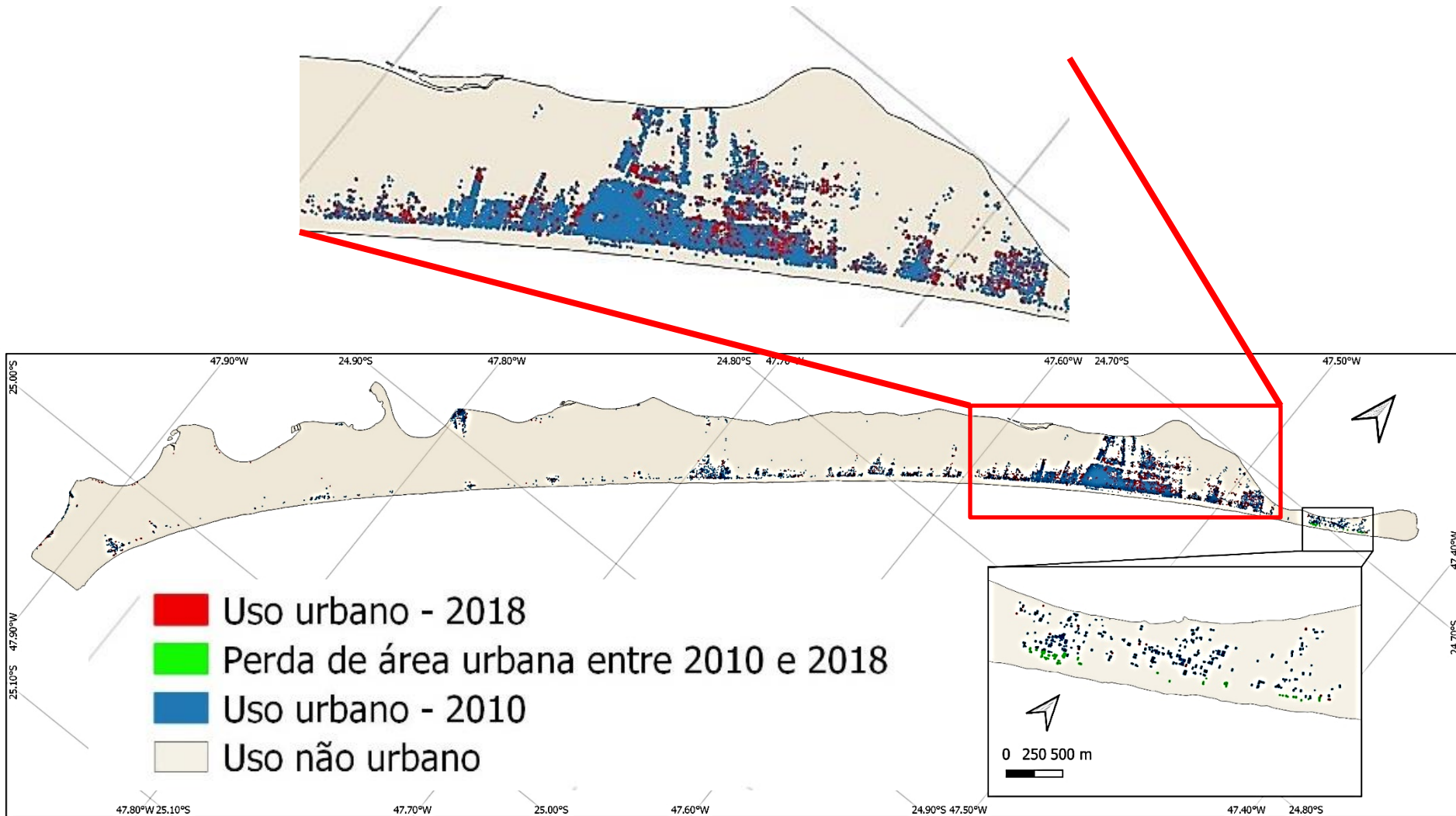
Zoneamento da APA da Ilha Comprida

Decreto Estadual nº 30.817, de 1989



Andrade, Hedlla M. Modelagem espacial da expansão urbana no município de Ilha Comprida – SP: contribuição à gestão territorial de uma unidade de conservação. Dissertação de Mestrado. UFABC. 2020.

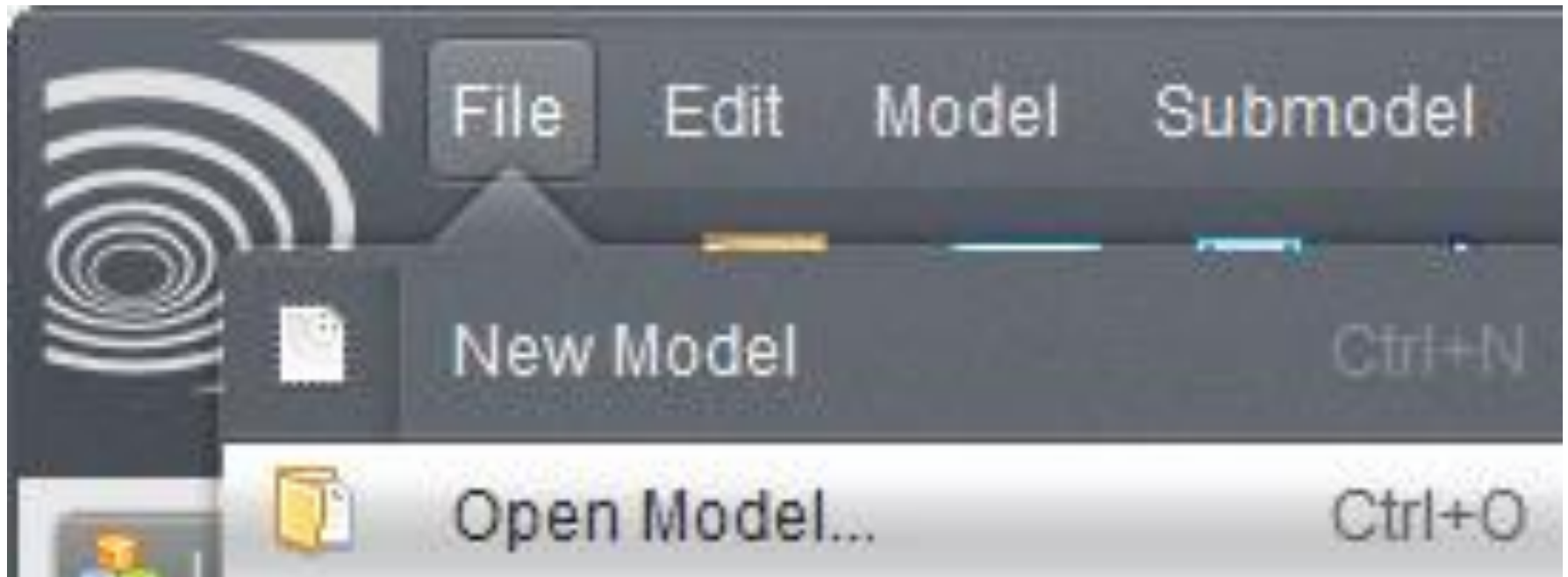
Urbanização da Ilha Comprida – 2010 a 2018



Andrade, Hedlla M. Modelagem espacial da expansão urbana no município de Ilha Comprida – SP: contribuição à gestão territorial de uma unidade de conservação. Dissertação de Mestrado. UFABC. 2020.

File -> Open Model...

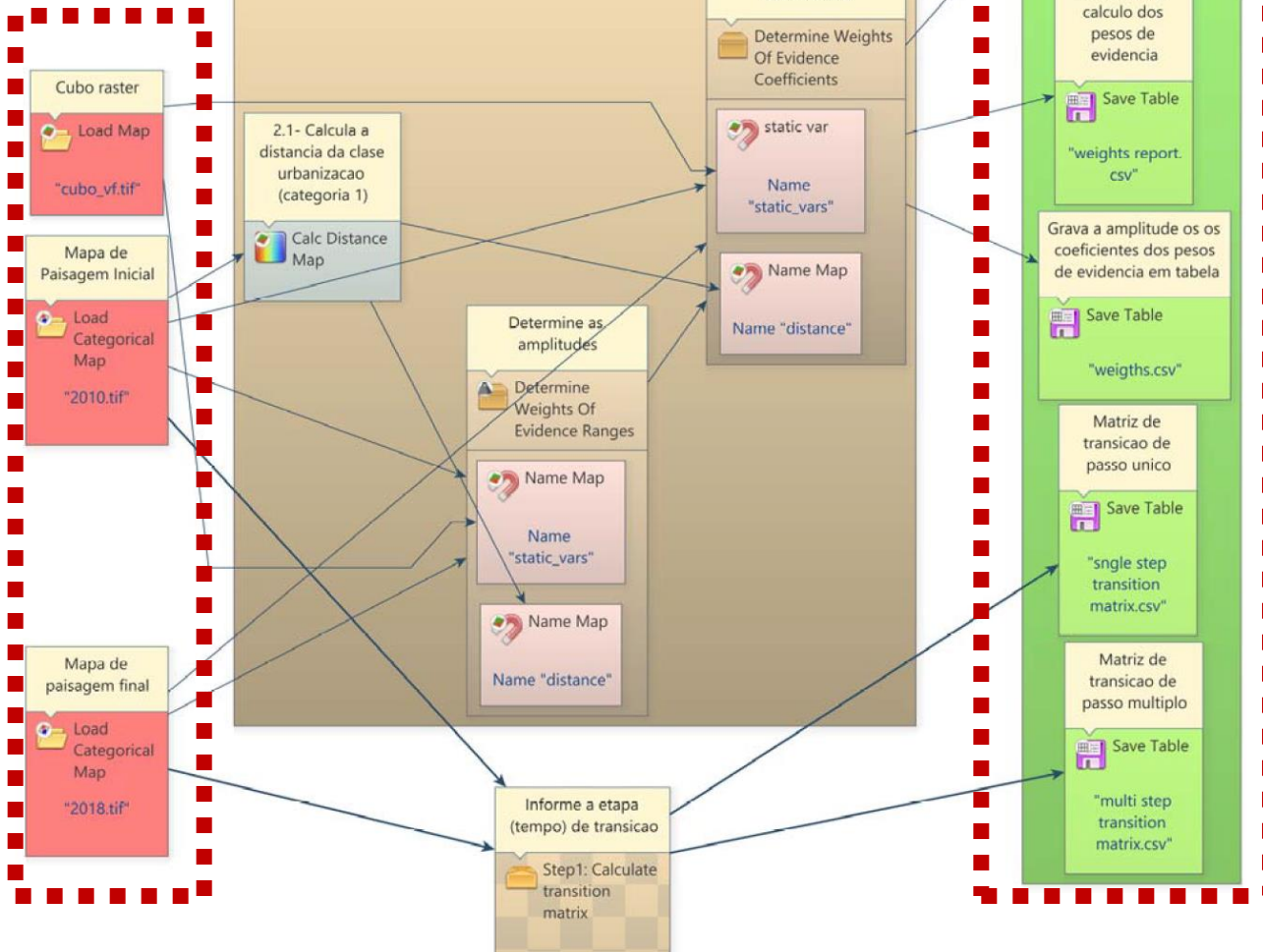
Pasta “Model”, arquivo
“1_pesos_inicial.egoml”



Dados de Entrada

Processamento

Resultados

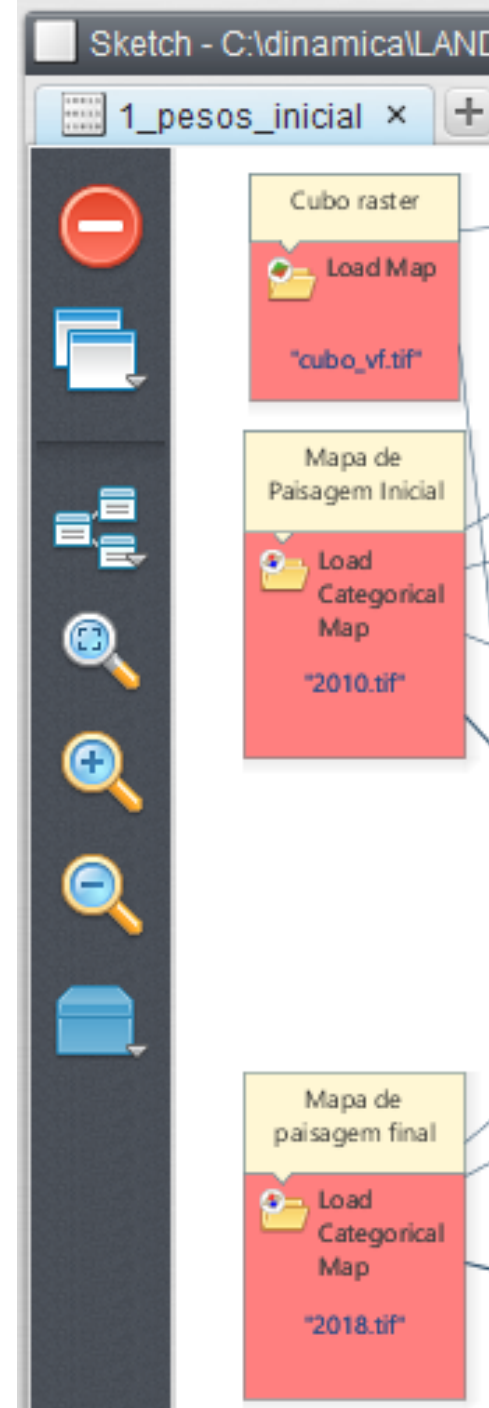


Clicar e arrastar com o
botão direito do
mouse faz mover a
tela do modelo

Retorna Zoom para modelo completo

Aproximar

Afastar

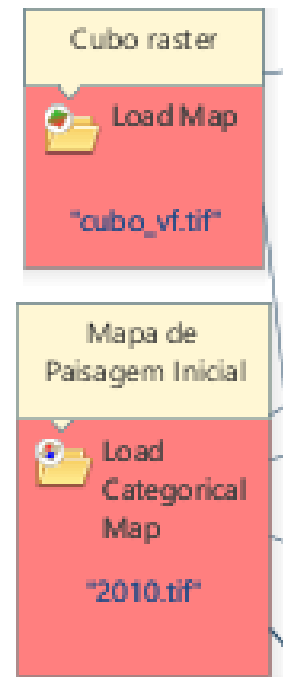


Dados de Entrada

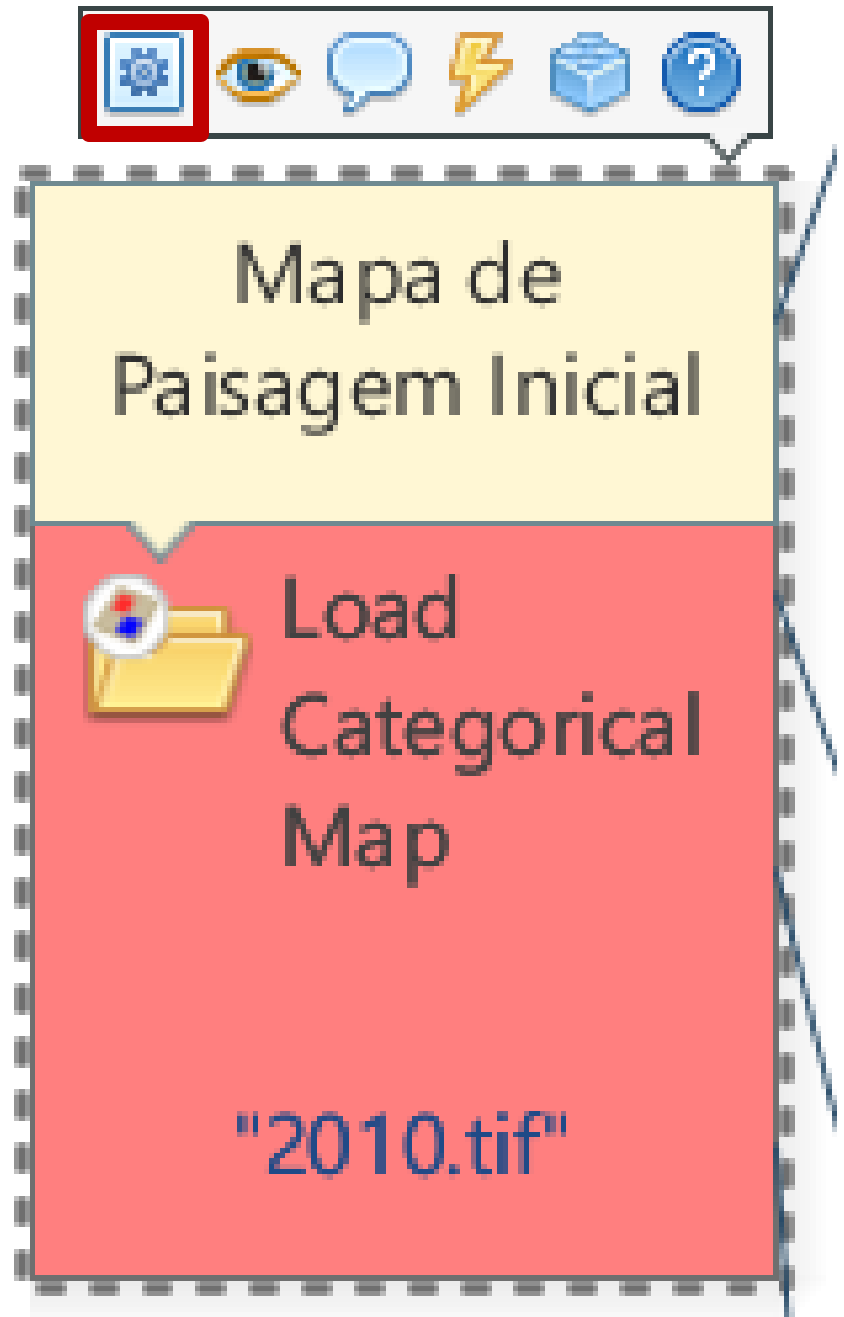
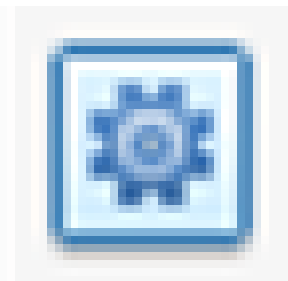
Mapas das variáveis explicativas da expansão urbana

Mapa de urbanização em 2010

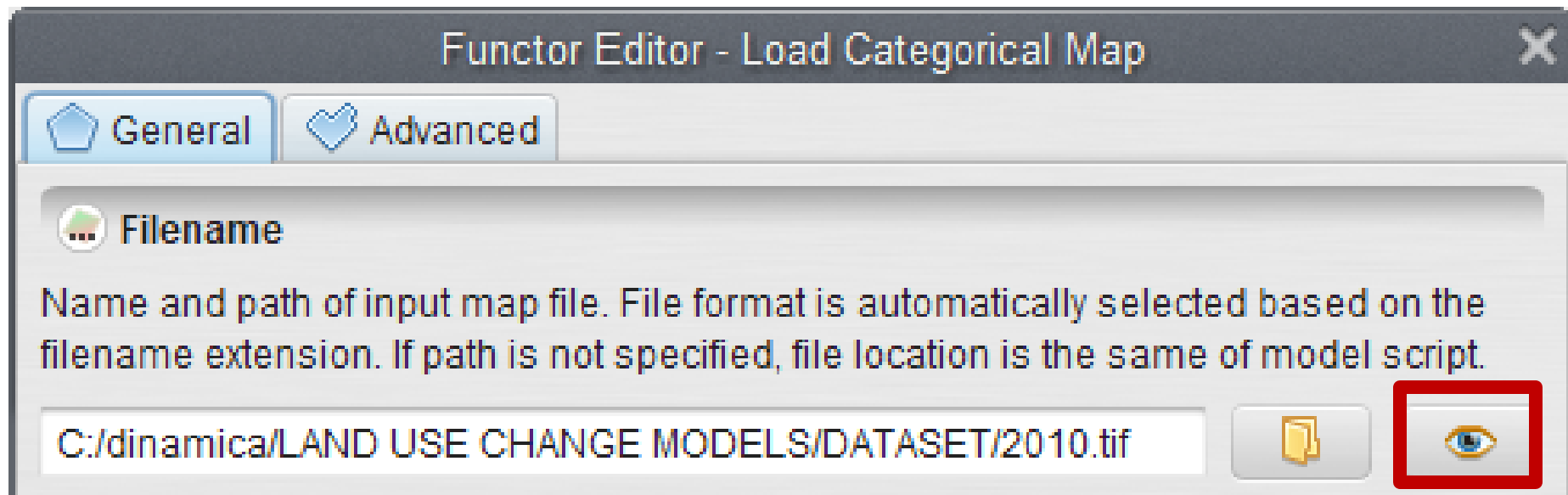
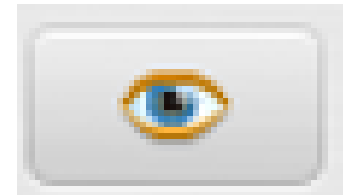
Mapa de urbanização em 2018



- Clique na caixa “Mapa de paisagem Inicial”
- Selecione a o botão de engrenagem (“Edit functor”)



- Ele aponta onde está a pasta e o arquivo da camada de urbanização de 2010
- Clique no botão do olho (“Display the selected file containing a map”)



MapView

(2010.tif)

Urbano

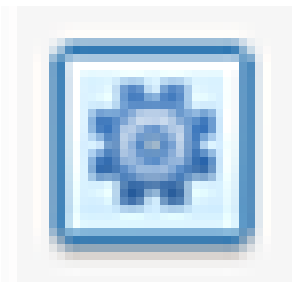
1.00

Não urbano

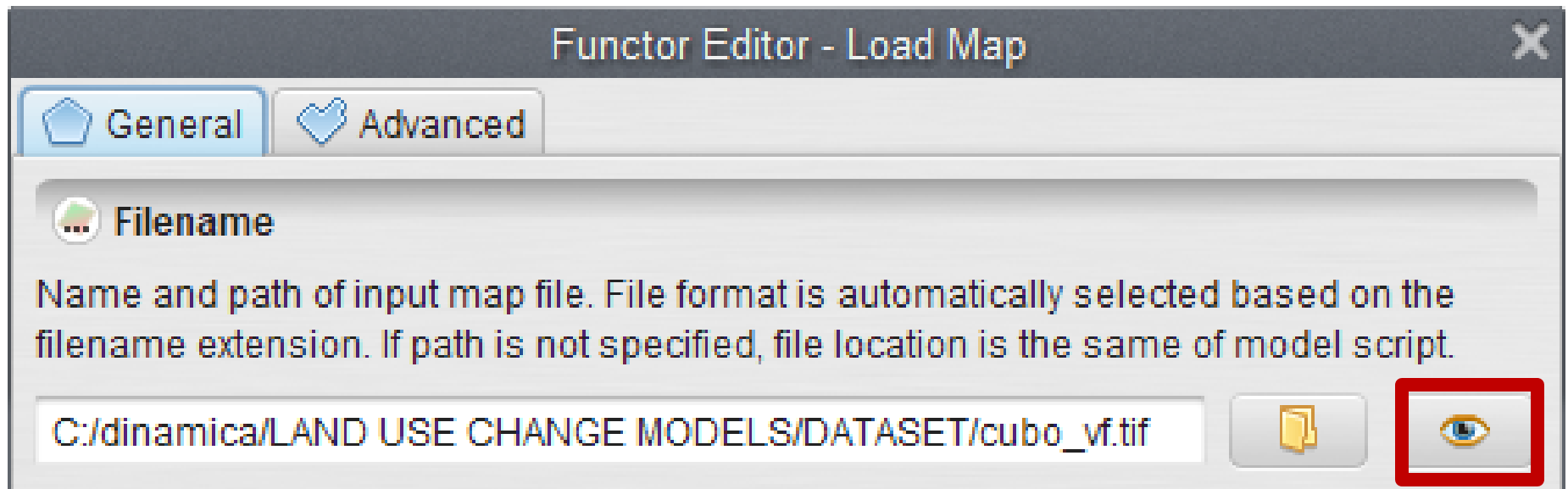
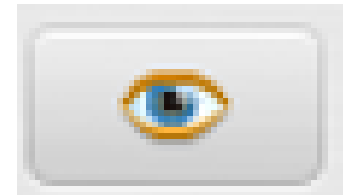
0.00

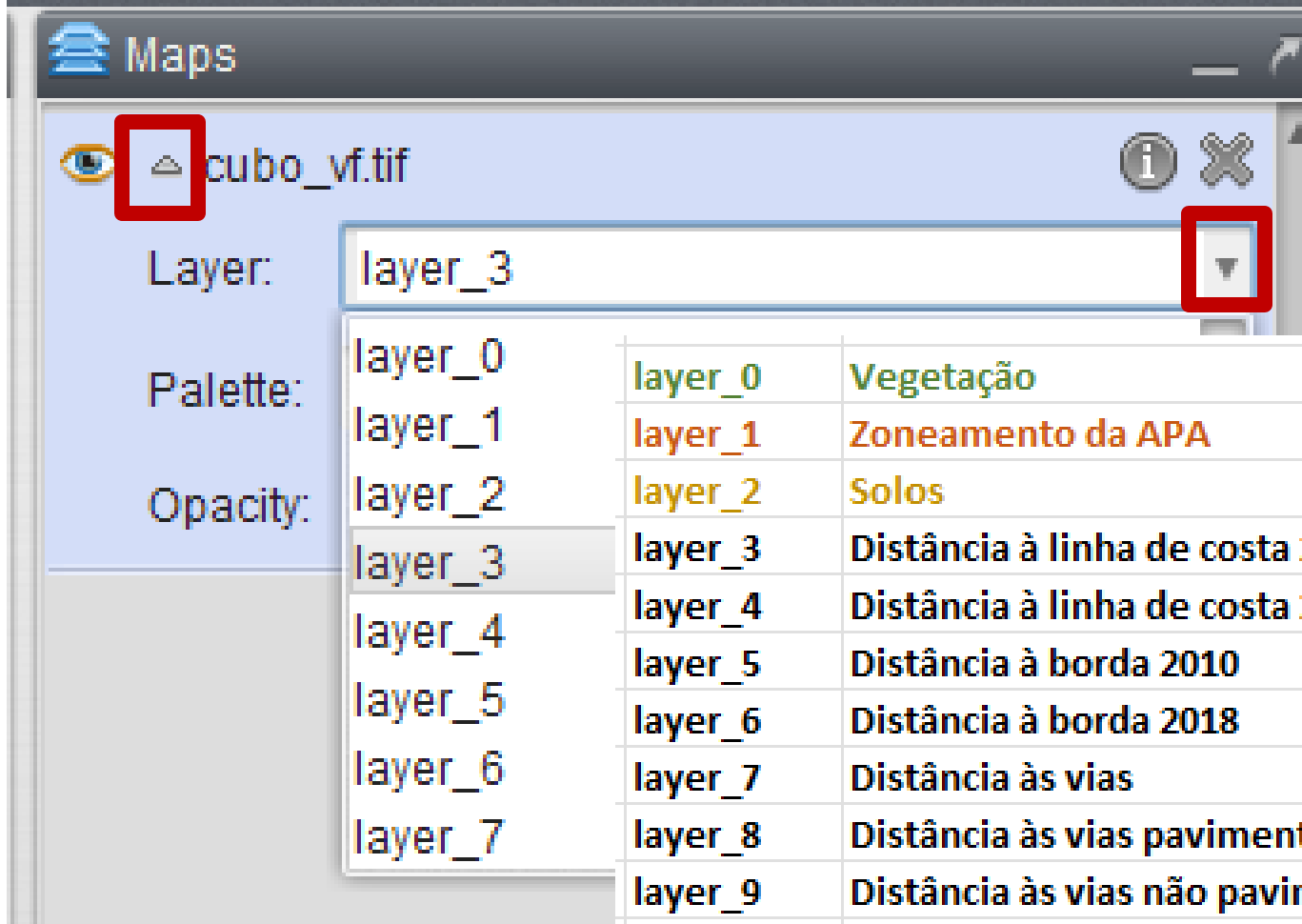


- Clique na caixa “Cubo Raster”
- Selecione a o botão de engrenagem (“Edit functor”)



- Ele aponta onde está a pasta e o arquivo com as variáveis explicativas da urbanização
- Clique no botão do olho (“Display the selected file containing a map”)

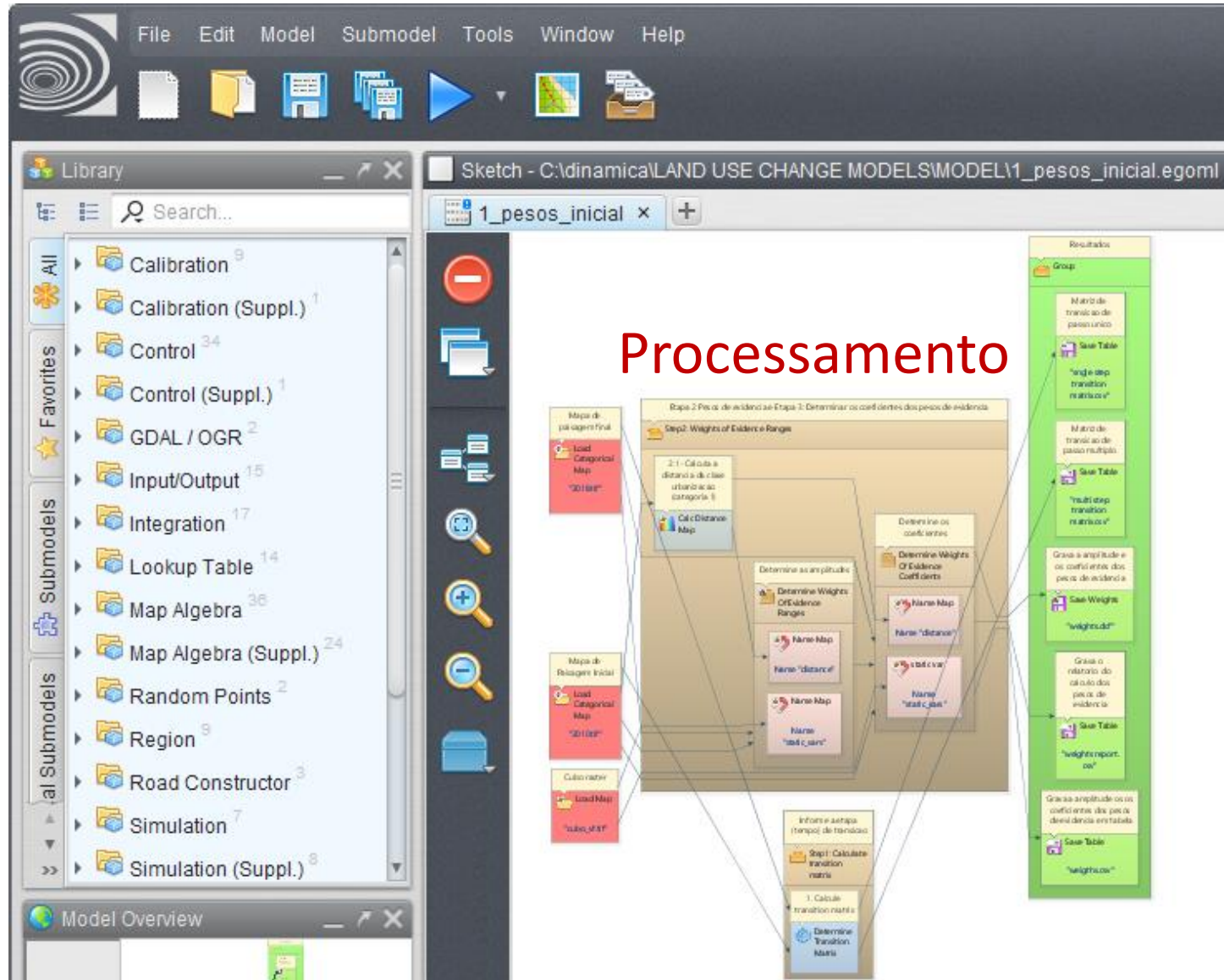




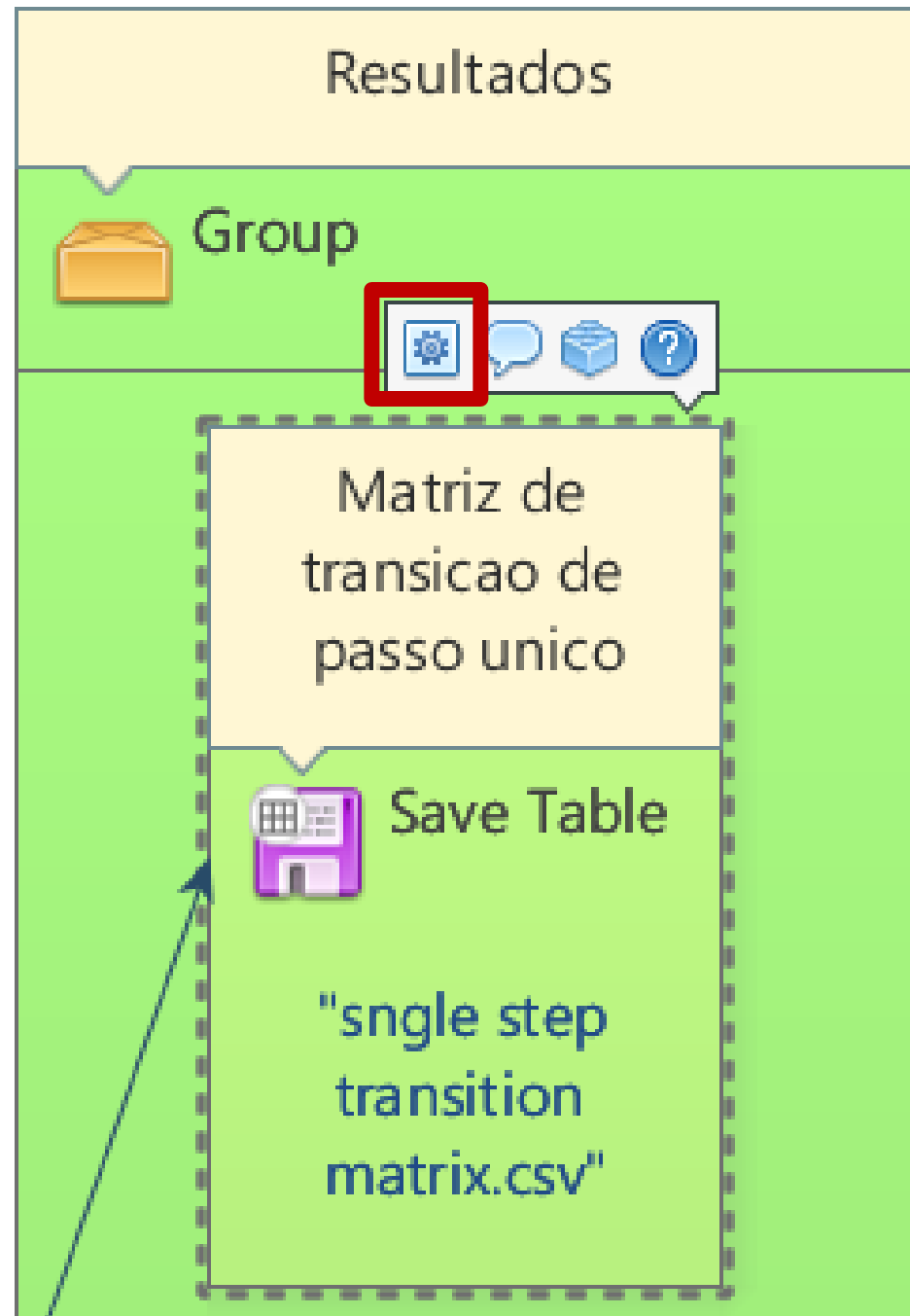
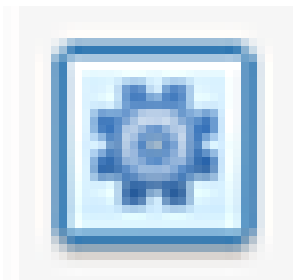
**Camadas com as
variáveis
explicativas de
urbanização**

layer_0	layer_0	Vegetação
layer_1	layer_1	Zoneamento da APA
layer_2	layer_2	Solos
layer_3	layer_3	Distância à linha de costa 2010
layer_4	layer_4	Distância à linha de costa 2018
layer_5	layer_5	Distância à borda 2010
layer_6	layer_6	Distância à borda 2018
layer_7	layer_7	Distância às vias
layer_8	layer_8	Distância às vias pavimentadas
layer_9	layer_9	Distância às vias não pavimentadas
layer_10	layer_10	Dist. Vias consolidadas
layer_11	layer_11	Dist. Vias não pavimentadas (sem vias consolidadas)
layer_12	layer_12	Distância às redes de drenagem
layer_13	layer_13	Distância à pontos de interesse fotográfico
layer_14	layer_14	NDVI 2010
layer_15	layer_15	NDVI 2018
layer_16	layer_16	Distância às linhas de erosão lenta
layer_17	layer_17	Distância às linhas de erosão rápida

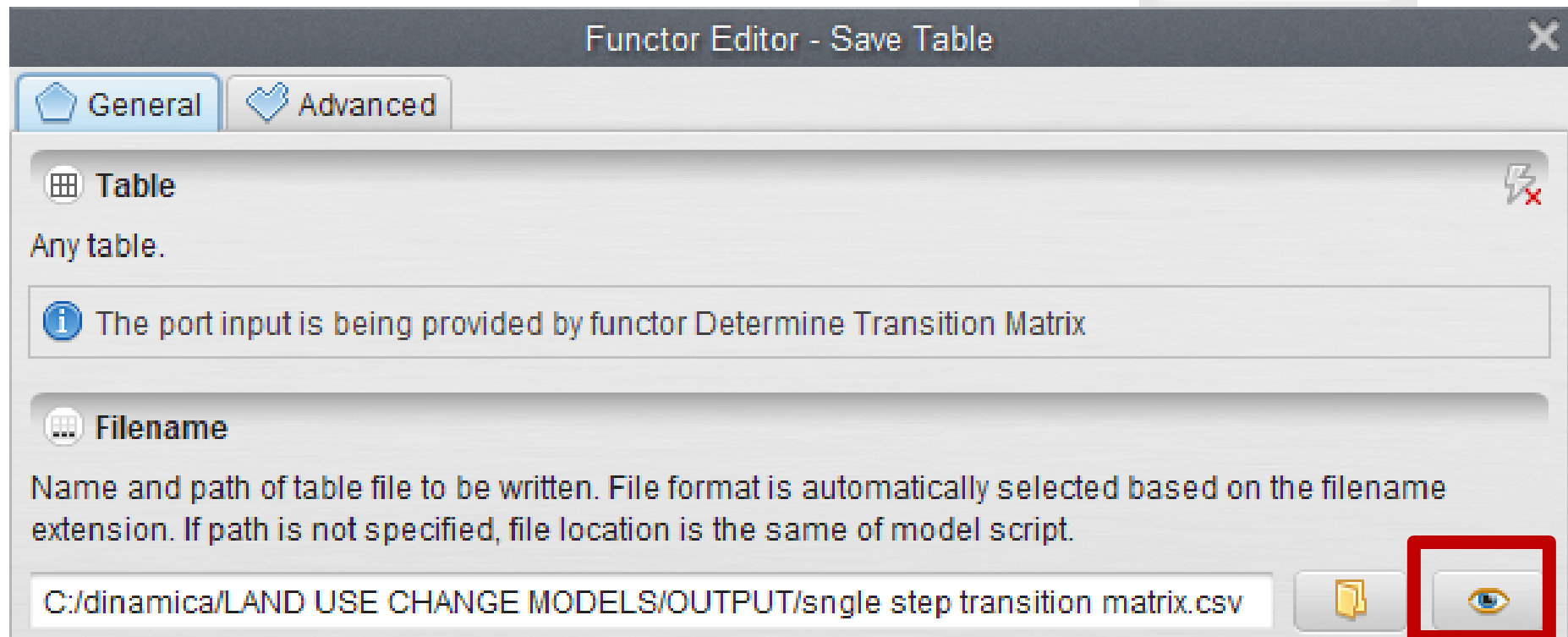
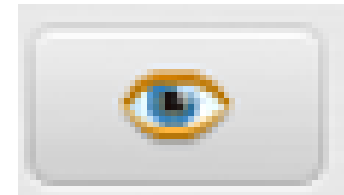
- Não clicar em rodar o modelo (demora muito)
- Vamos acessar os resultados já prontos



- Clique na caixa “Matriz de Transição de Passo Único”, no grupo “Resultados”
- Selecione a o botão de engrenagem (“Edit functor”)



- Ele aponta onde está a pasta e o arquivo da tabela da matriz de transição
- Clique no botão do olho (“Display the selected file containing a table”)



Matriz de Transição (2010-2018)

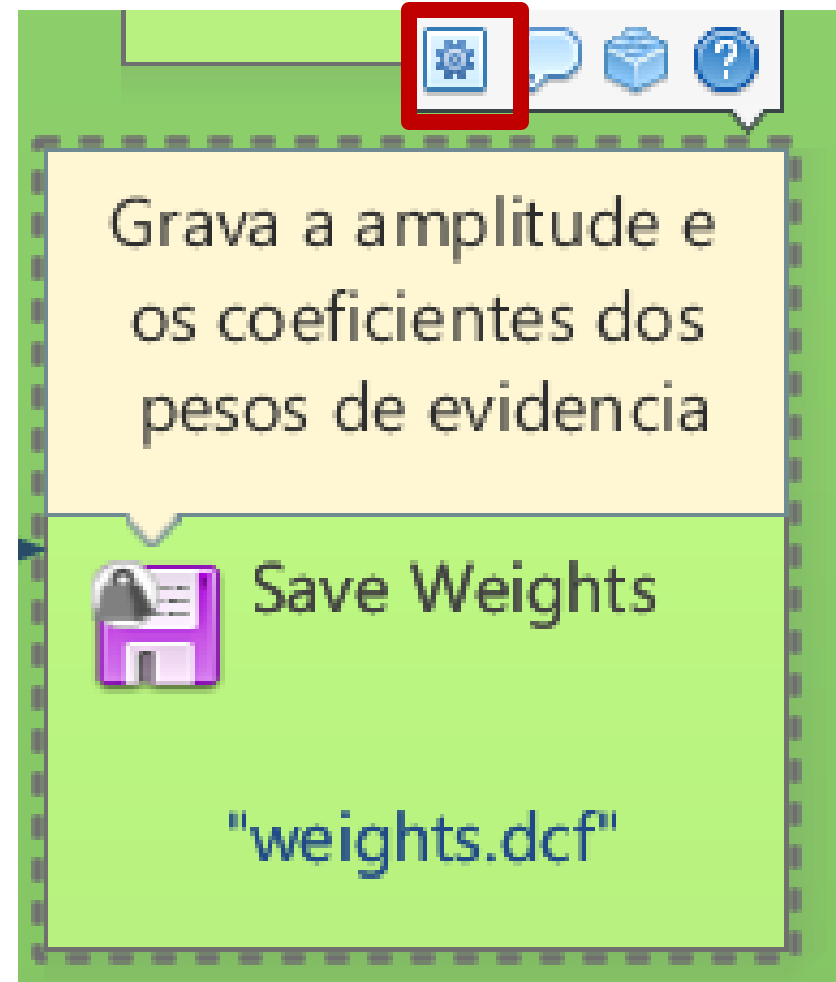
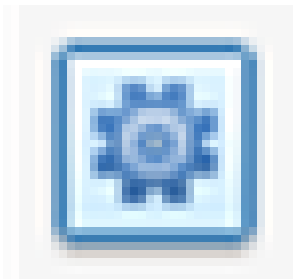
Área (km²)

	Não-urbano	Urbano
Não-urbano	XXXX	0,2728
Urbano	0,0085	XXXX

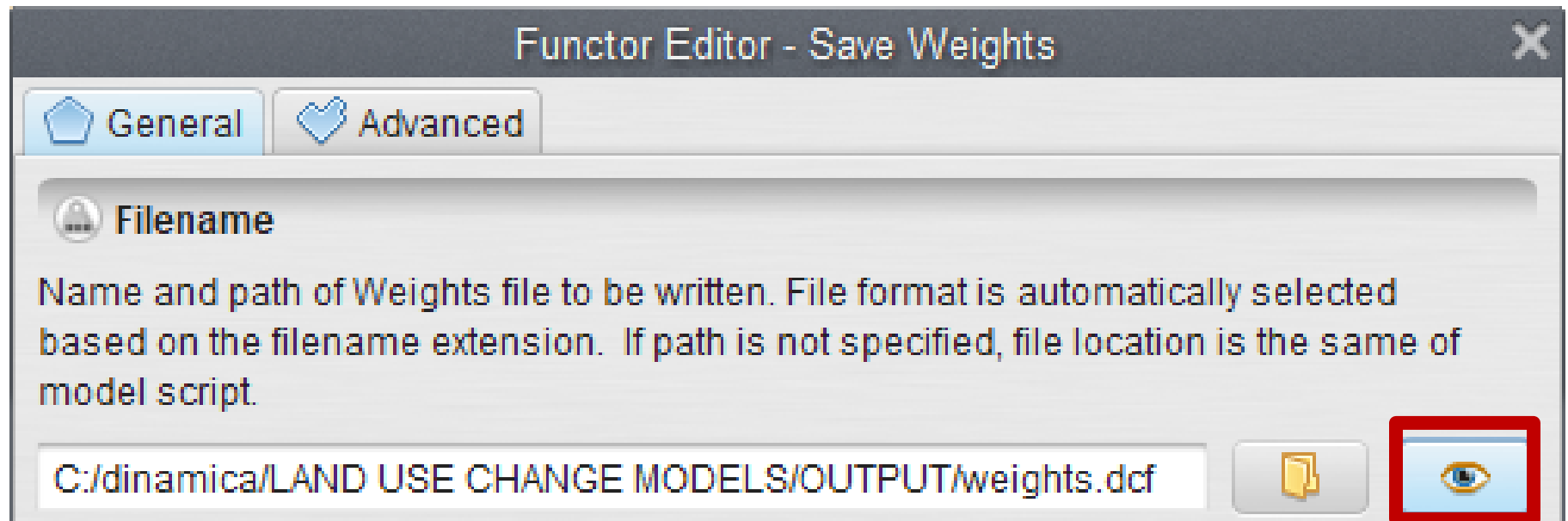
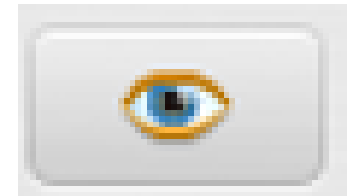
Probabilidade de Mudança (por pixel)

Transição	Transição de passo único (%)
Não-urbano para urbano	0,0014406
Urbano para não-urbano	0,0032229

- Clique na caixa “Grava a amplitude e os coeficientes dos pesos de evidência”, no grupo “Resultados”
- Selecione a o botão de engrenagem (“Edit functor”)



- Ele aponta onde está a pasta e o arquivo dos gráficos de pesos de evidência (probabilidades de transição)
- Clique no botão do olho (“Display the selected file containing weights of evidence coefficients and ranges”)



Transitions

0->1

distance/distance_to_1
static_vars/layer_0
static_vars/layer_1
static_vars/layer_12
static_vars/layer_13
static_vars/layer_14
static_vars/layer_16
static_vars/layer_17
static_vars/layer_2
static_vars/layer_3
static_vars/layer_5
static_vars/layer_8
static_vars/layer_9

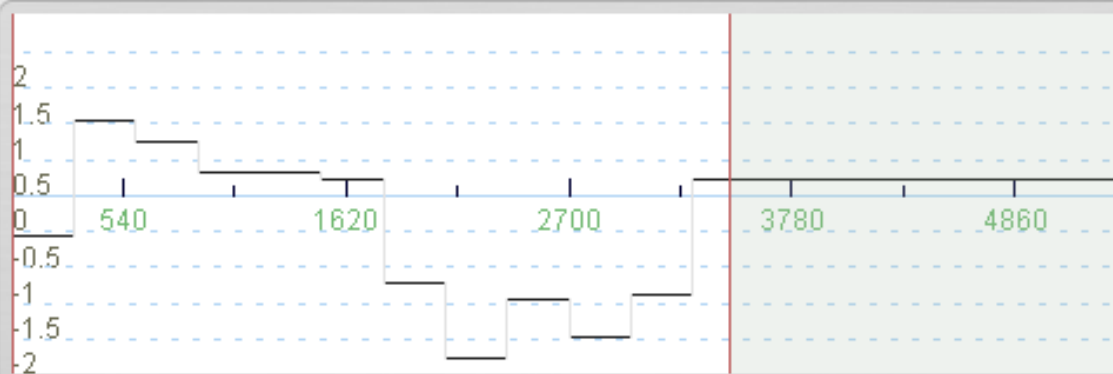
Distância a
linha de
costa
(layer_3)

View Ranges

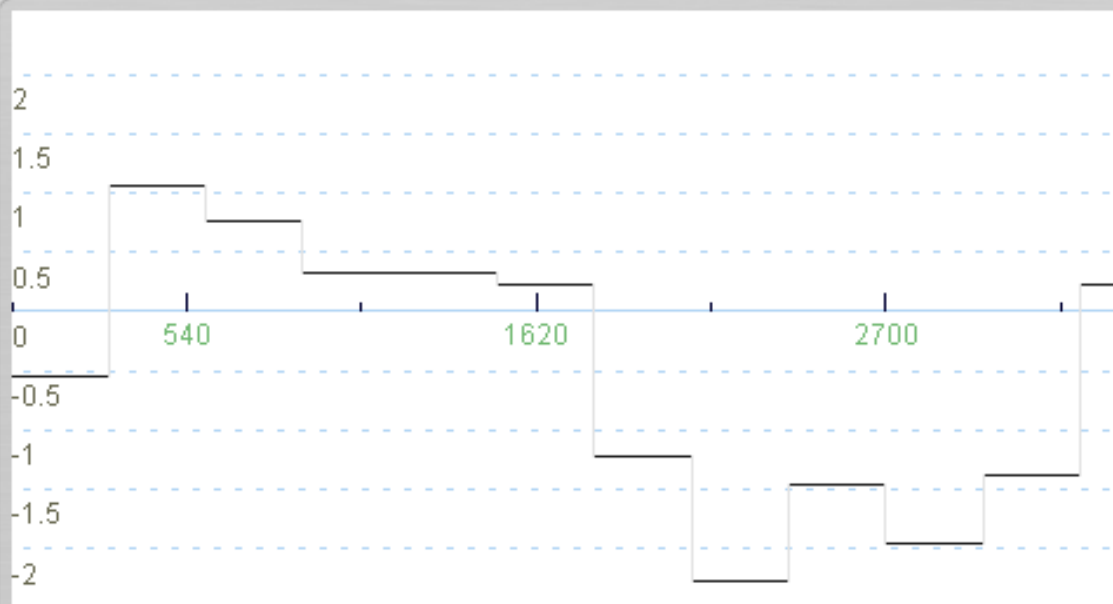
Range Detailed Information

View Ranges

Control (adjust zoom level for range editing)



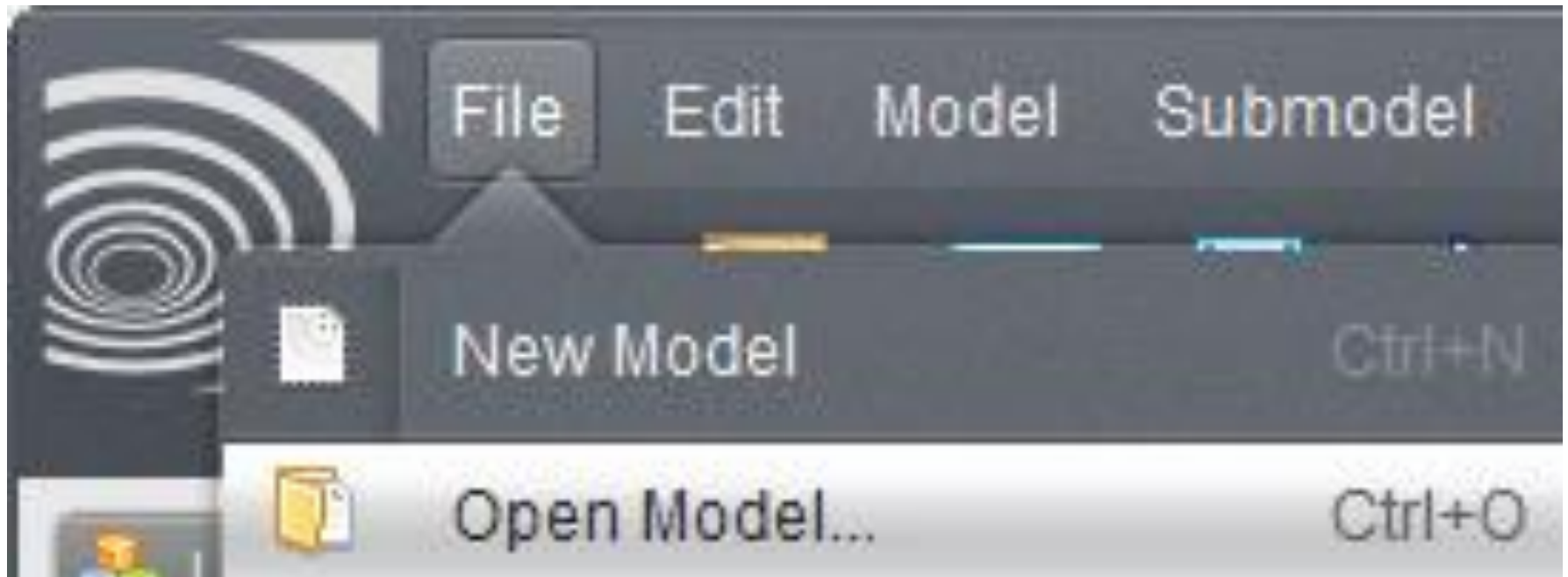
Weight/Range Editor



⚠ Drag ranges up and down to adjust weights. Drag between ranges left and right x

File -> Open Model...

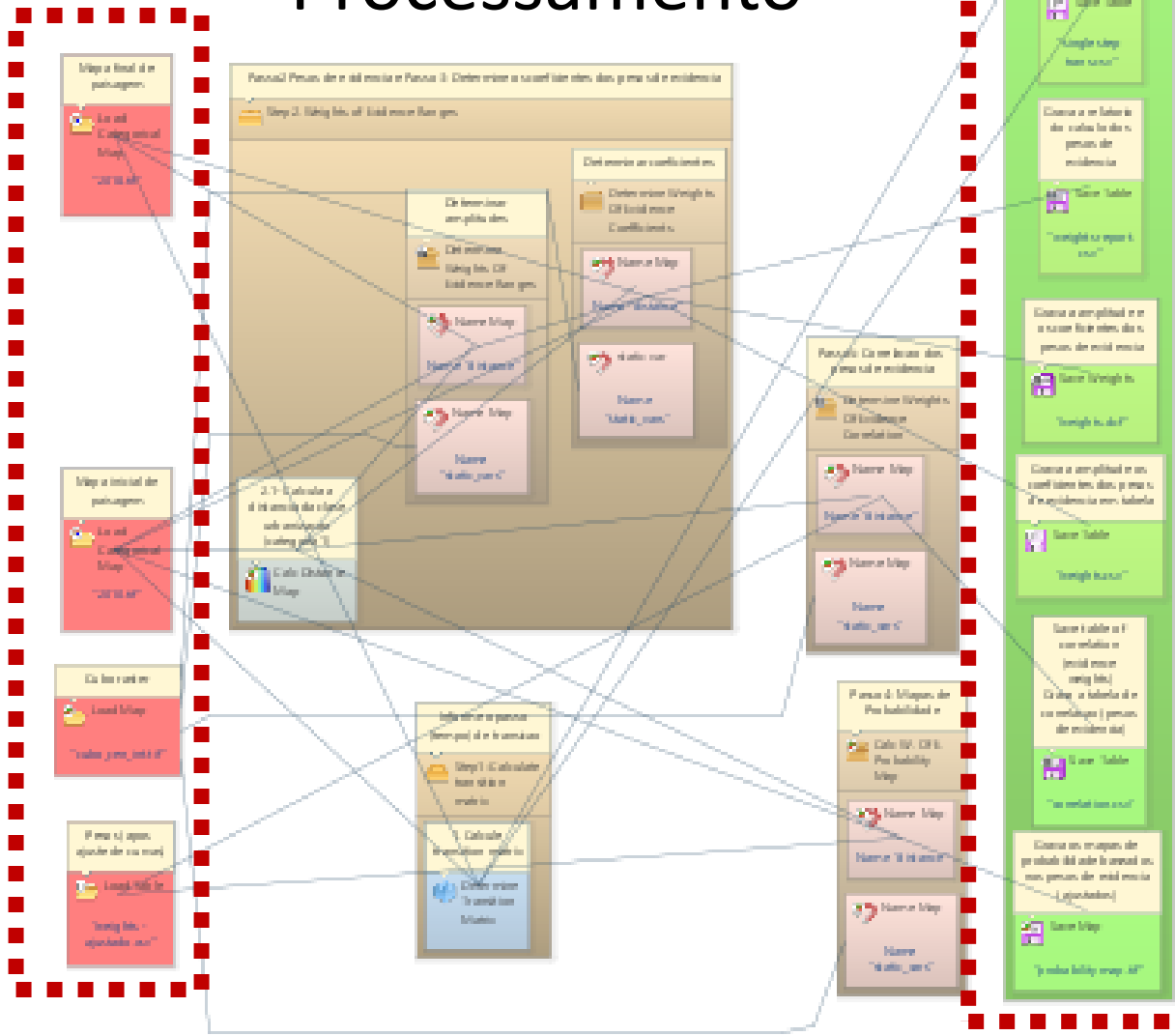
Pasta “Model”, arquivo
“2_pesos_apos_ajustes.egoml”



Dados de Entrada

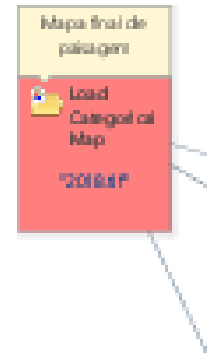
Processamento

Resultados



Dados de Entrada

Mapa de urbanização em 2018



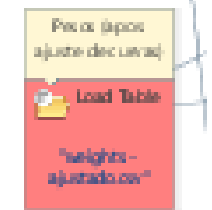
Mapa de urbanização em 2010



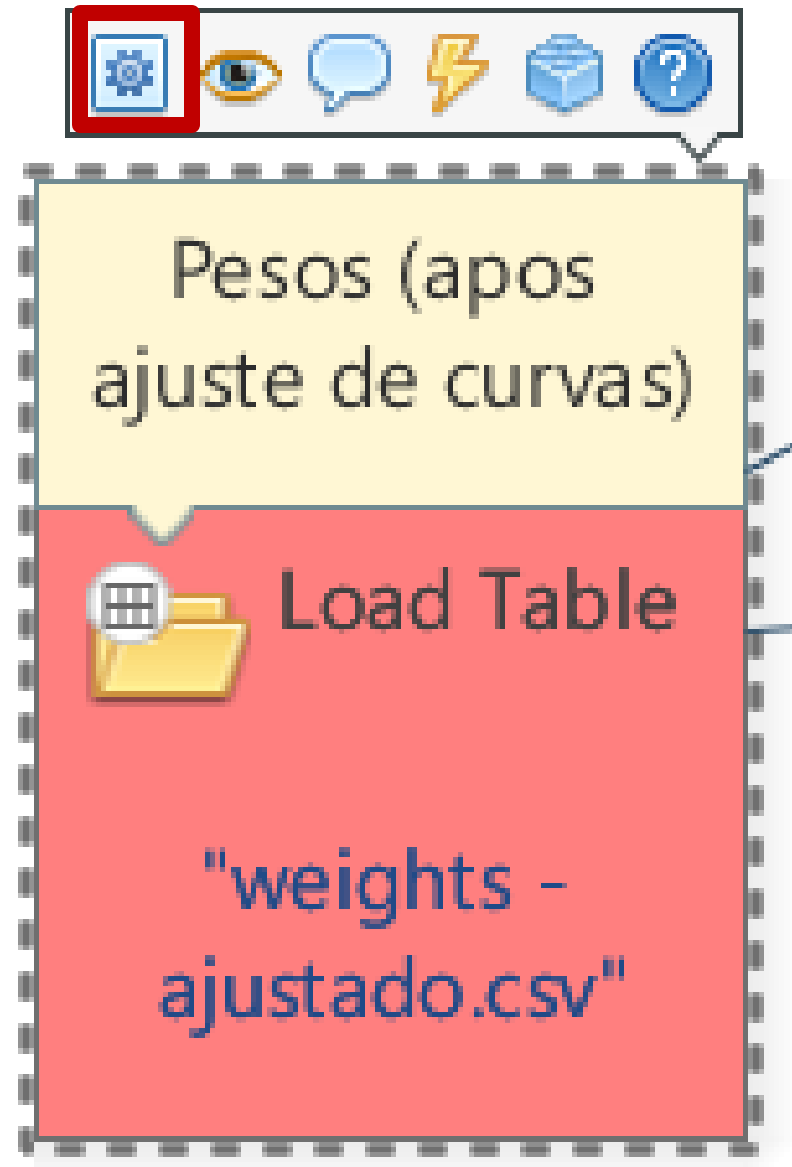
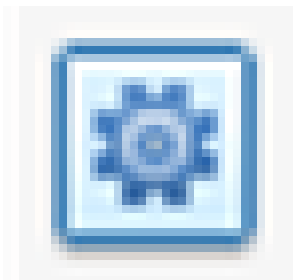
Mapas das variáveis explicativas da expansão urbana



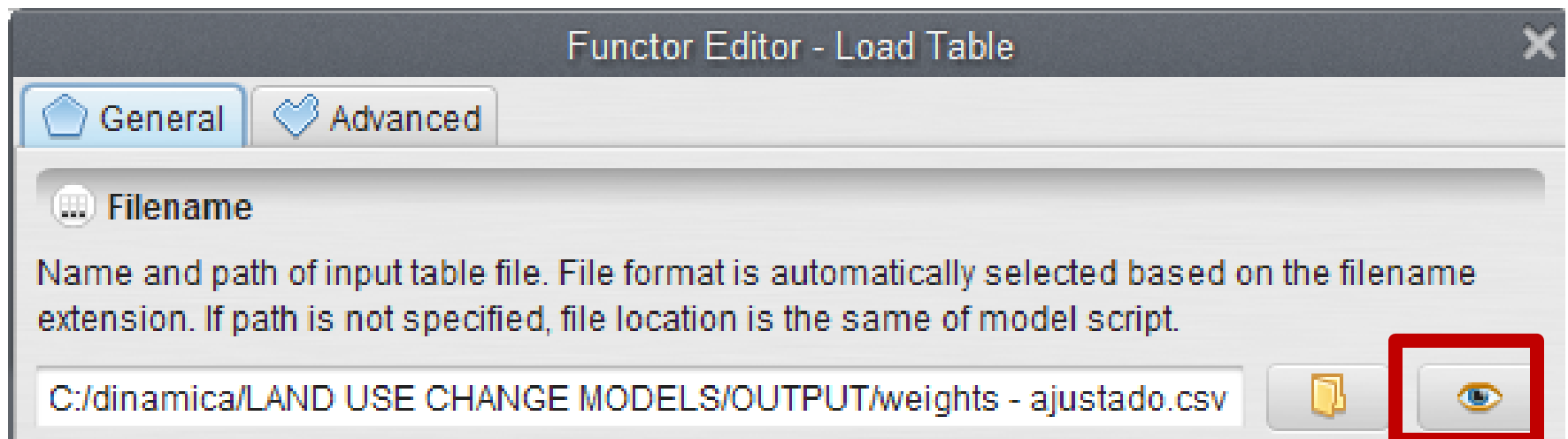
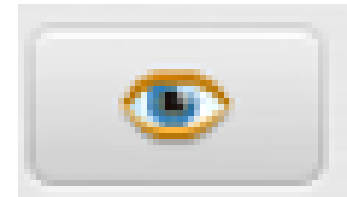
Tabela de pesos ajustados



- Clique na caixa “Pesos após ajustes de curvas”
- Selecione a o botão de engrenagem (“Edit functor”)



- Ele aponta onde está a pasta e o arquivo da tabela de pesos de evidência ajustados (probabilidades de transição)
- Clique no botão do olho (“Display the selected file containing weights of evidence coefficients and ranges”)



Table

Transition_From [Real] * ▲	Transition_To [Real] *	Variable [String] *	Range_Lower_Limit [Real] *	Weight_Coefficient [Real]
0	1	distance/distance_to_1	0	2.273155473
0	1	distance/distance_to_1	50	1.150360536
0	1	distance/distance_to_1	100	-0.838423744
0	1	distance/distance_to_1	150	-1.756418355
0	1	distance/distance_to_1	200	-2.818991329
0	1	distance/distance_to_1	250	-3.727472079
0	1	distance/distance_to_1	750	-6.607246408
0	1	distance/distance_to_1	1350	-4.144576051
0	1	static_vars/layer_0	0	-3.408901014
0	1	static_vars/layer_0	1	-1.447076285
0	1	static_vars/layer_0	2	1.053168329
0	1	static_vars/layer_0	4	-0.912764982
0	1	static_vars/layer_0	5	2.613580755
0	1	static_vars/layer_0	7	-0.667379602
0	1	static_vars/layer_0	8	-2.095419364
0	1	static_vars/layer_0	9	1.662604465
0	1	static_vars/layer_0	10	-0.823879223
0	1	static_vars/layer_0	11	1.439583021
0	1	static_vars/layer_0	12	-4.181763065
0	1	static_vars/layer_0	14	1.205124822
0	1	static_vars/layer_1	1	-2.405300752
0	1	static_vars/layer_1	2	-1.035198835
0	1	static_vars/layer_1	3	-1.267936643

Distância a
área
urbana

Vegetação
e uso do
solo

Zoneamento

Erosão marinha – Ilha Comprida



<https://marsemfim.com.br/ilha-comprida-sp-verticalizacao-e-insistencia-do-prefeito/>

Erosão marinha – Ilha Comprida

2010

2018

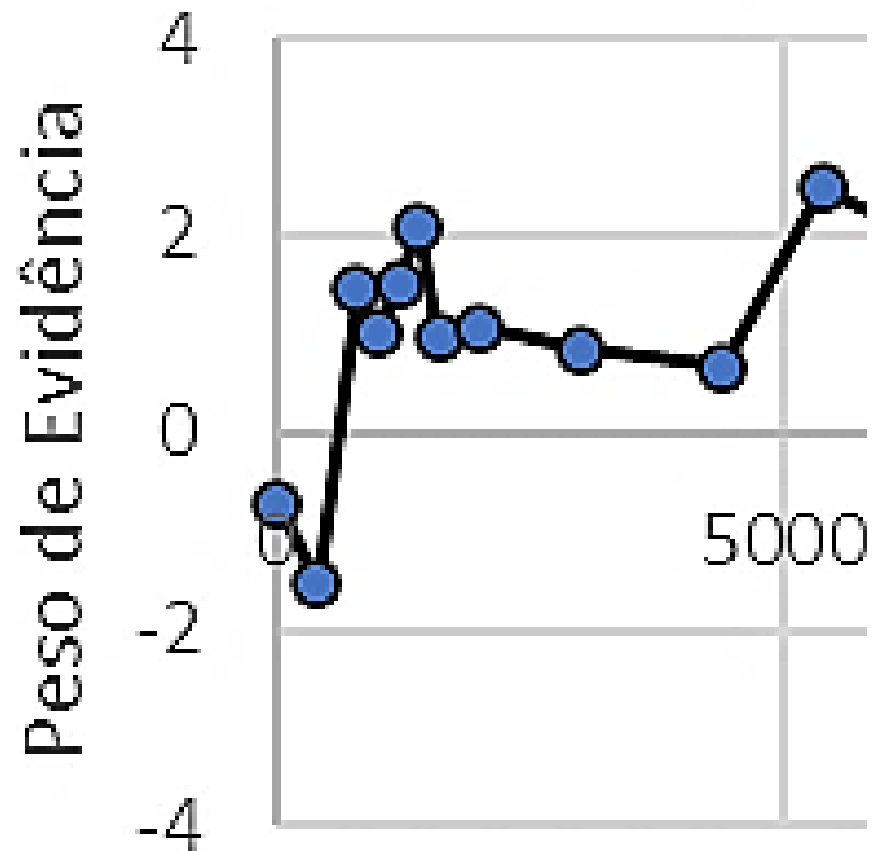


Fonte: Emplasa (2010) e Digital Globe (2018)

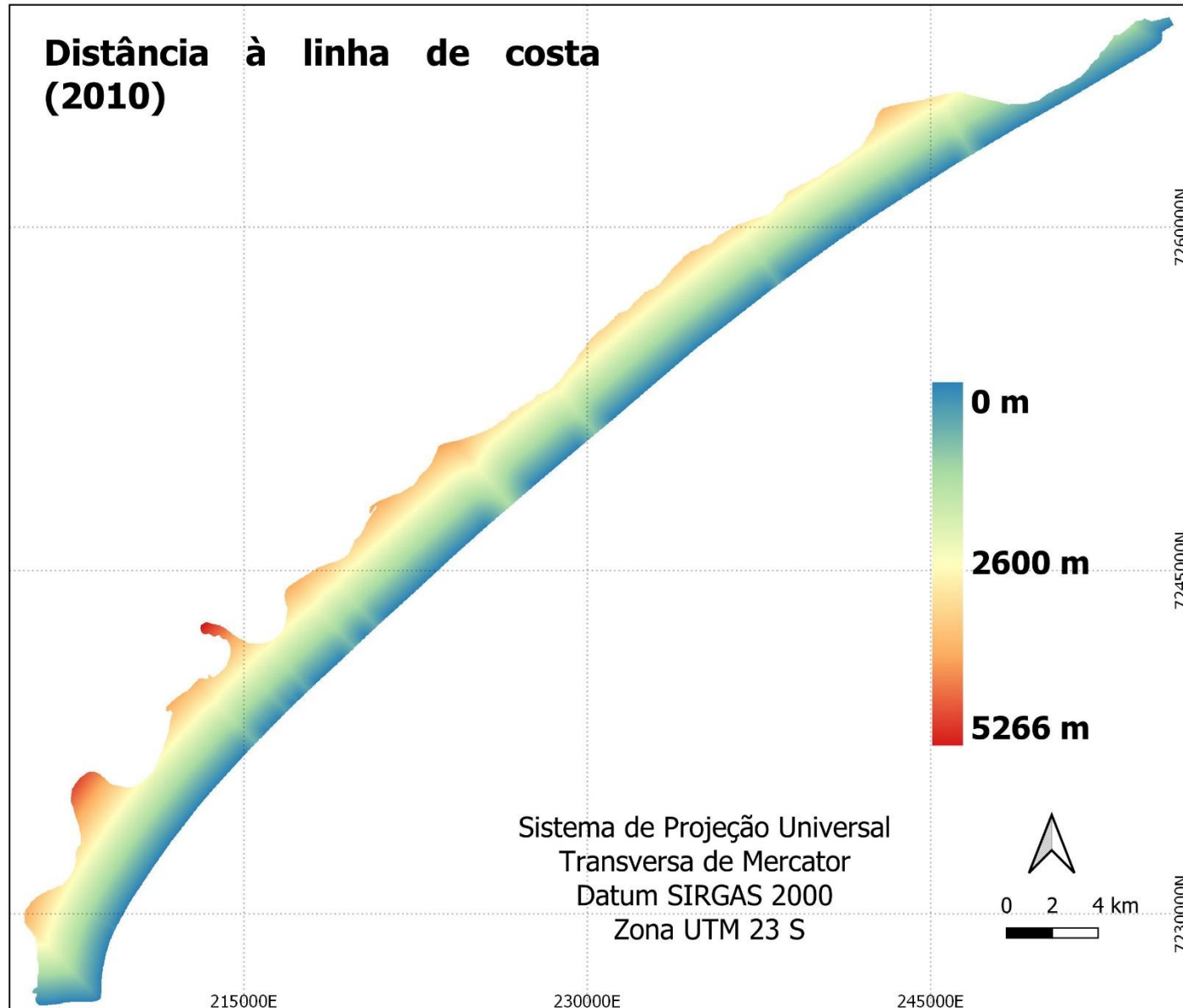
Andrade, Hedlla M. Modelagem espacial da expansão urbana no município de Ilha Comprida – SP: contribuição à gestão territorial de uma unidade de conservação. Dissertação de Mestrado. UFABC. 2020.

Distância a áreas de erosão rápida

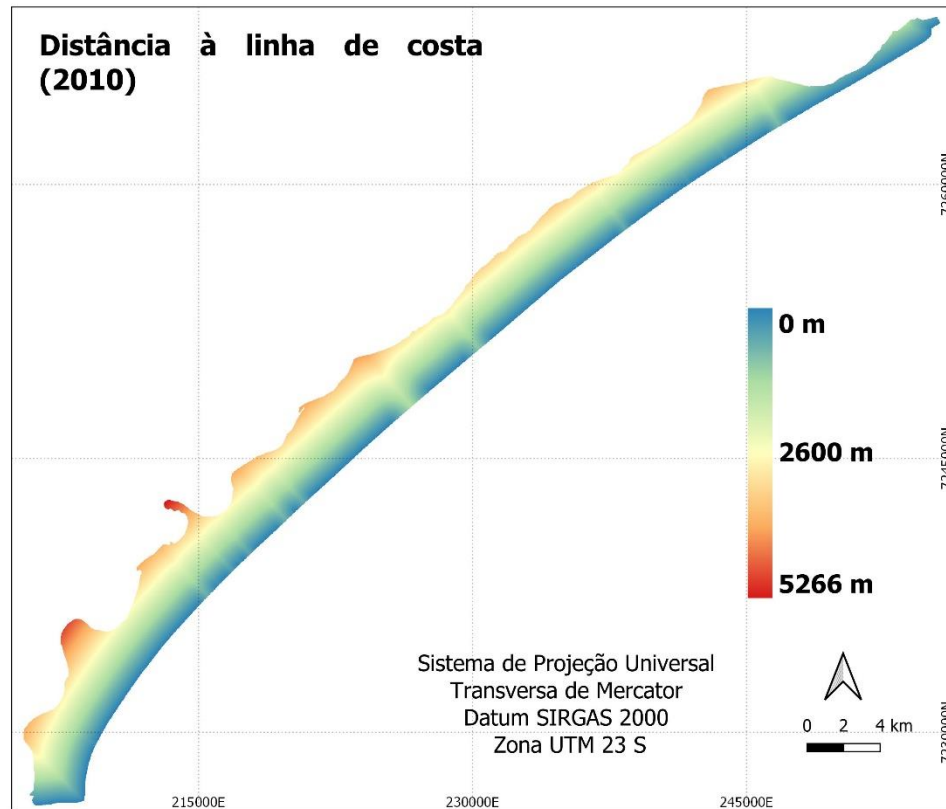
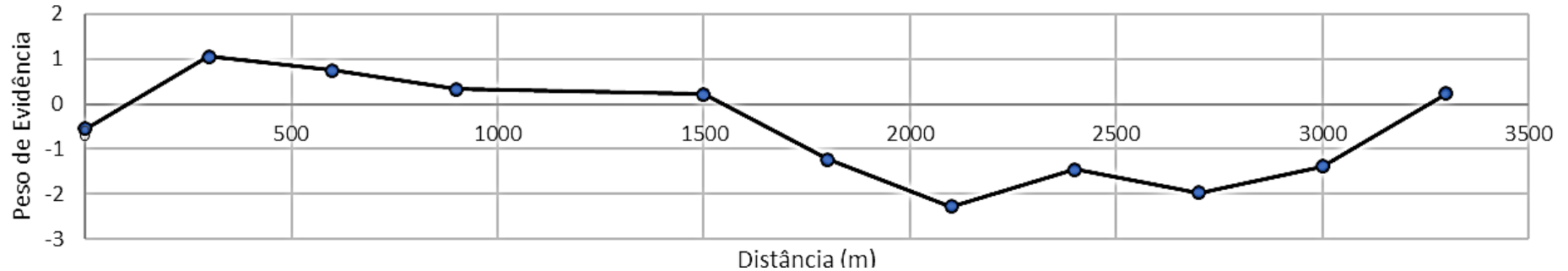
Negativo nos
primeiros 1000
metros

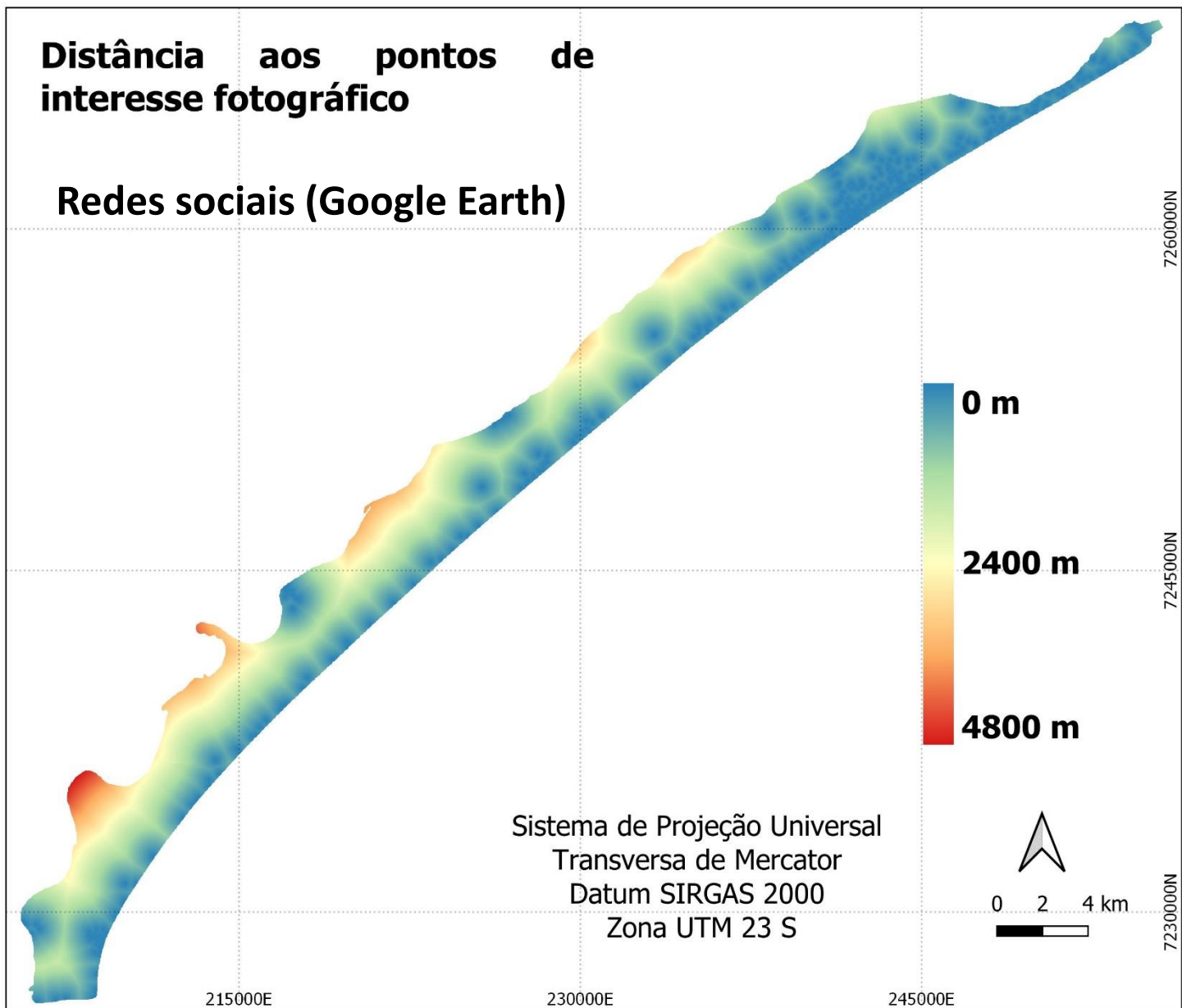


Distância à linha de costa



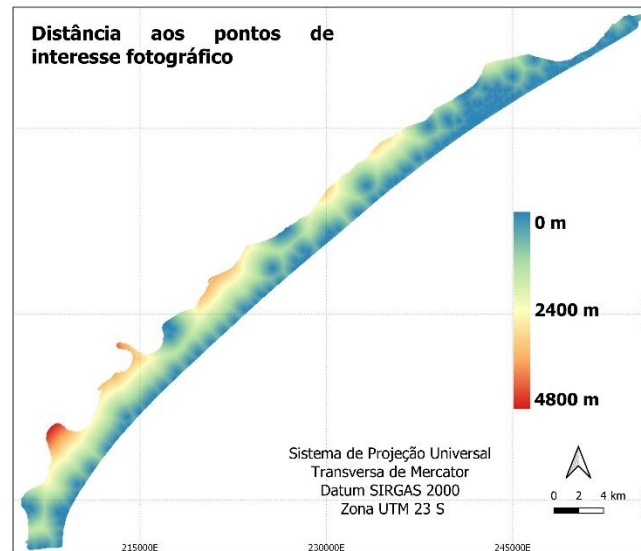
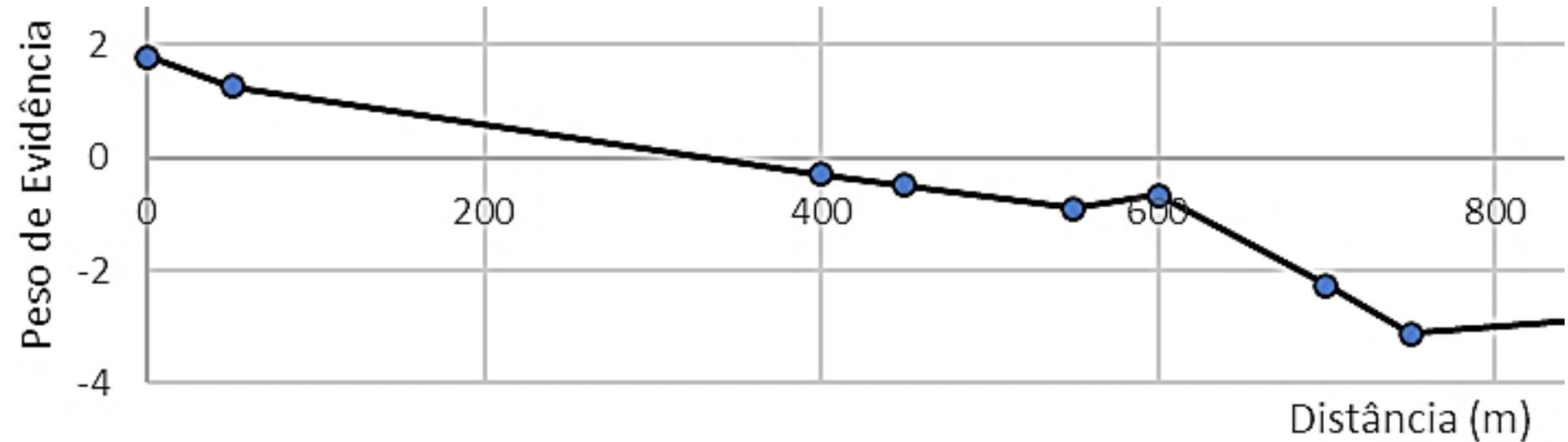
Distância à linha de costa



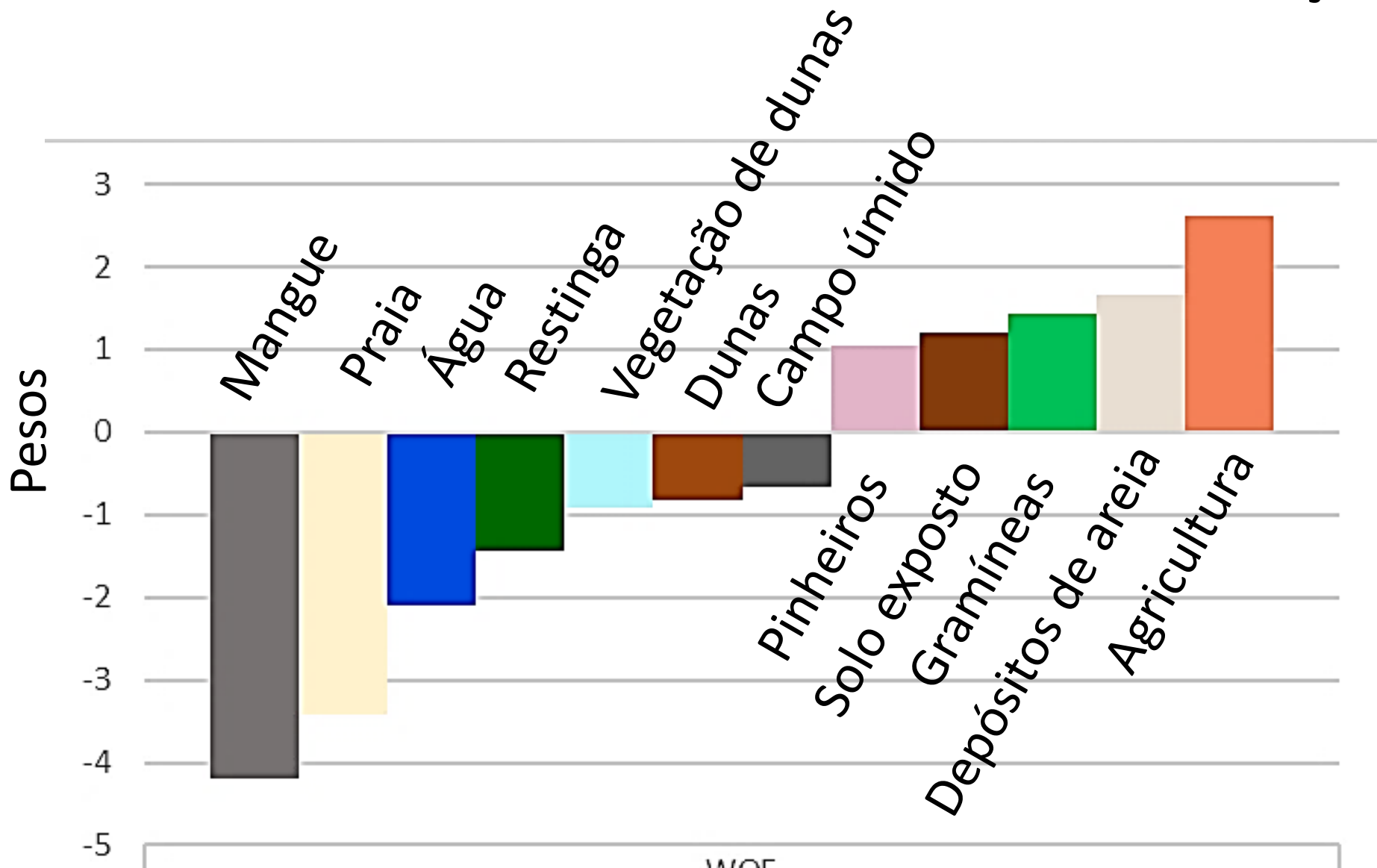


Andrade, Hedlla M. Modelagem espacial da expansão urbana no município de Ilha Comprida – SP: contribuição à gestão territorial de uma unidade de conservação. Dissertação de Mestrado. UFABC. 2020.

Distância aos pontos de interesse fotográfico

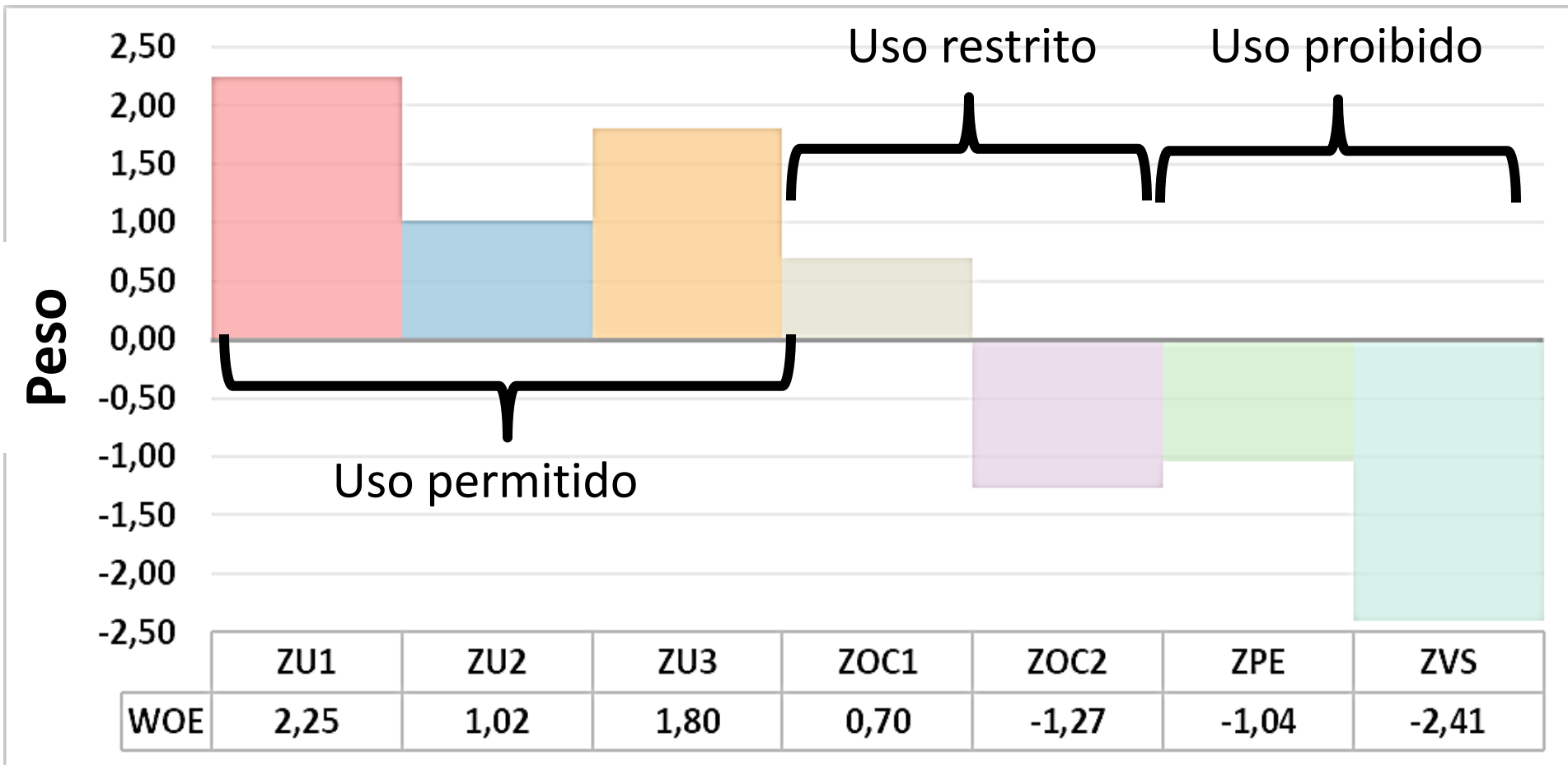


Influência da cobertura e uso anterior sobre a urbanização



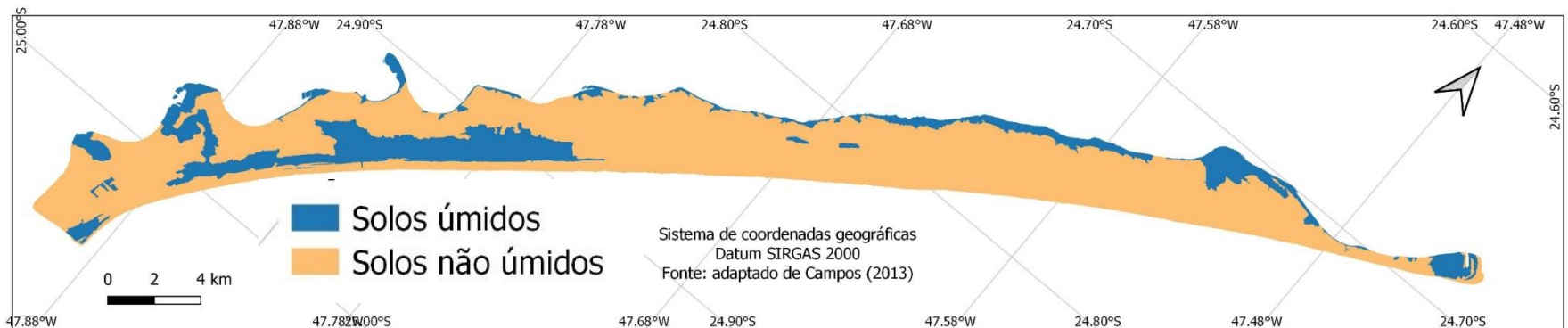
Andrade, Hedlla M. Modelagem espacial da expansão urbana no município de Ilha Comprida – SP: contribuição à gestão territorial de uma unidade de conservação. Dissertação de Mestrado. UFABC. 2020.

Influência do zoneamento da Área de Proteção Ambiental na ocupação



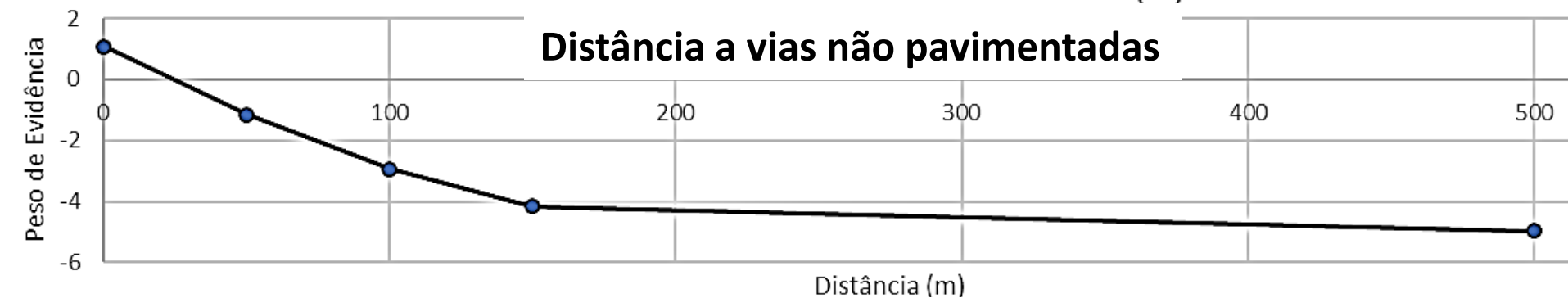
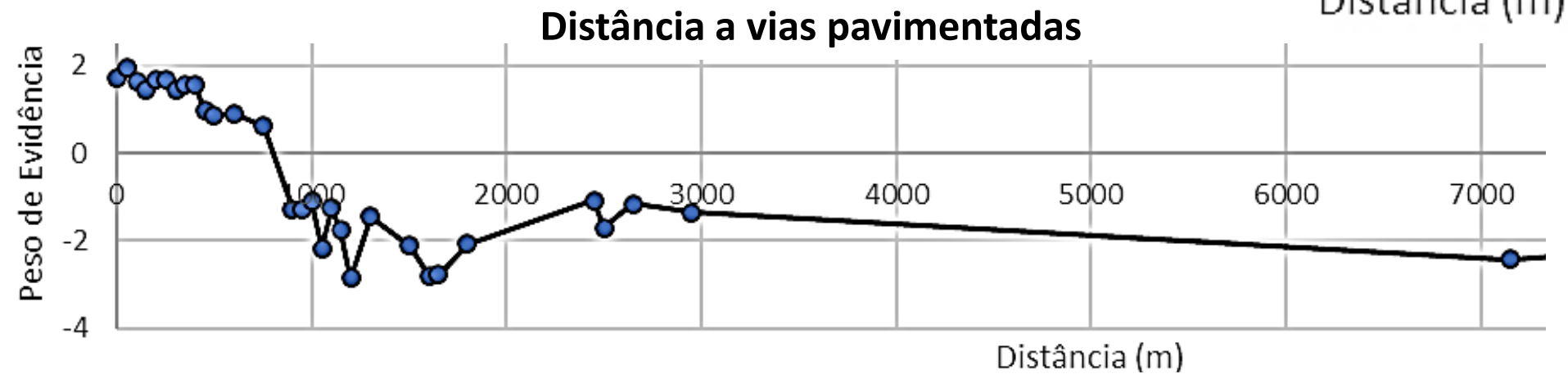
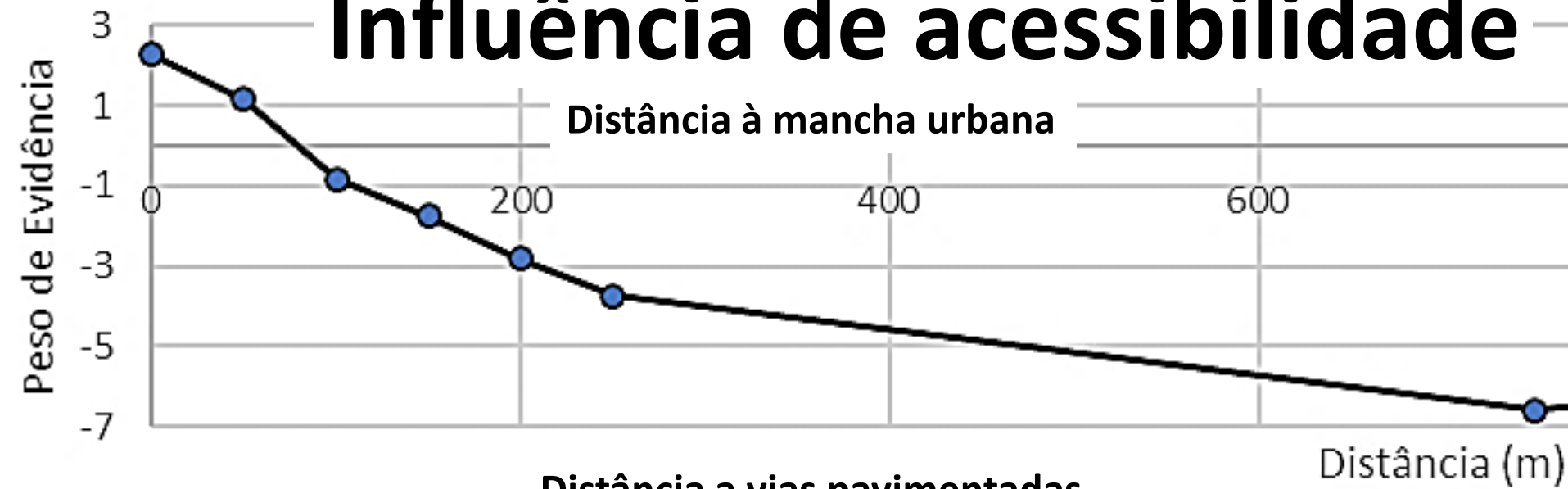
Andrade, Hedlla M. Modelagem espacial da expansão urbana no município de Ilha Comprida – SP: contribuição à gestão territorial de uma unidade de conservação. Dissertação de Mestrado. UFABC. 2020.

Influência dos solos sobre a urbanização



Andrade, Hedlla M. Modelagem espacial da expansão urbana no município de Ilha Comprida – SP: contribuição à gestão territorial de uma unidade de conservação. Dissertação de Mestrado. UFABC. 2020.

Influência de acessibilidade



Passo 4: Mapas de Probabilidade



Calc W. Of E.
Probability
Map



Name Map

Name "distance"



Name Map

Name
"static_vars"

weights)

Grava a tabela de
correlacao (pesos
de evidencia)



Save Table

"correlation.csv"



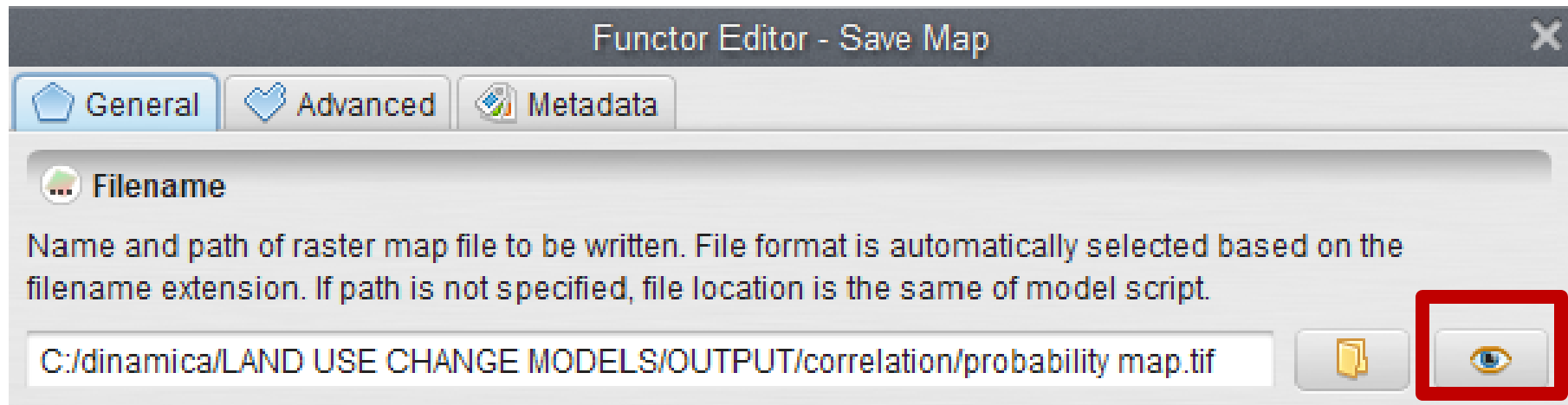
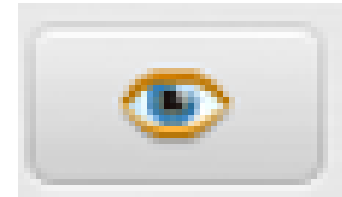
Grava os mapas de
probabilidade baseados
nos pesos de evidencia
(ajustados)



Save Map

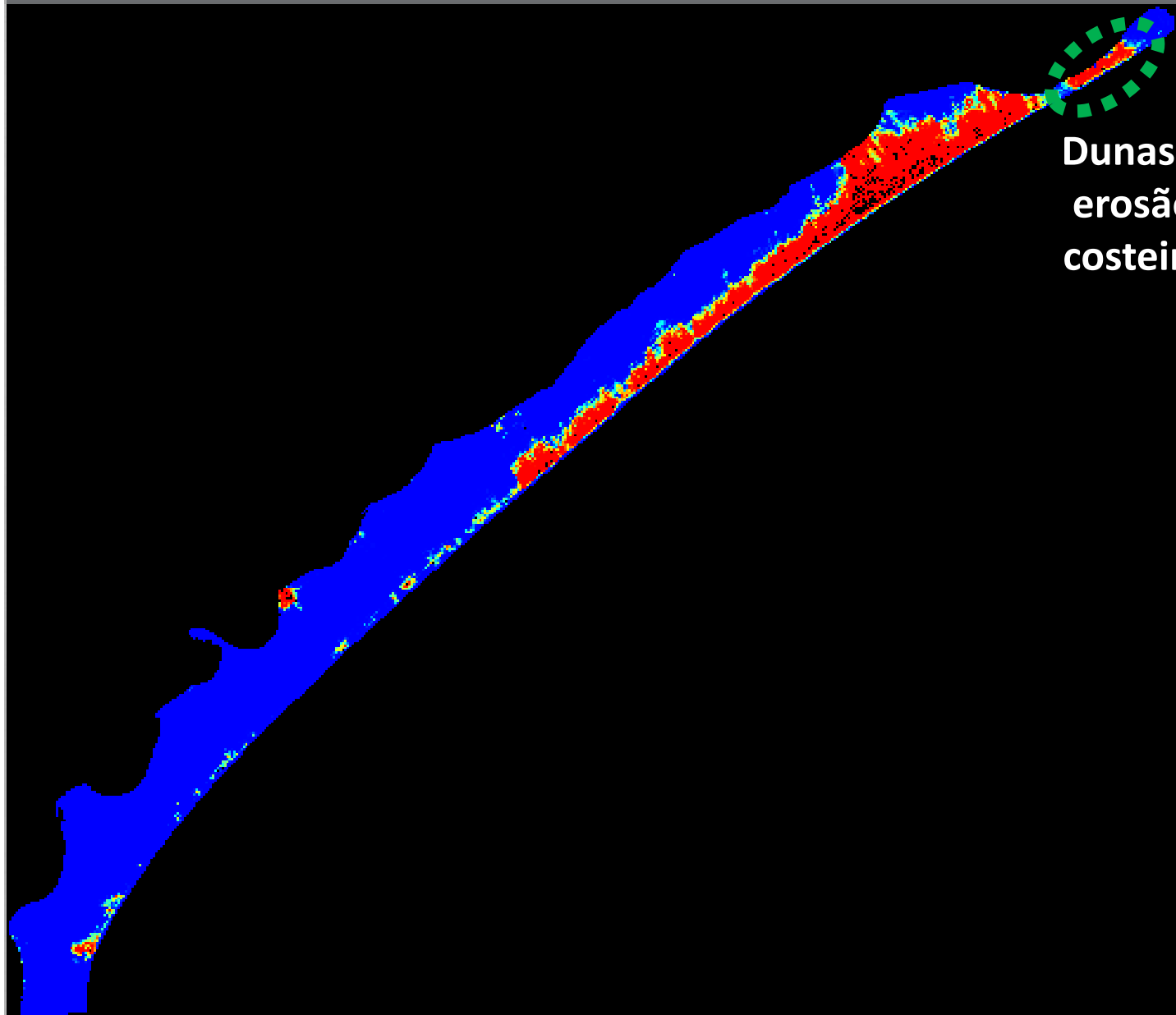
"probability map.tif"

- Ele aponta onde está a pasta e o arquivo do mapa de probabilidade de urbanização
Clique no botão do olho (“Display the selected file containing a map”)





MapView



(probability map.tif)

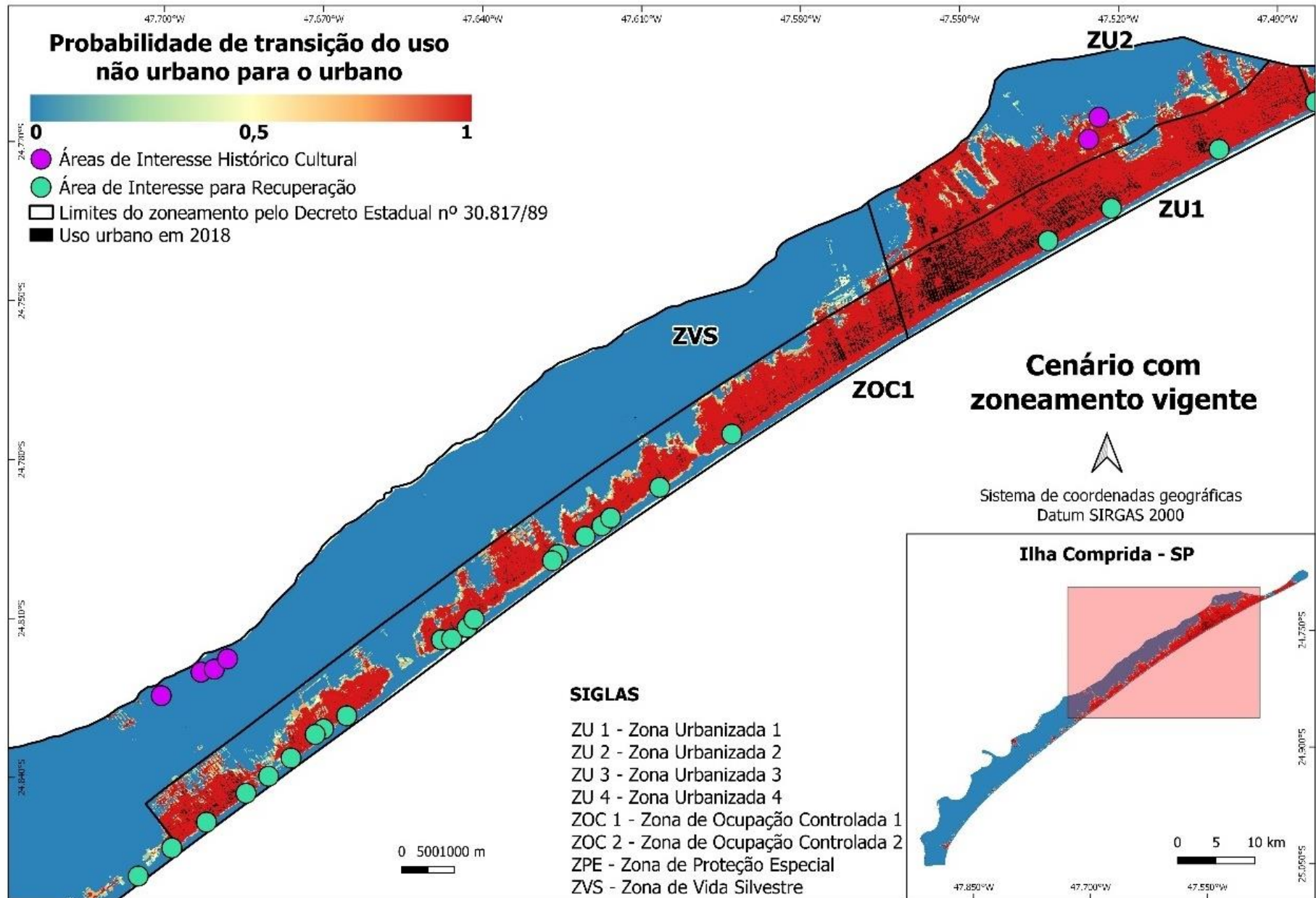
Dunas e
erosão
costeira



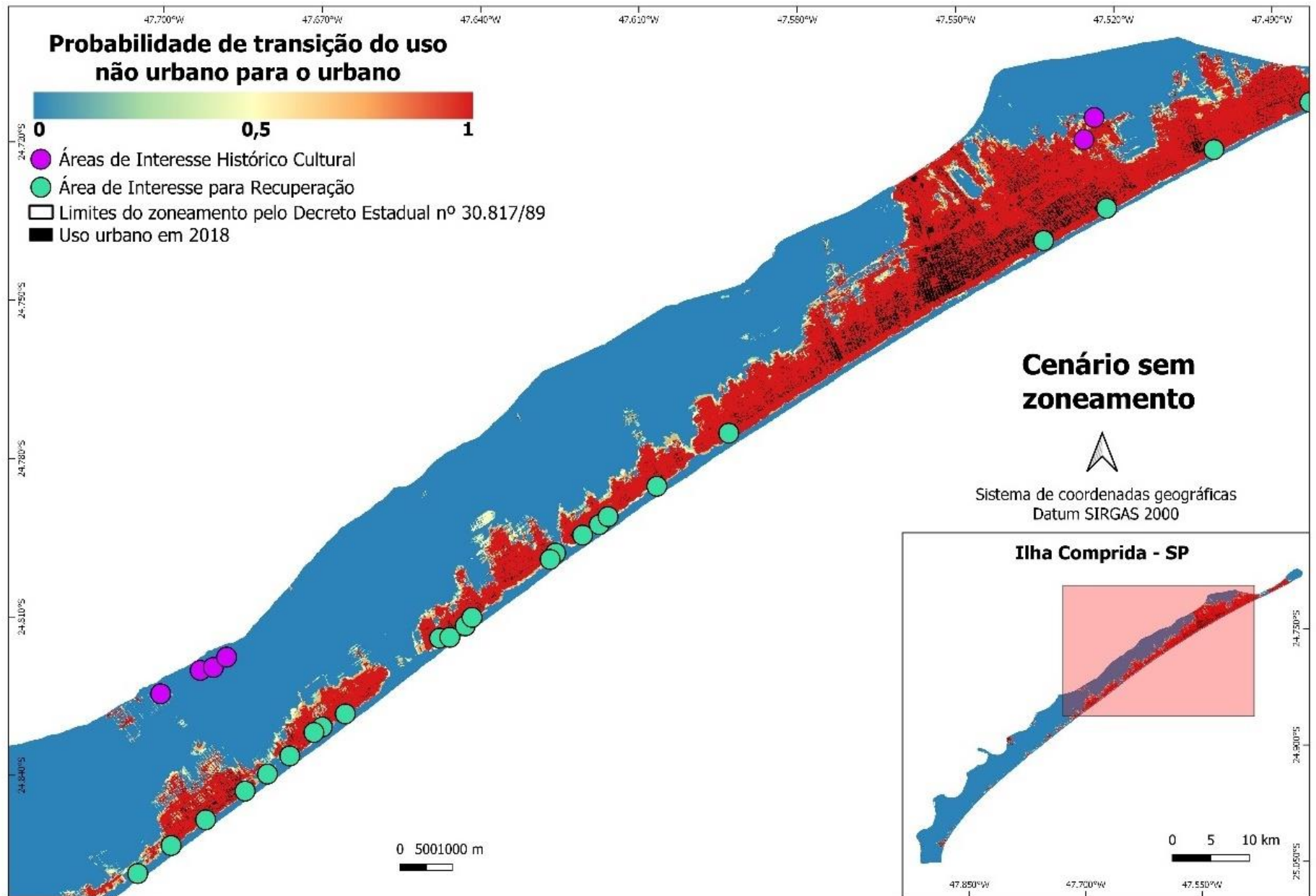
1.00

5.86e-16

Cenários

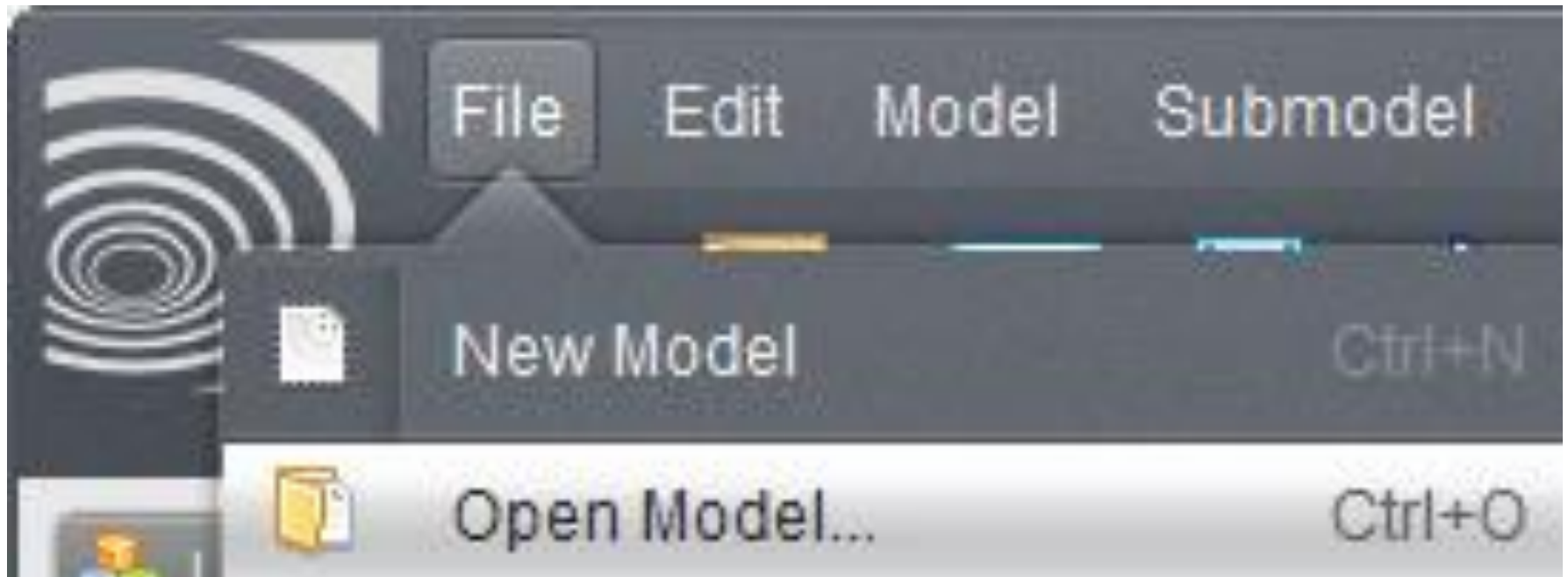


Cenários

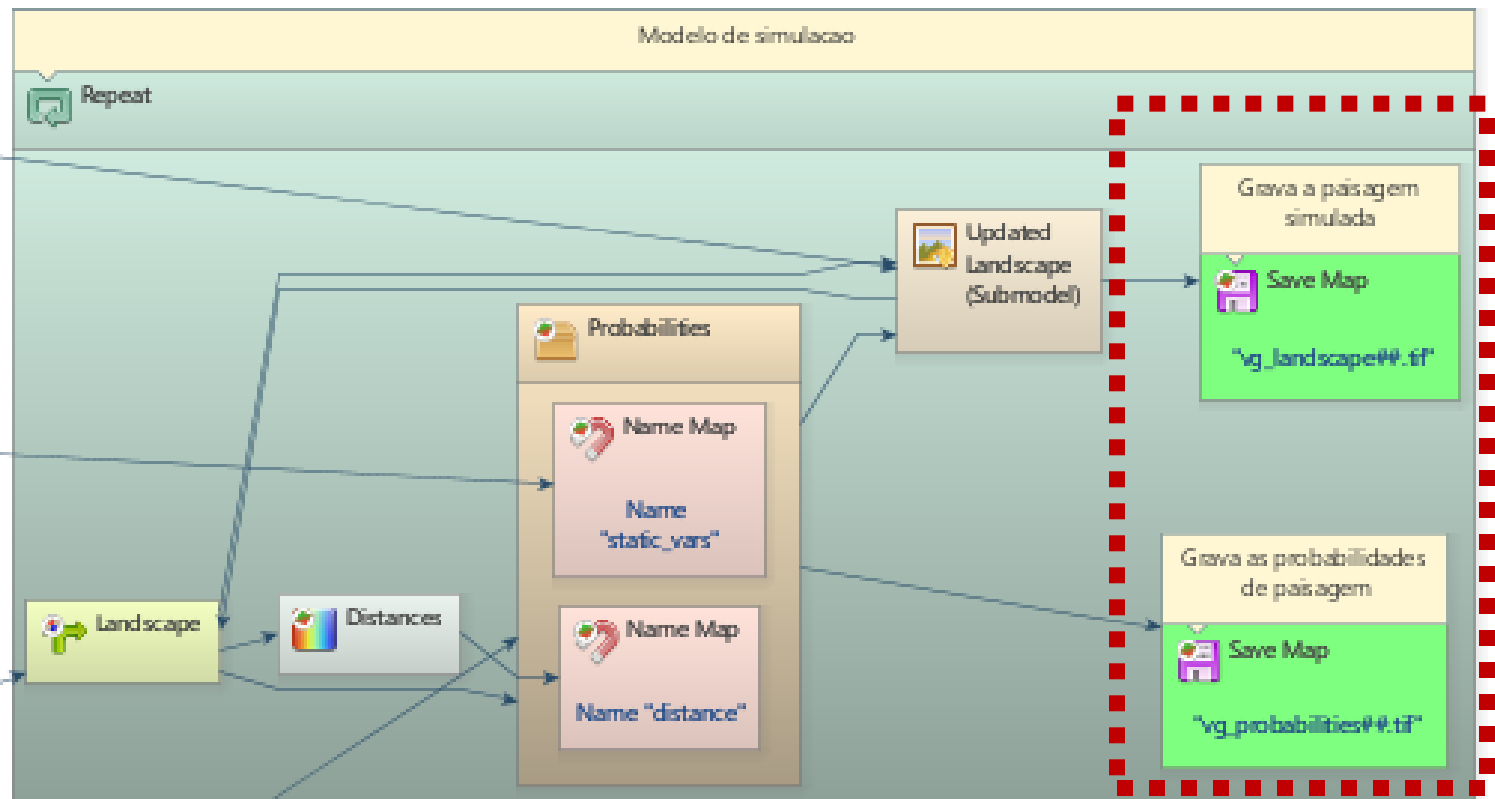


File -> Open Model...

Pasta “Model”, arquivo
“3_cenario_zoneamento_vigente.egoml”



Processamento



Resultados

Dados de
Entrada

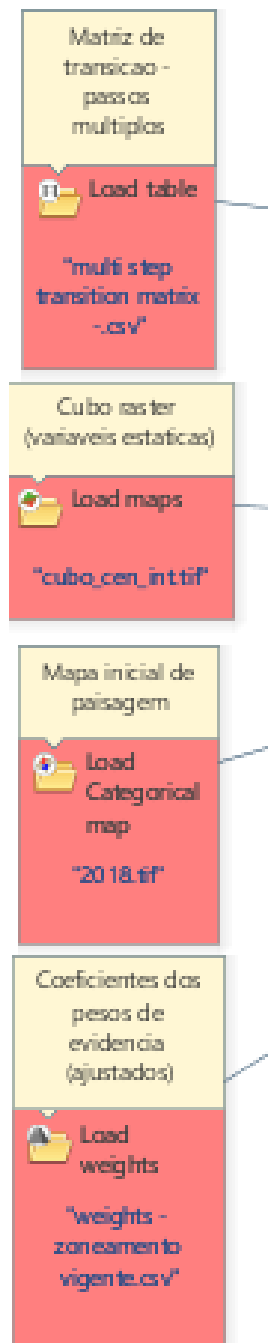
Dados de Entrada

Matriz de transição

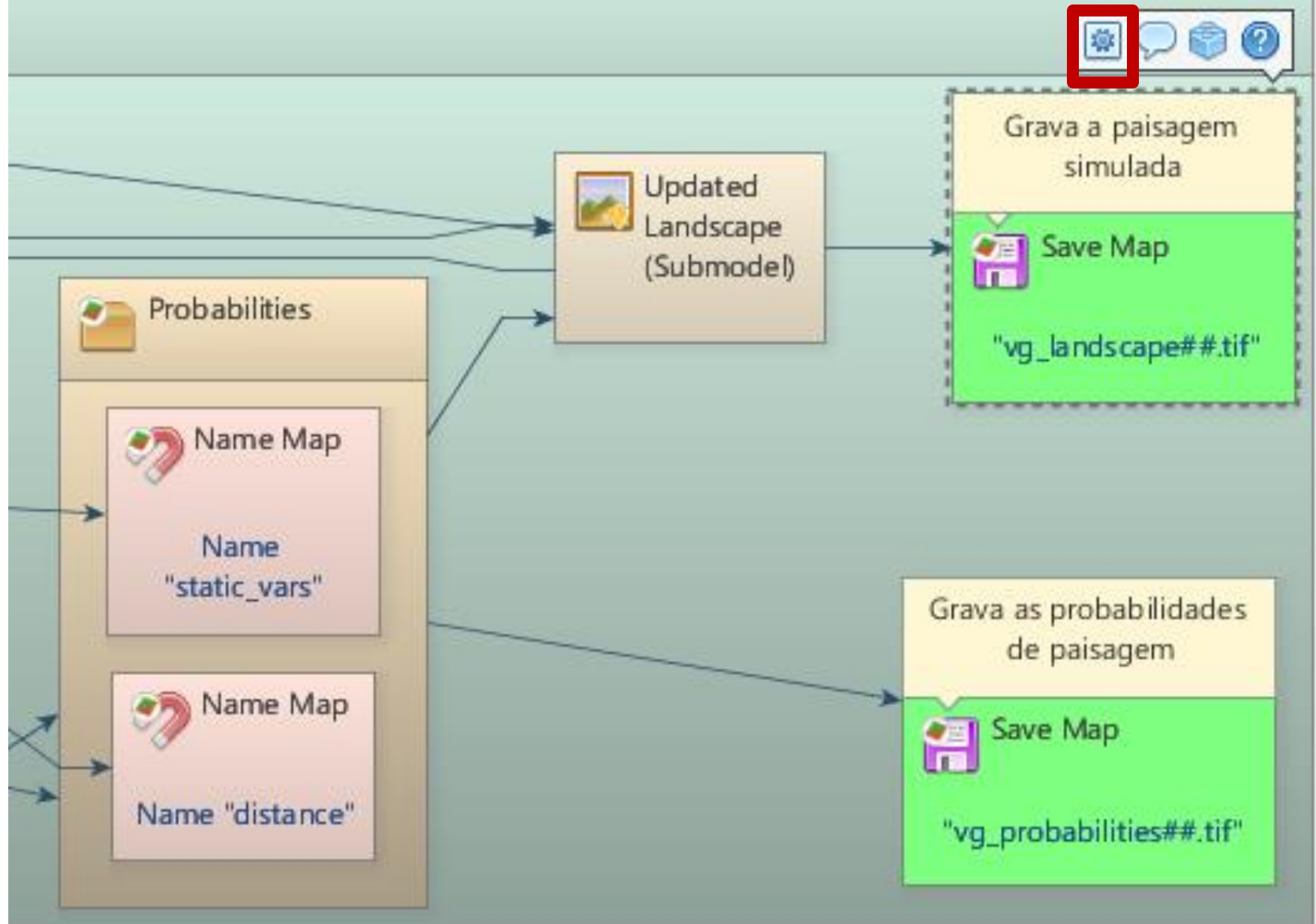
Mapas das variáveis explicativas da expansão urbana

Mapa de urbanização em 2018

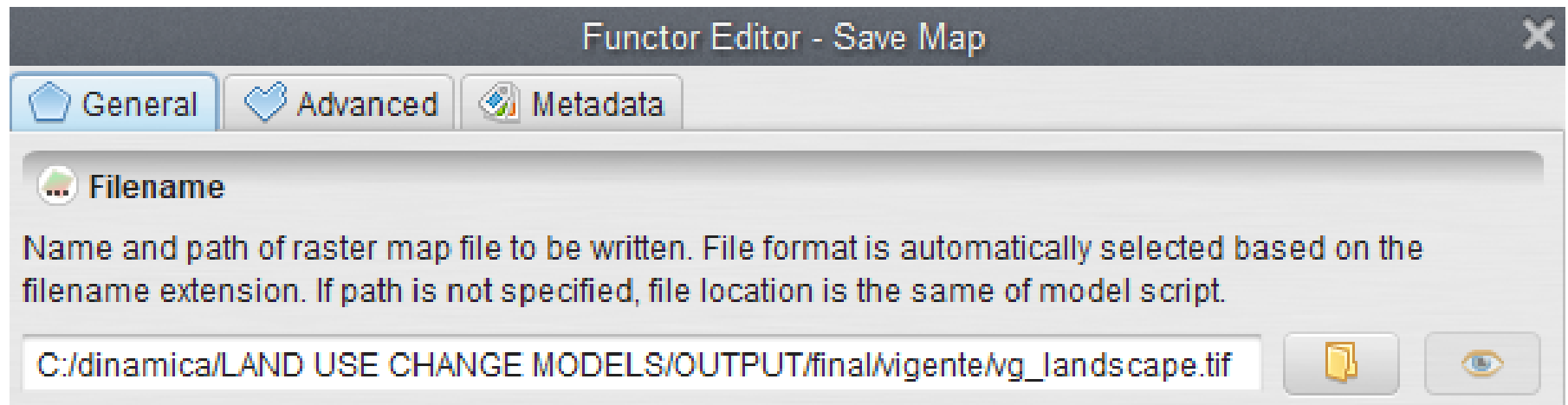
Tabela de pesos ajustados



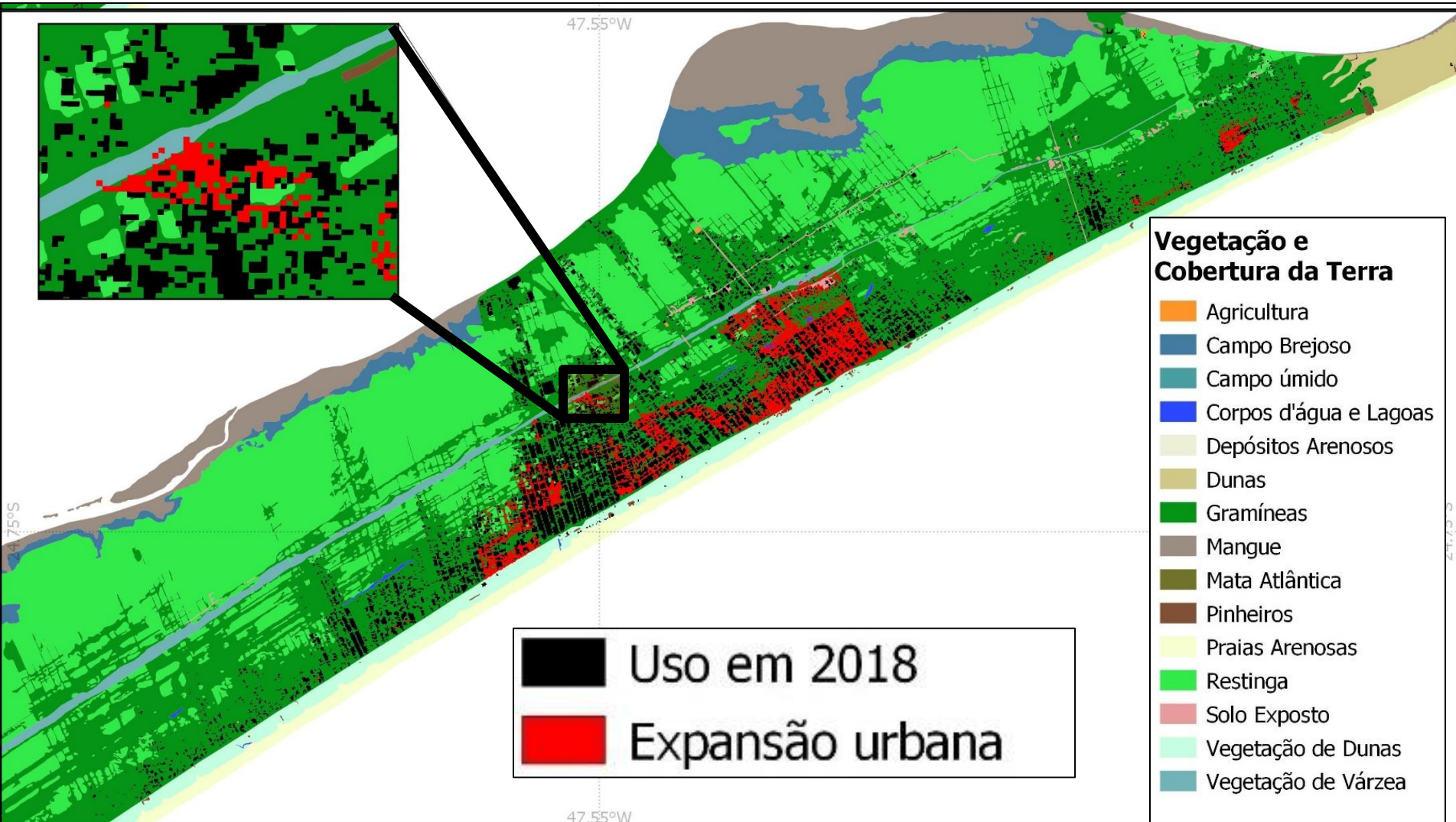
Modelo de simulacao



Ele aponta onde está a pasta onde serão gravados os mapas de paisagens simuladas

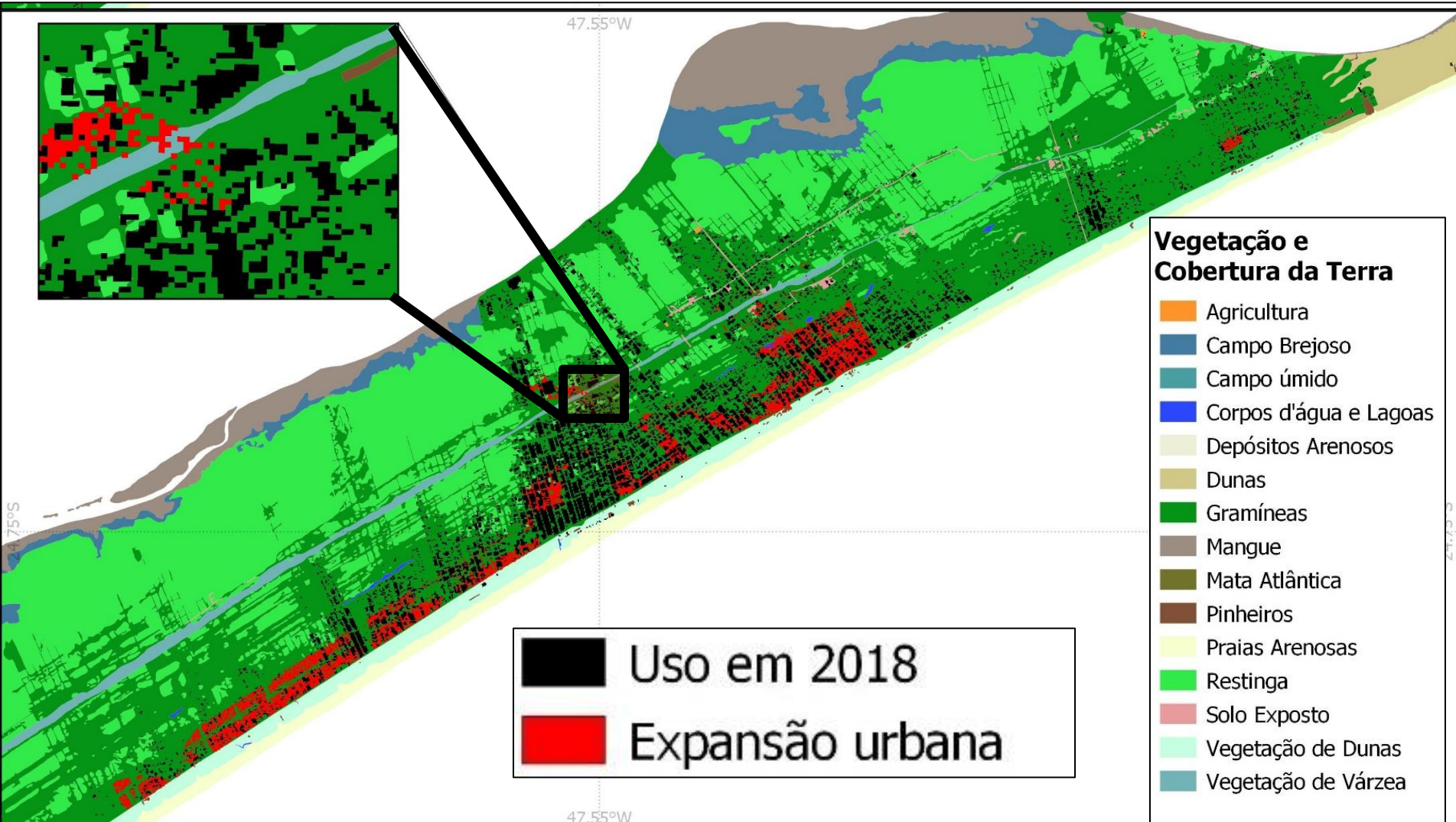


Expansão urbana até 2050 com o zoneamento vigente



Expansão urbana até 2050 com o zoneamento proposto

Pesos a partir de oficina participativa com os gestores da unidade da conservação



Outras possibilidades de uso de modelagem de dinâmicas de cobertura e uso da terra

- Modificação das métricas de ecologia de paisagem nos cenários
 - Conectividade, fragmentação e efeito de borda
- Incluir a dimensão vertical
 - Verticalização das edificações
 - Regeneração da vegetação e volumes de biomassa/carbono
- Modelagem de agentes
 - Empreendedores, investidores e classes sociais
 - Dispersão, competição e relações tróficas entre seres vivos

Briassoulis, H. (2020). Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches. 2nd edn. West Virginia University, 2020.

He, J., Liu, P., & Li, X. (2023). Modeling multi-type urban landscape dynamics along the horizontal and vertical dimensions. *Landscape and Urban Planning*, 233, 104683.

Rittenhouse, C. D., & Rissman, A. R. (2012). Forest cover, carbon sequestration, and wildlife habitat: policy review and modeling of tradeoffs among land-use change scenarios. *Environmental science & policy*, 21, 94-105.