



Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

**ISEL**  
INSTITUTO SUPERIOR DE  
ENGENHARIA DE LISBOA

Sistemas de Informação Geográfica e Multimédia

# **Modelação de Dados com Recurso a Extensões Espaciais**

Mestrado em Engenharia Informática de Multimédia

Pedro Gonçalves, 45890

Rodrigo Dias, 45881

Semestre de Inverno, 2022/2023

# Figuras

Figura 1 - Modelo conceptual com pictogramas espaciais .....	4
Figura 2 - Mapa com terrenos e rios .....	6
Figura 3 – Geometria da lebre .....	7
Figura 4 - Geometria da tartaruga .....	7
Figura 5 - Fluxograma do comportamento de um objeto móvel .....	8
Figura 6 - Simulação da lebre (reta) .....	8
Figura 7 - Simulação da tartaruga (curva) .....	9
Figura 8 - Simulação da lebre e tartaruga (aproximado) .....	9
Figura 9 – Primeiro cenário de perseguição .....	10
Figura 10 - Segundo cenário de perseguição .....	11

# Índice

1) Introdução .....	3
2) Problema.....	3
2.1) Características dos terrenos e rios.....	3
2.2) Características dos objetos móveis .....	4
3) Modelo conceptual .....	4
3.1) Gestão das cinemáticas dos objetos móveis .....	5
3.2) Organização de rios e terrenos.....	5
3.3) Objetos móveis .....	5
3.4) Cinemática dos objetos móveis .....	5
3.5) Relação de perseguição entre objetos móveis .....	6
4) Cenário de simulação .....	6
5) Simulação de um objeto móvel em movimento .....	8
6) Simulação de um objeto móvel em perseguição .....	10
7) Conclusão.....	11

# 1) Introdução

Pretende-se explorar o modelo relacional-estendido no suporte à manipulação de informação descrita através de estruturas complexas e aprofundar os aspetos de modelação e de utilização de extensões espaciais.

Utilizar-se-ão o sistema de gestão de bases de dados **PostgreSQL** e a sua extensão **PostGIS**, juntamente com a ferramenta **Quantum GIS** para representação em camadas ("*layers*") da informação espacial.

# 2) Problema

Recriando um espaço virtual **2D** (2 dimensões), o objeto será simular um mundo (visto de cima) composto por diferentes terrenos e rios, no qual se locomoverão diferentes objetos móveis. Cada tipo de terreno, para além de um nome único, terá também o efeito de alterar a velocidade (linear) dos objetos que sobre ele se deslocam. Assim que um objeto entra num terreno a sua velocidade é afetada, num valor percentual (e.g.,  $\pm 0\%$  a  $100\%$ ), e o efeito permanece enquanto o objeto estiver nesse terreno.

## 2.1) Características dos terrenos e rios

Notar que a alteração da velocidade é o aspeto visível, pois a alteração na velocidade resulta da variação sobre a aceleração.

Um terreno, de determinado tipo, pode interseccionar terrenos de outros tipos. Por exemplo, um terreno do tipo floresta pode conter um terreno do tipo pântano. Note-se que o mesmo pântano pode cruzar várias florestas. Assume-se que o terreno que inclui todos os restantes não precisa de estar explicitamente representado e não afeta a mobilidade dos objetos. Note-se que há uma hierarquia de inclusão entre terrenos (e.g., a floresta inclui pântanos e possivelmente não o inverso) pelo que um objeto é afetado pelo tipo de terreno que estiver no nível de maior profundidade da hierarquia de terrenos que o contém.

Para além de terrenos existem também rios que têm precisamente o mesmo efeito sobre os objetos que sobre ele se deslocam. No entanto, nem todos os objetos são afetados do mesmo modo pelos terrenos (ou rios). Existem tipos diferentes de objetos móveis, pelo que a redução (percentual) da velocidade depende do tipo de terreno (e.g., uma floresta não reduz tanto como um pântano).

## 2.2) Características dos objetos móveis

Cada objeto móvel é um ponto geográfico que representa, na perspectiva do movimento, todo o objeto. O objeto tem também uma orientação (ângulo, medido em graus ou radianos), uma velocidade e aceleração linear (com componentes **x** e **y**), e uma velocidade e aceleração angular. Admitindo que “**g\_posicao**” representa a posição geográfica do objeto, “**orientacao**” a sua orientação, “**velocidade.linear**” um vector com as componentes (**x** e **y**) da velocidade, “**velocidade.angular**” a velocidade angular do objeto e “**tempo**” um instante de tempo, podemos descrever o processo de atualização destas variáveis que descrevem o movimento (cinemática) do seguinte modo:

- $g\_posicao = g\_posicao + velocidade.linear * tempo$
- $orientacao = orientacao + velocidade.angular * tempo$
- $velocidade.linear = velocidade.linear + aceleracao.linear * tempo$
- $velocidade.angular = velocidade.angular + aceleracao.angular * tempo$
- a aceleração (linear e angular) pode ser constante ou ser calculada para:
  - a) simular uma perseguição, ou;
  - b) simular uma interação, do tipo “jogo” (onde o utilizador controla o movimento).

Considera-se que cada objeto móvel representa o centróide de um componente geométrica que lhe “dá corpo”. Ou seja, associado a cada objeto móvel existe uma “figura geométrica” que define o aspeto visual do objeto móvel. Todos os movimentos devem ser mantidos em histórico para permitir visualizar (e.g., com **QuantumGIS**) as trajetórias dos vários objetos móveis ao longo do tempo.

## 3) Modelo conceptual

Conhecendo o problema, o próximo passo é desenhar o modelo conceptual, utilizando a notação entidade-associação e recorrendo a pictogramas espaciais (**EA-EPE**).

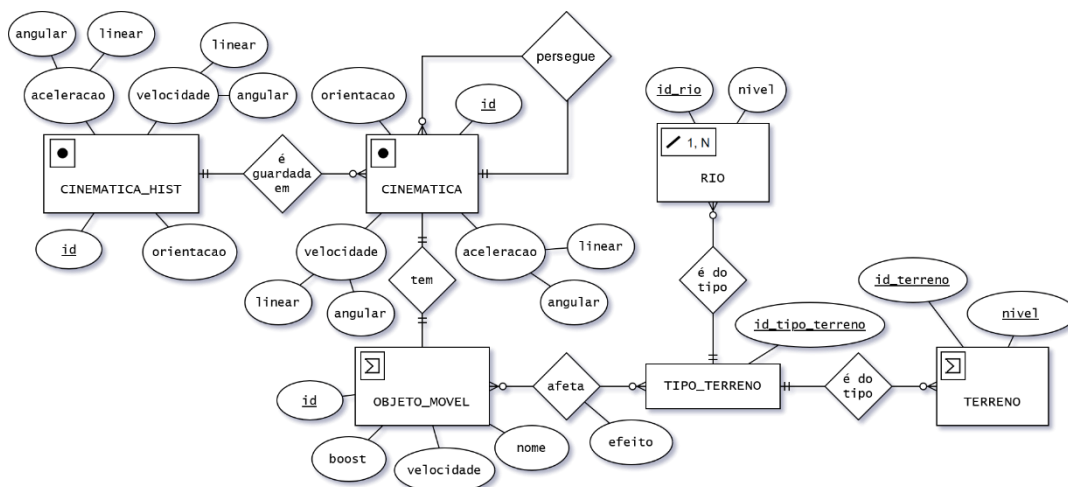


Figura 1 - Modelo conceptual com pictogramas espaciais

### 3.1) Gestão das cinemáticas dos objetos móveis

A entidade **CINEMATICA** representa o estado atual da cinemática de um determinado objeto, enquanto a entidade **CINEMATICA\_HIST** tem como propósito armazenar todas as cinemáticas de todos os objetos, mantendo uma história para cada um.

### 3.2) Organização de rios e terrenos

A entidade **RIO**, tal como a entidade **TERRENO**, apresenta um atributo “nível”, que indica a prioridade sobre outros terrenos ou rios, aquando de sobreposições espaciais. Ambas as entidades possuem também um nome (**id\_tipo\_terreno**) único. Note-se que **RIO** e **TERRENO** apresentam os mesmos atributos, mas diferentes tipos de geometrias. Como será discutido (no **capítulo 4**), os terrenos e rios serão aglomerados numa única tabela (para facilitar as simulações), passando primeiro por uma fase de pré-processamento da informação espacial dos rios, para que dotem de um tipo de geometria semelhante ao dos terrenos.

### 3.3) Objetos móveis

Os objetos móveis têm um **nome** e um **id**, bem como um valor de aceleração base (**boost**), e de velocidade base (**velocidade**).

**IMPORTANTE:** Tomou-se a decisão de não afetar a aceleração de um objeto quando este transita de terreno para terreno, mas sim afetar a velocidade máxima. Ou seja, quando um objeto transita de terreno para terreno, a velocidade máxima permitida é alterada, pelo que, através da aceleração (positiva ou negativa, dependendo do valor da nova velocidade máxima), acelerará/abrandará gradualmente até essa nova velocidade máxima.

Por exemplo, no caso de um objeto que circula a uma aceleração positiva e constante (**boost**), a **50 km/h** (unidades hipotéticas) numa planície (velocidade máxima de **50 km/h**), assim que transitar para um pântano (velocidade máxima de **25 km/h**), a sua velocidade descera gradualmente para **25 km/h**. Da mesma forma, quando transitar novamente para uma planície, a velocidade aumentará gradualmente para **50 km/h**.

Para calcular a velocidade máxima em cada terreno, será utilizado um atributo que relaciona cada objeto com cada terreno, denominado **efeito**, que será multiplicado pela velocidade base (**velocidade**) do objeto.

### 3.4) Cinemática dos objetos móveis

A entidade **CINEMATICA** representa o estado de cinemática atual de um objeto, e dota dos seguintes atributos: uma velocidade linear e angular, uma aceleração linear e angular, uma orientação e um id.

Além disso, a cada iteração das simulações a realizar, todas as cinemáticas de todos os objetos serão guardadas em **CINEMATIC\_HIST**, de forma a visualizar o caminho percorrido por cada objeto.

### 3.5) Relação de perseguição entre objetos móveis

A relação “**persegue**” estabelece uma relação de perseguição entre as cinemáticas de dois objetos móveis, sendo que um objeto pode ser perseguido por vários objetos, mas nunca pode perseguir diversos (pode apenas perseguir um ou nenhum).

**NOTA:** Os scripts responsáveis pela criação da base de dados e do modelo previamente descrito, são os de nome começado por “0\*\_script”.

## 4) Cenário de simulação

Para testar o modelo, o próximo passo será popular a base de dados com terrenos, rios e objeto móveis, construindo um exemplo de mundo virtual **2D**. O mundo construído tem terrenos de diversos níveis e diversos nomes, bem como rios, com um nível mais elevado (devem ser sempre sobrepostos a outros terrenos).

A **figura 2** ilustra o mapa composto por todos os terrenos e rios.

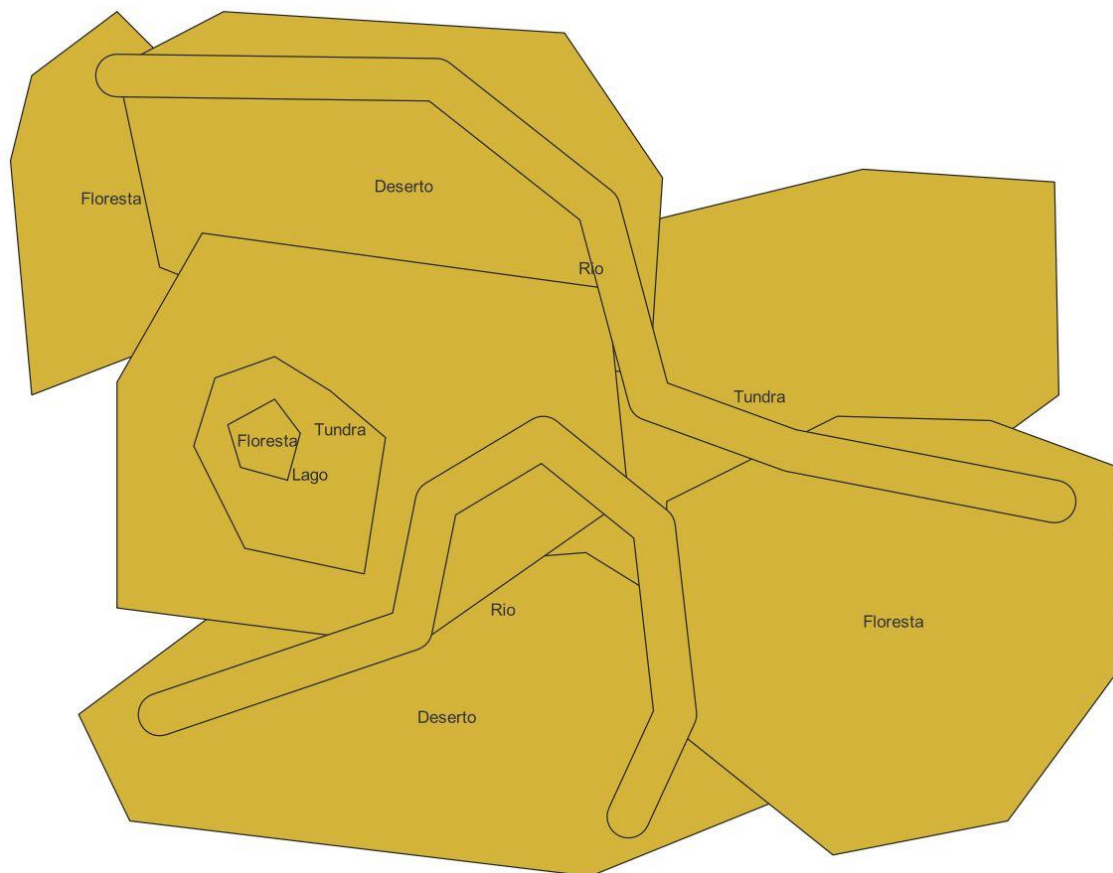


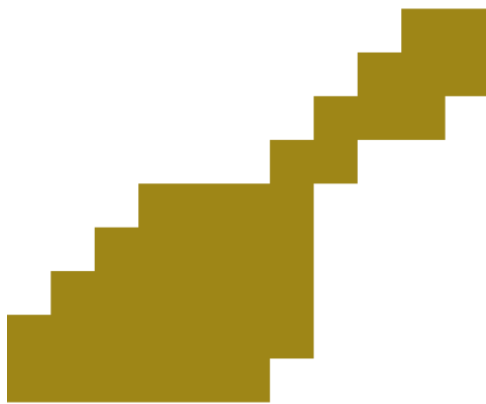
Figura 2 - Mapa com terrenos e rios

Note-se que os terrenos e rios da **figura 2**, são já pertencentes a uma tabela denominada “**terrenos\_rios**” que é resultante da concatenação da tabela de **TERRENOS** com os polígonos gerados através dos rios (da tabela **RIOS**), com recurso à função **ST\_Buffer** (que transforma uma geometria noutra geometria que representa todos os pontos cuja distância até à geometria original é igual ou inferior a um determinado valor).

Além dos terrenos e rios, é necessário criar pelo menos 2 objetos móveis, para que se possa simular um cenário de perseguição. Para criar objetos móveis, é necessário desenhar a sua geometria, escolher um nome e definir a sua aceleração e velocidade base.

Os objetos escolhidos serão uma lebre e uma tartaruga.

- A lebre dota de uma geometria ilustrada pela **figura 3**, e será naturalmente mais rápida em terrenos terrestres do que a tartaruga;
- A tartaruga tem a geometria da **figura 4**, e será mais rápida em água do que a lebre.



*Figura 3 – Geometria da lebre*



*Figura 4 - Geometria da tartaruga*

**NOTA:** Os níveis de prioridade dos terrenos/rios e os diferentes efeitos entre objetos e tipos de terreno podem ser encontrados nos scripts de nome começado por “**1\*\_script**”, que têm como propósito popular a base de dados.



## 5) Simulação de um objeto móvel em movimento

Para melhor compreender a lógica adotada para simular o movimento de um objeto, observe-se o fluxograma da **figura 5**.

O exemplo da **figura 6** ilustra um exemplo em que a lebre percorre o mapa durante **100** iterações. Em cada iteração, a nova posição da lebre é calculada conforme o terreno que atravessa, a velocidade base do objeto, a aceleração base do objeto e a velocidade instantânea (atual) do objeto (tal como mostra o fluxograma da **figura 5**).

Observa-se o efeito pretendido. A lebre é iniciada com uma velocidade nula, e com a sua aceleração base. Como começa dentro de um rio, não é tão evidente o efeito de aceleração inicial, mas assim que transita para o deserto, verifica-se, de imediato, esse efeito de aceleração (até à velocidade máxima do deserto).

O efeito contrário (abrandamento) acontece quando a lebre transita novamente para o rio, dado que a velocidade máxima é reduzida.

**NOTA:** A lógica para o comportamento dos objetos móveis pode ser encontrada no script de nome começado por “**20\_script**”, que têm como propósito popular a base de dados.

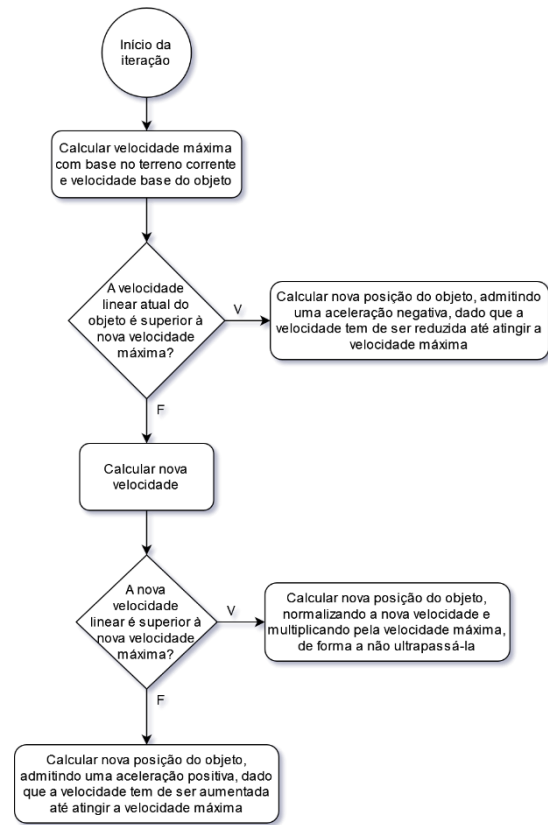


Figura 5 - Fluxograma do comportamento de um objeto móvel

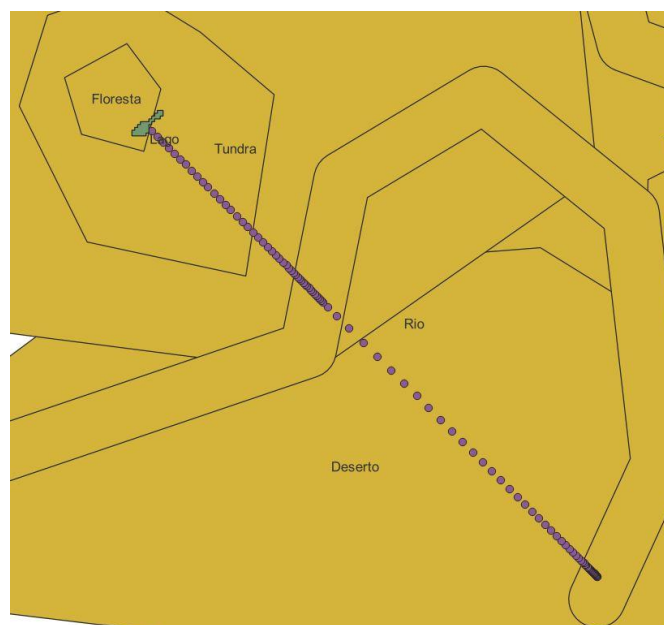
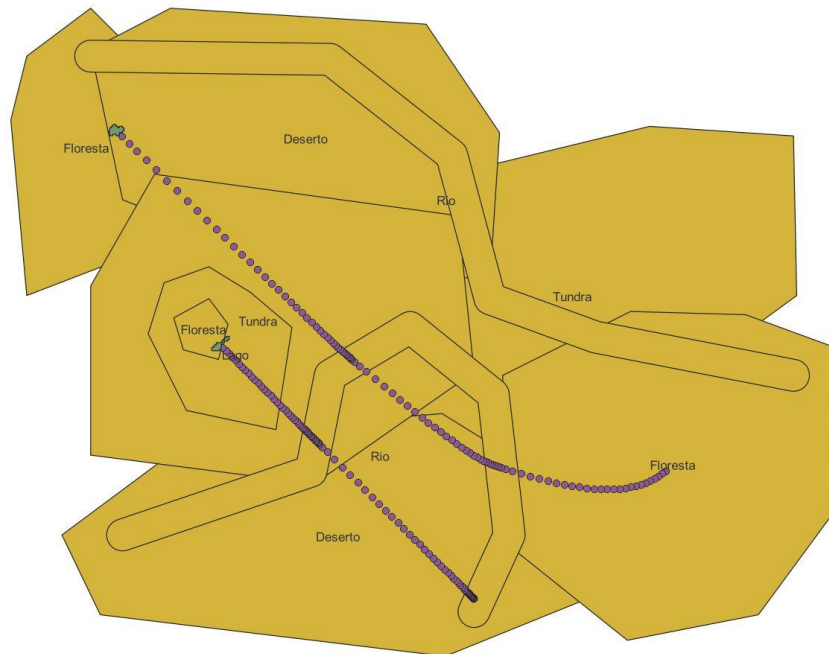


Figura 6 - Simulação da lebre (reta)

Para que se observe o que acontece quando um objeto é iniciado com uma velocidade com uma determinada orientação, mas com uma aceleração com uma orientação diferente, introduzir-se-á uma tartaruga no mesmo cenário, com uma velocidade orientada para o canto inferior esquerdo, mas com uma aceleração orientada para o canto superior esquerdo.

A **figura 7** ilustra a curva percorrida pelo objeto móvel, nesse caso.



*Figura 7 - Simulação da tartaruga (curva)*

A **figura 8** mostra os pontos (tartaruga e coelho) com mais detalhe.



*Figura 8 - Simulação da lebre e tartaruga (aproximado)*

**NOTA:** A lógica responsável pela gestão da cinemática de objetos pode ser encontrada no script de nome começado por “04\_script”, que tem como propósito criar as funções que definem o comportamento de cinemática.

## 6) Simulação de um objeto móvel em perseguição

Para tornar o cenário de simulação mais interessante, introduzir-se-á uma forma de diferentes objetos interagirem entre si. Neste cenário, a lebre perseguirá a tartaruga.

Para cada instante (iteração) o perseguidor irá calcular um vetor de aceleração de acordo com a posição do alvo. Sendo **A** a posição do objeto perseguidor e **B** a posição do objeto alvo, o vetor **AB** é dado por  $\mathbf{B} - \mathbf{A}$ . A nova velocidade do perseguidor é calculada utilizando o novo vetor de aceleração.

Por exemplo, na **figura 9**, observam-se pormenores interessantes acerca do movimento de ambos os animais. A tartaruga, que tem maior facilidade a atravessar o rio, ganha um grande avanço, mesmo sendo mais lenta do que a lebre na maior parte dos terrenos. Por sua vez, a lebre, que persegue a tartaruga, ganha impulso para a direita (este), mas a meio da travessia do rio, a orientação torna-se para a esquerda (oeste), para perseguir a tartaruga. Esta curva prejudica ainda mais o coelho, fazendo-o passar ainda mais tempo no rio, atrasando-o.

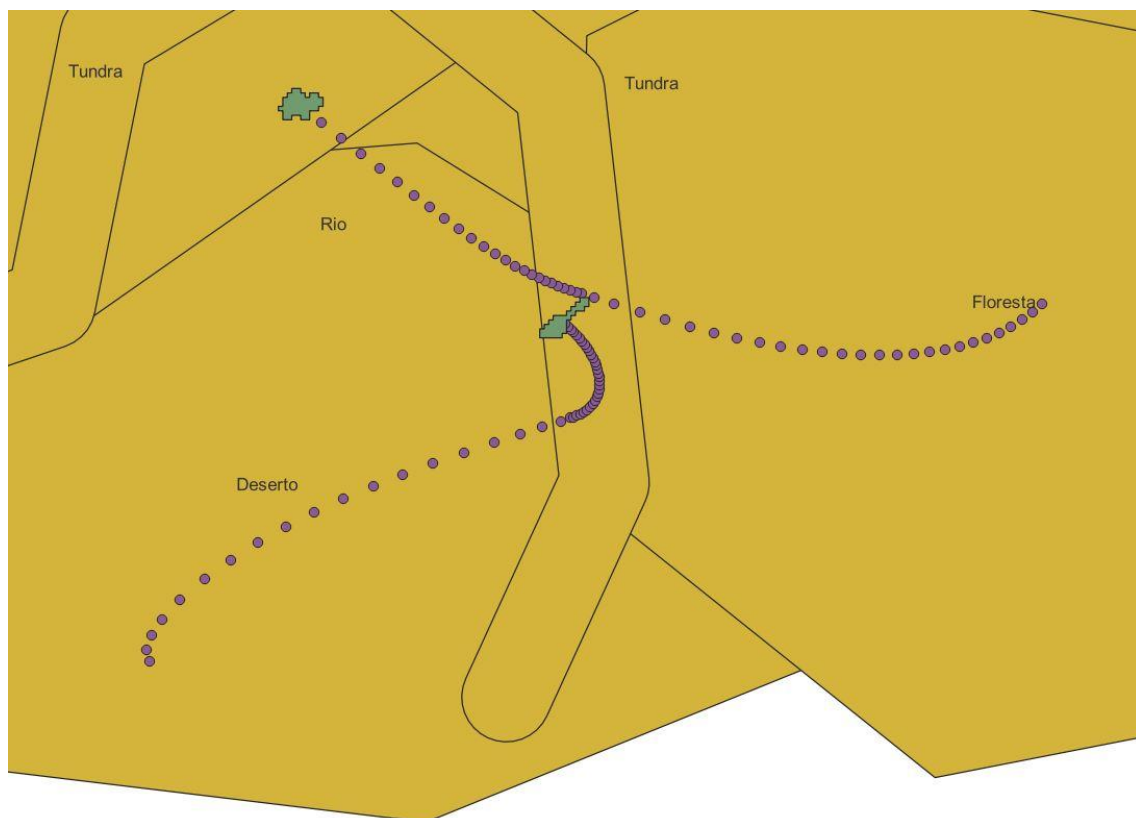


Figura 9 – Primeiro cenário de perseguição

Outro exemplo em que esse detalhe é evidente está ilustrado na **figura 10**. Neste exemplo, a travessia do rio por parte da lebre é ainda mais crítica, visto que a trajetória ditada pela tartaruga, faz com que ela se desloque quase perfeitamente sobre o rio.



Figura 10 - Segundo cenário de perseguição

**NOTA:** A lógica por detrás destes mecanismos de perseguição pode ser encontrada no script de nome começado por “06\_script”, que tem como propósito criar as funções que definem o comportamento de perseguição.

## 7) Conclusão

As extensões espaciais são muito úteis na modelação de dados que envolvem geometria. Da mesma forma, os pictogramas simplificam a gestão de geometrias na fase de representação dos diagramas entidade-relação. Juntamente com uma ferramenta de representação gráfico (no caso, **QuantumGIS**), a extensão PostGIS revela-se muito poderosa, dado que, não só facilita o armazenamento de informação espacial, mas também dota de funções de cálculo geométrico muito úteis e eficazes.