

Minnows and Sharks, with Evolution

Júlio Silva N° 201000289

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Simulação e Computação Científica

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Análise rápida ao modelo inicial

De que trata o modelo inicial?

Algumas Notas

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs Modelo adaptado

Principais diferenças

Comparação das interfaces

Comparação do código

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados Modelo adaptado

Sistema de Lotka-Volterra

Modelo Adaptado sem mutação

Modelo Adaptado com mutação

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Análise rápida ao modelo inicial

De que trata o modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs Modelo adaptado

Principais diferenças

Comparação das interfaces

Comparação do código

Resultados Modelo adaptado

Sistema de Lotka-Volterra

Modelo Adaptado sem mutação

Modelo Adaptado com mutação

Index

Análise rápida ao modelo inicial

De que trata o modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs Modelo adaptado

Principais diferenças

Comparação das interfaces

Comparação do código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de Lotka-Volterra

Modelo Adaptado sem mutação

Modelo Adaptado com mutação

FIM

De que trata o modelo inicial?

O modelo em causa é o modelo Predador-Presa, com a introdução do fator Evolução, sendo que o Predador é o tubarão e a Presa o peixinho.

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

**De que trata o
modelo inicial?**

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

De que trata o modelo inicial?

O modelo em causa é o modelo Predador-Presa, com a introdução do fator Evolução, sendo que o Predador é o tubarão e a Presa o peixinho.

Os peixinhos, neste modelo inicial, são capazes de se:

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

**De que trata o
modelo inicial?**

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

De que trata o modelo inicial?

O modelo em causa é o modelo Predador-Presa, com a introdução do fator Evolução, sendo que o Predador é o tubarão e a Presa o peixinho.

Os peixinhos, neste modelo inicial, são capazes de se:

- ▶ Movimentar

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

**De que trata o
modelo inicial?**

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

De que trata o modelo inicial?

O modelo em causa é o modelo Predador-Presa, com a introdução do fator Evolução, sendo que o Predador é o tubarão e a Presa o peixinho.

Os peixinhos, neste modelo inicial, são capazes de se:

- ▶ Movimentar
- ▶ Alimentar

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

**De que trata o
modelo inicial?**

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

De que trata o modelo inicial?

O modelo em causa é o modelo Predador-Presa, com a introdução do fator Evolução, sendo que o Predador é o tubarão e a Presa o peixinho.

Os peixinhos, neste modelo inicial, são capazes de se:

- ▶ Movimentar
- ▶ Alimentar
- ▶ Reproduzir

Index

[Análise rápida ao modelo inicial](#)

De que trata o modelo inicial?

[Algumas Notas](#)

[Modelo Inicial vs Modelo adaptado](#)

[Principais diferenças](#)

[Comparação das interfaces](#)

[Comparação do código](#)

[Resultados](#)

[Modelo adaptado](#)

[Sistema de Lotka-Volterra](#)

[Modelo Adaptado sem mutação](#)

[Modelo Adaptado com mutação](#)

FIM

De que trata o modelo inicial?

O modelo em causa é o modelo Predador-Presa, com a introdução do fator Evolução, sendo que o Predador é o tubarão e a Presa o peixinho.

Os peixinhos, neste modelo inicial, são capazes de se:

- ▶ Movimentar
- ▶ Alimentar
- ▶ Reproduzir
- ▶ Morrer

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

**De que trata o
modelo inicial?**

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Existem depois os tubarões, que apenas são capazes de se:

- ▶ Movimentar

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

**De que trata o
modelo inicial?**

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Existem depois os tubarões, que apenas são capazes de se:

- ▶ Movimentar
- ▶ Alimentar

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

**De que trata o
modelo inicial?**

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Existem depois os tubarões, que apenas são capazes de se:

- ▶ Movimentar
- ▶ Alimentar

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

**De que trata o
modelo inicial?**

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Existem depois os tubarões, que apenas são capazes de se:

- ▶ Movimentar
- ▶ Alimentar

Mas afinal, de que se alimentam os peixes?

Como é obvio, os tubarões alimentam-se dos peixes, no entanto existe um vazio quanto ao alimento dos peixes. Para colmatar isso, são criados, em cada patch, a variável plankton.

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

**De que trata o
modelo inicial?**

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Nota 1

Observa-se, neste modelo, um mundo onde os peixes alimentam-se e reproduzem-se, dando origem a novos peixinhos, e um número inicial de tubarões, que se mantém constante ao longo do tempo e cuja função é comer os peixes.

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Nota 1

Observa-se, neste modelo, um mundo onde os peixes alimentam-se e reproduzem-se, dando origem a novos peixinhos, e um número inicial de tubarões, que se mantém constante ao longo do tempo e cuja função é comer os peixes.

Nota 2

Há também a possibilidade de, aquando da reprodução dos peixes, haver mutações nos seus descendentes, algo que será explicado mais à frente.

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Análise rápida ao modelo inicial

De que trata o modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs Modelo adaptado

Principais diferenças

Comparação das interfaces

Comparação do código

Resultados Modelo adaptado

Sistema de Lotka-Volterra

Modelo Adaptado sem mutação

Modelo Adaptado com mutação

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Principais diferenças

Todas as diferenças serão detalhadas mais à frente, no entanto, vamos agora apresentar as principais diferenças entre os dois modelos:

Index

[Análise rápida ao modelo inicial](#)

[De que trata o modelo inicial?](#)

[Algumas Notas](#)

[Modelo Inicial vs Modelo adaptado](#)

Principais diferenças

[Comparação das interfaces](#)

[Comparação do código](#)

[Resultados](#)

[Modelo adaptado](#)

[Sistema de Lotka-Volterra](#)

[Modelo Adaptado sem mutação](#)

[Modelo Adaptado com mutação](#)

FIM

Principais diferenças

Todas as diferenças serão detalhadas mais à frente, no entanto, vamos agora apresentar as principais diferenças entre os dois modelos:

- ▶ Ao contrário dos peixes, o tubarão é um ser que nunca morre, nem nunca se reproduz, ora, no novo modelo, isto deixa de acontecer, isto é, o tubarão consegue reproduzir-se e pode morrer caso seja mal sucedido na caça ao peixe.

Index

[Análise rápida ao modelo inicial](#)

[De que trata o modelo inicial?](#)
[Algumas Notas](#)

[Modelo Inicial vs Modelo adaptado](#)

Principais diferenças

[Comparação das interfaces](#)
[Comparação do código](#)

Resultados

[Modelo adaptado](#)

[Sistema de Lotka-Volterra](#)
[Modelo Adaptado sem mutação](#)
[Modelo Adaptado com mutação](#)

FIM

Principais diferenças

Todas as diferenças serão detalhadas mais à frente, no entanto, vamos agora apresentar as principais diferenças entre os dois modelos:

- ▶ Ao contrário dos peixes, o tubarão é um ser que nunca morre, nem nunca se reproduz, ora, no novo modelo, isto deixa de acontecer, isto é, o tubarão consegue reproduzir-se e pode morrer caso seja mal sucedido na caça ao peixe.
- ▶ Apenas existem mutações nos descendentes dos peixes, no entanto, agora que os tubarões se conseguem reproduzir, faz todo o sentido inserir, no novo modelo, mutações também nos descendentes dos tubarões.

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?
Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

**Principais
diferenças**

Comparação das
interfaces
Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra
Modelo Adaptado
sem mutação
Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Comparação das interfaces

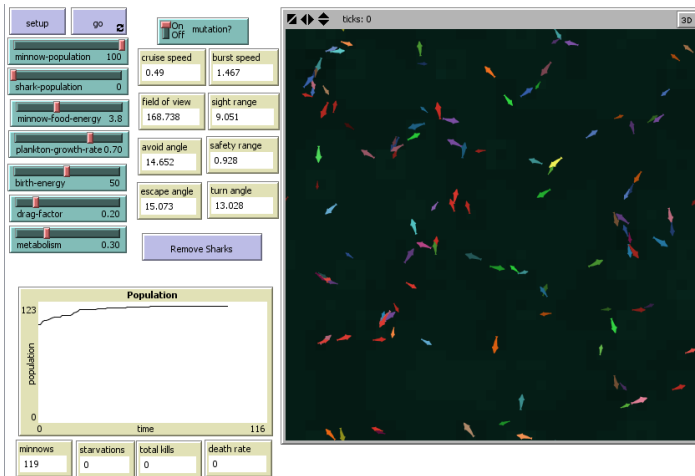


Figure : Interface Modelo Inicial

Comparação das interfaces

Minnows and Sharks, with Evolution

Júlio Silva

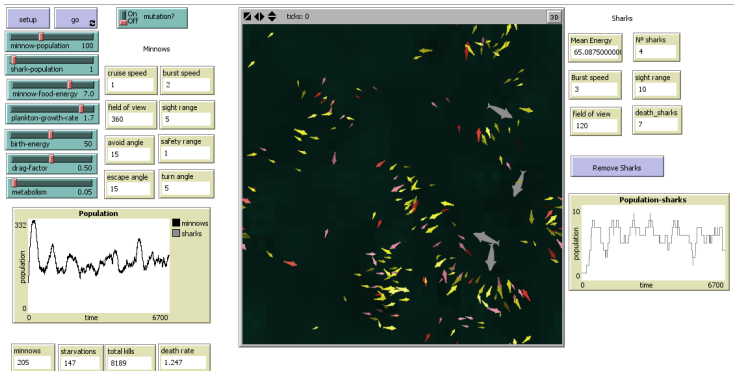


Figure : Interface Modelo adaptado

Index

Análise rápida ao modelo inicial

De que trata o modelo inicial?
Algumas Notas

Modelo Inicial vs Modelo adaptado

Principais diferenças

Comparação das interfaces

Comparação do código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de Lotka-Volterra

Modelo Adaptado sem mutação

Modelo Adaptado com mutação

FIM

Comparação do código I

```
breed [sharks shark]
breed [minnows minnow]
```

```
globals [
  starvations
  kills
  mutations
  time ]
```

```
patches-own [
  plankton]
```

```
turtles-own [
  cruise-speed
  burst-speed
  wiggle-angle
  turn-angle
  field-of-view
  sight-range
  energy
  genome
  age
  fullness]
```

```
minnows-own [ avoid-angle
  escape-angle safety-range ]
```

```
sharks-own [shark-food-energy ]
```

```
breed [sharks shark]
breed [minnows minnow]
```

```
globals [
  starvations
  death_sharks
  kills
  mutations
  mutations1
  time
  stv ]
```

```
patches-own [
  plankton]
```

```
turtles-own [
  cruise-speed
  burst-speed
  wiggle-angle
  turn-angle
  field-of-view
  sight-range
  energy
  genome
  age]
```

```
minnows-own [ avoid-angle
  escape-angle safety-range ]
```

```
sharks-own [shark-food-energy
  shark_metabolism genome1]
```

Figure : Modelo Inicial vs Modelo Adaptado

Comparação do código II

```
to setup
  __clear-all-and-reset-ticks
  set mutations (list 0.1 0.1 5 0.5 0.1 2 2 2 )
  create-minnows minnow-population [
    setxy random-xcor random-ycor
    set shape "minnow"
    set wiggle-angle 10
    set cruise-speed random-float 1
    set burst-speed 1 + random-float 1
    set field-of-view random-float 360
    set sight-range 2 + random-float 15
    set safety-range random-float 2
    set turn-angle random-float 30
    set avoid-angle random-float 30
    set escape-angle random-float 30
    set energy birth-energy + random-float birth-energy
    set age random 200
    set fullness random 4
    set genome (list cruise-speed burst-speed field-of-view
      sight-range safety-range turn-angle avoid-angle escape-angle)
    if shade-of? turquoise color or shade-of? gray color [set color red]
    grow]
  repeat shark-population [make-sharks random-xcor random-ycor]
  ask patches [ set plankton random 3 ]
  repeat 5 [diffuse plankton 1 ]
  ask patches [ set pcolor scale-color turquoise plankton 0 12 ]
  set starvations 0
  set kills 0
  set time 0
end
```

Comparação do código II

```
to setup
  __clear-all-and-reset-ticks
  set mutations (list 0.1 0.1 5 0.5 0.1 2 2 2 )
  set mutations1 (list 0.1 0.1 5 2 2 )
  create-minnows minnow-population [
    setxy random-xcor random-ycor
    set shape "minnow"
    set wiggle-angle 5
    set cruise-speed 1
    set burst-speed 2
    set field-of-view 360
    set sight-range 5
    set safety-range 1
    set turn-angle 5
    set avoid-angle 15
    set escape-angle 15
    set energy birth-energy + random-float birth-energy
    set age random 200
    set genome (list cruise-speed burst-speed field-of-view
      sight-range safety-range turn-angle avoid-angle escape-angle )
    if shade-of? turquoise color or shade-of? gray color
    [set color red]
  grow]
  repeat shark-population [make-sharks random-xcor random-ycor]
  ask patches [ set plankton random 3 ]
  repeat 5 [diffuse plankton 1 ]
  ask patches [ set pcolor scale-color turquoise plankton 0 12 ]
  set starvations 0
  set kills 0
  set time 0
end
```

Figure : Modelo Adaptado

Comparação do código III

```
to go
  set time time + 1
  ask patches [
    if plankton < 5 [
      if random-float 100 < plankton-growth-rate [
        set plankton plankton + 1 ] ] ]
  diffuse plankton 1
  ask patches [ set pcolor scale-color turquoise plankton 0 12]
  ask minnows [ without-interruption [
    swim
    feed
    set age age + 1
    grow ] ]
  ask minnows [ without-interruption [birth death ] ]
  if mouse-down? [
    make-sharks mouse-xcor mouse-ycor
    wait 0.1]
  ask sharks [ without-interruption [hunt ] ]
  do-plots
end
```

Figure : Modelo Inicial

Comparação do código III

```
to go
  set time time + 1

  ask patches [
    if plankton < 5 [
      if random-float 100 < (plankton-growth-rate) [
        set plankton plankton + 1 ] ] ]
  diffuse plankton 1
  ask patches [ set pcolor scale-color turquoise plankton 0 12]
  ask minnows [ without-interruption [
    swim
    feed
    set age age + 1
    grow ] ]
  ask minnows [ without-interruption [birth death ] ]

  ask sharks [ without-interruption [hunt birth_shark death
    set age age + 1 ] ]
do-plots
end
```

Figure : Modelo Adaptado

Comparação do código IV

```
to make-sharks [x y]
  create-sharks 1 [
    set heading random 360
    setxy x y
    set color grey
    set size 4
    set shape "shark"
    set cruise-speed 1.5
    set burst-speed 2.5
    set wiggle-angle 5
    set turn-angle 30
    set field-of-view 120
    set sight-range 20
    set energy random 200
    set shark-food-energy 20
    set age random 200
    set fullness 0 ]
end

to swim
  set energy energy - metabolism
  let danger sharks in-cone sight-range field-of-view
  ifelse (any? danger)
    [ avoid (min-one-of danger [distance myself]) escape-angle
      fd burst-speed
      set energy energy - burst-speed * drag-factor ]
    [ school ]
end
```

Figure : Modelo Inicial

Comparação do código IV

```
tó make-sharks [x y]
  create-sharks 1 [
    set heading random 360
    setxy x y
    set color grey
    set size 4
    set shape "shark"
    set cruise-speed 1.5
    set burst-speed 3
    set wiggle-angle 5
    set turn-angle 10
    set field-of-view 120
    set sight-range 10
    set energy 100
    set shark-food-energy 7
    set age random 200
    set shark_metabolism 0.3
    set genome1 (list cruise-speed burst-speed
      field-of-view sight-range turn-angle ) ]
end

to swim
  set energy energy - metabolism
  let danger sharks in-cone sight-range field-of-view
  ifelse (any? danger)
    [ avoid (min-one-of danger [distance myself ]) escape-angle
      fd burst-speed
      set energy energy - burst-speed * drag-factor ]
    [ school ]
end
```

Figure : Modelo Adaptado

Comparação do código V

```
to approach [target max-angle]
  let angle subtract-headings towards target heading
    ifelse abs (angle) > max-angle
      [ ifelse angle > 0 [right max-angle ][left max-angle] ]
      [ right angle ]
end

to align [target max-angle]
  let angle subtract-headings [heading] of target heading
    ifelse abs (angle) > max-angle
      [ ifelse angle > 0 [right max-angle ][left max-angle] ]
      [ right angle ]
end

to avoid [target max-angle]
  let angle subtract-headings ((towards target) + 180) heading
    ifelse abs(angle) > turn-angle
      [ ifelse angle > 0 [right max-angle ][left max-angle] ]
      [ right angle ]
end
```

Figure : Modelo Inicial e Modelo Adaptado

Comparação do código VI

```
to cruise
  rt random wiggle-angle
  lt random wiggle-angle
  ifelse random 10 = 0
    [fd burst-speed
     set energy energy - burst-speed * drag-factor]
    [fd cruise-speed
     set energy energy - cruise-speed * drag-factor ]
end

to hunt
  let prey minnows in-cone sight-range field-of-view
  ifelse (any? prey) and (fullness < 0)
    [ let targets prey in-radius 2
      ifelse any? targets
        [ ask one-of targets [die]
          set kills kills + 1
          set energy energy + shark-food-energy
          set fullness 3]
        [ approach min-one-of prey [distance myself] turn-angle
          fd burst-speed
          set energy energy - burst-speed * drag-factor ] ]
    [ cruise
      set fullness fullness - 1 ]
end
```

Figure : Modelo Inicial

Comparação do código VI

```
to cruise
  rt random wiggle-angle
  lt random wiggle-angle
  fd cruise-speed
  set energy energy - cruise-speed * drag-factor
end

to hunt
  set energy energy - shark_metabolism
  let prey minnows in-cone sight-range field-of-view
  ifelse (any? prey)
    [ let targets prey in-radius 2
      ifelse any? targets
        [ ask one-of targets [die]
          set kills kills + 1
          set energy energy + shark-food-energy ]
        [ approach min-one-of prey [distance myself] turn-angle
          fd burst-speed
          set energy energy - burst-speed * drag-factor ] ]
    [ cruise ]
end
```

Figure : Modelo Adaptado

Comparação do código VII

```
to feed
  ifelse plankton >= 1 and fullness <= 0
    [ set energy energy + minnow-food-energy
      set plankton plankton - 1
      set fullness fullness + 4 ]
    [ set fullness fullness - 1 ]
end
to birth
  if (energy > 2 * birth-energy) [
    set energy energy - birth-energy
    hatch 1 [
      set age 0
      set energy birth-energy
      set heading random 360
      if mutation? [mutate] ;; mutate the genome
      fd cruise-speed ] ]
end
to death
  if (energy < 0) [
    if breed = minnows
      [set starvations starvations + 1]
    die ]
end
to grow
  ifelse age > 300
    [set size 2 ]
    [set size 0.8 + age * 0.004 ]
  set color scale-color color (energy ) 0 (2 * birth-energy + 50)
end
```

Figure : Modelo Inicial

Comparação do código VII

```
to feed
  if plankton >= 1
    [ set energy energy + minnow-food-energy
      set plankton plankton - 1 ]
end
to birth
  if (energy > 2 * birth-energy) [
    set energy energy - birth-energy
    hatch 1 [
      set age 0
      set energy birth-energy
      set heading random 360
      if mutation? [mutate]
      fd cruise-speed ] ]
end
to birth_shark
  if (energy > 150) [
    set energy energy - 50
    hatch 1 [
      set age 0
      set energy 50
      set heading random 360
      if mutation? [mutate_shark]
      fd cruise-speed ] ]
end
to death
  if (energy < 0) [
    ifelse breed = minnows
      [set starvations starvations + 1 ]
      [set death_sharks death_sharks + 1 ]
    die ]
end
```

Figure : Modelo Adaptado

Comparação do código VIII

```
to school
  let schoolmates minnows in-cone sight-range field-of-view with [(distance myself > 0.1) ]
  ifelse any? schoolmates
    [let buddy min-one-of schoolmates [distance myself]
     ifelse distance buddy < safety-range
       [ avoid buddy avoid-angle ]
       [ foreach sort schoolmates [
         let adjusted-turn-angle turn-angle * exp( ((distance buddy) - (distance ?) ) )
         approach ? adjusted-turn-angle
         align ? adjusted-turn-angle ]]
      ]
    [cruise]
  [cruise]
end

to mutate
  let i 0
  let temp 0
  while [i < ( length genome ) ][
    ifelse (random 2 != 0)
      [set temp item i genome]
      [ifelse ((random 2) = 0 )
        [set temp item i genome + item i mutations ]
        [set temp item i genome - item i mutations ]]
    if (temp <= 0) [set temp item i mutations ]
    set genome replace-item i genome temp
    set i i + 1
  ]
  set cruise-speed item 0 genome
  set burst-speed item 1 genome
  if item 2 genome > 360 [set genome replace-item 2 genome 360]
  set field-of-view item 2 genome
  set sight-range item 3 genome
  if item 4 genome > sight-range [set genome replace-item 4 genome sight-range]
  set safety-range item 4 genome
  set turn-angle item 5 genome
  set avoid-angle item 6 genome
  set escape-angle item 7 genome
end
```

Index

Análise rápida ao modelo inicial

De que trata o modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs Modelo adaptado

Principais diferenças

Comparação das interfaces

Comparação do código

Resultados Modelo adaptado

Sistema de Lotka-Volterra

Modelo Adaptado sem mutação

Modelo Adaptado com mutação

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?
Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças
Comparação das
interfaces
Comparação do
código

Resultados
Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra
Modelo Adaptado
sem mutação
Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Sistema de Lotka-Volterra

¹ Vamos primeiro analisar o modelo clássico de predador-presa desenvolvido independentemente por dois matemáticos na década de 1920, o americano Alfred Lotka e o italiano Vito Volterra.

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados


Modelo adaptado

**Sistema de
Lotka-Volterra**

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação


FIM

¹Estes Slides sobre o Sistema de Lotka-Volterra foram feitos com base nos apontamentos de Modelação Matemática, figuras inclusive. 

Sistema de Lotka-Volterra

¹ Vamos primeiro analisar o modelo clássico de predador-presa desenvolvido independentemente por dois matemáticos na década de 1920, o americano Alfred Lotka e o italiano Vito Volterra. No modelo supomos que:


- ▶ Na ausência de presa, o predador está em diminuição, e segue o modelo de Malthus

¹Estes Slides sobre o Sistema de Lotka-Volterra foram feitos com base nos apontamentos de Modelação Matemática, figuras inclusive. 

Sistema de Lotka-Volterra

¹ Vamos primeiro analisar o modelo clássico de predador-presa desenvolvido independentemente por dois matemáticos na década de 1920, o americano Alfred Lotka e o italiano Vito Volterra. No modelo supomos que:


- ▶ Na ausência de presa, o predador está em diminuição, e segue o modelo de Malthus
- ▶ Na ausência do predador, a presa está em crescimento e segue o modelo de Malthus

¹Estes Slides sobre o Sistema de Lotka-Volterra foram feitos com base nos apontamentos de Modelação Matemática, figuras inclusive. 

Sistema de Lotka-Volterra

¹ Vamos primeiro analisar o modelo clássico de predador-presa desenvolvido independentemente por dois matemáticos na década de 1920, o americano Alfred Lotka e o italiano Vito Volterra. No modelo supomos que:


- ▶ Na ausência de presa, o predador está em diminuição, e segue o modelo de Malthus
- ▶ Na ausência do predador, a presa está em crescimento e segue o modelo de Malthus
- ▶ Na presença da sua presa, a variação instantânea do predador aumenta proporcionalmente ao número de encontros predador-presa

¹Estes Slides sobre o Sistema de Lotka-Volterra foram feitos com base nos apontamentos de Modelação Matemática, figuras inclusive. 

Sistema de Lotka-Volterra

¹ Vamos primeiro analisar o modelo clássico de predador-presa desenvolvido independentemente por dois matemáticos na década de 1920, o americano Alfred Lotka e o italiano Vito Volterra. No modelo supomos que:

- ▶ Na ausência de presa, o predador está em diminuição, e segue o modelo de Malthus
- ▶ Na ausência do predador, a presa está em crescimento e segue o modelo de Malthus
- ▶ Na presença da sua presa, a variação instantânea do predador aumenta proporcionalmente ao número de encontros predador-presa
- ▶ Na presença do seu predador, a variação instantânea da presa diminui proporcionalmente ao número de encontros predador-presa.

¹Estes Slides sobre o Sistema de Lotka-Volterra foram feitos com base nos apontamentos de Modelação Matemática, figuras inclusive. 

Podemos, agora, formular o sistema:

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

**Sistema de
Lotka-Volterra**

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Podemos, agora, formular o sistema:

Sejam t tempo na unidade escolhida, onde $t = 0$ corresponde ao momento em que as populações são colocadas no mesmo habitat, $x(t)$ o número de presas no instante t e $y(t)$ o número de predadores no instante t . Posto isto, o sistema é da forma:

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

**Sistema de
Lotka-Volterra**

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Podemos, agora, formular o sistema:

Sejam t tempo na unidade escolhida, onde $t = 0$ corresponde ao momento em que as populações são colocadas no mesmo habitat, $x(t)$ o número de presas no instante t e $y(t)$ o número de predadores no instante t . Posto isto, o sistema é da forma:

$$\begin{cases} \dot{x} = ax - \alpha xy \\ \dot{y} = -by + \beta xy \end{cases} \quad a, b, \alpha, \beta > 0 \quad (1)$$

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?
Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças
Comparação das
interfaces
Comparação do
código

Resultados
Modelo adaptado

**Sistema de
Lotka-Volterra**

Modelo Adaptado
sem mutação
Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Com o sistema anterior, podemos fazer um diagrama de monotonía:

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

**Sistema de
Lotka-Volterra**

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Podemos também desenhar as curvas de nível:

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

**Sistema de
Lotka-Volterra**

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Podemos também desenhar as curvas de nível:

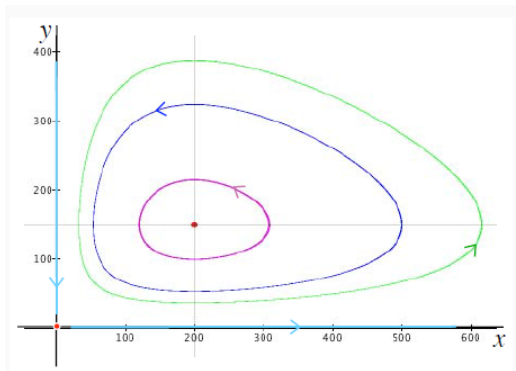


Figure : Curvas de nível

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

**Sistema de
Lotka-Volterra**

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Perante isto, o gráfico das populações em função do tempo será:

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

**Sistema de
Lotka-Volterra**

Modelo Adaptado
sem mutação

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Perante isto, o gráfico das populações em função do tempo será:

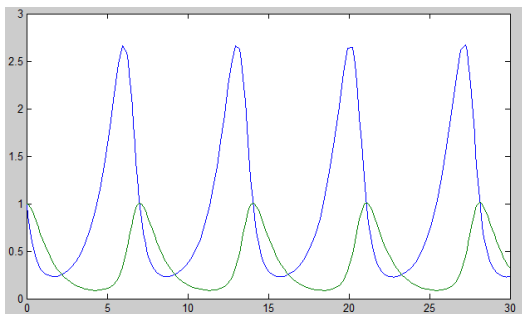


Figure : As populações de presas e predadores em função do tempo

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?
Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças
Comparação das
interfaces
Comparação do
código

Resultados
Modelo adaptado

**Sistema de
Lotka-Volterra**

Modelo Adaptado
sem mutação
Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Modelo Adaptado sem mutação

Será de esperar que o nosso modelo sem mutações, apresente resultados parecidos com os do modelo Lotka-Volterra, para uns certos valores iniciais.

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra

**Modelo Adaptado
sem mutação**

Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Modelo Adaptado sem mutação

Será de esperar que o nosso modelo sem mutações, apresente resultados parecidos com os do modelo Lotka-Volterra, para uns certos valores iniciais.

De facto, para as seguintes valores iniciais, isso acontece:

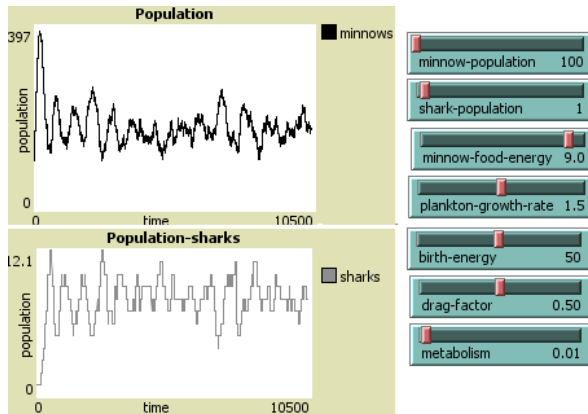


Figure : Simulação modelo

Algumas conclusões

Vamos estudar o comportamento do modelo, para algumas variações dos valores iniciais:

- ▶ Qualquer que seja o número inicial de tubarões e peixes (dentro do intervalo permitido), o modelo irá sempre convergir para a solução estável.

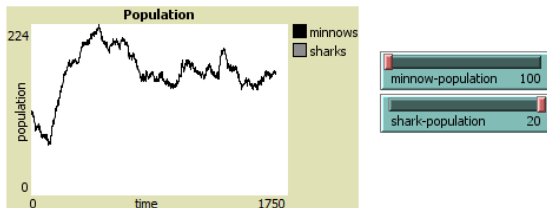
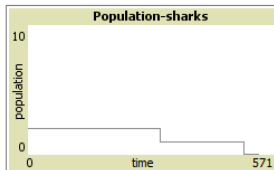
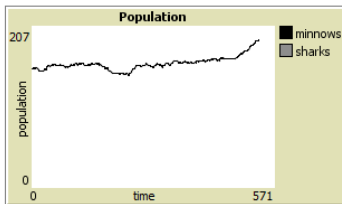


Figure : Simulação modelo

- ▶ Um não aumento da população de peixes, leva a que a população de tubarões se reduza rapidamente a zero. Isto acontece se as variáveis minnow-food-energy, ou plankton-growth-rate forem relativamente baixos.



minnows	starvations	total kills	death rate
190	23	143	0.31

Figure : Simulação modelo

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?
Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

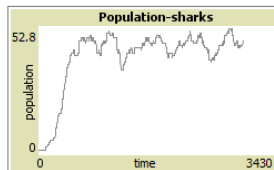
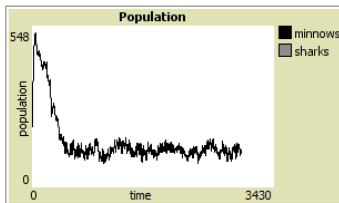
Principais
diferenças
Comparação das
interfaces
Comparação do
código

Resultados
Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra
**Modelo Adaptado
sem mutação**
Modelo Adaptado
com mutação

FIM

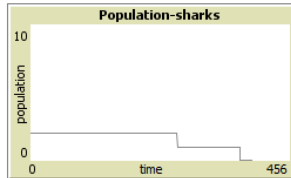
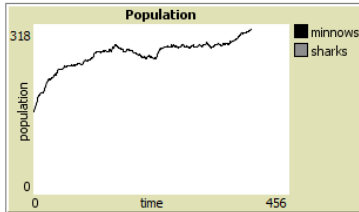
- Um aumento da birth-energy pouca influência tem sobre o modelo, no entanto, uma diminuição deste provoca um aumento muito grande na população de peixes, o que provoca um também grande aumento no numero de tubarões, chegando estes a atingir um número recorde de 53 tubarões.



minnows	starvations	total kills	death rate
118	2127	25722	9.358

Figure : Simulação modelo

- ▶ A drag-factor é talvez a variável mais curiosa. Quando esta é elevada, a população de tubarões desaparece de imediato, no caso contrário, a população dos peixes sobrevive durante algum tempo com muito pouca população, no entanto, acaba ela por desaparecer.



minnows	starvations	total kills	death rate
310	152	159	0.797

Figure : Simulação modelo

[Index](#)

[Análise rápida ao modelo inicial](#)

[De que trata o modelo inicial?](#)
[Algumas Notas](#)

[Modelo Inicial vs Modelo adaptado](#)

[Principais diferenças](#)
[Comparação das interfaces](#)
[Comparação do código](#)

[Resultados](#)

[Modelo adaptado](#)

[Sistema de Lotka-Volterra](#)
Modelo Adaptado sem mutação
[Modelo Adaptado com mutação](#)

FIM

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?
Algumas Notas

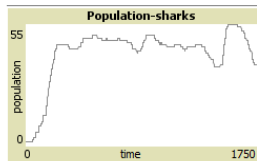
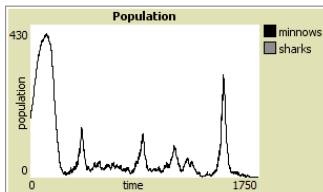
Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças
Comparação das
interfaces
Comparação do
código

Resultados
Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra
**Modelo Adaptado
sem mutação**
Modelo Adaptado
com mutação

FIM



minnows	starvations	total kills	death rate
0	0	5628	3.234

Figure : Simulação modelo

Modelo Adaptado com mutação

Minnows and
Sharks, with
Evolution

Júlio Silva

Se adicionarmos a mutação ao modelo, a solução estável deixa simplesmente de existir. Vamos verificar essa situação estudando diversas situações que podem ocorrer no nosso modelo:

- ▶ Nos valores iniciais correntes, ocorre a oscilação, no entanto, esta passa a ser crescente, o que significa que uma das populações eventualmente passará a ser zero:

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?
Algumas Notas

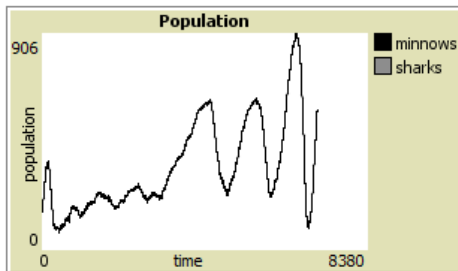
Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças
Comparação das
interfaces
Comparação do
código

Resultados
Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra
Modelo Adaptado
sem mutação
**Modelo Adaptado
com mutação**

FIM



cruise speed

0.269

burst speed

3.293

field of view

355.316

sight range

2.935

avoid angle

6.14

safety range

0.917

escape angle

27.215

turn angle

5.27

minnows

585

starvations

523

total kills

10294

death rate

1.526

Figure : Simulação modelo

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?
Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças
Comparação das
interfaces
Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra
Modelo Adaptado
sem mutação

**Modelo Adaptado
com mutação**

FIM

As variáveis apresentaram as seguintes alterações:

	Valor inicial	Valor Final	%
cruise-speed	1	0,27	-73%
brust-speed	2	3,3	65%
field of view	360	355	-1%
sight range	5	2,9	-42%
avoid angle	15	6,14	-59%
safety range	1	0,9	-10%
escape angle	15	27,2	81%
turn angle	5	5,3	6%

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?
Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças
Comparação das
interfaces
Comparação do
código

Resultados
Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra
Modelo Adaptado
sem mutação
Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?
Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças
Comparação das
interfaces
Comparação do
código

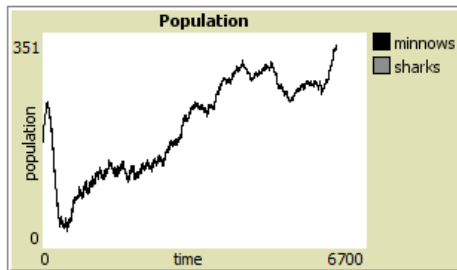
Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra
Modelo Adaptado
sem mutação
**Modelo Adaptado
com mutação**

FIM

- ▶ Fazendo uma diminuição nos valores do minnow-food-energy, plankton-growth-rate e no drag-factor, os peixinhos têm acesso a menos alimento, e os tubarões perdem menos energia, o que origina uma maior procura por alimento dos peixes:



cruise speed	burst speed
1.581	3.163

field of view	sight range
354.018	7.85

avoid angle	safety range
15.707	1.374

escape angle	turn angle
22.088	4.287

minnows	starvations	total kills	death rate
331	124	4417	0.745

Figure : Simulação modelo

As variáveis apresentaram as seguintes alterações:

	Valor inicial	Valor Final	%
cruise-speed	1	1,6	60%
brust-speed	2	3,2	60%
field of view	360	354	-2%
sight range	5	7,9	58%
avoid angle	15	15,7	5%
safety range	1	1,4	40%
escape angle	15	22,1	48%
turn angle	5	4,3	-14%

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?
Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças
Comparação das
interfaces
Comparação do
código

Resultados
Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra
Modelo Adaptado
sem mutação
Modelo Adaptado
com mutação

FIM

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?

Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças

Comparação das
interfaces

Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

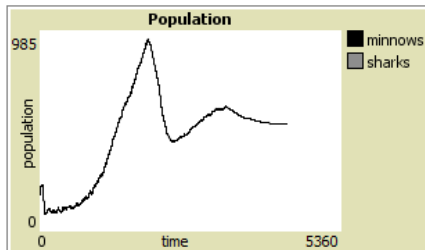
Sistema de
Lotka-Volterra

Modelo Adaptado
sem mutação

**Modelo Adaptado
com mutação**

FIM

- ▶ Colocando, no habitat, apenas peixinhos, com um acesso a menos alimento e um drag-factor maior descobre-se que:



cruise speed 0.0020	burst speed 1.667
field of view 353.866	sight range 3.799
avoid angle 17.529	safety range 1.157
escape angle 17.991	turn angle 3.505

minnows 529	starvations 2474	total kills 0	death rate 0.563
----------------	---------------------	------------------	---------------------

Figure : Simulação modelo

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?
Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças
Comparação das
interfaces
Comparação do
código

Resultados
Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra
Modelo Adaptado
sem mutação
**Modelo Adaptado
com mutação**

FIM

As variáveis apresentaram as seguintes alterações:

	Valor inicial	Valor Final	%
cruise-speed	1	0,002	-99,8%
brust-speed	2	1,7	-15%
field of view	360	354	-2%
sight range	5	3,8	-24%
avoid angle	15	17,5	17%
safety range	1	1,2	20%
escape angle	15	17,9	20%
turn angle	5	3,5	-30%

Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?
Algumas Notas

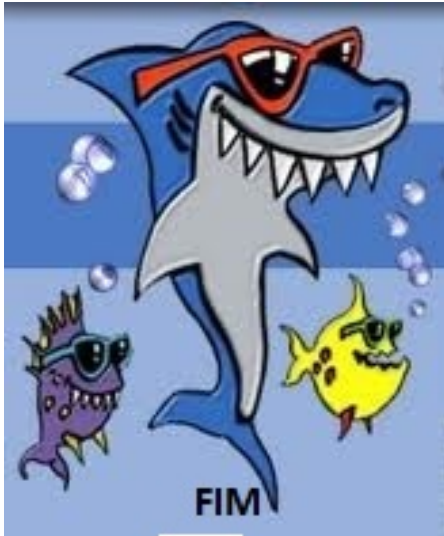
Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças
Comparação das
interfaces
Comparação do
código

Resultados
Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra
Modelo Adaptado
sem mutação
**Modelo Adaptado
com mutação**

FIM



Index

Análise rápida ao
modelo inicial

De que trata o
modelo inicial?
Algumas Notas

Modelo Inicial vs
Modelo adaptado

Principais
diferenças
Comparação das
interfaces
Comparação do
código

Resultados

Modelo adaptado

Sistema de
Lotka-Volterra
Modelo Adaptado
sem mutação
Modelo Adaptado
com mutação

FIM