

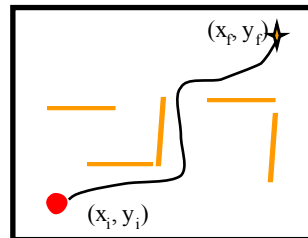
Algoritmos Genéticos na Evolução do Aprendizado

Objetivo

Avaliar o desempenho de Algoritmos Genéticos no controle de navegação de um robô.

Descrição do Problema

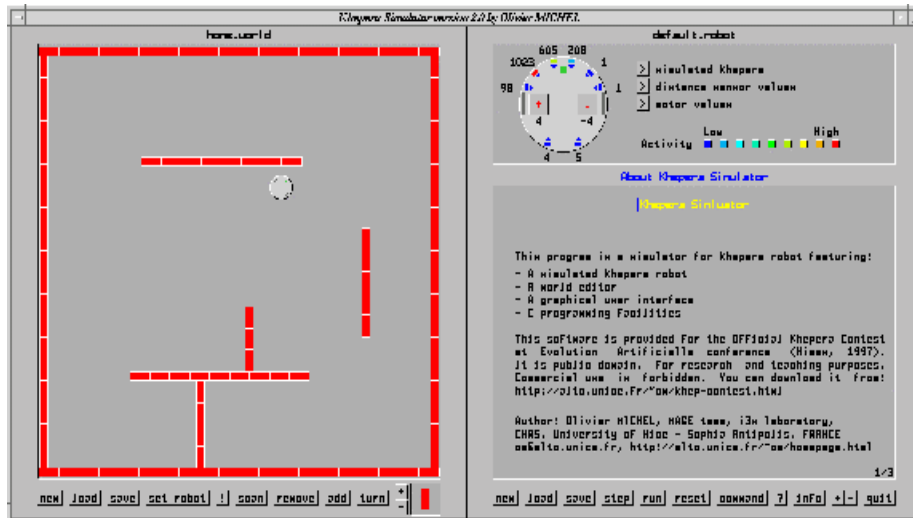
- Fazer com que o robô aprenda a chegar a um objetivo (x_f, y_f) , a partir de uma posição inicial (x_i, y_i) , não colidindo com os obstáculos existentes.
- O robô deve aprender a chegar a diferentes objetivos, partindo de diferentes posições iniciais em diferentes mundos.



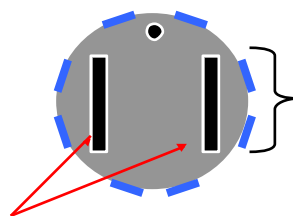
Ambiente de Simulação “Khepera Simulator”

- Simula um robô (sensores + motores) e mundos com obstáculos.
- Permite a implementação de algoritmos de controle para o robô, utilizando-se a linguagem C ou C++.
- Dispõe de uma biblioteca de funções, possibilitando direcionar e visualizar seus respectivos movimentos e resultados.

Interface do Simulador Khepera



Variáveis do Robô



8 Sensores:

$$0 \leq S_i \leq 1023$$

2 Motores com velocidades:

$$-10 \leq M_1 \leq 10$$

$$-10 \leq M_2 \leq 10$$

Modelagem do Algoritmo Genético

- Modelagem do Problema
- Representação do Cromossoma
- Função de Avaliação
- Criação da População Inicial
- Conjunto de Parâmetros

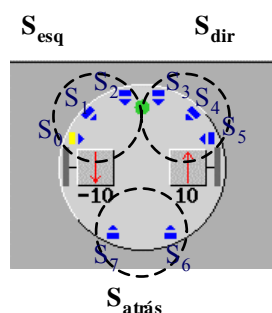
Modelagem do Problema

- Controle (objetivo X obstáculos)
- Leitura dos Sensores
- Senso de Direção
- Velocidade

Modelo de Controle

- Cada estado do robô (**sensores**) define uma atitude (**velocidade dos motores**)
- Situações possíveis:
 - Robô livre:
 - objetivo: à frente, à esquerda, à direita e atrás
 - Obstáculos detectados:
 - à esquerda
 - à direita
 - atrás

Modelagem da Leitura dos Sensores



$$S_{\text{esq}} = (S_0 + S_1 + S_2) / 3$$

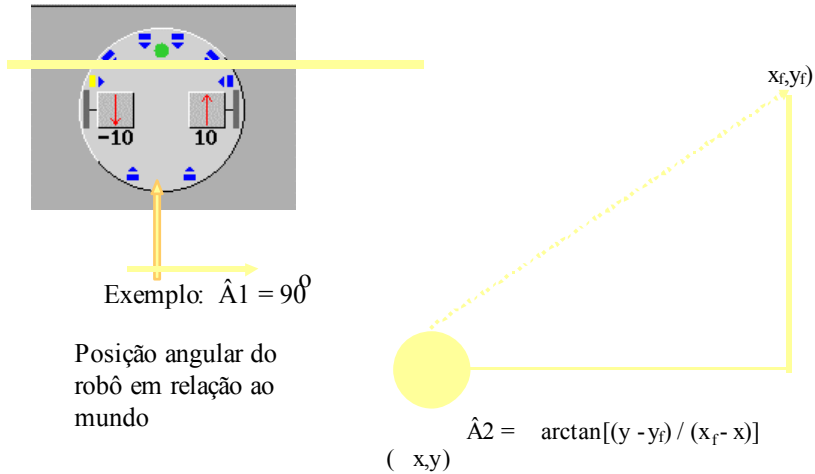
$$S_{\text{dir}} = (S_3 + S_4 + S_5) / 3$$

$$S_{\text{atrás}} = (S_6 + S_7) / 2$$

Se $S_{\text{xxx}} < \text{limiar (900)}$

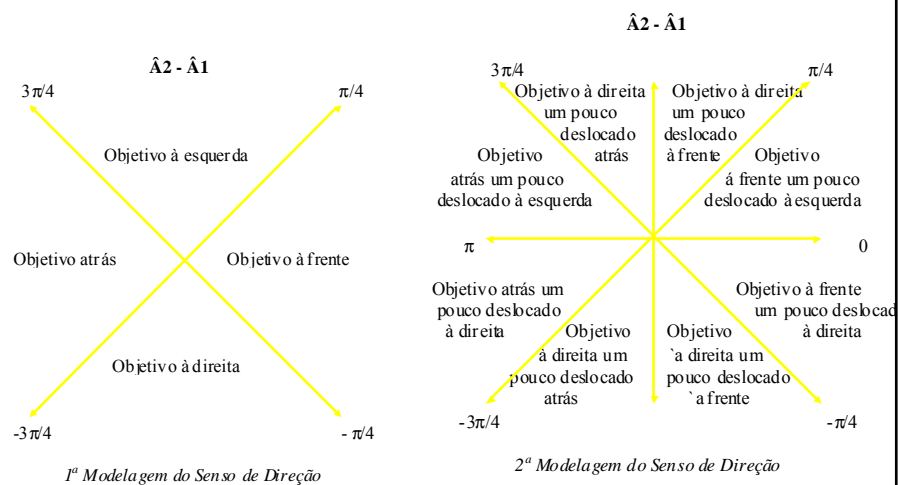
então obstáculo não detectado

Modelagem do Senso de Direção



A diferença de $\hat{A}2$ por $\hat{A}1$ indica se o objetivo está à frente, à esquerda, à direita, ou atrás do “Khepera”, e por conseguinte, define a sua direção

Modelagem do Senso de Direção (Cont.)



Modelagem do Senso de Direção (Cont.)

A partir destas entradas para ambas as modelagens do senso de direção, define-se o estado do robô pela regra descrita abaixo:

Se $((S_{\text{esq}} > L) \text{ ou } (S_{\text{dir}} > L) \text{ ou } (S_{\text{atrás}} > L))$ /* L (limiar) $\in [0,1023]$

Então

Obstáculo detectado

Maior $(S_{\text{esq}}, S_{\text{dir}}, S_{\text{atrás}})$

Senão

Obstáculo não detectado (Robô livre)

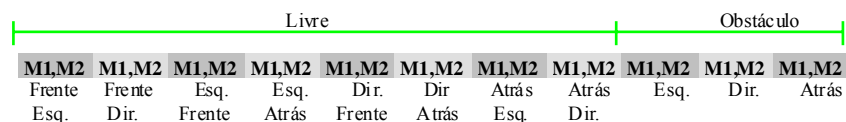
Direção = $\hat{A}2 - \hat{A}1$

Representação do Cromossoma

Cada estado corresponde a uma única atitude (par de velocidades M1 e M2), e cada atitude corresponde a um gene do cromossoma.



Modelagem do Cromossoma com 7 Genes



Modelagem do Cromossoma com 11 Genes

Avaliação de um Cromossoma

- **$F(c) = f(\text{velocidade, direção, objetivo})$**
- Velocidade:
 - quanto mais veloz, melhor
- Direção:
 - se o robô está de frente para o objetivo, melhor
- Objetivo:
 - procura-se sempre se aproximar do objetivo e longe de obstáculos

Velocidade

- A velocidade dos motores está compreendida na faixa de -10 a 10 (valores inteiros)
- O objetivo é que o robô ande com a velocidade máxima nos seus motores
- Se os motores estiverem com valores altos (módulos), é dado uma nota alta a velocidade

Direção

- A direção também está relacionada com a velocidade
- Deseja-se que o robô esteja sempre de frente para o seu objetivo
- Se os motores estiverem com valores altos e positivos, é dado uma nota alta a direção

Objetivo

- Leva-se em consideração se com uma certa atitude tomada, o robô se aproxima ou se afasta do objetivo
- A nota dada ao objetivo é proporcional a quanto o robô se aproxima do objetivo e se afasta de obstáculos

Função de Avaliação

Seja:

- V_i : Velocidade da atitude i ;
- D_i : Direção da atitude i ;
- A_i : Avaliação da atitude i ;
- $F(c_k)$: Avaliação do cromossoma k ;
- TP_i : Total de passos executados pela atitude i ;
- AA_{it} : Avaliação da atitude i no passo (execução) t ;
- Δd_i : Variação da distância (com relação ao objetivo) provocada pela atitude i em um passo;
- Δg_i : Variação do ângulo (com relação ao objeto) provocada pela atitude i em um passo;
- St : Leitura do maior sensor no passo t ;
- d_{max} : Distância máxima que o robô consegue percorrer em um passo;
- g_{max} : Ângulo máximo que o robô consegue girar em um passo;
- M_{max} : Velocidade máxima do motor (igual a 10);
- S_{max} : Leitura máxima do sensor (igual a 1023).

Função de Avaliação - 7 Genes

Atitudes

1	2	3	4	5	6	7
M1, M2	M1, M2	M1, M2	M1, M2	M1, M2	M1, M2	M1, M2

$$F(c_k) = \text{Soma} (V_i * D_i * A_i) \quad \text{onde } i (\text{atitude}) = [1,7]; 0 \leq V_i \leq 1; 0 \leq A_i \leq 1$$

$$V_i = (|M1| + |M2|) / (2 * M_{max})$$

$$D_i = (1 + ((M1 + M2) / (2 * M_{max}))) / 2$$

$$A_i = 0 \quad \text{se } TP_i = 0$$

$$A_i = \text{Soma}(AA_{it}) / TP_i \quad \text{se } TP_i \neq 0, \quad \text{onde } t = [1, TP_i]$$

$$AA_{it} = \Delta d_i / d_{max} \quad \text{se } i = 1 \text{ e } \Delta d_i < 0, \quad \text{senão } AA_{it} = 0;$$

$$AA_{it} = \Delta g_i / g_{max} \quad \text{se } i = [2,3,4] \text{ e } \Delta g_i < 0, \quad \text{senão } AA_{it} = 0;$$

$$AA_{it} = 1 - St / S_{max} \quad \text{se } i = [5,6,7].$$

Função de Avaliação - 11 Genes

Atitudes										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
M1,M2	M1,M2	M1,M2	M1,M2	M1,M2	M1,M2	M1,M2	M1,M2	M1,M2	M1,M2	M1,M2

$F(\phi) = \text{Soma } (V_i * D_i * A_i)$ onde $i(\text{atitude}) = [1,11]; 0 \leq V_i \leq 1; 0 \leq A_i \leq 1$

$$V_i = (|M1| + |M2|) / (2 * M_{\max})$$

$$D_i = (1 + ((M1 + M2) / (2 * M_{\max}))) / 2$$

$$A_i = 0$$

$$\text{se } TP_i = 0$$

$$A_i = \text{Soma}(AA_{it}) / TP_i \quad \text{se } TP_i \neq 0, \quad \text{onde } t = [1, TP_i]$$

$$AA_{it} = \Delta_{di} / d_{\max} \quad \text{se } i = [1,2] \text{ e } \Delta_{di} < 0, \quad \text{senão } AA_{it} = 0;$$

$$AA_{it} = \Delta_{gi} / g_{\max} \quad \text{se } i = [3,4,5,6,7,8] \text{ e } \Delta_{gi} < 0, \quad \text{senão } AA_{it} = 0;$$

$$AA_{it} = 1 - St / S_{\max} \quad \text{se } i = [9,10,11].$$

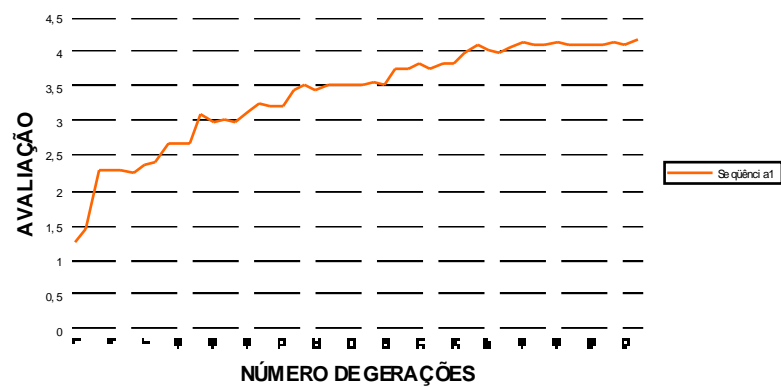
Criação da População Inicial

- Foram gerados números inteiros aleatórios entre -10 e +10 (velocidades mínima e máxima válidas dos motores)
- O valor 0 (zero) não é gerado

Resultados Obtidos

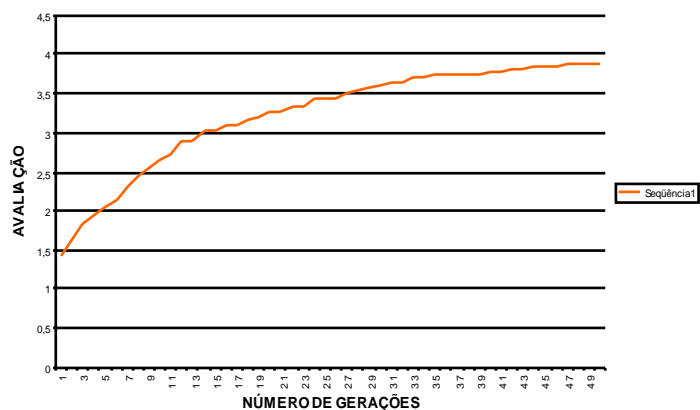
Curvas de Desempenho Cromossoma de 7 Genes

EVOLUÇÃO DE UMA RODADA
CROMOSSOMA DE 7 GENES



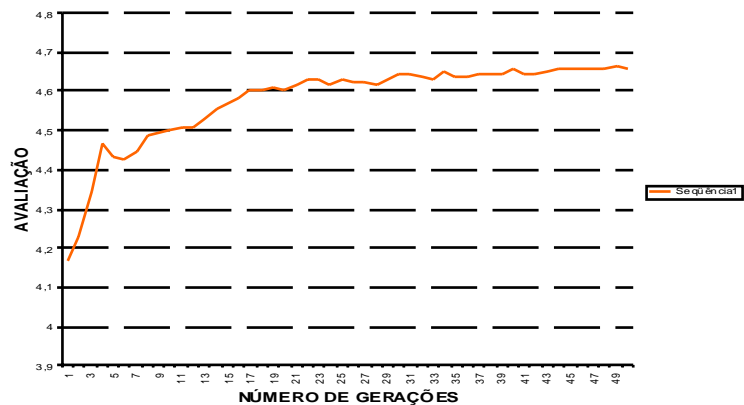
Curvas de Desempenho Cromossoma de 7 Genes

MÉDIA DAS AVALIAÇÕES DE 25 RODADAS
CROMOSSOMA DE 7 GENES
SEM ELETISMO A CADA RODADA



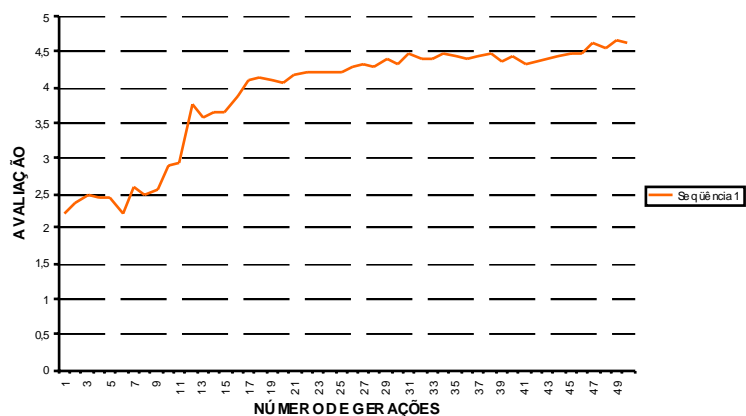
Curvas de Desempenho Cromossoma de 7 Genes

MÉDIA DAS AVALIAÇÕES DE 25 RODADAS
CROMOSSOMA DE 7 GENES
COM ELITISMO A CADA RODADA



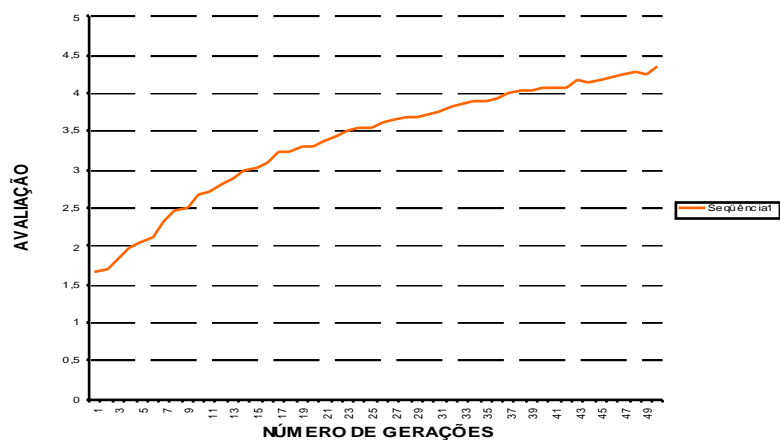
Curvas de Desempenho Cromossoma de 11 Genes

EVOLUÇÃO DE UMA RODADA
CROMOSSOMA DE 11 GENES



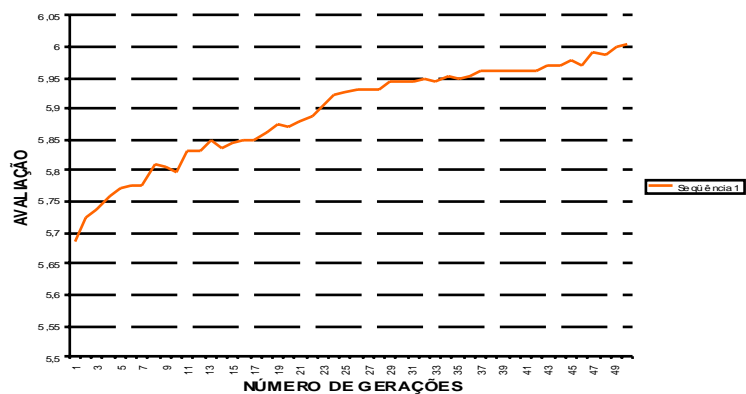
Curvas de Desempenho Cromossoma de 11 Genes

MÉDIA DA AVALIAÇÕES DE 25 RODADAS
CROMOSSOMA DE 11 GENES
SEM ELITISMO ACADA RODADA



Curvas de Desempenho Cromossoma de 11 Genes

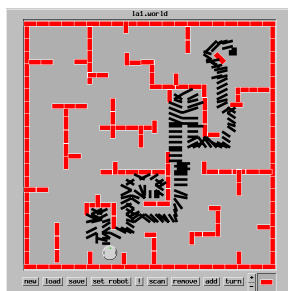
MÉDIA DAS AVALIAÇÕES DE 25 RODADAS
CROMOSSOMA DE 11 GENES
COM ELITISMO A CADA RODADA



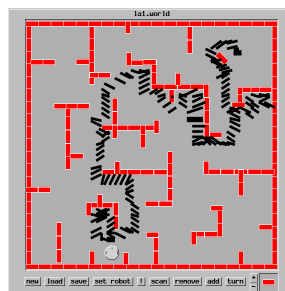
Trajetória Percorrida pelo Robô “Khepera” no mundo “la1.world”

SITUAÇÃO 1

CROMOSSOMA DE 7 GENES



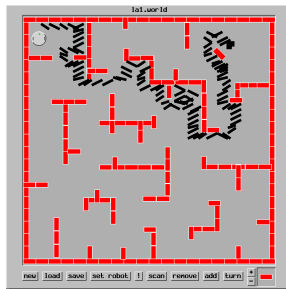
CROMOSSOMA DE 11 GENES



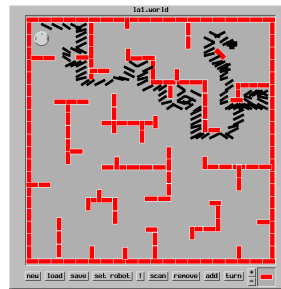
Trajetória Percorrida pelo Robô “Khepera” no mundo “la1.world”

SITUAÇÃO 3

CROMOSSOMA DE 7 GENES



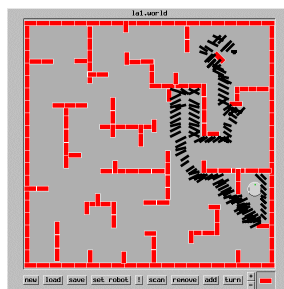
CROMOSSOMA DE 11 GENES



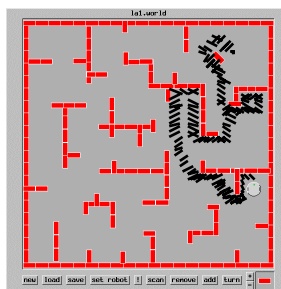
Trajetória Percorrida pelo Robô “Khepera” no mundo “la1.world”

SITUAÇÃO 4

CROMOSSOMA DE 7 GENES



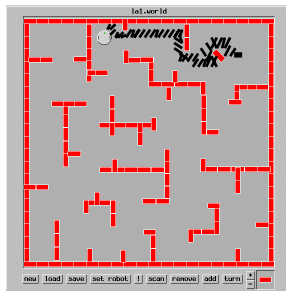
CROMOSSOMA DE 11 GENES



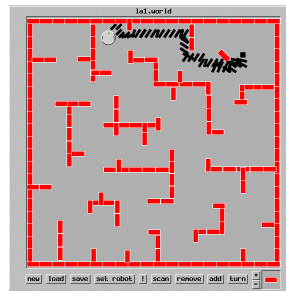
Trajetória Percorrida pelo Robô “Khepera” no mundo “la1.world”

SITUAÇÃO 5

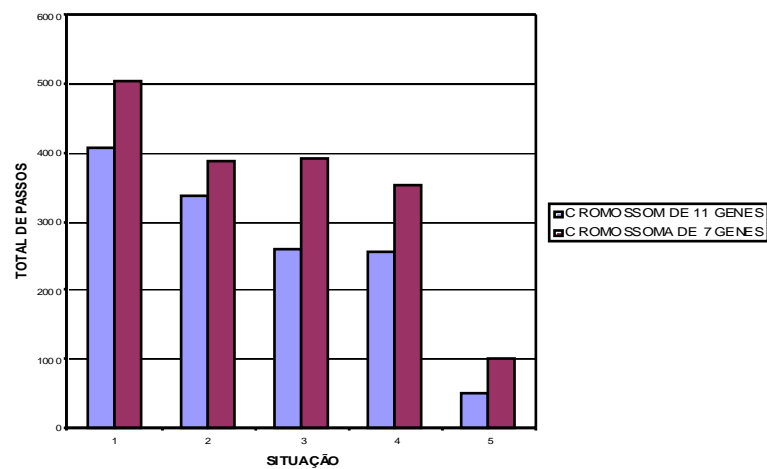
CROMOSSOMA DE 7 GENES



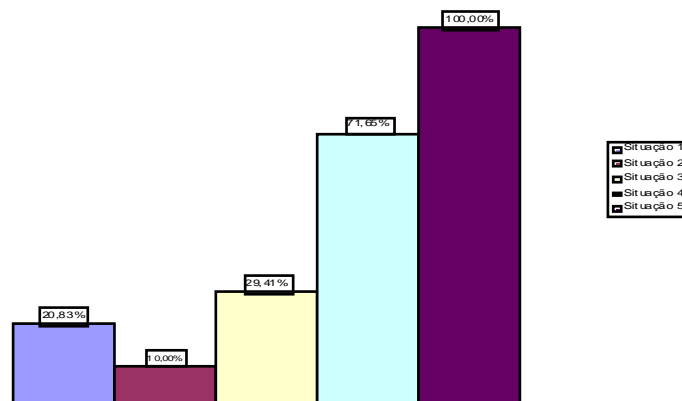
CROMOSSOMA DE 11 GENES



Comparação entre os Cromossomas de 7 e de 11 Genes



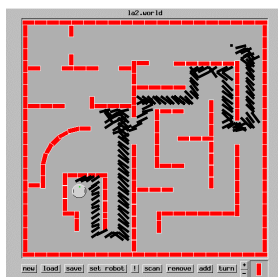
Velocidade do Cromossoma de 11 Genes em Relação ao de 7 Genes



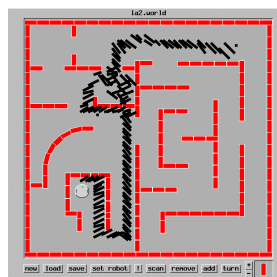
Trajetória Percorrida pelo Robô “Khepera” no mundo “la2.world”

SITUAÇÃO 1

CROMOSSOMA DE 7 GENES



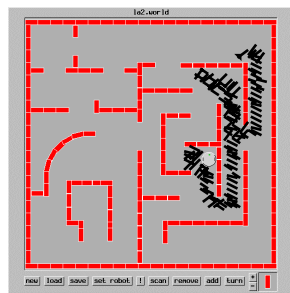
CROMOSSOMA DE 11 GENES



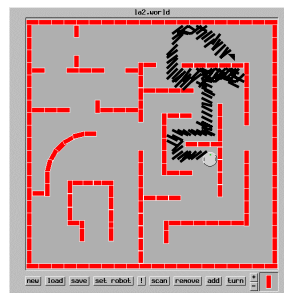
Trajetória Percorrida pelo Robô “Khepera” no mundo “la2.world”

SITUAÇÃO 2

CROMOSSOMA DE 7 GENES



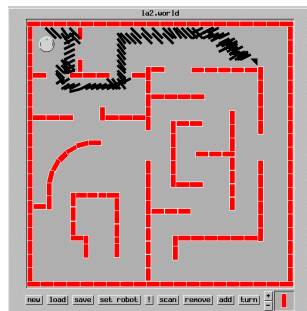
CROMOSSOMA DE 11 GENES



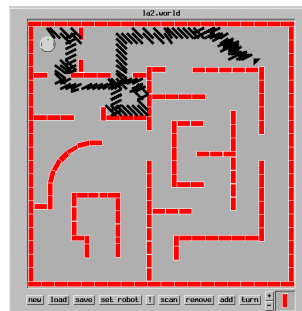
Trajetória Percorrida pelo Robô “Khepera” no mundo “la2.world”

SITUAÇÃO 3

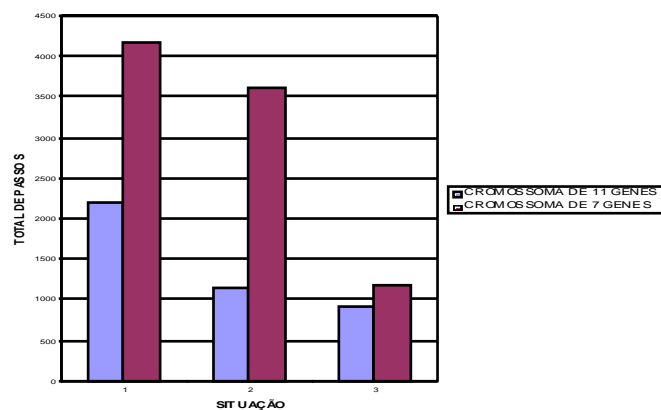
CROMOSSOMA DE 7 GENES



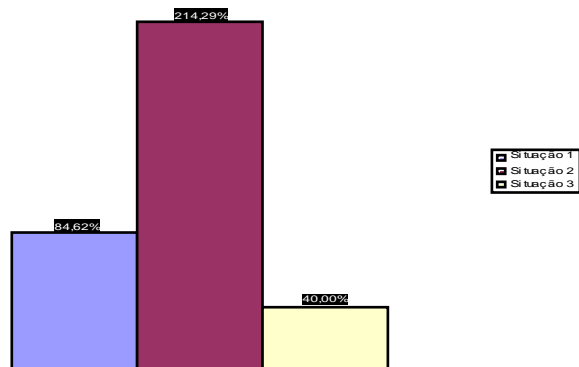
CROMOSSOMA DE 11 GENES



Comparação entre os Cromossomas de 7 e de 11 Genes



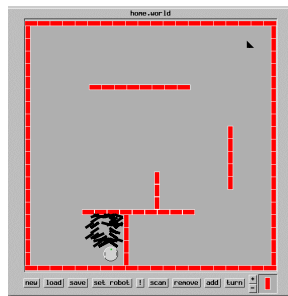
Velocidade do Cromossoma de 11 Genes em Relação ao de 7 Genes



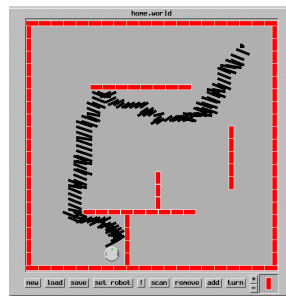
Trajetória Percorrida pelo Robô no mundo “home.world”

SITUAÇÃO 1

CROMOSSOMA DE 7 GENES



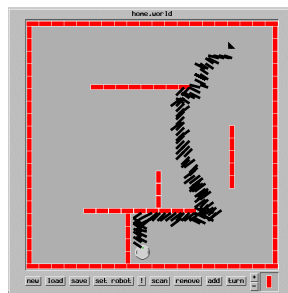
CROMOSSOMA DE 11 GENES



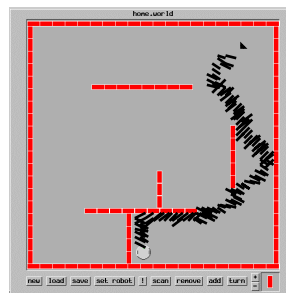
Trajetória Percorrida pelo Robô no mundo “home.world”

SITUAÇÃO 2

CROMOSSOMA DE 7 GENES



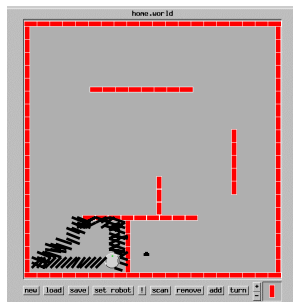
CROMOSSOMA DE 11 GENES



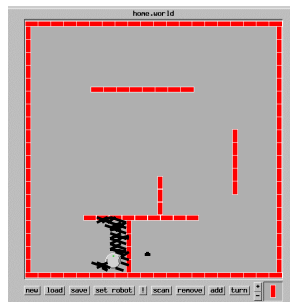
Trajeto ria Percorrida pelo Rob o no mundo “home.world”

SITUA  O 3

CROMOSSOMA DE 7 GENES



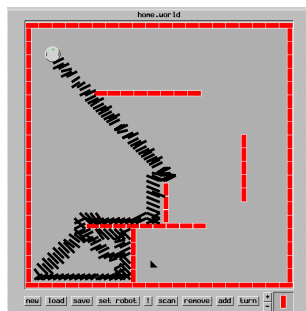
CROMOSSOMA DE 11 GENES



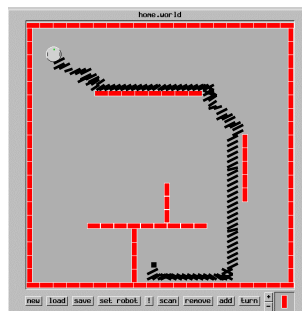
Trajeto ria Percorrida pelo Rob o no mundo “home.world”

SITUA  O 4

CROMOSSOMA DE 7 GENES



CROMOSSOMA DE 11 GENES



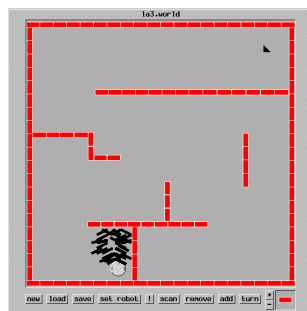
Quadro Comparativo entre os Cromossomas de 7 e de 11 Genes

	Total de Passos com Cromossoma de 7 Genes	Total de passos com Cromossoma de 11 Genes
Situação 1	O robô não consegue chegar ao objetivo	729
Situação 2	1124	618
Situação 3	O robô não consegue chegar ao objetivo	O robô não consegue chegar ao objetivo
Situação 4	O robô não consegue chegar ao objetivo	1655

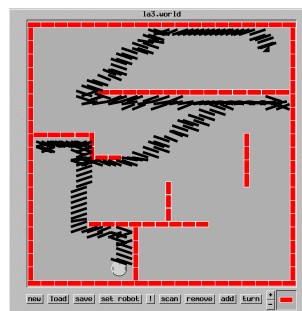
Trajetória Percorrida pelo Robô “Khepera” no mundo “la3.world”

SITUAÇÃO 1

CROMOSSOMA DE 7 GENES



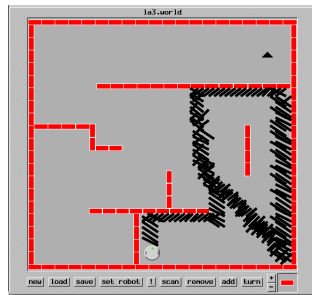
CROMOSSOMA DE 11 GENES



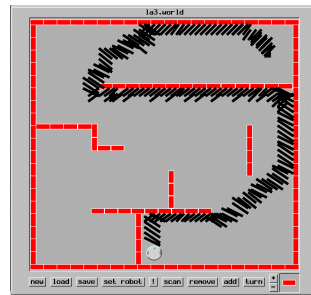
Trajetória Percorrida pelo Robô “Khepera” no mundo “la3.world”

SITUAÇÃO 2

CROMOSSOMA DE 7 GENES



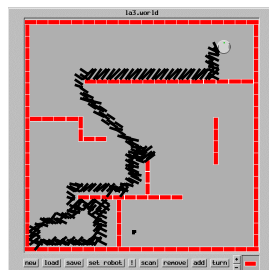
CROMOSSOMA DE 11 GENES



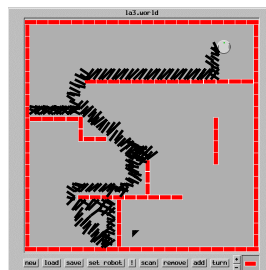
Trajetória Percorrida pelo Robô “Khepera” no mundo “la3.world”

SITUAÇÃO 3

CROMOSSOMA DE 7 GENES



CROMOSSOMA DE 11 GENES



Quadro Comparativo entre os Cromossomas de 7 e de 11 Genes

	<i>Total de Passos com Cromossoma de 7 Genes</i>	<i>Total de Passos com Cromossoma de 11 Genes</i>
<i>Situação 1</i>	O robô não consegue chegar ao objetivo	2537
<i>Situação 2</i>	O robô não consegue chegar ao objetivo	1518
<i>Situação 3</i>	O robô não consegue chegar ao objetivo	O robô não consegue chegar ao objetivo

Conclusões

- O trabalho demonstrou o potencial de algoritmo genético no problema de evolução do aprendizado
- A eficiência do modelo do cromossoma foi comprovada, pois o robô aprendeu a chegar ao objetivo sem colidir nos obstáculos e em diversos mundos
- Com o cromossoma de 11 genes, o robô obteve melhores resultados do que com o cromossoma de 7 genes:
 - O robô alcançou o objetivo com menor número de passos

Conclusões (Cont.)

- O robô em certas circunstâncias, alcançou o seu objetivo com um número muito grande de passos, devido ao fato de que, ao se encontrar numa região com muitos obstáculos, ele tenta se livrar dos mesmos, tomando atitudes que o afastam ao invés de aproximá-lo do objetivo
- Em certas situações o robô repetiu a mesma trajetória sem alcançar o seu objetivo. Uma possível solução para esse problema seria acrescentar ao modelo um recurso de memória.