

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Relevo NK com mobilidade</b>	<b>2</b>
1.1	Caso estático . . . . .	2
1.2	Caso annealed . . . . .	3
1.2.1	Relevo $K = 0$ . . . . .	3
1.2.2	Relevo $K = 4$ . . . . .	3
1.3	Caso quenched: deslocamento e distância constantes . . . . .	3
1.3.1	Relevo $K = 0$ . . . . .	4
1.3.2	Relevo $K = 4$ . . . . .	4
1.4	Outros relevos . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Performance de grupo e padrões de comunicação</b>	<b>9</b>
2.1	Caracterização de cada rede . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Testes</b>	<b>13</b>
3.1	Definições da velocidade . . . . .	13
3.1.1	Velocidade seletiva 1 . . . . .	13
3.1.2	Velocidade seletiva 2 . . . . .	14
3.1.3	Velocidade dependente de $\Phi$ . . . . .	14
3.1.4	Velocidade periódica . . . . .	15

# Capítulo 1

## Relevo NK com mobilidade

Nome	Definição
$d$	Distância de corte para interação
$\delta$	Fator multiplicativo de $d$
$\rho$	Densidade superficial de agentes
$N$	Número de bits das strings dos agentes
$K$	Interação entre vizinhos no relevo NK
$p$	Probabilidade de cópia entre vizinhos

Tabela 1.1: Parâmetros do sistema.

### 1.1 Caso estático

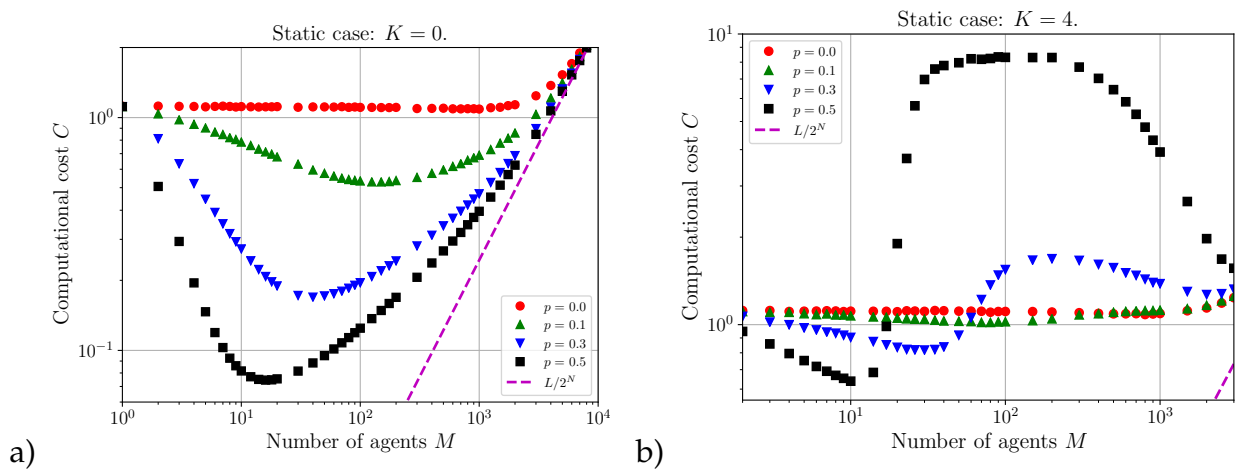


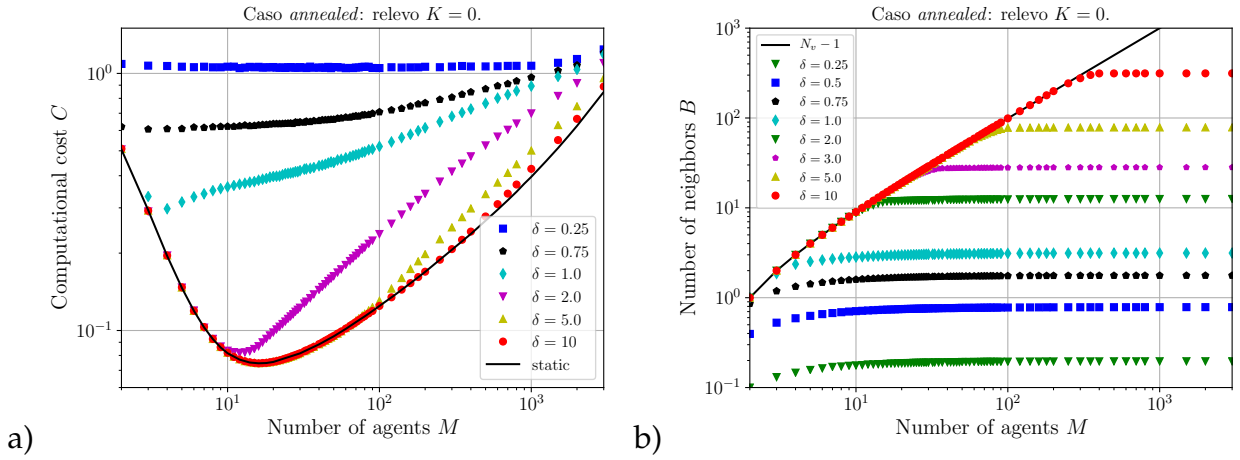
Figura 1.1: Caso estático para  $N = 12$  para várias probabilidades de cópia  $p$ . (a)  $K = 0$ . (b)  $K = 4$ .

## 1.2 Caso annealed

Para avaliar a influência da velocidade estudamos o caso *annealed*: em toda iteração é sorteado aleatoriamente as posições dos agentes. Em seguida um agente é sorteado e avaliado.

### 1.2.1 Relevância $K = 0$

O gráfico do custo está na figura 1.2(a) e do número de vizinhos  $B$  na figura 1.2(b). Para  $\delta \geq 10$  o caso estático é recuperado: conectividade máxima.



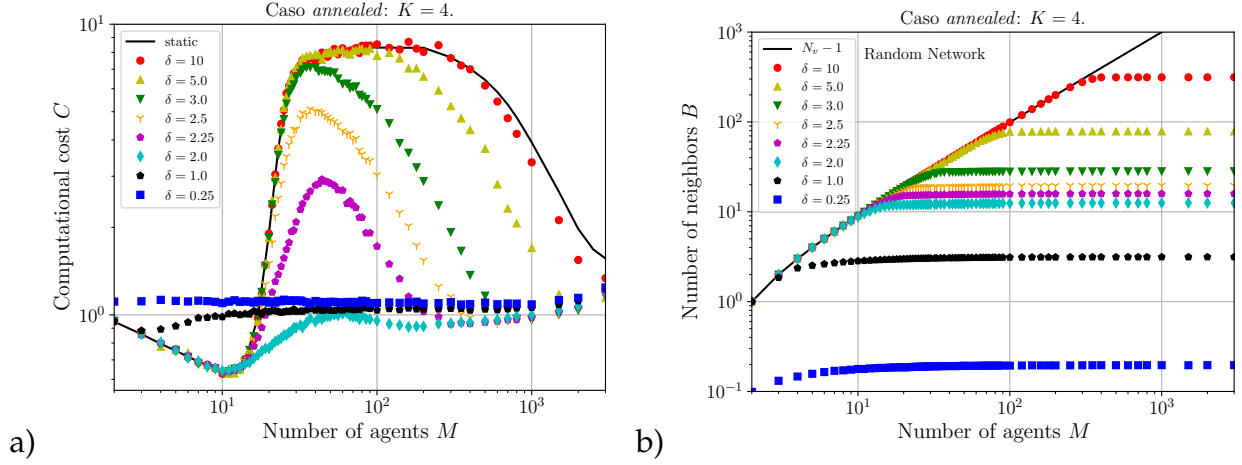
**Figura 1.2:** Resultados para o caso annealed em função de  $\delta$  com  $K = 0$ . (a) Gráfico  $C$  vs.  $M$ . (b) Gráfico  $B$  vs.  $M$ .

### 1.2.2 Relevância $K = 4$

O gráfico do custo está na figura 1.3(a) e do número de vizinhos  $B$  na figura 1.3(b).

## 1.3 Caso quenched: deslocamento e distância constantes

No caso *quenched* as posições aleatórias dos agentes são sorteadas apenas uma vez, na primeira iteração. Depois as posições mudam de acordo com os deslocamentos (aleatórios) de cada agente. Nesta seção apresentamos os resultados utilizando a dinâmica 10: deslocamento  $v$  e distância de interação  $d$  constantes no tempo. A motivação é que o movimento seletivo (com uma probabilidade  $\omega$  quando estiver interagindo) não resultou em diferença efetiva. Nem mesmo quando fizemos  $\omega$  em função da fitness  $\Phi$  dos vizinhos do agente



**Figura 1.3:** Resultados para o caso annealed em função de  $\delta$  com  $K = 4$ . (a) Gráfico  $C$  vs.  $M$ . (b) Gráfico  $B$  vs.  $M$ .

analisado. Assim, nessa dinâmica o deslocamento e a distância de interação são:

$$v = v_c = \frac{v_0}{\sqrt{\rho}},$$

$$d = d_0 = \frac{\delta}{\sqrt{\rho}},$$

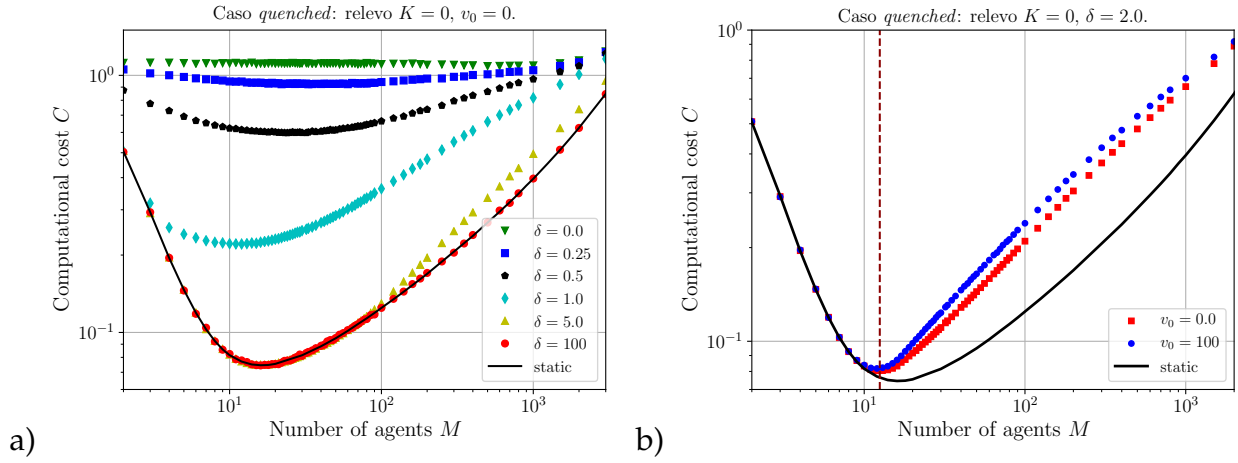
onde a densidade utilizada é  $\rho = 512 \times 10^{-4}$ .

### 1.3.1 Relevô $K = 0$

No gráfico 1.4(a) está o custo para vários valores de  $\delta$ . Como esperado para  $\delta$  muito grande ( $= 100$ ) é recuperado o caso estático (onde a conectividade é máxima). No outro extremo para  $\delta = 0$  é recuperado o caso de agentes independentes (conectividade zero). Já a influência da velocidade está no gráfico 1.4(b). Como não há muita influência, apenas os dois valores extremos de velocidade estão graficados.

### 1.3.2 Relevô $K = 4$

Nesta seção apresentamos os resultados para o relevô  $K = 4$  no modo *quenched*. Nas figuras 1.5(a) e 1.5(b) estão o custo  $C$  e o número de vizinhos  $B$  em função do número de agentes  $M$  para deslocamento nulo  $v_0 = 0$ . Nas figuras 1.5(c) e 1.5(d) estão os mesmos gráficos para deslocamento nulo  $v_0 = 5$ . Em termos do custo há diferença significativa apenas nos casos  $\delta = 1.0, 1.5$  e  $2.0$ . Neste último a mudança é a maior observada. Já o número de vizinhos não tem alterações significativas. Na figura 1.6(c) podemos observar que para  $v_0 \geq 1.5$  o custo satura. Assim, uma pergunta que surge é por que o custo muda em função do deslocamento  $v_0$  para  $\delta = 2.0$  sendo que o número de vizinhos não se altera. Vamos fixar  $M = 53$  agentes. Para  $v_0 = 0$  temos  $B_0 = 12.333125394383343$  enquanto que para  $v_0 = 1.5$  temos  $B_{15} = 12.331853738207130$ , uma diferença percentual de apenas 0.01 %.



**Figura 1.4:** Gráfico de  $C$  vs.  $M$  no caso  $K = 0$  e  $p = 0.5$ . (b) Gráfico para vários valores de  $\delta$ . (c) Gráfico para diferentes velocidades. (d)  $\delta = 2.5$ . A linha vertical tracejada (em vermelho escuro) representa o número de vizinhos  $B$  para o  $\delta$  em questão. RN = random network.

De fato, o número de vizinhos pouco muda com  $v_0$ , também sendo igual ao caso annealed, como está na figura 3.2. Parece haver outro fator contribuindo para que o custo mude com o deslocamento  $v_0$ .

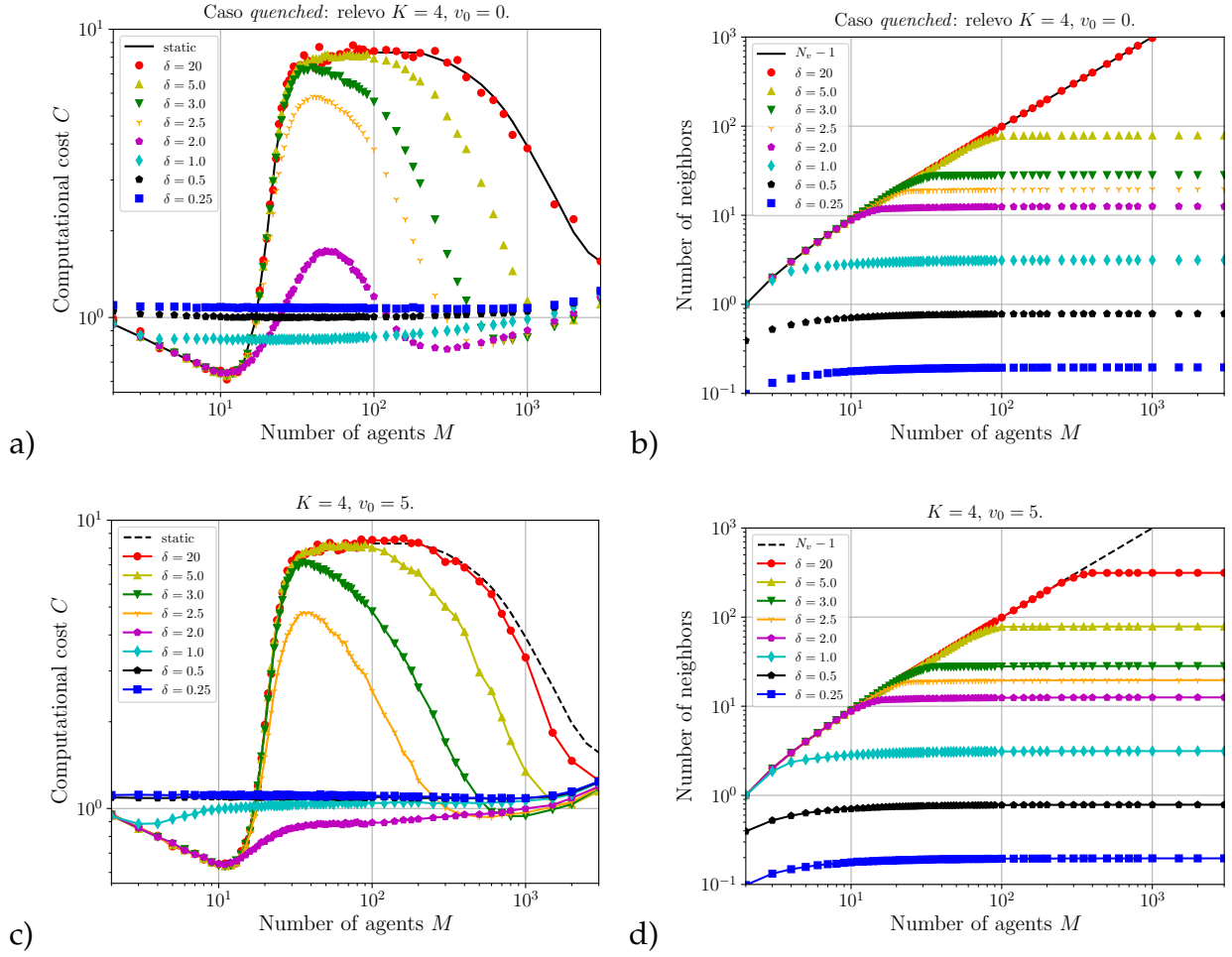
Fizemos um gráfico também para um número de agentes apenas:  $M = 53$ . A ideia é verificar nesse valor a inversão da influência de  $v_0$  em função de  $\delta$ . Esse valor de  $M$  foi escolhido pois é onde ocorre o pico no gráfico de  $v_0 = 0$  na figura 1.6(c). Na figura 1.8(a) está o gráfico de  $C$  em função de  $v_0$  para vários valores de  $\delta$ . Para  $\delta$  grande o número de vizinhos é maior e o comportamento de  $C$  se assemelha ao caso de conectividade máxima. Logo  $C$  não varia com  $v_0$  (triângulos azuis). A medida que diminui  $\delta$  começa a haver uma variação. Dois tipos de comportamentos são observados:

- Para  $\delta \geq 2$  o custo  $C$  diminui com  $v_0$ , estabilizando para  $v_0 > 10$ .
- Para  $\delta \leq 1.9$  o custo  $C$  aumenta com  $v_0$ , também estabilizando para  $v_0 > 10$ .

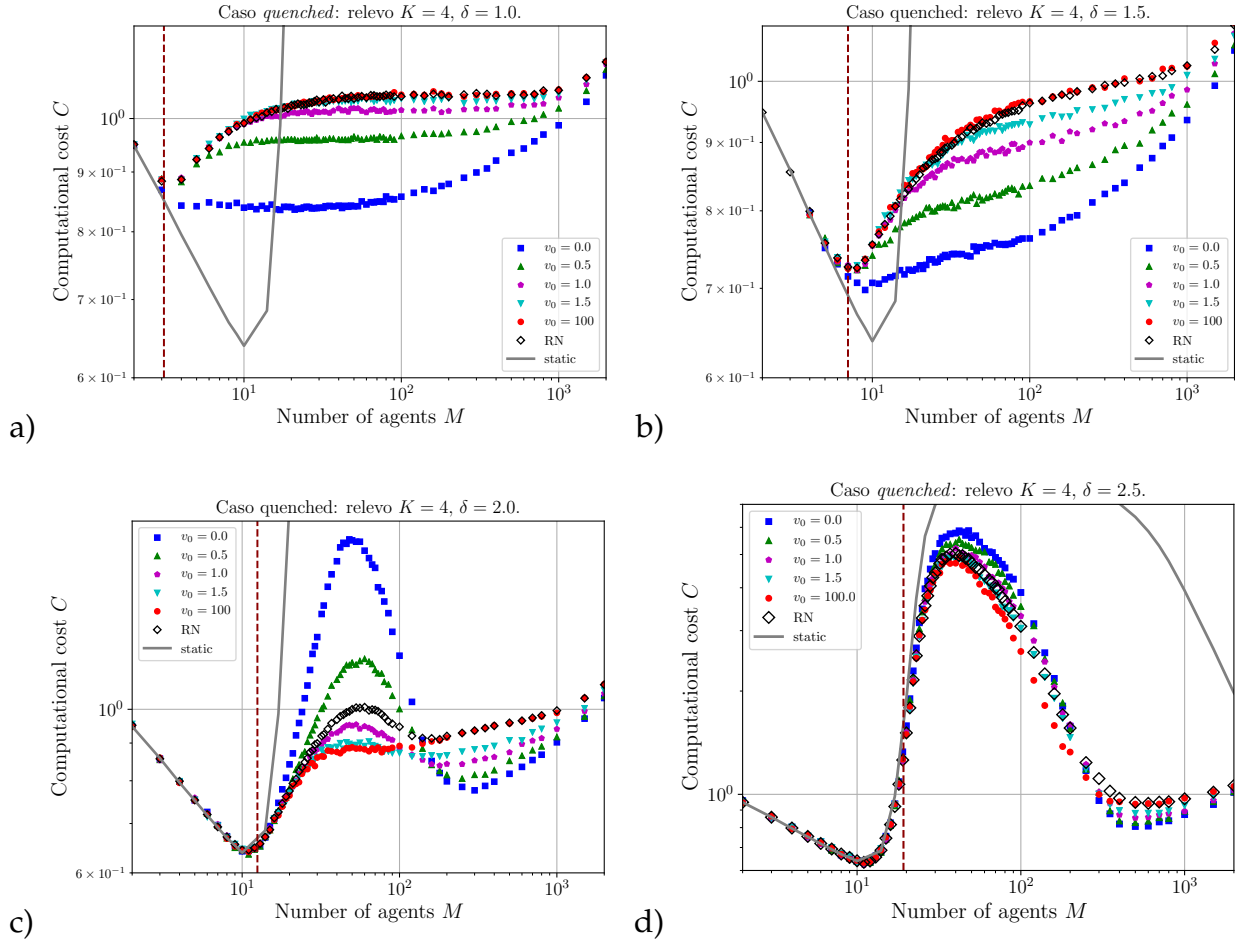
Na figura 1.8(b) está o invertido: gráfico de  $C$  vs.  $\delta$  para 3 valores de  $v_0$ . Também está representado o custo no caso *annealed* (no qual em cada iteração é gerado aleatoriamente as posições dos agentes). O comportamento segue o observado: entre  $2 < \delta < 3$  o custo é maior para  $v_0 = 0$ . Fora desse intervalo inverte.

## 1.4 Outros relevos

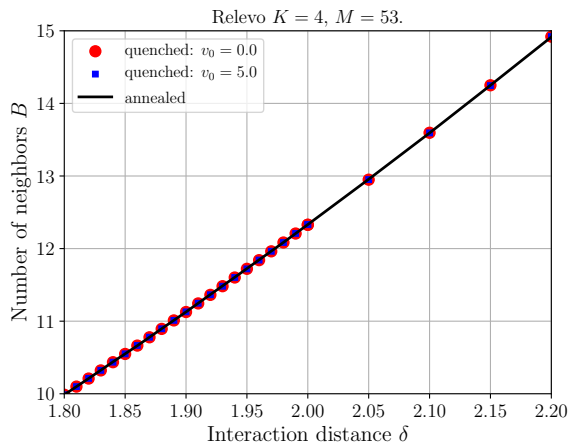
Nesta seção exploramos o efeito da velocidade como mostrado na figura 1.6(c) para outros relevos:  $K = 2, 6, 8$  e  $10$ . De maneira geral o comportamento se repete: para  $10 < M < 10^2$  o custo é maior para  $v_0 = 0$  enquanto que para  $M > 10^2$  o custo para  $v_0 = 0$  é o menor.



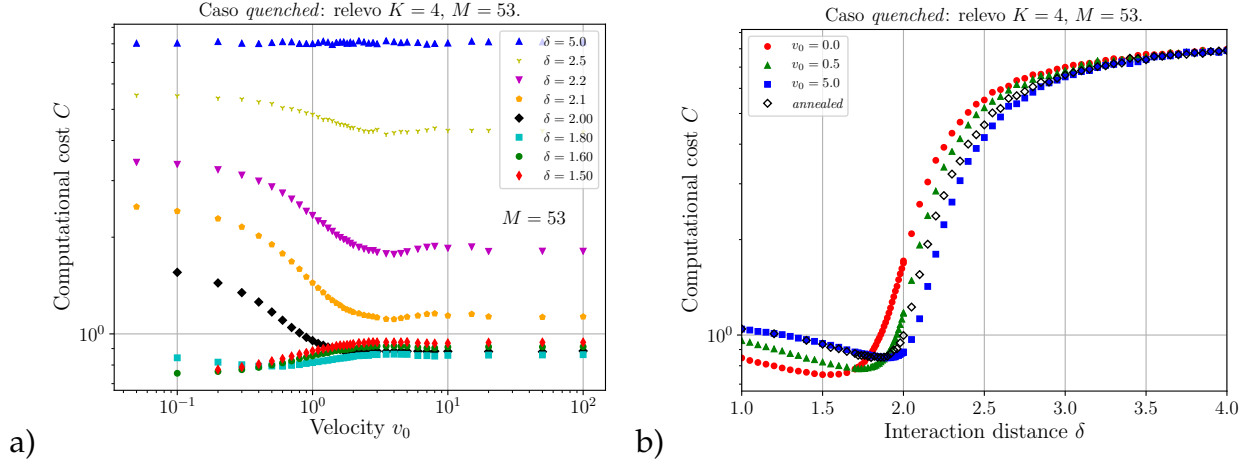
**Figura 1.5:** Gráfico do custo  $C$  vs número de agentes  $M$  para vários valores de  $\delta$  no caso quenched com relevo  $K = 4$ . (a) Velocidade  $v_0 = 0.0$ . (c) Velocidade  $v_0 = 5.0$ . Número de vizinhos em função de  $\delta$ . (b)  $v_0 = 0.0$ . (d)  $v_0 = 5.0$ . Tudo considerando  $K = 4$  e  $p = 0.5$ .



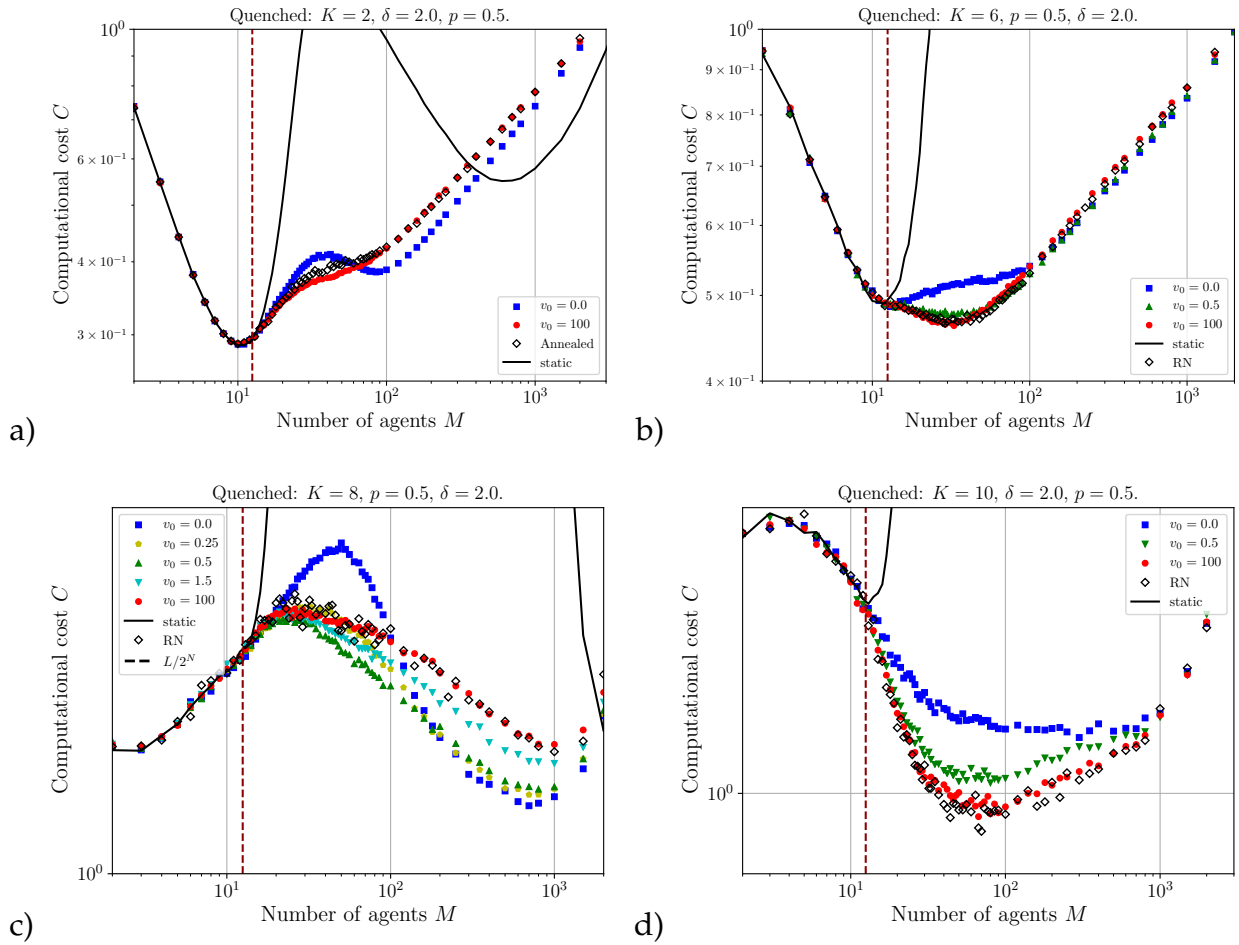
**Figura 1.6:** Gráfico de  $C$  vs.  $M$  para vários valores de velocidade, considerando  $K = 4$  e  $p = 0.5$ . A linha vertical tracejada (em vermelho escuro) representa o número de vizinhos  $B$  para o  $\delta$  em questão. (a)  $\delta = 1.0$ . (b)  $\delta = 1.5$ . (c)  $\delta = 2.0$ . (d)  $\delta = 2.5$ . RN = random network.



**Figura 1.7:** Número de vizinhos  $B$  em função da distância de interação  $\delta$  para  $M = 53$  agentes.



**Figura 1.8:** Gráfico do custo  $C$  considerando apenas um número de agentes  $M = 53$ ,  $K = 4$  e  $p = 0.5$ . (a) Custo  $C$  vs. velocidade  $v_0$  para vários valores de  $\delta$ . (b) Custo  $C$  vs.  $\delta$  para vários valores de  $v_0$ . Para  $\delta > 4.0$  o custo é o mesmo para as 4 sequências de dados.



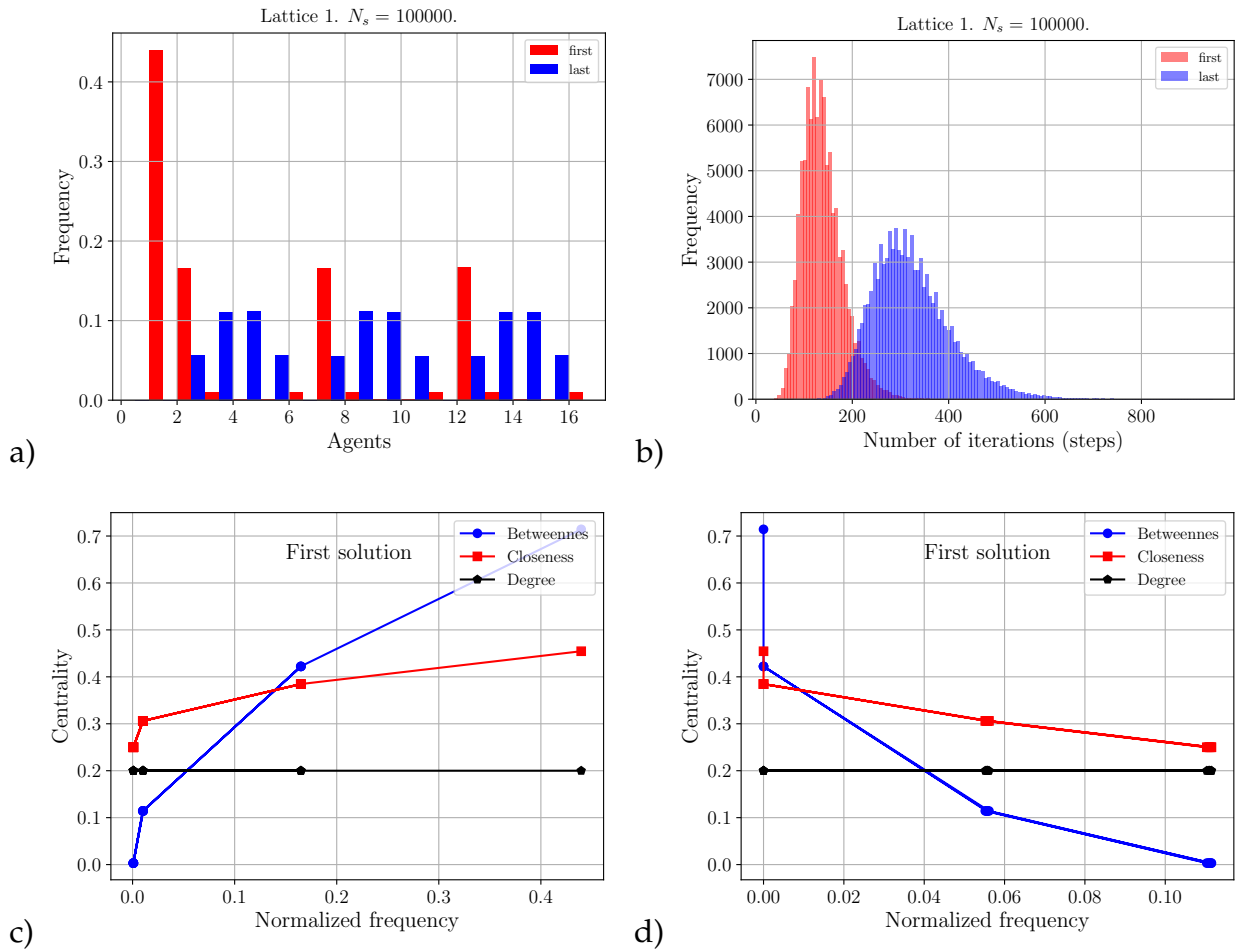
**Figura 1.9:** Gráfico de  $C$  vs.  $M$  para vários valores de velocidade em vários relevos  $K$ , considerando  $p = 0.5$  e  $\delta = 2$ . A linha vertical tracejada (em vermelho escuro) representa o número de vizinhos  $B$ . (a)  $K = 2$ . (b)  $K = 6$ . (c)  $K = 8$ . (d)  $K = 10$ . RN = random network.



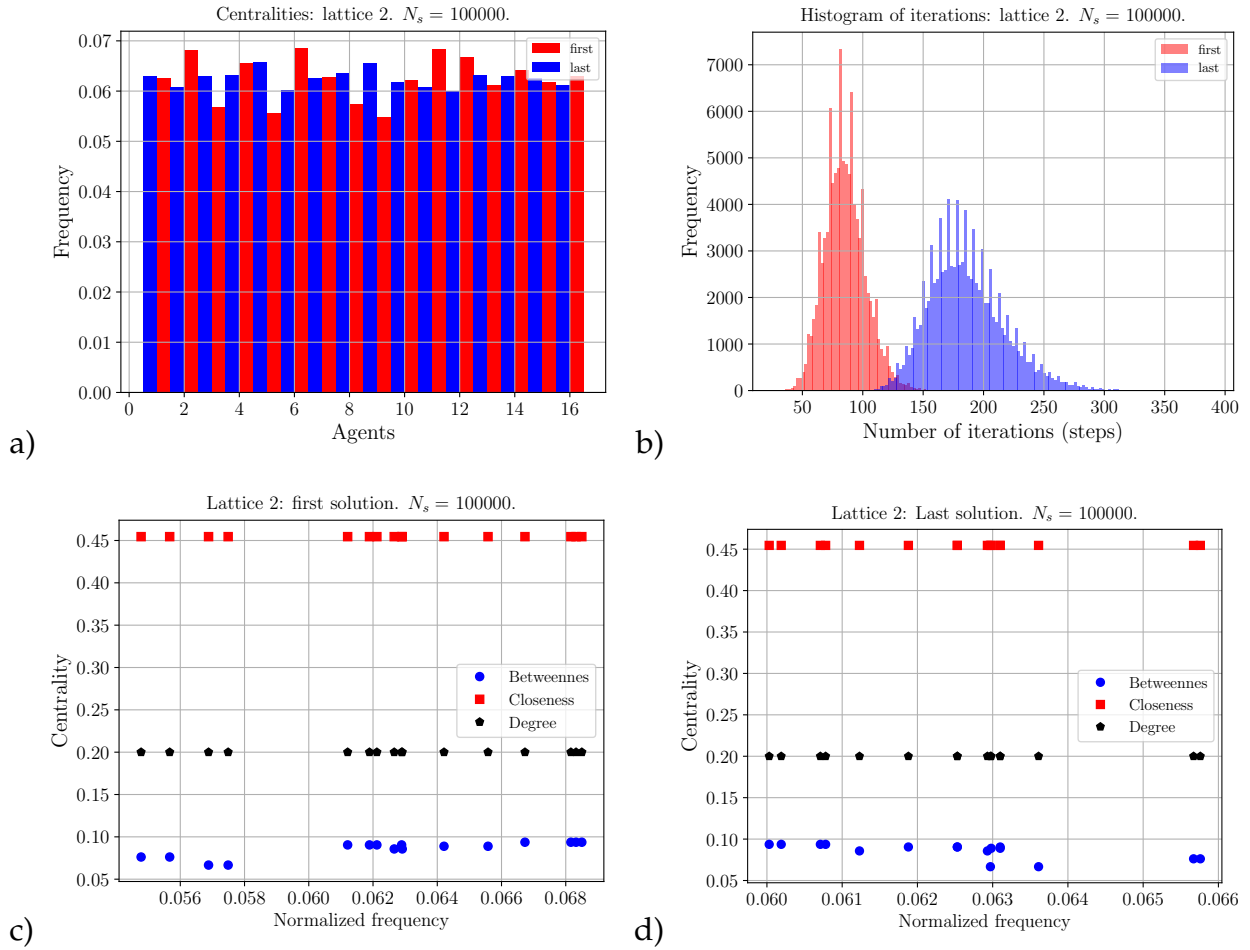
## **Capítulo 2**

# **Performance de grupo e padrões de comunicação**

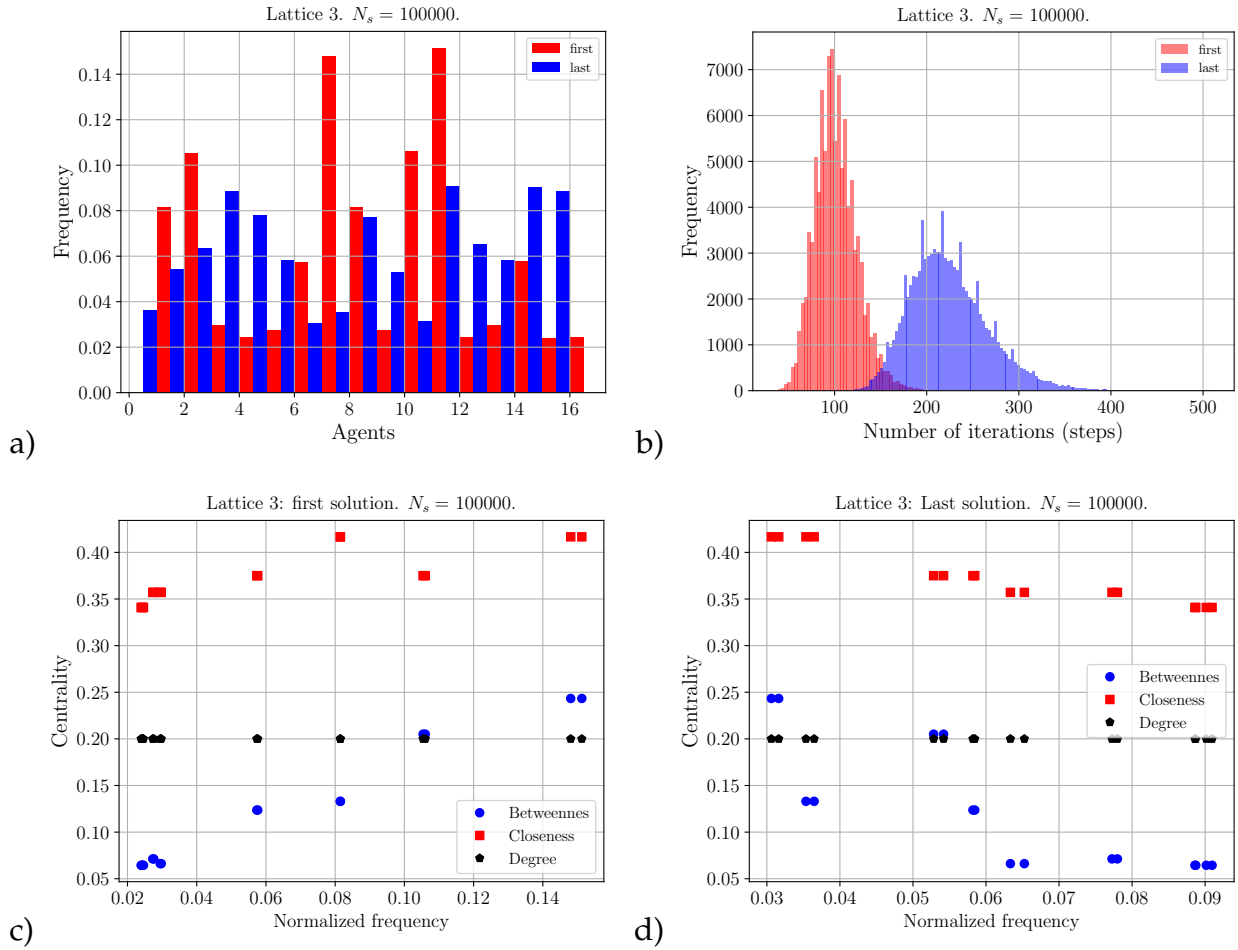
### **2.1 Caracterização de cada rede**



**Figura 2.1:** Resultados para a rede 1. (a) Histograma da frequência com que cada agente é o primeiro e o último a encontrar a solução. (b) Distribuição do número de iterações necessárias para a solução ser encontrada pelo primeiro agente e pelo último (quando todos os agentes já encontraram). (c) Gráfico das centralidades em função da frequência com que cada agente encontra a solução. (d) Mesmo gráfico mas em função da frequência com que o último agente encontra a solução.



**Figura 2.2:** Resultados para a rede 2 (com maior média dos parâmetros). (a) Histograma da frequência com que cada agente é o primeiro e o último a encontrar a solução. (b) Distribuição do número de iterações necessárias para a solução ser encontrada pelo primeiro agente e pelo último (quando todos os agentes já encontraram). (c) Gráfico das centralidades em função da frequência com que cada agente encontra a solução. (d) Mesmo gráfico mas em função da frequência com que o último agente encontra a solução.



**Figura 2.3:** Resultados para a rede 3 (com maior variância). (a) Histograma da frequência com que cada agente é o primeiro e o último a encontrar a solução. (b) Distribuição do número de iterações necessárias para a solução ser encontrada pelo primeiro agente e pelo último (quando todos os agentes já encontraram). (c) Gráfico das centralidades em função da frequência com que cada agente encontra a solução. (d) Mesmo gráfico mas em função da frequência com que o último agente encontra a solução.

# Capítulo 3

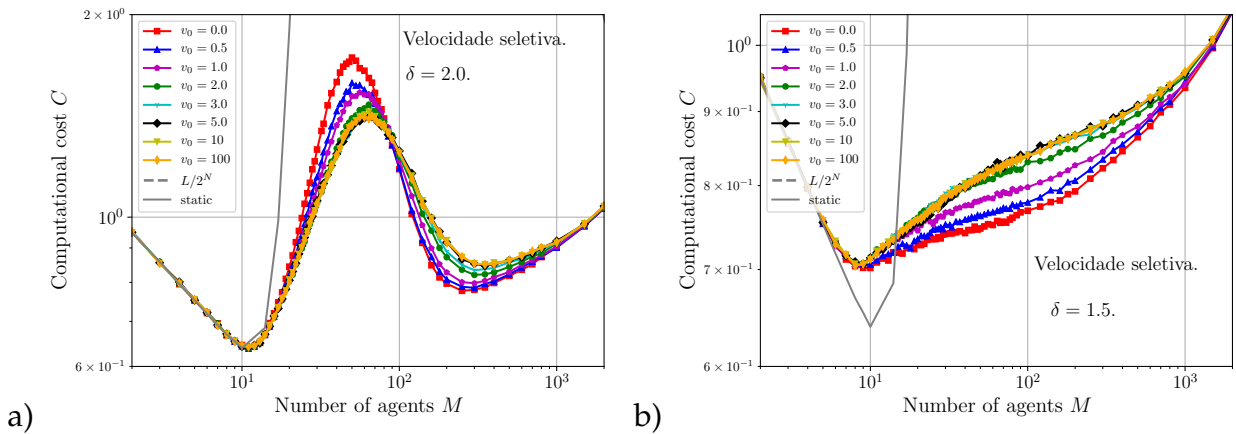
## Testes

Neste capítulo estão alguns dos testes realizados.

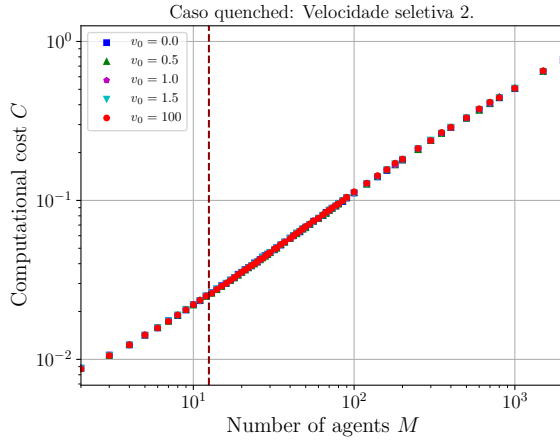
### 3.1 Definições da velocidade

#### 3.1.1 Velocidade seletiva 1

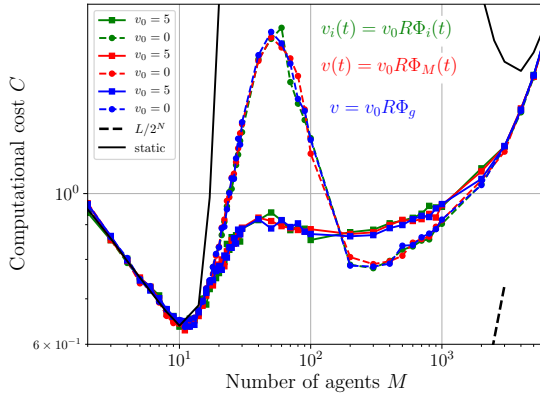
Esta dinâmica é definida da seguinte forma: quando um agente é sorteado ele irá se mover apenas se ele for um máximo local. Os gráficos do custo para diferentes valores de velocidade estão nas figuras 3.1(a) e 3.1(b). Como o número de vizinhos depende apenas da distância  $\delta$ , os resultados para este caso são iguais para os mostrados na figura 1.5(d).



**Figura 3.1:** Velocidade seletiva: o agente sorteado se move apenas se for máximo local. Gráfico de  $C$  vs.  $M$  para  $K = 4$  e  $p = 0.5$ . (a) Distância  $\delta = 2.0$ . (b) Distância  $\delta = 1.5$ .



**Figura 3.2:** Velocidade seletiva 2: o agente se move apenas se sua distância de Hamming em relação ao máximo global diminuir. Parâmetros:  $K = 4$ ,  $p = 0.5$  e  $\delta = 2$ .



**Figura 3.3:** Influência da definição da velocidade para  $K = 4$ ,  $p = 0.5$  e  $\delta = 2$ .

### 3.1.2 Velocidade seletiva 2

Neste caso o agente irá se mover apenas se o movimento resultar em diminuição de sua distância de Hamming em relação ao máximo global. Se não houver essa diminuição o agente fica onde está, mantendo também sua fitness.

### 3.1.3 Velocidade dependente de $\Phi$

Testamos também a definição da velocidade em função da fitness  $\Phi$ .

$$\begin{aligned} v_i(t) &= v_0 r \Phi_i(t), \\ v(t) &= v_0 r \Phi_M(t), \\ v_c &= v_0 r \Phi_g(t). \end{aligned} \tag{3.1}$$

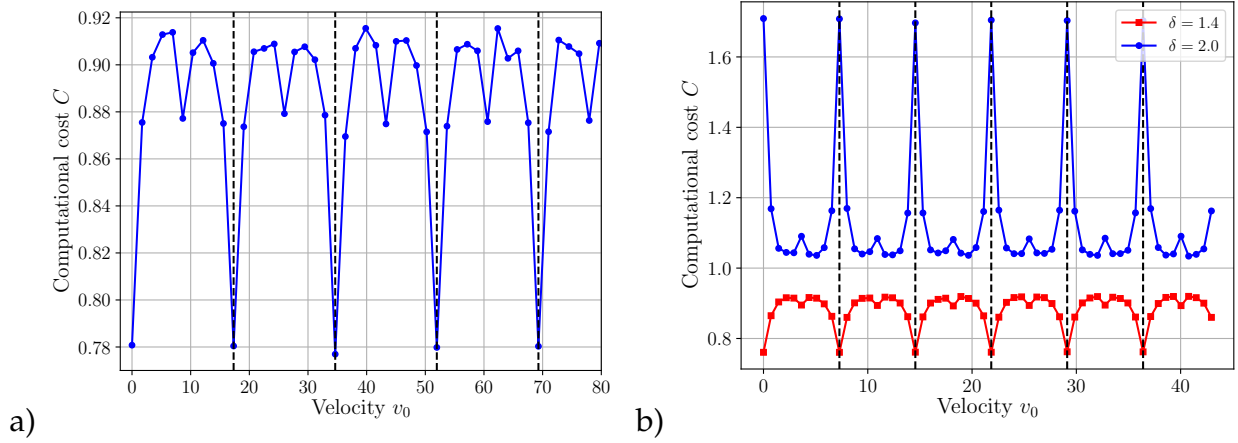
onde os valores médios das fitness são:

$$\begin{aligned} \Phi_m(t) &= \frac{1}{M} \sum_i \Phi_i(t), \\ \Phi_g &= \frac{1}{2^N} \sum_j \Phi_j(t), \end{aligned}$$

A soma em  $j$  é sobre todos os valores possíveis de  $\Phi$ . O resultado está na figura 3.3

### 3.1.4 Velocidade periódica

Se um agente depois de se mover voltar ao mesmo lugar, não haverá mudança em seus vizinhos. Assim, pode existir uma velocidade onde isso ocorre, e nesse caso, o custo não será alterado. Nesta seção fazemos um teste para verificar esse efeito. Primeiro restringimos o movimento em uma dimensão (eixo  $x$ ) considerando a velocidade constante  $v = v_c$  (dinâmica 10). Neste caso se o agente se deslocar de uma distância  $L$  (lado do quadrado do domínio) ele irá voltar na mesma posição. Queremos encontrar o valor  $v_p$  de  $v_0$  tal que  $v_c = L$ . O lado é definido como  $L = \sqrt{M/\rho}$  enquanto que  $v_c = v_p/\sqrt{\rho}$ . Logo  $v_p = \sqrt{M}$ . Os resultados para dois valores de  $M$  estão nas figuras 3.4(a) e 3.4(b).



**Figura 3.4:** Velocidade periódica: velocidade apenas em  $x$  para analisar o efeito da periodicidade. Gráfico de  $C$  vs.  $v_0$  para  $K = 4$  e  $p = 0.5$ . (a)  $M = 200$  e  $v_p = 17.32$ . (b)  $M = 53$  e  $v_p = 7.28$ .