

**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**Davi de Oliveira Gerardi**

**Previsão de Séries Temporais Epidemiológicas  
Usando Autômatos Celulares e Algoritmos Genéticos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito necessário à obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Henrique Alves Monteiro

**São Paulo**  
**2010**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

G358p Gerardi, Davi de Oliveira.

Previsão de séries temporais epidemiológicas usando autômatos celulares e algoritmos genéticos / Davi de Oliveira Gerardi – 2010.  
104 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2010.

Bibliografia: f. 57-60.

1. Algoritmo genético. 2. Autômato celular. 3. Epidemiologia. 4. Identificação de sistemas. 5. Modelo SIS (Suscetível-Infestado-Suscetível). 6. Modelo SIR (Suscetível-Infestado-Removido). I. Título.

CDD 511.3

**UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**Davi de Oliveira Gerardi**

**Previsão de Séries Temporais Epidemiológicas  
Usando Autômatos Celulares e Algoritmos Genéticos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito necessário à obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Aprovado em agosto de 2010

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Luiz Henrique Alves Monteiro  
Universidade Presbiteriana Mackenzie

---

Prof. Dr. Nizam Omar  
Universidade Presbiteriana Mackenzie

---

Prof. Dr. José Guilherme de Souza Chaui Mattos Berlinck  
Universidade de São Paulo

À minha esposa e filho, pelo apoio e compreensão;  
a meus pais, pela confiança e incentivo  
na realização deste trabalho.

## Resumo

Usam-se modelos epidemiológicos SIS (suscetível-infectado-suscetível) e SIR (suscetível-infectado-removido) baseados em autômato celular probabilista (ACP) a fim de simular a evolução temporal do número de pessoas infectadas por dengue, na cidade do Rio de Janeiro em 2007, e de prever os casos de infecção em 2008. No ACP, utilizam-se reticulados de três tamanhos diferentes e dois tipos de vizinhanças, e cada passo de tempo da simulação equivale a uma semana de tempo real. Emprega-se um algoritmo genético (AG) para identificar os valores das probabilidades da transição de estados  $S \rightarrow I$ , de modo a reproduzir a série histórica de 2007 relacionada à propagação dessa doença. Essas probabilidades dependem do número de vizinhos infectados. Probabilidades variantes e invariantes no tempo são consideradas. Esses modelos baseados em ACP e AG foram capazes de fazer um ajuste satisfatório dos dados de 2007 e de fornecerem uma boa previsão para 2008, (principalmente no que diz respeito ao número total de casos registrados em 2008).

**Palavras-chave:** algoritmo genético, autômato celular, epidemiologia, identificação de sistemas, modelo SIS, modelo SIR.

## **Abstract**

SIS (susceptible-infected-susceptible) and SIR (susceptible-infected-removed) epidemiological models based on probabilistic cellular automaton (PCA) are used in order to simulate the temporal evolution of the number of people infected by dengue in the city of Rio de Janeiro in 2007, and to predict the cases of infection in 2008. In the PCA, three different sizes of lattices and two kinds of neighborhoods are utilized, and each time step of simulation is equivalent to one week of real time. A genetic algorithm (GA) is employed to identify the probabilities of the state transition  $S \rightarrow I$ , in order to reproduce the historical series of 2007 related to this disease propagation. These probabilities depend on the number of infected neighbors. Time-varying and constant probabilities are taken into account. These models based on PCA and GA were able of satisfactorily fitting the data from 2007 and making a good prediction for 2008 (mainly about the total number of cases registered during 2008).

**Keywords:** cellular automaton, epidemiology, genetic algorithm, SIS model, SIR model, system identification.

## SUMÁRIO

1 – Introdução.....	11
2 - Conceitos básicos sobre dengue, ACs e AGs 13.....	13
2.1 - A dengue.....	13
2.2 - Autômatos celulares.....	14
2.3 – Algoritmos genéticos.....	18
2.4 – Modelos epidemiológicos SIS e SIR.....	20
3 - Modelos SIS e SIR baseados em ACP e AG.....	22
3.1 - O autômato celular probabilista.....	22
3.2 - O algoritmo genético.....	23
3.3 - As séries históricas dos casos de dengue na cidade do Rio de Janeiro em 2007 e 2008.....	26
4 - Resultados das simulações.....	30
4.1 - Simulações com probabilidades variando ao longo do tempo.....	30
4.1.1 - Resultados com a vizinhança de Von Neumann.....	32
4.1.2 - Resultados com a vizinhança de Moore.....	36
4.2 - Simulações com probabilidades constantes ao longo do tempo.....	40
4.2.1 - Resultados com a vizinhança de Von Neumann.....	41
4.2.2 - Resultados com a vizinhança de Moore.....	43
4.3 - O problema dividido em regiões e com focos de incidência da doença.....	44
4.4 – Mais investigações.....	49
5 - Equipamento utilizado nas simulações.....	54
6 - Conclusões.....	55
Referências.....	57
Apêndice A.....	61
Apêndice B.....	85
Apêndice C.....	94
Apêndice D.....	102



## FIGURAS

Figura 2.1 – Representação da regra 30 para um autômato celular unidimensional. Os estados dos três quadrados superiores definem o novo estado do quadrado central no passo de tempo seguinte.....	15
Figura 2.2 – Evolução do autômato celular elementar utilizando a regra 30 a partir da condição inicial em que uma célula está no estado 1 e as demais no estado 0.....	15
Figura 2.3 – Representação das vizinhanças de Von Neumann e Moore de raio 1.....	16
Figura 2.4 – Representação das vizinhanças de Von Neumann e Moore de raio 2.....	16
Figura 2.5 – Representação de um autômato celular bidimensional com condição de contorno fechada e vizinhança de Moore de raio 1.....	17
Figura 2.6 – Representação de um autômato celular bidimensional com condição de contorno aberta e vizinhança de Moore de raio 1. Observe que a célula mais escura possui apenas 5 vizinhos.....	17
Figura 2.7 – Fluxograma de um algoritmo genético.....	20
Figura 2.8 – Representação simplificada de modelo SIS.....	21
Figura 2.9 – Representação simplificada de modelo SIR.....	21
Figura 3.1. – Cruzamento entre dois cromossomos-pais do AG, para o caso de se usar vizinhança de Moore de raio 1 (para a qual cada cromossomo é formado por 9 genes). Observe que a partir de dois cromossomos-pais, geram-se dois cromossomos-filhos, trocando-se a carga genética localizada entre os pontos inicial e final.....	25
Figura 3.2. – Reordenação dos genes nos cromossomos-filhos.....	25
Figura 3.3 – Mapa da cidade do Rio de Janeiro dividida por áreas de planejamento (extraída de [27]).....	28
Figura 4.1. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo, utilizando um reticulado com 2420×2420 células e vizinhança de Von Neumann com $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.....	32
Figura 4.2. –Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo, utilizando um reticulado com 1000×1000 células e vizinhança de Von Neumann com $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.....	33
Figura 4.3. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado com 2420×2420 células e vizinhança de Von Neumann com $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.....	33
Figura 4.4. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado com 1000×1000 células e vizinhança de Von Neumann com $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.....	34
Figura 4.5. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo, com reticulado de 2420×2420 células e vizinhança de Von Neumann com $r=1$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.....	34
Figura 4.6. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo, com reticulado de 1000×1000 células e vizinhança de Von Neumann com $r=2$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.....	35
Figura 4.7. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado com 2420×2420 células e vizinhança de Von Neumann com $r=1$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.....	35
Figura 4.8. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado com 1000×1000 células e vizinhança de Von Neumann com $r=2$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.....	35
Figura 4.9. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo, com reticulado de 2420×2420 células e vizinhança de Moore com $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.....	36
Figura 4.10. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo, com reticulado de 1000×1000 células e vizinhança de Moore com $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.....	36
Figura 4.11. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado com 2420×2420 células e vizinhança de Moore com $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.....	37

Figura 4.12. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado com 1000×1000 células e vizinhança de Moore com $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.....	37
Figura 4.13. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo, com reticulado de 500×500 células e vizinhança de Moore com $r=1$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.....	38
Figura 4.14. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo, com reticulado de 1000×1000 células e vizinhança de Moore com $r=2$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.....	38
Figura 4.15. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado com 500×500 células e vizinhança de Moore com $r=1$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.....	39
Figura 4.16. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado com 1000×1000 células e vizinhança de Moore com $r=2$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.....	39
Figura 4.17. – . Variação das probabilidades de infecção ao longo do tempo para um ACP de 2420×2420 células utilizando a vizinhança de Von Neumann, com raio 1 e modelo epidemiológico SIR.....	40
Figura 4.18. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo num reticulado de 500×500 utilizando vizinhança de Von Neumann com $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.....	41
Figura 4.19. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo num reticulado de 500×500 utilizando vizinhança de Von Neumann com $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.....	42
Figura 4.20. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado de 500×500 utilizando vizinhança de Von Neumann com $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.....	42
Figura 4.21. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado de 500×500 utilizando vizinhança de Von Neumann com $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.....	42
Figura 4.22. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo num reticulado de 500×500 utilizando vizinhança de Moore com $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.....	43
Figura 4.23. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo num reticulado de 1000×1000 utilizando vizinhança de Moore com $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.....	43
Figura 4.24. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado de 500×500 utilizando vizinhança de Moore com $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.....	44
Figura 4.25. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado de 500×500 utilizando vizinhança de Moore com $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.....	44
Figura 4.26. – Exemplo da distribuição inicial dos indivíduos infectados no reticulado: quanto mais próximo do centro, maior a concentração de infectados.....	45
Figura 4.27. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo, somadas as áreas dos cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Moore com $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.....	45
Figura 4.28. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para os cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Moore com $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.....	46
Figura 4.29. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo, somadas as áreas dos cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Moore com $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.....	47
Figura 4.30. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para os cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Moore com $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.....	47
Figura 4.31. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo, somadas as áreas dos cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Von Neumann com $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.....	47

Figura 4.32. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para os cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Von Neumann com $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo. ....	48
Figura 4.33. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo, somadas as áreas dos cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Von Neumann com $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo. ....	48
Figura 4.34. – Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para os cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Von Neumann com $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo. ....	49
Figura 4.35. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) pela média de 10 execuções da melhor identificação, um reticulado de $500 \times 500$ utilizando vizinhança de Von Neumann com $r=2$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo. O desvio padrão é representado pelas barras verticais. ..	50
Figura 4.36. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) pela média de 10 execuções da melhor identificação, um reticulado de $1000 \times 1000$ utilizando vizinhança de Von Neumann com $r=2$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo. O desvio padrão é representado pelas barras verticais. ..	50
Figura 4.37. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) pela média de 10 execuções da melhor previsão para a segunda semana, um reticulado de $2420 \times 2420$ utilizando vizinhança de Von Neumann com $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo. O desvio padrão é representado pelas barras verticais. ....	51

## TABELAS

Tabela I. Infectados por dengue na cidade do Rio de Janeiro em 2007 e 2008.....	27
Tabela II. Infectados por dengue na cidade do Rio de Janeiro em 2007 e 2008, dividida por áreas de planejamento.....	29
Tabela III. Classificação dos modelos, para probabilidades variantes no tempo, quanto a capacidade de identificação.....	52
Tabela IV. Classificação dos modelos, para probabilidades variantes no tempo, quanto a capacidade de previsão.....	53

## 1. Introdução

Doenças contagiosas são um dos principais problemas de saúde pública em todo o mundo. Autômatos celulares probabilistas (ACPs) têm sido empregados para modelar o espalhamento de tais doenças em populações nas quais os indivíduos ou são suscetíveis (S) ou estão infectados (I) ou são considerados removidos (R), o que inclui os curados e os mortos (e.g. [1]). Esses modelos são conhecidos pela sigla SIR. Uma célula do reticulado do ACP representa ou um único indivíduo ou uma fração da população total. Para doenças em que a cura não confere imunidade, uma célula, ao se recuperar, volta ao estado suscetível. Nesse caso, tem-se um modelo SIS. A cada passo de tempo, o estado de uma célula pode se alterar, em função das probabilidades de transição associadas aos processos de infecção, de cura e de morte. Em geral, a cada passo de tempo, uma célula suscetível ou permanece suscetível ou contrai a doença ou morre. Usualmente, a probabilidade associada à transição  $S \rightarrow I$  depende da quantidade de células infectadas presentes na vizinhança da célula suscetível em questão. Ainda, a cada passo de tempo, uma célula infectada ou continua infectada, ou se recupera da doença ou morre. Cura e morte de infectados podem ser representadas pela transição  $I \rightarrow R$ . Por simplicidade, em muitos modelos, assume-se que células que morrem pela doença ou por outras causas quaisquer dão lugar a novas células suscetíveis, mantendo, dessa maneira, a população constante. Nesse caso, as transições correspondentes são  $I \rightarrow S$  e  $R \rightarrow S$ . A hipótese de população constante é válida no estudo de doenças que se propagam rapidamente e/ou em populações nas quais a taxa de nascimento é igual à taxa de morte (e.g. [2-5]).

Algoritmos genéticos (AGs) têm sido utilizados para identificar as probabilidades de transição de estados de ACPs em diversos contextos (e.g. [6-10]). Neste trabalho, usa-se um AG para identificar as probabilidades de transição de estados em modelos epidemiológicos SIS e SIR baseados em ACPs, a fim de reproduzir a série histórica dos casos de infectados por dengue, registrados na cidade do Rio de Janeiro, em 2007 [11]. Então, usam-se esses modelos para prever os casos de 2008, com a intenção de encontrar o modelo que dá a melhor previsão. Nesses modelos epidemiológicos, variam-se: o

número de estados permitidos para cada célula (dois se SIS, três se SIR), o tamanho do reticulado, o tipo de vizinhança (se Von Neumann ou Moore), o raio da vizinhança, o uso de probabilidades constantes ou variantes no tempo.

Assim, nosso objetivo é identificar um modelo que tenha realismo biológico e que seja capaz de gerar as séries temporais em questão. Obviamente, essa identificação e a correspondente previsão poderiam ser feitas, por exemplo, via redes neurais artificiais adequadamente treinadas ou pelo simples método dos mínimos quadrados; porém, essas abordagens carecem de fundamento biológico.

Dengue é uma doença que afeta, anualmente, cerca de 1% da população mundial (e.g. [12]) e, no Brasil, em particular, constitui-se num dos sérios problemas de saúde pública (e.g. [13]). Prever a evolução temporal do número de casos dessa doença é claramente relevante, a fim de que se possam tomar medidas capazes de erradicar ou, ao menos, de controlar sua propagação.

É importante ressaltar que nossa abordagem envolvendo ACP e AG não se limita à dengue; ela poderia ter sido aplicada para identificar séries epidemiológicas de outras doenças.

A estrutura desta dissertação é a seguinte. No capítulo 2, apresentam-se informações básicas sobre dengue, autômatos celulares (ACs) e algoritmos genéticos (AGs). No capítulo 3, descrevem-se o AC e o AG empregados nos modelos epidemiológicos e, no capítulo 4, os resultados das simulações numéricas. Na seção 5, citam-se as conclusões deste trabalho.

## 2. Conceitos básicos sobre dengue, ACs e AGs

### 2.1 A dengue

A dengue é uma doença infecciosa, que tem causado epidemias em muitas regiões que possuem clima tropical e subtropical, que é o habitat do principal vetor transmissor, um inseto do grupo dos artrópodes; a saber, a fêmea do mosquito *Aedes aegypti* (e.g. [12]). Existem registros dessa doença há mais de 2000 anos. Ela possui quatro sorotipos (diferentes tipos de vírus) identificados como DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4. Apenas os três primeiros foram encontrados, até hoje, no Brasil (e.g. [14]). Quando uma pessoa é infectada por um sorotipo específico, adquire imunidade permanente a esse sorotipo, porém continua suscetível aos outros.

O ciclo de infecção da dengue se inicia quando a fêmea do mosquito com o vírus pica uma pessoa não infectada, que se torna infectada e passa a manifestar a doença. Essa, ao ser picada por outro mosquito, transmite o vírus ao inseto, que leva a doença a outras pessoas. Não há transmissão da dengue diretamente entre humanos (e.g. [12]).

O período de infectividade, ou seja, o tempo em que uma pessoa pode transmitir o vírus, se picada por um mosquito, é de aproximadamente sete dias.

A manifestação da doença se apresenta de duas maneiras: a clássica e a hemorrágica. Na maneira clássica, os principais sintomas são: febre alta, vômitos, dores de cabeça e pelo corpo, manchas na pele. Na maneira hemorrágica, além dos mesmos sintomas que a clássica, aparecem dores abdominais, sangramento pelo nariz e dificuldade respiratória (e.g. [15]), o que pode levar à morte.

O mosquito da dengue é bem ambientado a locais urbanos, podendo colocar seus ovos em qualquer recipiente que armazene água razoavelmente limpa, como pneus velhos e vasos de flores. Isso torna o controle do vetor bastante difícil. Normalmente, as epidemias acontecem com certa sazonalidade, nos meses de clima mais quente e úmido, pois isso favorece a proliferação do mosquito. Nesses meses, costuma se verificar um aumento dos casos da doença (e.g. [15,16]).

A medida preventiva mais efetiva é evitar a procriação do mosquito, não deixando água parada em locais abertos, pois esses são os locais onde as fêmeas depositam seus ovos, que viram larvas e que se tornam, mais tarde, mosquitos adultos.

## **2.2 Autômatos celulares**

Autômatos celulares (ACs) são modelos computacionais discretos no tempo e no espaço, consistindo de um reticulado de células em que cada célula pode estar em um dentre um número finito de estados. A evolução desses estados, com o passar do tempo, depende das relações com as células vizinhas. As regras que determinam as transições entre os estados podem ser deterministas ou probabilistas e, normalmente, são aplicadas simultaneamente a todas as células, a cada passo de tempo (e.g. [17]). ACs podem ter reticulados multidimensionais. As versões unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais são as mais utilizadas na modelagem de sistemas.

Autômatos celulares foram propostos por John Von Neumann e Stanislaw Ulam, por volta de 1950, tendo como foco construir uma máquina que pudesse se auto-copiar. Na década de 70 do século passado, John Conway criou o “jogo da vida”, um autômato celular bidimensional com dois estados, capaz de simular a sobrevivência de células, sendo popularizado por Martin Gardner em publicação na revista *Scientific American*. Esse AC, em particular, teve grande repercussão na comunidade de computação. Em 1983, Stephen Wolfram [17] publicou uma série de artigos sobre autômatos celulares, explorando, em particular, o caso unidimensional binário (com dois estados). O comportamento e a complexidade gerada com esse AC foram analisados de maneira sistemática, o que o levou a conjecturar que mecanismos simples podem gerar fenômenos complexos, dando origem ao seu livro *A New Kind of Science* [18].

### **Autômato celular unidimensional**

AC unidimensional é um autômato celular composto de um único vetor de células. A versão mais simples utiliza apenas dois estados por célula, sendo



os vizinhos de uma célula aquelas que são adjacentes à esquerda e à direita. Essa configuração é também chamada de autômato celular elementar (e.g. [17,19]).

Uma célula e sua adjacente à esquerda e sua adjacente à direita formam uma vizinhança de três células; por isso, existem  $2^3=8$  padrões possíveis para uma vizinhança de tamanho três, resultando em  $2^8=256$  regras deterministas distintas. Normalmente, se denominam os autômatos unidimensionais elementares pelo número decimal que é a representação do número binário quando se escreve a regra de transição; por exemplo: em decimal, a representação da regra de transição “01001110” é chamada de regra 78. A seguir, exemplifica-se a evolução de um autômato com a regra 30 (em binário: 00011110). Nesse exemplo, utilizam-se as transições descritas na figura 2.1 para ilustrar o quão complexo pode ser o comportamento do autômato celular elementar com o passar do tempo. Quadrado preto representa “1”, e branco representa “0”.

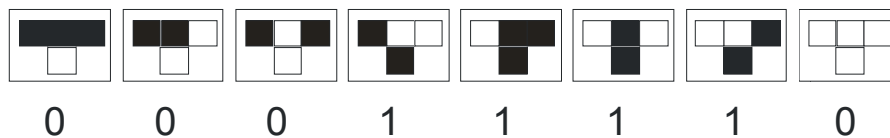


Figura 2.1 – Representação da regra 30 para um autômato celular unidimensional. Os estados dos três quadrados superiores definem o novo estado do quadrado central no passo de tempo seguinte.

A figura 2.2 mostra a evolução desse autômato, a partir da condição inicial dada na primeira linha. As linhas seguintes (de cima para baixo) representam os estados das células a cada passo de tempo.

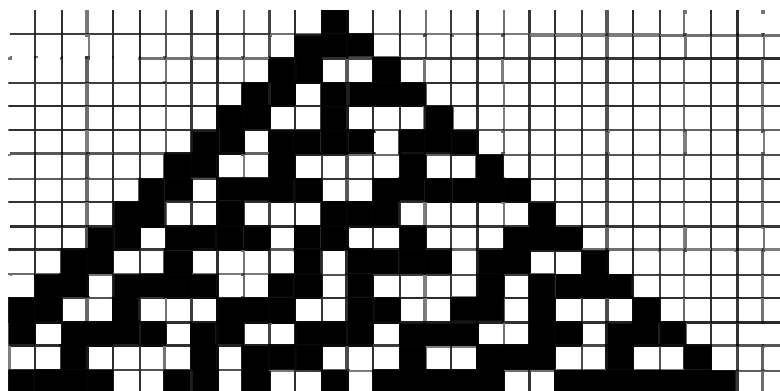


Figura 2.2 – Evolução do autômato celular elementar utilizando a regra 30 a partir da condição inicial em que uma célula está no estado 1 e as demais no estado 0.

## Autômato celular bidimensional

Um AC bidimensional é composto por uma matriz de células, cuja vizinhança costuma ser caracterizada pelo que se chama de vizinhança de Von Neumann e de vizinhança de Moore. Na vizinhança de Von Neumann em raio 1, os vizinhos são as células acima, abaixo, à esquerda e à direita, sem considerar as células nas diagonais; a vizinhança de Moore em raio 1 engloba também as células vizinhas nas diagonais. A figura 2.3 exemplifica esses dois tipos de vizinhanças.

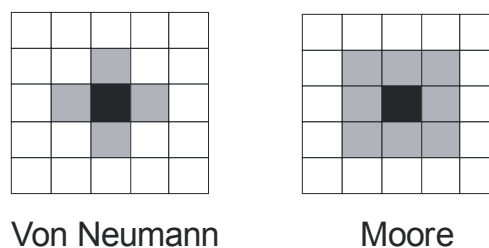


Figura 2.3 – Representação das vizinhanças de Von Neumann e Moore de raio 1.

A vizinhança de Von Neumann de raio 1 contempla 5 células (a central mais as 4 adjacentes); a de raio 2, 9 células. A vizinhança de Moore de raio 1 contempla 9 células; a de raio 2, 25 células, como mostrado na figura 2.4.

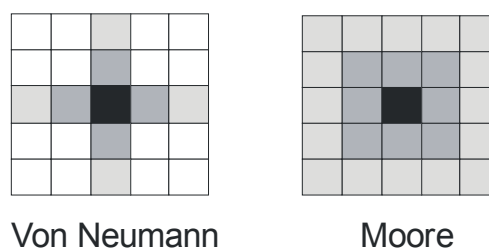


Figura 2.4 - Representação das vizinhanças de Von Neumann e Moore de raio 2.

As transições são determinadas em função dos estados das células da vizinhança, sendo que, normalmente, todas as células são atualizadas simultaneamente, gerando assim o próximo estado do autômato celular.

## Condição de contorno

A condição de contorno de um AC pode ser fechada (também chamada de periódica) ou aberta. Em condição de contorno fechada, as células de uma borda estão conectadas às da borda diametralmente oposta; assim, as células da borda superior se conectam com as da borda inferior, e as da borda esquerda, com as da borda direita. A melhor representação para um AC bidimensional com borda fechada é dispor as células como se estivessem na superfície de um toróide, como ilustrado na figura 2.5. Em condição de contorno aberta, essas conexões não existem, como mostrado na figura 2.6.

Em reticulados que possuem condição de contorno fechada, todas as células possuem a mesma quantidade de vizinhos, enquanto que com condição de contorno aberta, células posicionadas nas extremidades do reticulado possuem menos vizinhos do que aquelas posicionadas nas regiões mais centrais.

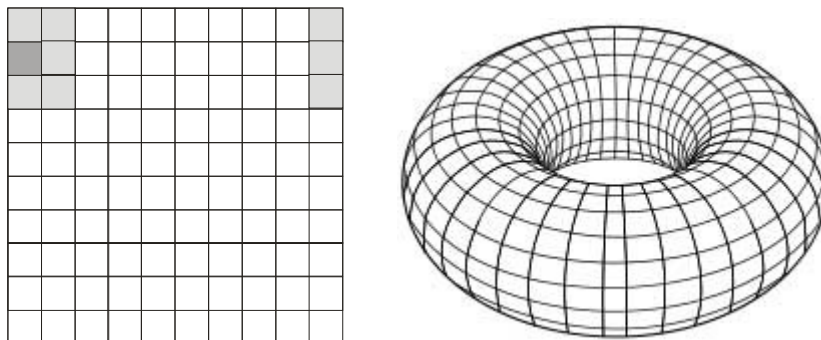


Figura 2.5 – Representação de um autômato celular bidimensional com condição de contorno fechada e vizinhança de Moore de raio 1.

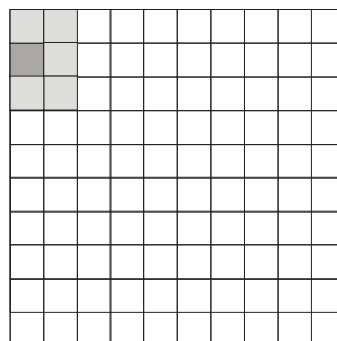


Figura 2.6 – Representação de um autômato celular bidimensional com condição de contorno aberta e vizinhança de Moore de raio 1. Observe que a célula mais escura possui apenas 5 vizinhos.

### 2.3 Algoritmos genéticos

Os algoritmos genéticos (AGs) são uma classe de algoritmos que se inspiram nos processos aleatórios de cruzamento e de mutação associados à teoria de evolução das espécies por seleção natural, proposta por Charles Darwin em seu livro *A Origem das Espécies*. Esses algoritmos são usados para resolver problemas computacionais (e.g. [19]). Os AGs foram introduzidos por John Holland, em 1975, no livro *Adaptation in Natural and Artificial Systems* e desde então vêm sendo utilizados, por exemplo, na resolução de problemas de otimização e de agrupamento (e.g. [20]).

Os AGs são baseados em processos genéticos, codificando uma possível solução para um problema como um cromossomo (um indivíduo) composto por uma cadeia de genes. A cada passo de tempo, um conjunto de cromossomos é criado e forma uma população que evolui de acordo com os princípios de seleção natural e sobrevivência dos mais aptos, sofrendo cruzamentos e mutações de genes. Portanto, trabalha-se com um conjunto de soluções-candidatas e não com apenas uma possível solução.

Na natureza, aqueles indivíduos menos aptos tendem a gerar um número reduzido de descendentes. Portanto, há uma menor probabilidade de seus genes serem propagados para as futuras gerações. A combinação entre os genes dos indivíduos mais aptos pode produzir um novo indivíduo ainda melhor adaptado às características de seu meio ambiente. Os algoritmos genéticos fazem, assim, uma analogia ao processo de evolução.

A cada indivíduo se atribui uma pontuação de adaptação (calculada a partir da função de avaliação ou função de “fitness”), que depende da qualidade da solução dada ao problema por esse indivíduo. Aos mais adaptados, é dada a oportunidade de se reproduzirem mediante cruzamentos com outros indivíduos da população, produzindo descendentes com características de ambos os pais (e.g. [20]).

#### **Operadores utilizados em um algoritmo genético**

Os algoritmos genéticos utilizam operadores que simulam o processo de reprodução biológica, como segue:

- Cruzamento: imita a reprodução biológica sexuada, na qual há mistura da carga genética dos indivíduos-pais na geração dos filhos.
- Mutação: modifica a carga genética de um indivíduo, aumentando a variabilidade genética da população; é um fator aleatório.
- Seleção natural: processo pelo qual as características genéticas dos indivíduos são avaliadas e os melhores são selecionados.
- Função de avaliação: utilizada para se calcular o quão apto é cada indivíduo, essa função é empregada na seleção (na escolha) dos melhores indivíduos que passarão para a próxima geração.

Em linhas gerais, os passos para implementar um algoritmo genético são:

1- Inicia-se uma população, que são as possíveis soluções-candidatas do problema, com indivíduos (cromossomos) com valores aleatórios.

2- Avaliam-se os indivíduos através da função de “fitness”, para verificar se existe uma solução satisfatória. Caso exista, chega-se ao fim.

3- Se não existe tal solução (tal indivíduo), faz-se uma seleção dos indivíduos mais aptos, para gerar cromossomos-filhos.

4- Aplica-se o cruzamento em pares de indivíduos, misturando a carga genética de ambos os pais e gerando, assim, os filhos.

5- Aplica-se mutação a esses indivíduos.

6- Executa-se novamente o processo a partir do passo 2, até que se obtenha uma solução satisfatória.

O processo de criação e de avaliação de uma população constitui uma geração do AG. Esse processo é ilustrado pelo fluxograma apresentado na figura 2.7.

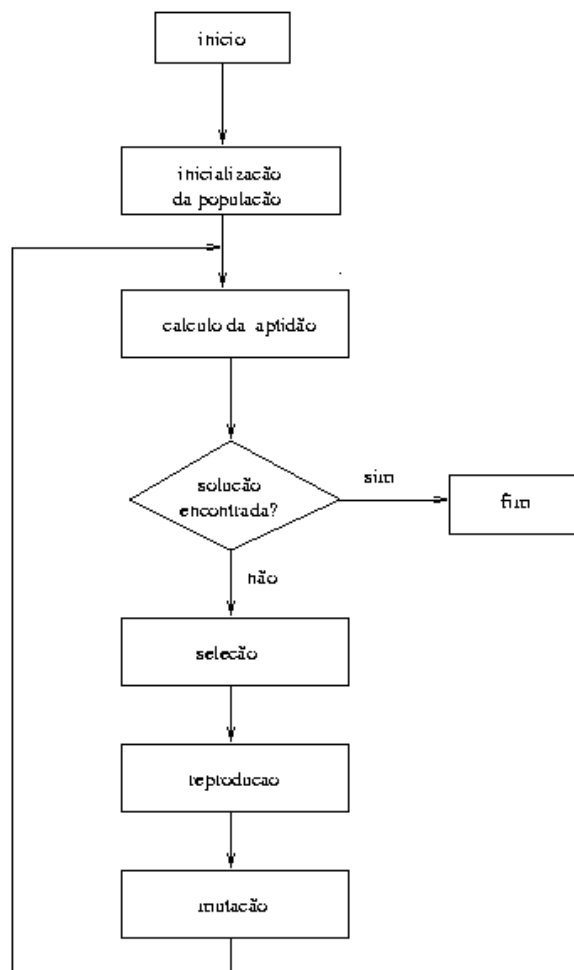


Figura 2.7 - Fluxograma de um algoritmo genético.

## 2.4 Modelos epidemiológicos SIS e SIR

Modelos epidemiológicos SIS e SIR são modelos matemáticos, originalmente propostos por W. O. Kermack e A. G. McKendric, em 1927, com o propósito de estudar a disseminação de uma doença contagiosa em uma população.

O modelo SIS (suscetível-infectado-suscetível), ilustrado na figura 2.8, é um modelo no qual a cura não confere imunidade; ou seja, em um passo de tempo, um indivíduo suscetível, pode ser tornar infectado e, ao se curar dessa doença, pode contraí-la novamente, em instantes futuros. Em geral, quando um infectado morre num modelo SIS, nasce um suscetível em seu lugar, o que

mantém a população constante. Exemplos de doenças em que a cura não confere imunidade (ou confere pouca imunidade) são malária e gonorreia.



Figura 2.8 - Representação simplificada de modelo SIS.

O modelo SIR (suscetível-infectado-removido), ilustrado na figura 2.9, é um modelo em que a cura confere imunidade ao indivíduo; ou seja, uma vez curado da doença, o indivíduo se torna imune a ela por toda sua vida. A classe dos removidos é formada por aqueles que se curaram ou por aqueles que morreram. Exemplos de doenças em que a cura leva à imunidade são catapora e sarampo.



Figura 2.9 – Representação simplificada de modelo SIR.

No próximo capítulo, apresentam-se os modelos epidemiológicos empregados nesta dissertação. Esses modelos são formulados em termos de ACPs com suas probabilidades de infecção identificadas usando AGs.

### 3. Modelos SIS e SIR baseados em ACP e AG

#### 3.1 O autômato celular probabilista

O reticulado do ACP usado neste trabalho é bidimensional. No modelo SIS, cada célula pode estar em um de dois estados, S ou I; no modelo SIR, cada célula pode estar em um de três estados: S, I ou R. Cada célula do reticulado está conectada a outras (é vizinha de outras) de acordo com os padrões regulares de acoplamento propostos por Von Neumann e por Moore (e.g. [17]). O espaço possui condição de contorno aberta. Como mencionado no capítulo anterior, no jargão de autômatos celulares, a vizinhança de Von Neumann de raio  $r$  de uma célula são as células dispostas ortogonalmente até a distância  $r$  de tal célula (por exemplo, se  $r=1$ , então a vizinhança de Von Neumann compreende as quatro células vizinhas mais próximas, que são aquelas situadas a sul, a norte, a leste e a oeste). A vizinhança de Moore de raio  $r$  de uma célula é constituída pelas células que pertencem à matriz quadrada de lado  $2r+1$  centrada nessa célula (por exemplo, se  $r=1$ , então a vizinhança de Moore compreende as oito células vizinhas que pertencem à matriz quadrada de lado igual a três, centrada em tal célula). As exceções são as células posicionadas nas extremidades do reticulado, pois como a condição de contorno é aberta, elas possuem menos vizinhos. Neste trabalho, adotam-se, como topologia de acoplamento entre as células do ACP, as vizinhanças de Von Neumann e de Moore com  $r=1$  e  $r=2$ . Essas vizinhanças são comuns em modelos epidemiológicos baseados em ACs (e.g. [1-3, 23-25]).

A probabilidade de uma célula suscetível, no passo de tempo  $t$ , se tornar infectada, no passo de tempo  $t+1$ , depende da quantidade de vizinhos infectados em  $t$ . No caso da dengue, ela também deve depender da concentração do vetor, necessário para a propagação dessa doença entre pessoas (relembrando: o principal vetor no Brasil é o mosquito *Aedes aegypti*, e.g. [12, 13, 26]). Por simplicidade, não se leva em consideração como a densidade desse mosquito varia ao longo do espaço e do tempo; e assume-se que quanto mais indivíduos pertencentes à vizinhança de uma célula suscetível estiverem infectados em  $t$ , maior deve ser a probabilidade dessa célula se tornar infectada em  $t+1$ . Como explicado a seguir, os valores das



probabilidades relacionadas com a transição  $S \rightarrow I$ , para ambos os modelos (SIS e SIR), são determinadas usando-se um AG.

Define-se um passo de tempo da simulação com o ACP como uma semana de tempo real. Para dengue, pode-se considerar que uma semana é o intervalo de tempo típico no qual um indivíduo infectado ou se cura ou morre (e.g. [26]). Neste trabalho, para o modelo SIS, supõe-se que a transição  $I \rightarrow S$  é determinista: dessa maneira, toda célula que está no estado  $I$  no instante  $t$  passa para o estado  $S$  no instante  $t+1$  (quer dizer, na semana seguinte). Assim, no modelo SIS, considera-se que a infecção não leva à imunidade, de modo que um infectado ou morre ou, caso se cure, volta a ser suscetível (na verdade, o paciente se torna imune à infecção pelo vírus do mesmo sorotipo da primeira infecção (e.g. [26])); como há quatro sorotipos distintos, aqui assume-se que uma futura infecção, se ocorrer, será por um sorotipo diferente da primeira ao qual ele não está imune). No modelo SIR, a transição  $I \rightarrow R$  também é determinista; ou seja, um indivíduo infectado passa para removido no passo de tempo seguinte, o que significa que ele ou morre ou se torna imune à doença.

Como o tempo para simulação e previsão do modelo leva em conta apenas dois anos (o ano de 2007 para identificação dos valores dos parâmetros do modelo e o ano de 2008 para previsão), por simplicidade, considera-se que, no modelo SIR, um indivíduo, uma vez removido, passa o resto da simulação neste estado.

### 3.2 O algoritmo genético

Para o problema proposto, o cromossomo (a solução-candidata) do AG representa o conjunto de probabilidades associadas à transição  $S \rightarrow I$  do ACP, em função do número de vizinhos infectados. O número de vizinhos depende da vizinhança utilizada, e a quantidade de genes de um cromossomo é a vizinhança do ACP; ou seja, quando se utiliza vizinhança de Moore com  $r=1$ , têm-se 8 vizinhos mais a probabilidade de não haver nenhum vizinho infectado, somando 9 genes. Quando se utiliza vizinhança de Moore com  $r=2$ , têm-se 24 vizinhos mais a probabilidade de não haver nenhum vizinho infectado, somando 25 genes no AG.

Cada cromossomo é formado por genes, sendo que o primeiro gene corresponde à probabilidade da transição  $S \rightarrow I$  quando não há vizinhos infectados (o que pode representar o caso de uma infecção adquirida, por exemplo, numa viagem e não devido a vizinhos infectados); o segundo gene corresponde à probabilidade da transição  $S \rightarrow I$  quando há apenas um vizinho infectado; o terceiro gene à probabilidade da transição  $S \rightarrow I$  quando existem dois vizinhos infectados e assim por diante. Esses genes são ordenados da esquerda para a direita, a fim de formar o cromossomo. Aqui, assume-se que o primeiro gene é sempre nulo; portanto, o indivíduo só contrai a doença se houver ao menos um vizinho doente.

Num cromossomo, os valores dos genes são tais que eles aparecem numa ordem crescente (quando lidos da esquerda para a direita), refletindo o fato de que quanto maior é o número de vizinhos infectados, maior é a probabilidade de infecção; ou seja, maior é a probabilidade associada à transição  $S \rightarrow I$  (essas probabilidades são, obviamente, números reais que variam entre 0 e 1).

A população do AG é formada por 40 cromossomos e evolui a cada geração em função da avaliação desses cromossomos e dos processos de cruzamento e de mutação, que são os responsáveis por produzir novos cromossomos (novas soluções-candidatas).

A cada geração do AG, cada cromossomo (cada conjunto de probabilidades de transição  $S \rightarrow I$ ) é avaliado a partir da evolução temporal do número de infectados num modelo epidemiológico SIS ou SIR, formulado em termos de ACP. Quanto menor for o módulo da diferença entre o número de infectados gerados na simulação com o ACP e número de infectados registrados na série histórica, mais bem avaliado é esse cromossomo. Essa é a função de avaliação (de "fitness") empregada neste trabalho.

Os 3 cromossomos mais bem avaliados (as 3 melhores soluções-candidatas) são selecionados para estarem na próxima geração do AG e outros 37 (a fim de haver 40 cromossomos na próxima geração) são criados da seguinte forma: escolhem-se aleatoriamente dois cromossomos-pais dentre os 40 na geração atual, sorteiam-se um ponto inicial e um ponto final de corte e troca-se a carga genética entre esses dois cromossomos-pais, conforme exemplificado na figura 3.1.

Em seguida, cada gene de cada um dos 40 cromossomos (os 3 melhores cromossomos mais os 37 cromossomos-filhos gerados como ilustrado na figura 3.1) sofre uma mutação (uma alteração do seu valor) com uma probabilidade pré-determinada. Aqui, considera-se que cada gene tem 1% de probabilidade de ter seu valor alterado, e essa alteração se dá somando ou subtraindo 0,02 ao seu valor atual.

Os genes desses 40 cromossomos são então reordenados, como mostrado na figura 3.2, para que as probabilidades de infecção fiquem em ordem crescente. Têm-se, após essa reordenação, os 40 cromossomos que formarão a nova geração. Esse processo evolutivo é repetido a cada geração do AG, e isso constitui a etapa de aprendizado (identificação) do modelo.

indivíduos pais	início									final								
(1)	0	0.14	0.38	0.41	0.5	0.53	0.7	0.75	0.89	0	0.14	0.38	0.41	0.5	0.53	0.7	0.75	0.89
(2)	0	0.23	0.23	0.41	0.43	0.72	0.9	0.91	0.94	0	0.23	0.23	0.41	0.43	0.72	0.9	0.91	0.94

indivíduos filhos	início									final								
(3)	0	0.14	0.23	0.41	0.43	0.72	0.7	0.75	0.89	0	0.14	0.23	0.41	0.43	0.72	0.7	0.75	0.89
(4)	0	0.23	0.38	0.41	0.5	0.53	0.9	0.91	0.94	0	0.23	0.38	0.41	0.5	0.53	0.9	0.91	0.94

**Figura 3.1. Cruzamento entre dois cromossomos-pais do AG, para o caso de se usar vizinhança de Moore de raio 1 (para a qual cada cromossomo é formado por 9 genes). Observe que a partir de dois cromossomos-pais, geram-se dois cromossomos-filhos, trocando-se a carga genética localizada entre os pontos inicial e final.**

número de infectados	→	0	1	2	3	4	5	6	7	8
probabilidade de infecção	(3)	0	0.14	0.23	0.41	0.43	0.7	0.72	0.76	0.89
	(4)	0	0.23	0.38	0.41	0.51	0.53	0.9	0.91	0.94

**Figura 3.2. Reordenação dos genes nos cromossomos-filhos.**

### **3.3 As séries históricas dos casos de dengue na cidade do Rio de Janeiro em 2007 e 2008**

As simulações foram realizadas utilizando-se os casos registrados de dengue, ao longo dos anos de 2007 e de 2008, com os dados de infecção colhidos semanalmente, conforme os relatos da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro [11]. Foram executadas simulações em duas situações: ou considerando a cidade como um todo (o reticulado representa toda a cidade) ou dividindo-a em cinco áreas de planejamento (cada área é representada por um reticulado; assim, a cidade é representada por cinco reticulados), como mostrado na figura 3.3 (extraída de [27]).

A população em 2007 era de (aproximadamente) 5857900 habitantes. Nas simulações que consideram a cidade como um todo, foram utilizados reticulados de diferentes tamanhos, de modo que foi necessário determinar a quantidade de infectados proporcional ao tamanho do reticulado utilizado em cada caso. Nessas simulações, foram empregados reticulados de três tamanhos diferentes, em que cada célula do ACP representa, respectivamente, 23 indivíduos (para reticulado com  $500 \times 500$  células), 6 indivíduos (para reticulado com  $1000 \times 1000$ ) e 1 indivíduo (para o reticulado de tamanho  $2420 \times 2420$ ). A tabela I apresenta, para cada semana, os números registrados de infectados e os números proporcionais de infectados, expressos na escala espacial desses três reticulados. Para as simulações em que a cidade foi dividida em cinco áreas de planejamento, representada na tabela II, cada célula do ACP representa um indivíduo. Assim, as tabelas I e II mostram as séries históricas usadas nas simulações.

No próximo capítulo, apresentam-se os resultados obtidos. Resultados preliminares foram publicados em anais de congresso nacional [28].

Tabela I. Infectados por dengue na cidade do Rio de Janeiro em 2007 e 2008.

Semana	2007				2008			
	números registrados	500×500	1000×1000	2420×2420	números registrados	500×500	1000×1000	2420×2420
1	349	15	60	349	1510	64	258	1510
2	153	7	26	153	2541	108	434	2541
3	200	9	34	200	3149	134	538	3149
4	327	14	56	327	3039	130	519	3039
5	387	17	66	387	2275	97	388	2275
6	465	20	79	465	2495	106	426	2495
7	472	20	81	472	3631	155	620	3631
8	486	21	83	486	4629	198	790	4629
9	706	30	121	706	5692	243	972	5692
10	883	38	151	883	7249	309	1237	7249
11	1075	46	184	1075	9383	400	1602	9383
12	1049	45	179	1049	10095	431	1723	10095
13	1088	46	186	1088	15287	652	2610	15287
14	1093	47	187	1093	15061	643	2571	15061
15	1301	56	222	1301	11843	505	2022	11843
16	1154	49	197	1154	8699	371	1485	8699
17	1009	43	172	1009	6524	278	1114	6524
18	1000	43	171	1000	4220	180	720	4220
19	1174	50	200	1174	2700	115	461	2700
20	940	40	160	940	1549	66	264	1549
21	749	32	128	749	933	40	159	933
22	590	25	101	590	835	36	143	835
23	469	20	80	469	408	17	70	408
24	493	21	84	493	396	17	68	396
25	427	18	73	427	238	10	41	238
26	359	15	61	359	128	5	22	128
27	253	11	43	253	148	6	25	148
28	258	11	44	258	96	4	16	96
29	284	12	48	284	90	4	15	90
30	225	10	38	225	107	5	18	107
31	156	7	27	156	54	2	9	54
32	183	8	31	183	65	3	11	65
33	151	6	26	151	38	2	6	38
34	147	6	25	147	47	2	8	47
35	147	6	25	147	36	2	6	36
36	88	4	15	88	44	2	8	44
37	165	7	28	165	46	2	8	46
38	114	5	19	114	29	1	5	29
39	93	4	16	93	35	1	6	35
40	98	4	17	98	46	2	8	46
41	111	5	19	111	41	2	7	41
42	178	8	30	178	68	3	12	68
43	203	9	35	203	44	2	8	44
44	212	9	36	212	46	2	8	46
45	294	13	50	294	72	3	12	72
46	283	12	48	283	71	3	12	71
47	509	22	87	509	113	5	19	113
48	481	21	82	481	114	5	19	114
49	423	18	72	423	158	7	27	158
50	537	23	92	537	112	5	19	112
51	580	25	99	580	58	2	10	58
52	536	23	92	536	39	2	7	39

### Áreas de Planejamento e Regiões Administrativas - 2004

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO  
 Secretaria Municipal de Urbanismo - SMU  
 Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos - IPP  
 Escala: 1:275.000  
 Projeção Universal Transversa de Mercator  
 Fonte: Secretaria Municipal de Urbanismo - SMU - 2004  
 Elaboração: IPP - Diretoria de Informações Geográficas  
 Gerência de Cartografia - 2004

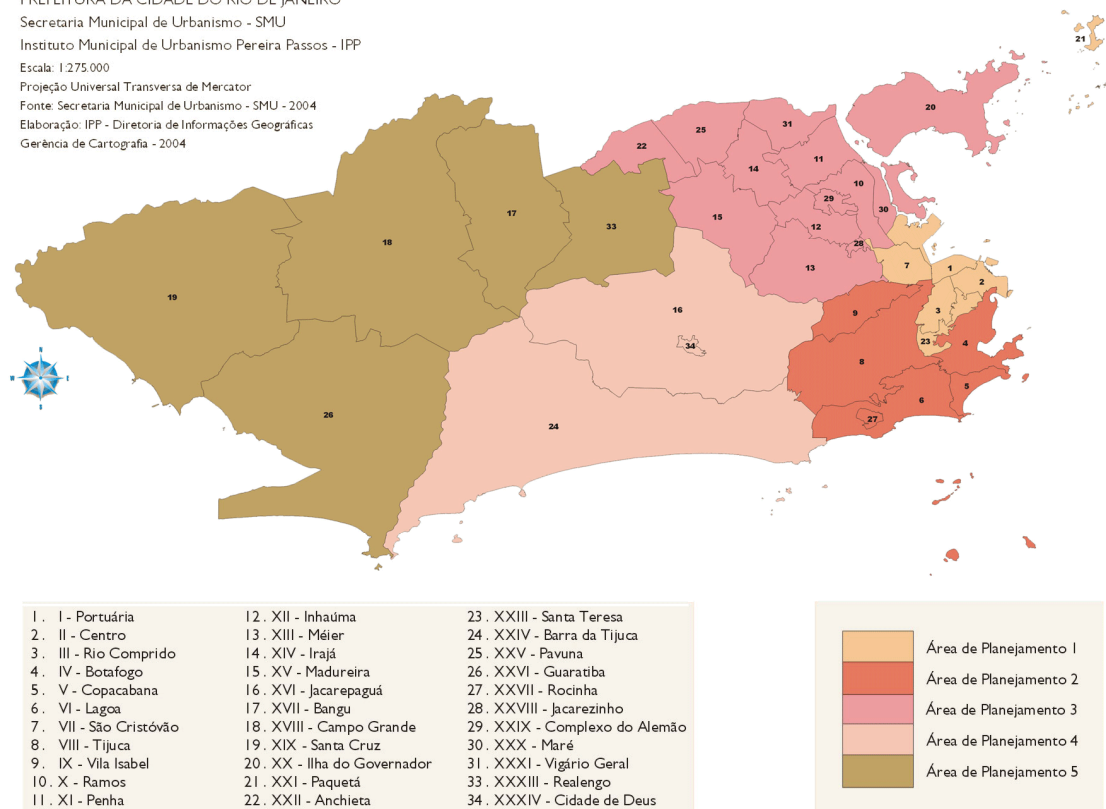


Figura 3.3 – Cidade do Rio de Janeiro dividida por áreas de planejamento (extraída de [27]).

Tabela II. Infectados por dengue na cidade do Rio de Janeiro em 2007 e 2008, dividida por áreas de planejamento.

semana	2007					2008				
	área 1	área 2	área 3	área 4	área 5	área 1	área 2	área 3	área 4	área 5
1	20	38	113	113	59	141	111	585	507	154
2	7	13	20	51	60	236	249	980	793	235
3	13	17	32	35	96	264	263	1221	1047	312
4	36	30	41	64	150	188	187	1236	1125	251
5	23	48	68	75	162	153	173	800	879	222
6	18	49	79	111	200	213	220	951	803	259
7	15	62	78	111	201	356	365	1484	942	366
8	42	78	83	77	200	424	408	1850	1210	536
9	54	135	139	129	236	533	523	2309	1293	838
10	73	170	217	171	240	598	623	2936	1561	1287
11	79	239	215	207	319	758	869	3689	1846	1756
12	71	215	196	237	320	827	893	3828	1820	2241
13	67	244	190	242	329	1201	1512	5886	2341	3793
14	77	258	188	263	290	1209	1479	5119	2253	4403
15	121	259	219	265	410	951	1129	3856	1903	3570
16	117	231	170	255	354	720	803	2712	1134	3037
17	88	217	174	223	297	587	587	2076	869	2197
18	87	244	194	167	275	298	347	1460	675	1347
19	87	263	234	199	309	230	250	875	458	843
20	90	181	212	162	267	128	161	500	232	486
21	53	146	202	147	173	90	59	331	126	304
22	57	126	142	106	134	61	57	206	127	372
23	36	84	121	82	110	37	26	112	121	101
24	40	87	123	86	116	23	25	73	108	154
25	33	78	118	68	100	12	21	50	41	107
26	24	57	104	68	81	8	13	28	23	53
27	22	41	67	47	72	3	16	34	24	67
28	17	31	82	61	61	6	2	16	15	54
29	12	24	110	64	65	4	5	14	15	52
30	17	38	73	38	45	4	6	21	11	64
31	12	16	65	23	23	3	4	9	5	31
32	8	17	78	30	36	2	2	10	16	31
33	11	23	52	15	41	0	1	12	10	9
34	16	24	39	22	35	1	4	9	21	9
35	17	19	42	28	24	2	2	12	6	13
36	9	12	34	12	17	7	6	13	6	11
37	16	25	47	26	27	3	6	15	7	14
38	14	15	39	14	24	2	2	6	1	16
39	9	7	28	20	23	0	4	11	8	12
40	10	13	32	21	18	0	1	11	2	29
41	9	14	38	18	28	4	4	13	6	12
42	21	20	61	37	37	4	4	28	10	18
43	20	37	60	44	39	2	6	20	6	10
44	19	35	60	60	28	4	8	15	8	11
45	35	30	92	93	32	6	4	27	21	13
46	23	43	80	72	52	5	3	33	14	15
47	43	75	120	148	100	5	18	45	22	19
48	43	38	110	162	105	5	17	43	24	25
49	39	50	121	124	72	9	28	31	25	63
50	63	43	201	130	79	10	21	31	21	29
51	53	80	210	154	69	6	12	24	8	7
52	66	106	174	106	72	2	13	13	9	2

## 4. Resultados das simulações

### 4.1 Simulações com probabilidades variando ao longo do tempo

No modelo com probabilidades de infecção variando ao longo do tempo, tenta-se capturar a sazonalidade dessa doença. De fato, sabe-se que, em períodos de chuva e clima mais quente, os mosquitos transmissores se reproduzem mais e verifica-se um aumento no número de infectados.

Com esse modelo, procura-se gerar o conjunto de probabilidades de infecção que levem à série histórica, constituída de 52 passos de tempo (as 52 semanas do ano de 2007). Então, aplica-se esse conjunto de probabilidades a um novo reticulado, cuja condição inicial é a quantidade de indivíduos infectados registrados na primeira semana de 2008, e evolui-se o ACP até que o ano todo de 2008 seja previsto. Esse procedimento é detalhado a seguir.

A condição inicial do ACP, em cada simulação, representa o número de células infectadas que corresponde ao número de casos registrados na primeira semana da série real, convertido para a escala do ACP. As células infectadas são distribuídas aleatoriamente pelo reticulado. As demais células, no instante inicial, são suscetíveis, tanto para o modelo SIS, quanto para o SIR. Não se tem dados de quantas pessoas estão imunes a esse vírus; por isso, não se sabe qual a condição inicial para a classe R. Por isso, por simplicidade, assume-se que não há removidos no início de 2007.

A população inicial do AG é formada por 40 cromossomos gerados aleatoriamente, respeitando a restrição de que a probabilidade de infecção aumenta com o número de vizinhos infectados (ou seja, os valores dos genes aparecem numa ordem crescente, quando lidos da esquerda para a direita).

Executam-se, então, as transições de estado por um passo de tempo do ACP (entre a primeira semana e a segunda semana de 2007), utilizando as probabilidades expressas nos 40 cromossomos do AG. Assim, a partir de 40 configurações iniciais de 40 reticulados, são geradas 40 novas configurações, levando-se em conta as probabilidades de transição  $S \rightarrow I$  que formam cada um dos 40 cromossomos, e levando-se em conta também que a transição  $I \rightarrow S$  ocorre de modo determinista após um passo de tempo para o modelo SIS, e  $I \rightarrow R$  também ocorre de modo determinista após um passo de tempo para o



modelo SIR. Então, conta-se a quantidade de infectados em cada um dos 40 reticulados (um reticulado para cada cromossomo) e, com esses dados, determinam-se os melhores cromossomos da geração atual do AG (aqueles que levaram a um número de infectados mais próximo da série histórica). A partir daí, criam-se os cromossomos que constituirão a nova geração do AG, empregando as operações genéticas de cruzamento e mutação já descritas.

Guardam-se os três melhores cromossomos (correspondentes aos reticulados que apresentaram os melhores resultados, que são aqueles que possuem a quantidade de infectados mais próxima da série histórica na segunda semana) e criam-se mais 37 para formar a nova geração de cromossomos do AG. Cada geração do AG corresponde a um passo de tempo do AC. De modo similar, encontram-se os melhores cromossomos para as demais 50 semanas de 2007. Esse processo é chamado de identificação do modelo. Ao final, obtém-se o melhor conjunto de cromossomos (os 51 cromossomos que, a cada semana, produziram um número de infectados que mais se aproxima da série real). Esse conjunto é utilizado na previsão do ano de 2008. Então, toma-se a condição inicial (o número de infectados) de 2008 e simula-se o ACP durante 51 semanas. Esse processo é chamado de previsão do modelo.

Com o objetivo de tentar neutralizar os efeitos de sorte ou azar nos sorteios iniciais (que são os sorteios da condição inicial do reticulado e dos 40 cromossomos que formam a primeira geração do AG), executa-se esse algoritmo 10 vezes. Os resultados relatados a seguir mostram os números de infectados obtidos na melhor dentre essas 10 execuções. Aqui, considera-se a melhor execução aquela que deu a melhor previsão para o ano de 2008. Esses resultados estão separados em termos do tipo de vizinhança, que pode ser Von Neumann ou Moore.

No apêndice A, listam-se os resultados dessas 10 execuções para as diferentes combinações utilizadas de tamanho de reticulado (três tamanhos), raio de vizinhança (dois raios) e estados das células (dois ou três estados).

Na previsão, considera-se que, em 2008, a população é formada, inicialmente, exclusivamente de suscetíveis e infectados. Assim, desconsideram-se os removidos na condição inicial de 2008. Isso implica supor que os indivíduos que foram removidos são compensados pelo nascimento de

suscetíveis (note que os removidos em 2007 correspondem a  $25107/5857900 = 0,4\%$  da população total).

#### 4.1.1 Resultados com a vizinhança de Von Neumann

Foram realizadas simulações com 3 tamanhos diferentes de reticulado ( $500 \times 500$ ,  $1000 \times 1000$  e  $2420 \times 2420$ ) do ACP, com raios 1 e 2, e para os modelos de infecção SIS e SIR, sendo cada combinação executada 10 vezes na tentativa de eliminar o fator sorte/azar na execução do algoritmo. No total, realizaram-se 120 simulações ( $3 \times 2 \times 2 \times 10 = 120$ ).

Para vizinhança de Von Neumann e raio 1, utilizando o modelo SIR, a melhor previsão para 2008 foi obtida pelas probabilidades encontradas em reticulados de tamanho  $2420 \times 2420$  (no qual cada célula representa um indivíduo), e para raio 2, em reticulados de  $1000 \times 1000$  células. As evoluções temporais das quantidades de casos de infecção encontradas em 2007, na fase de identificação de modelo, estão ilustradas nas figuras 4.1 e 4.2, respectivamente.

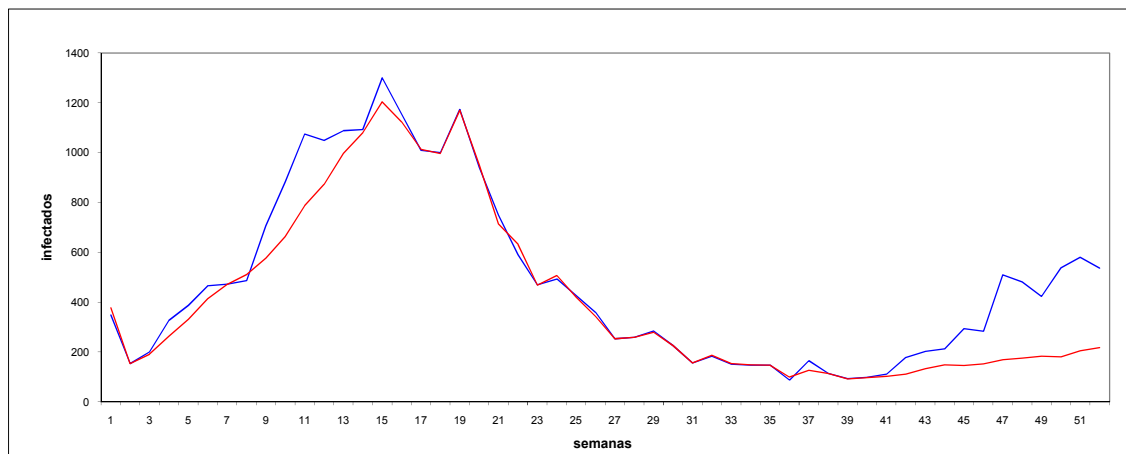


Figura 4.1. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) na identificação do modelo, utilizando um reticulado com  $2420 \times 2420$  células e vizinhança de Von Neumann com  $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

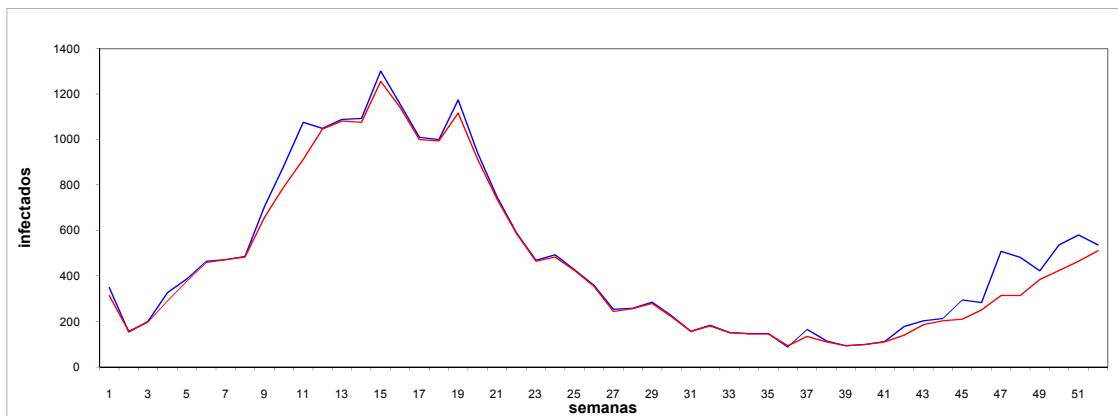


Figura 4.2. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) na identificação do modelo, utilizando um reticulado com  $1000 \times 1000$  células e vizinhança de Von Neumann com  $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

As figuras 4.3 e 4.4 representam as melhores previsões para 2008. Essas previsões foram feitas com as probabilidades que geraram as figuras 4.1 e 4.2, respectivamente. Note que, qualitativamente, a série gerada pelo modelo (curva em vermelho) tenta acompanhar a série histórica de 2008 (curva em azul), porém não a representa bem, quantitativamente falando. Isso se deve ao fato de que, em 2008, ano escolhido para a previsão, o número de casos de infectados por dengue na cidade do Rio de Janeiro foi muito maior que o observado em 2007. Entretanto, note que, nos dois casos, a previsão para a segunda semana está próxima do que foi observado.

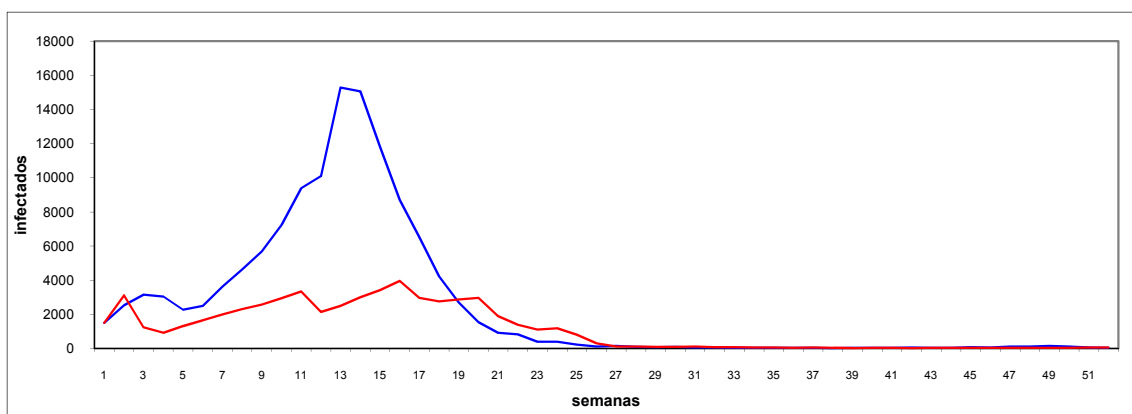


Figura 4.3. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) em uma execução para reticulado com  $2420 \times 2420$  células e vizinhança de Von Neumann com  $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

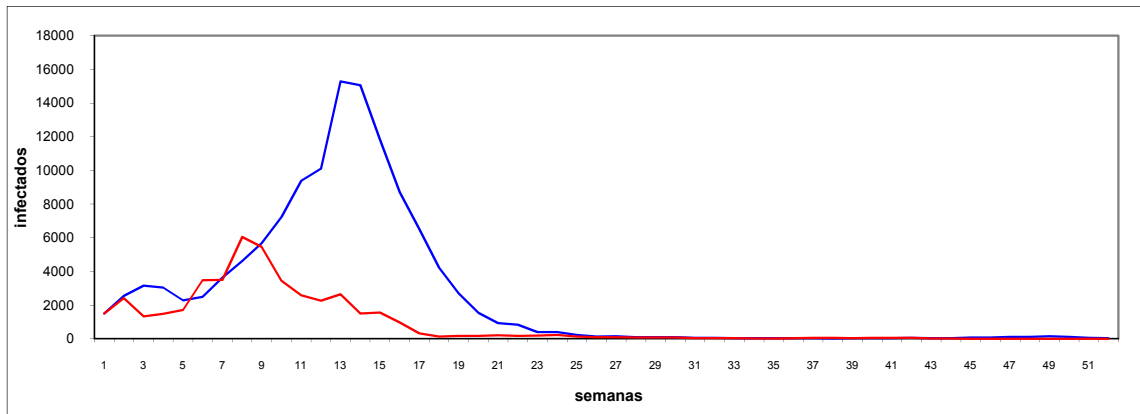


Figura 4.4. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) em uma execução para reticulado com  $1000 \times 1000$  células e vizinhança de Von Neumann com  $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo

Com o modelo SIS, tem-se uma identificação do algoritmo muito boa, como revelam as figuras 4.5 e 4.6. Para raio 1, o melhor se deu para reticulado  $2420 \times 2420$ ; para raio 2, para reticulado  $1000 \times 1000$ . Porém, como mostram as figuras 4.7 e 4.8, as previsões para 2008, no geral, são piores do que as encontradas utilizando-se o modelo SIR, inclusive para a segunda semana.

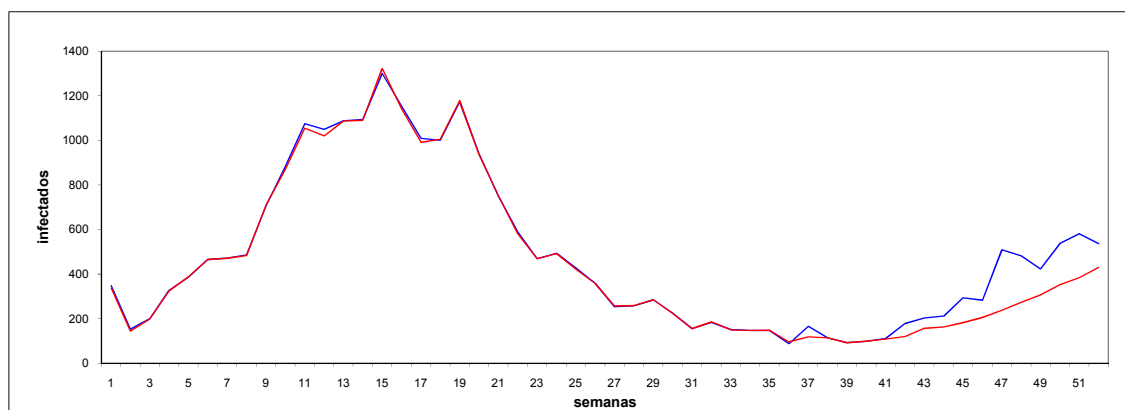


Figura 4.5. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) na identificação do modelo, com reticulado de  $2420 \times 2420$  células e vizinhança de Von Neumann com  $r=1$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.

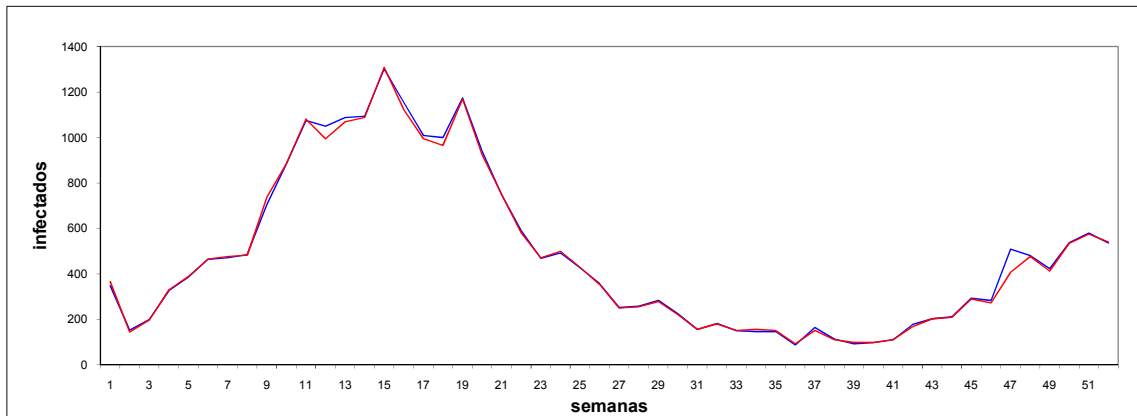


Figura 4.6. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo, com reticulado de  $1000 \times 1000$  células e vizinhança de Von Neumann com  $r=2$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.

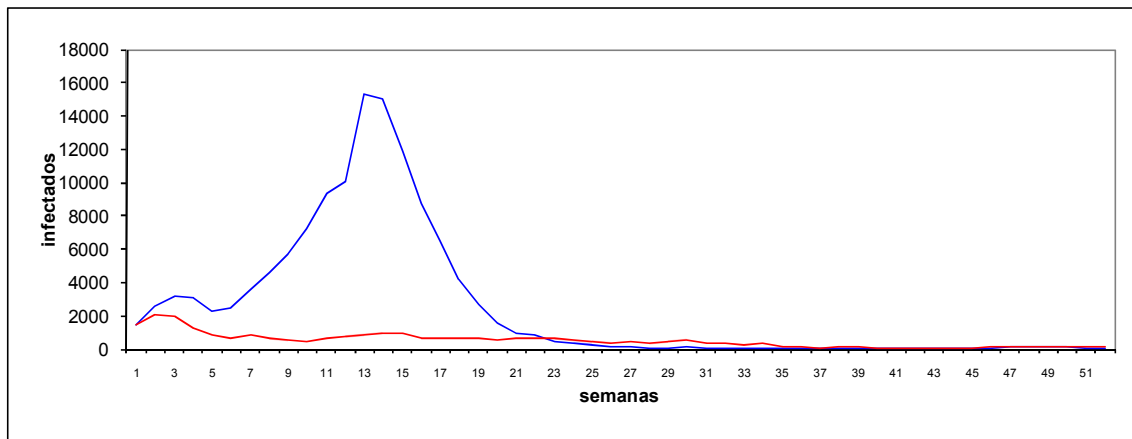


Figura 4.7. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado com  $2420 \times 2420$  células e vizinhança de Von Neumann com  $r=1$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.

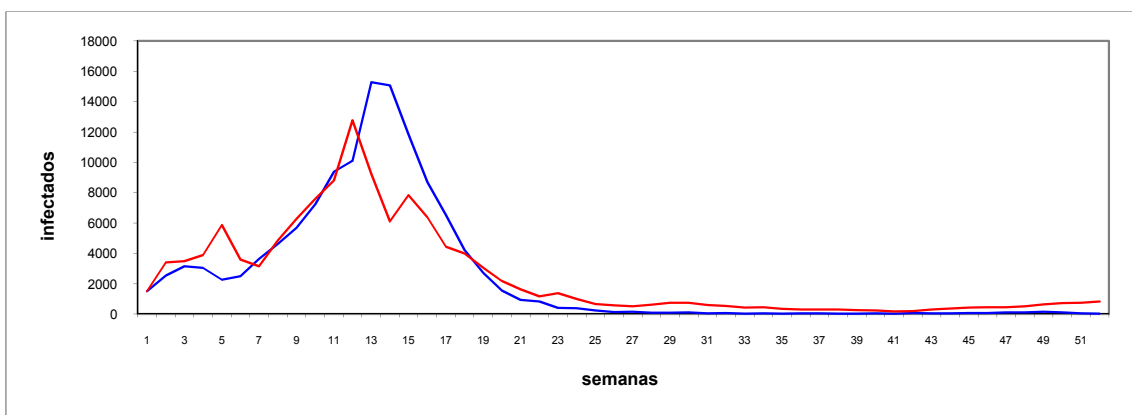


Figura 4.8. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado com  $1000 \times 1000$  células e vizinhança de Von Neumann com  $r=2$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.

#### 4.1.2 Resultados com a vizinhança de Moore

Foram também realizadas simulações com 3 tamanhos diferentes de reticulado do ACP, e com raios 1 e 2, e com os modelos epidemiológicos SIS e SIR. Para tentar reduzir o fator sorte/azar, foram executadas 10 simulações para cada configuração, perfazendo um total de 120 simulações usando a vizinhança de Moore.

A melhor previsão para 2008 com o modelo SIR foi encontrada para reticulado de tamanho  $2420 \times 2420$  para raio 1; já com raio 2, o melhor resultado foi obtido para reticulado  $1000 \times 1000$ . Como se pode observar nas figuras 4.9 e 4.10, o modelo ajusta bem a série de 2007; ou seja, as probabilidades de transição do ACP geram, na fase de identificação, números de indivíduos infectados próximos aos encontrados na série temporal de 2007.

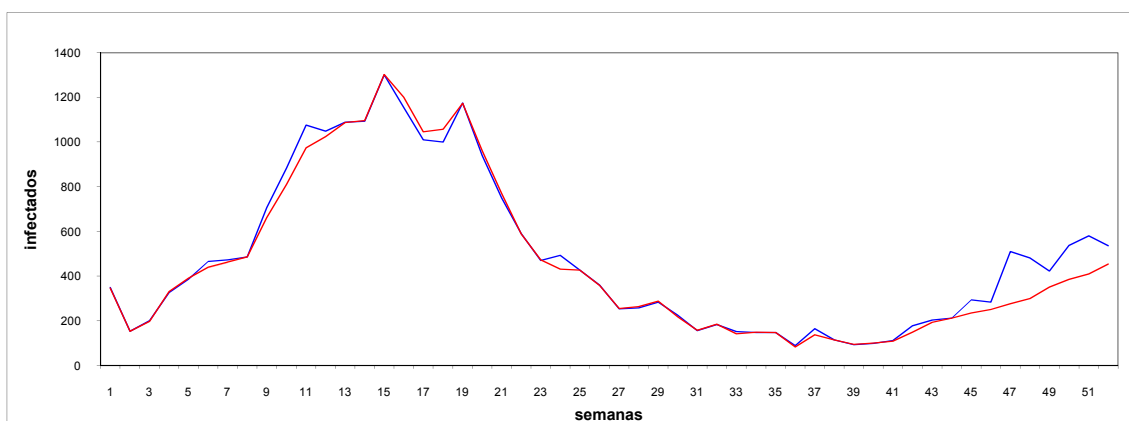


Figura 4.9. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) na identificação do modelo, com reticulado de  $2420 \times 2420$  células e vizinhança de Moore com  $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

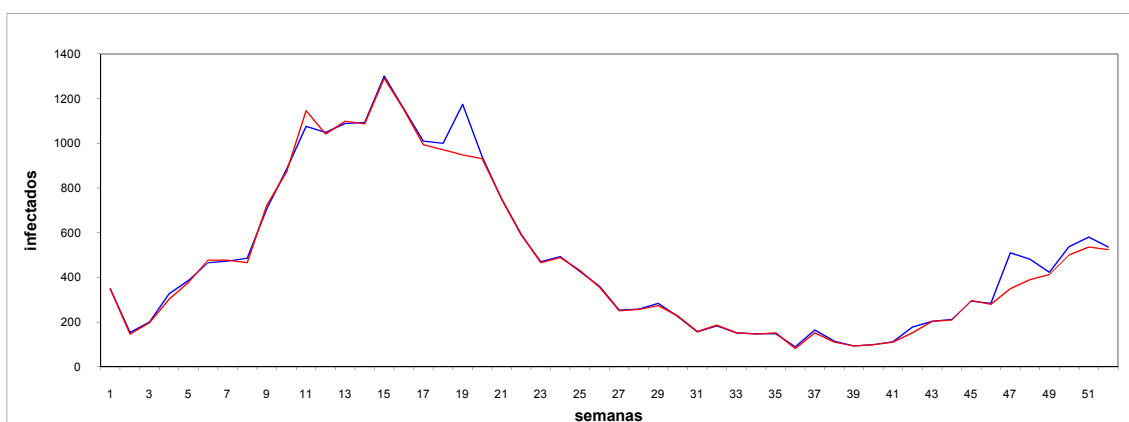


Figura 4.10. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) na identificação do modelo, com reticulado de  $1000 \times 1000$  células e vizinhança de Moore com  $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

As figuras 4.11 e 4.12 são as melhores previsões encontradas. Note que, ao longo do ano, essas previsões tendem a ser mais próximas da série histórica do que aquelas encontradas com a vizinhança de Von Neumann. Entretanto, a previsão para a segunda semana foi pior com a vizinhança de Moore do que com a de Von Neumann.

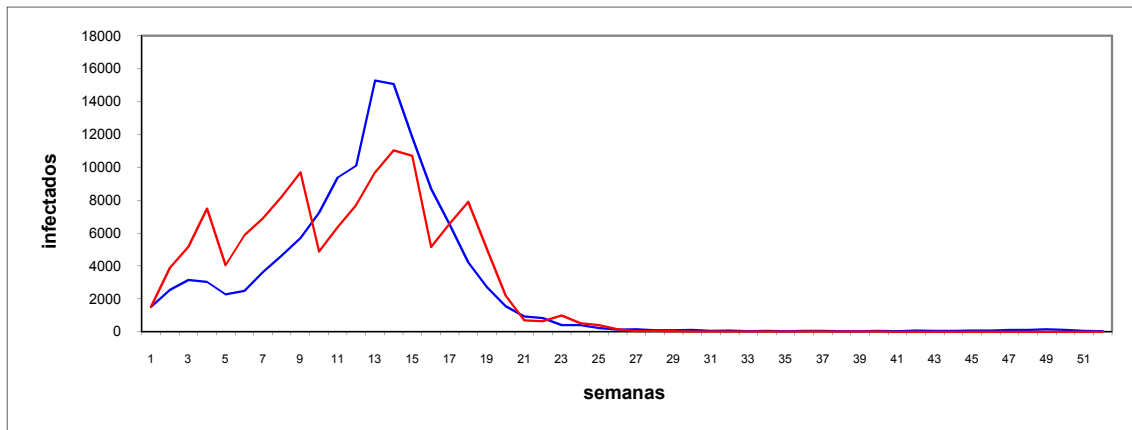


Figura 4.11. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) em uma execução para reticulado com  $2420 \times 2420$  células e vizinhança de Moore com  $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

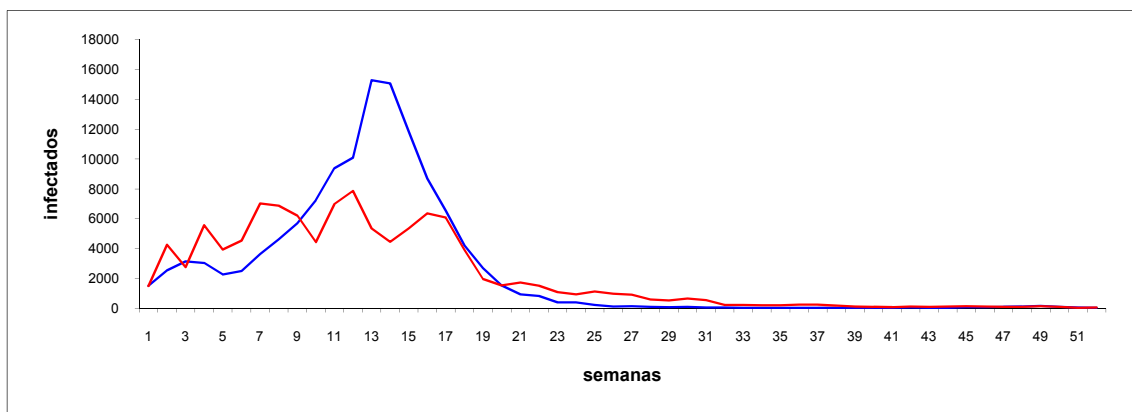


Figura 4.12. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) em uma execução para reticulado com  $1000 \times 1000$  células e vizinhança de Moore com  $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

Utilizando-se o modelo SIS, observa-se que o modelo também produz um ajuste à série, como mostram as figuras 4.13 e 4.14. Ou seja, as probabilidades de infecção encontradas, a cada passo de tempo, geram um número de infectados que representa a série temporal de maneira satisfatória.

O melhor, para raio 1, se encontrou para reticulado  $500 \times 500$ ; e para raio 2, para reticulado  $1000 \times 1000$ .

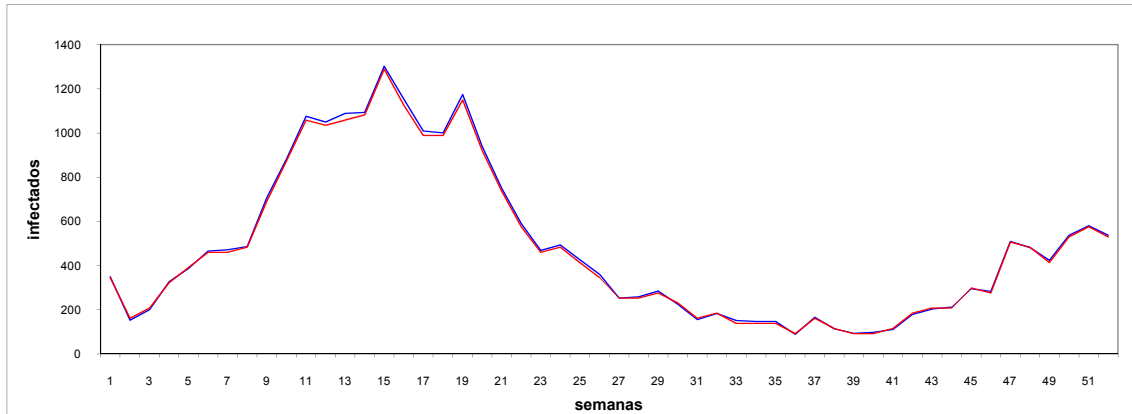


Figura 4.13. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) na identificação do modelo, com reticulado de  $500 \times 500$  células e vizinhança de Moore com  $r=1$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.

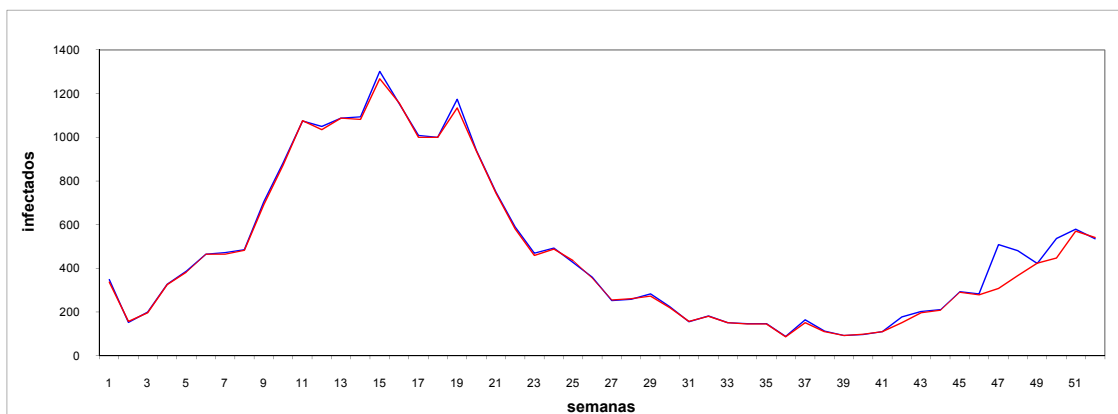


Figura 4.14. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) na identificação do modelo, com reticulado de  $1000 \times 1000$  células e vizinhança de Moore com  $r=2$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.

As figuras 4.15 e 4.16 mostram as previsões. Como havia sido encontrado com o modelo SIR, as previsões com o modelo SIS com vizinhança de Moore tendem a ser mais próximas da série histórica do que aquelas encontradas com a vizinhança de Von Neumann. Entretanto, a previsão para a segunda semana foi pior com a vizinhança de Moore do que com a de Von Neumann.



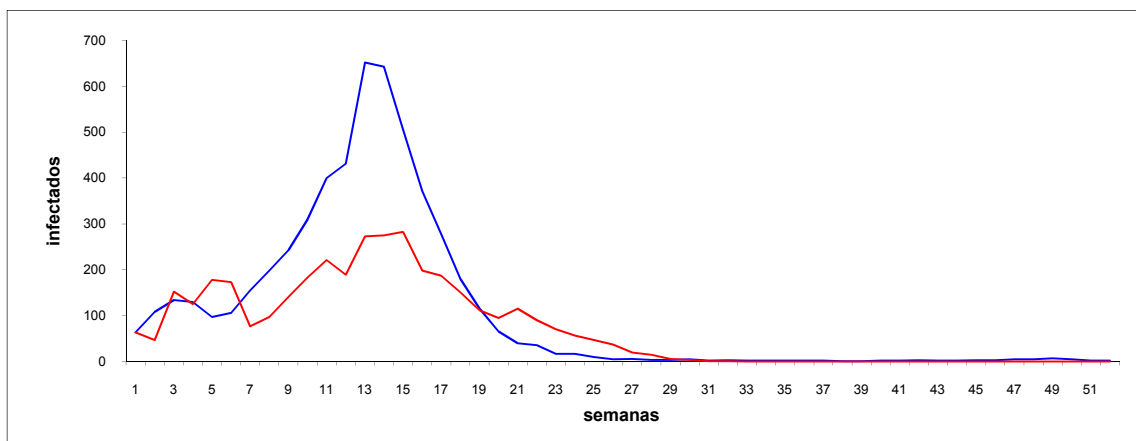


Figura 4.15. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) em uma execução para reticulado com  $500 \times 500$  células e vizinhança de Moore com  $r=1$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.

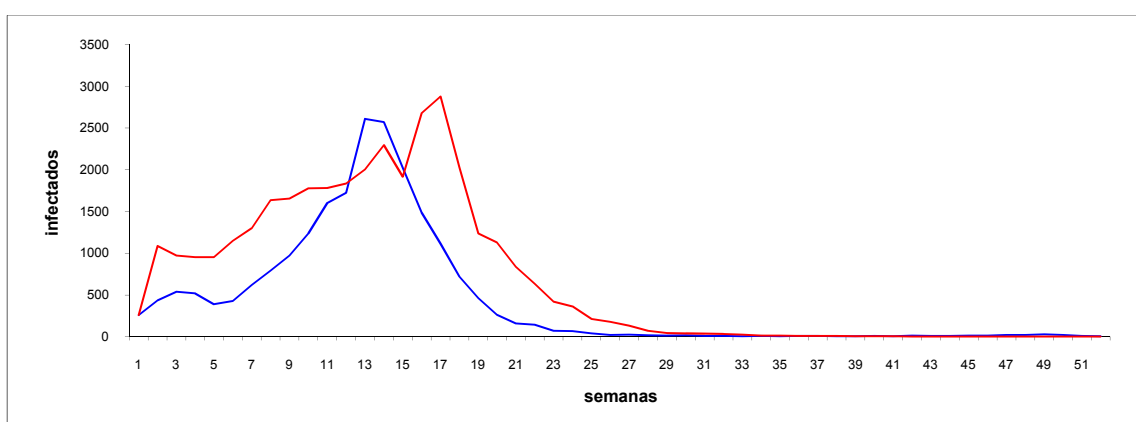


Figura 4.16. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) em uma execução para reticulado com  $1000 \times 1000$  células e vizinhança de Moore com  $r=2$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo.

Uma questão interessante é: as probabilidades variam ao longo do tempo seguindo a mesma tendência da série temporal? Ou seja, com o passar do tempo, ao se aumentar o número de casos de infectados, as probabilidades associadas também aumentam? Os resultados das simulações não sugerem esse tipo de correlação. A figura 4.17 ilustra a evolução temporal das probabilidades de infecção com 1, 2, 3 ou 4 vizinhos infectados, chamadas de  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$  e  $p_4$ , respectivamente. Essas probabilidades são aquelas que geraram a figura 4.3. Observe que elas não exibem a sazonalidade encontrada na série histórica. Esse resultado parece consistente com o que foi suposto, porque, no nosso modelo, a probabilidade de contrair a doença só depende do número de infectados e não da época do ano.

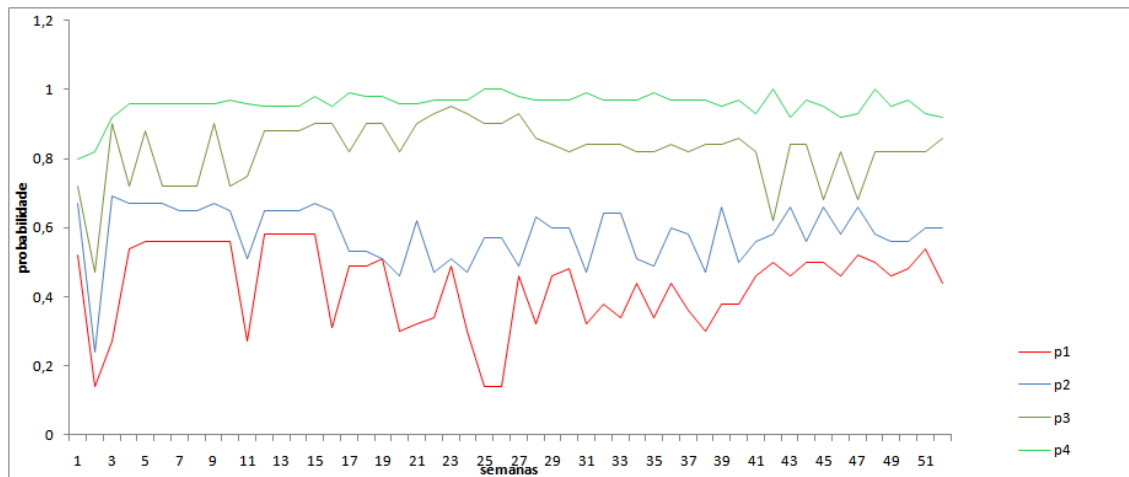


Figura 4.17. Variação das probabilidades de infecção ao longo do tempo para um ACP de 2420×2420 células utilizando a vizinhança de Von Neumann, com raio 1 e modelo epidemiológico SIR.

No apêndice B, apresentam-se as probabilidades variantes obtidas na fase de identificação e usadas para as previsões mostradas nas figuras 4.1-4.16.

## 4.2 Simulações com probabilidades constantes ao longo do tempo

Nesta dissertação, investigou-se também se existe um conjunto de probabilidades de infecção que permanecem constantes ao longo do tempo e que são capazes de gerar a série histórica da dengue. Estudos similares foram realizados com a série de casos anuais de catapora registrados no Arizona (estado dos EUA), entre 1994 e 2004 (e.g. [29,30]).

Com probabilidades constantes, inicia-se o reticulado (associado a um cromossomo do AG) com a quantidade de indivíduos infectados encontrada na série temporal (respeitando a proporção entre o tamanho do reticulado e a população total da cidade do Rio de Janeiro). A população do AG continua sendo de 40 indivíduos, gerados, inicialmente, de maneira aleatória. Então, executam-se 51 passos de tempo do ACP (1 ano de tempo real) para cada indivíduo do AG e, em seguida, determina-se a quantidade de infectados por semana, ou seja, a cada passo de tempo, em cada reticulado correspondente a cada cromossomo, conta-se o número de infectados e compara-se com a quantidade de infectados da série histórica.

Os 3 cromossomos que apresentam a menor diferença no número de infectados são os mais aptos e são levados para a nova geração do AG. Os demais 37 são gerados utilizando-se os processos de cruzamento e mutação já descritos. Repete-se esse processo por 25 gerações, na esperança de que as gerações futuras do AG gerem indivíduos que representem melhor a série real.

Como antes, considera-se que o melhor cromossomo é aquele que melhor prevê a série de 2008.

#### 4.2.1 Resultados com a vizinhança de Von Neumann

Foram realizadas simulações com 2 tamanhos diferentes de reticulado ( $500 \times 500$  e  $1000 \times 1000$ ) do ACP, com raios 1 e 2, para o modelo SIR, sendo cada configuração executada 10 vezes na tentativa de eliminar o fator sorte/azar na execução do algoritmo. No total, realizaram-se 40 simulações ( $2 \times 2 \times 10 = 40$ ). O modelo SIS não foi usado porque os resultados encontrados, em estudos preliminares, foram muito ruins. Observe que, mesmo com o modelo SIR, os resultados obtidos na fase de identificação são piores do que aqueles encontrados usando probabilidades variantes no tempo. Os melhores resultados (correspondentes às melhores previsões para 2008), obtidos com raio 1 e raio 2, para reticulados com  $500 \times 500$  células, estão ilustrados nas figuras 4.18 a 4.19. As previsões para o ano de 2008 são mostradas nas figuras 4.20 e 4.21.

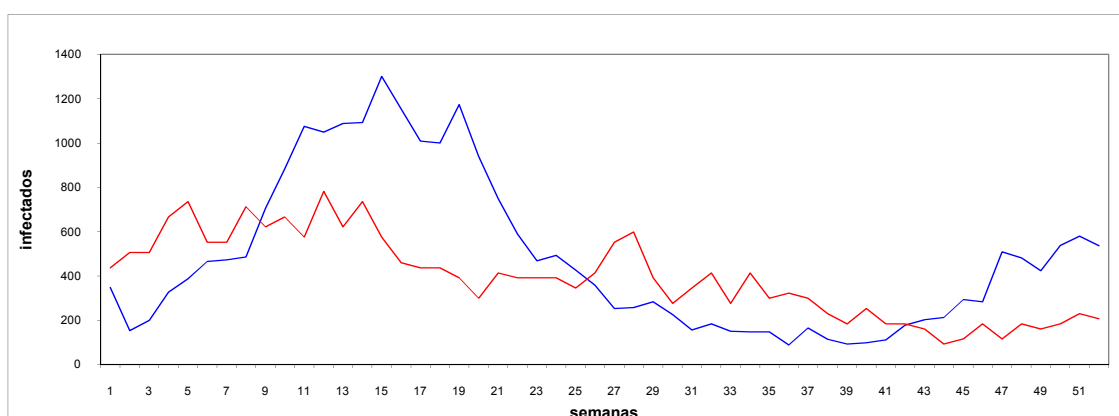


Figura 4.18. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) na identificação do modelo num reticulado de  $500 \times 500$  utilizando vizinhança de Von Neumann com  $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.

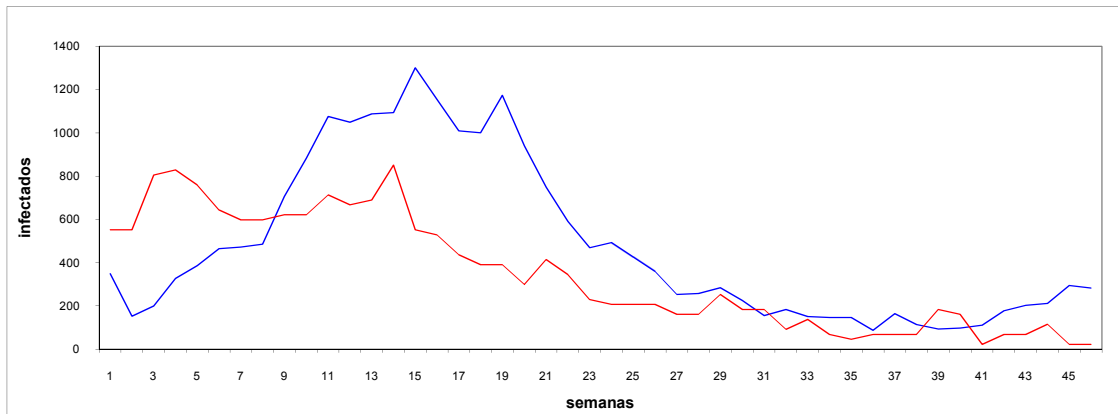


Figura 4.19. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) na identificação do modelo num reticulado de  $500 \times 500$  utilizando vizinhança de Von Neumann com  $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.

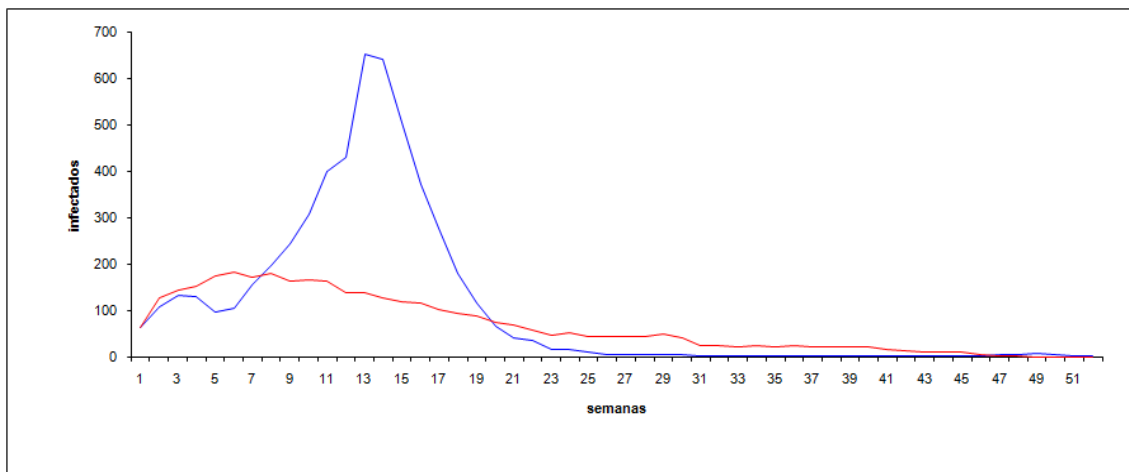


Figura 4.20. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado de  $500 \times 500$  utilizando vizinhança de Von Neumann com  $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.

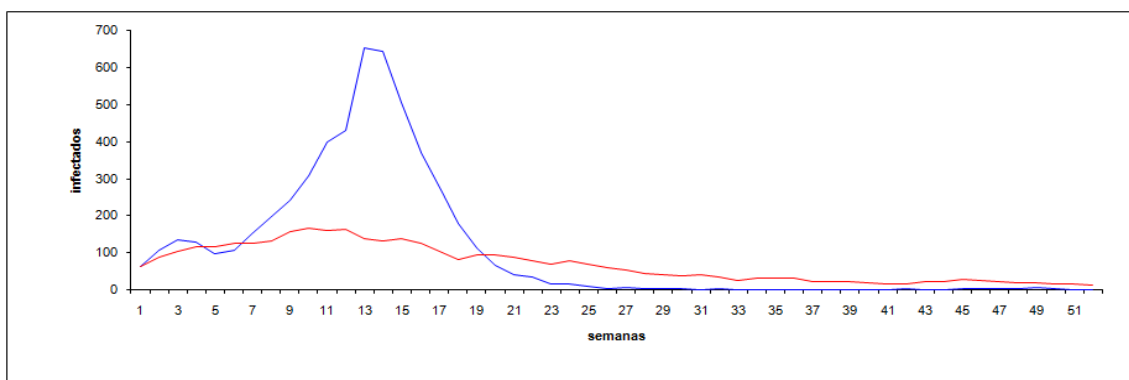


Figura 4.21. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para reticulado de  $500 \times 500$  utilizando vizinhança de Von Neumann com  $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.

#### 4.2.2 Resultados com a vizinhança de Moore

Com a vizinhança de Moore, foram obtidos resultados similares aos da vizinhança de Von Neumann. Ou seja, com probabilidades invariantes no tempo, o modelo gerado não produz uma série temporal que se aproxima daquela observada em 2007. Os melhores resultados em raios 1 e 2, obtidos para reticulados  $500 \times 500$  e  $1000 \times 1000$ , respectivamente, são mostrados nas figuras 4.22 e 4.23; e as previsões para 2008, nas figuras 4.24 e 4.25. Note que, em ambos os casos, a previsão para a segunda semana de 2008 é boa.

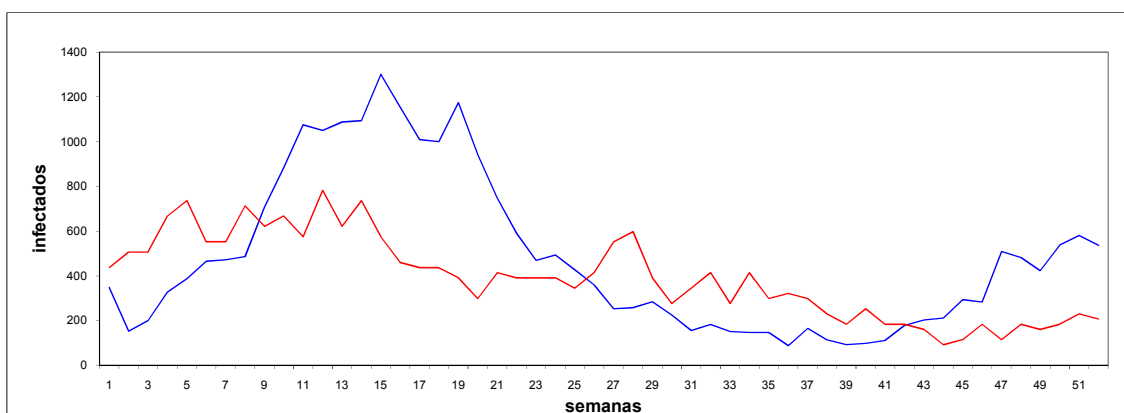


Figura 4.22. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) na identificação do modelo num reticulado de  $500 \times 500$  utilizando vizinhança de Moore com  $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.



Figura 4.23. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) na identificação do modelo num reticulado de  $1000 \times 1000$  utilizando vizinhança de Moore com  $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.

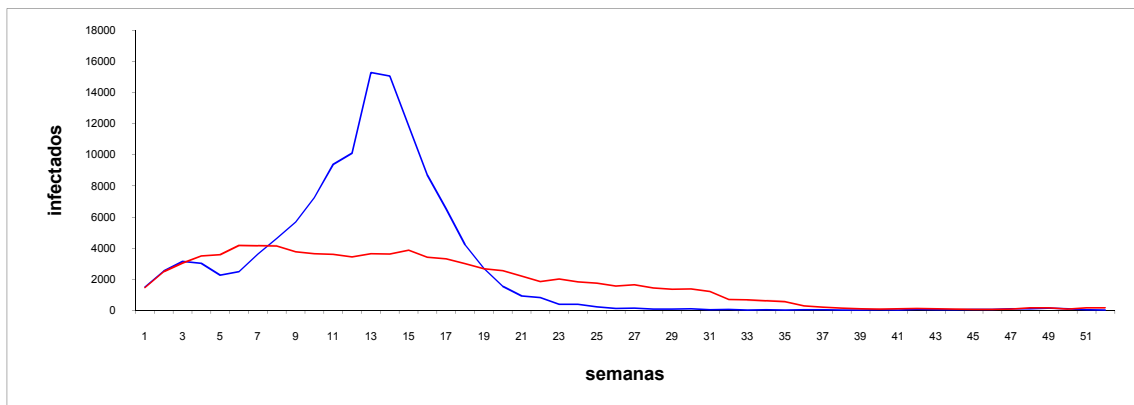


Figura 4.24. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) em uma execução para reticulado de  $500 \times 500$  utilizando vizinhança de Moore com  $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.

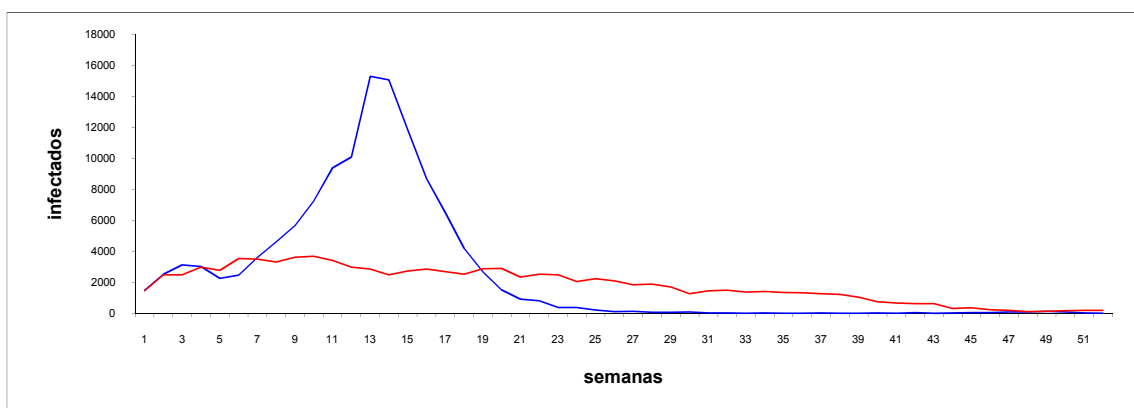


Figura 4.25. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) em uma execução para reticulado de  $500 \times 500$  utilizando vizinhança de Moore com  $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades invariantes no tempo.

### 4.3 O problema dividido em regiões e com focos de incidência da doença

Nos modelos descritos nas seções 4.1 e 4.2, considera-se que o reticulado representa a cidade do Rio de Janeiro como um todo e, na condição inicial, os infectados são distribuídos aleatoriamente por todo o reticulado. Numa tentativa de representar melhor a geografia do lugar em estudo, dividiu-se a cidade do Rio de Janeiro em cinco áreas de planejamento (uma divisão realizada pela administração da cidade), como mostrado na figura 3.3, considerando cada área como um reticulado separado, com condição de contorno aberta e sem troca de infectados entre eles. A quantidade de indivíduos em cada área e o

número de infectados registrados por área, usados nas simulações, correspondem aos dados reais.

A condição inicial é agora distribuída em cada um dos cinco reticulados (de acordo com os dados registrados pela prefeitura em cada uma das cinco regiões) da seguinte maneira: a partir do centro, delimita-se uma matriz com  $1/5$  do tamanho do reticulado original posicionada no centro desse reticulado e distribuem-se aleatoriamente  $1/5$  dos infectados nessa matriz; em seguida delimita-se uma nova matriz com  $2/5$  do tamanho do reticulado original também centralizada em relação ao reticulado original e distribuem-se novamente mais  $1/5$  dos infectados; e assim por diante, de modo que mais  $1/5$  dos infectados são distribuídos na matriz que ocupa  $3/5$  do reticulado original; mais  $1/5$  na matriz que ocupa  $4/5$  do reticulado original e mais  $1/5$  pelo reticulado original. Dessa forma, pretende-se criar um foco da infecção próximo do centro do reticulado. Isso está representado na figura 4.26.

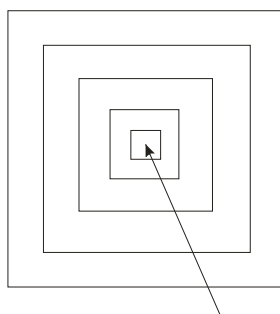


Figura 4.26. Exemplo da distribuição inicial dos indivíduos infectados no reticulado: quanto mais próximo do centro, maior a concentração de infectados.

Foram executadas 10 simulações para cada área de planejamento, em reticulados em que cada indivíduo corresponde a uma célula, considerando probabilidades variantes ao longo do tempo e modelo SIR. Após cada execução em separado, somaram-se os números de infectados, semana a semana, das cinco áreas, para obter o número de infectados no reticulado completo (que representa a cidade toda).

Esse modelo também se ajusta bem à série temporal de 2007, porém as previsões obtidas para 2008 não são boas, um resultado similar ao já encontrado. Na verdade, esses resultados são os piores do quando se considera a cidade num único reticulado.

A figuras 4.27 e 4.28 exemplificam respectivamente a identificação da série e sua previsão, para vizinhança de Moore e raio 1, já somadas as áreas de planejamento.

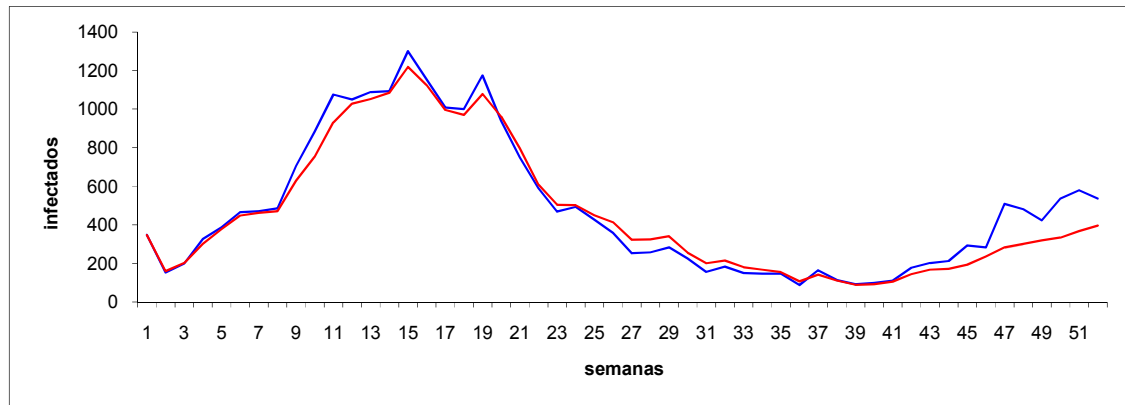


Figura 4.27. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) na identificação do modelo, somadas as áreas dos cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Moore com  $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

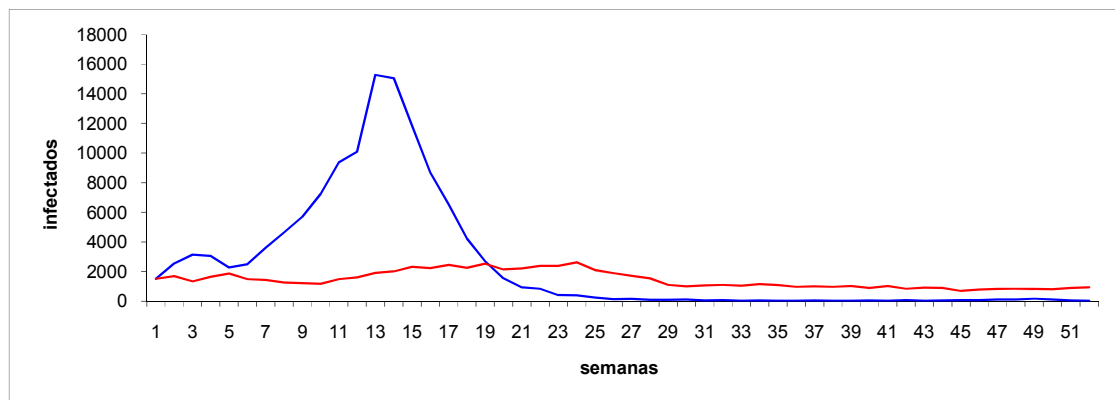


Figura 4.28. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) em uma execução para os cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Moore com  $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

A figuras 4.29 e 4.30 mostram a identificação do modelo e o melhor resultado obtido entre as 10 execuções para a vizinhança de Moore de raio 2 para probabilidades variantes no tempo. Percebe-se que utilizando a vizinhança de raio 2 não se conseguem resultados significativamente melhores do que com raio 1; porém o tempo de execução do algoritmo aumenta consideravelmente.



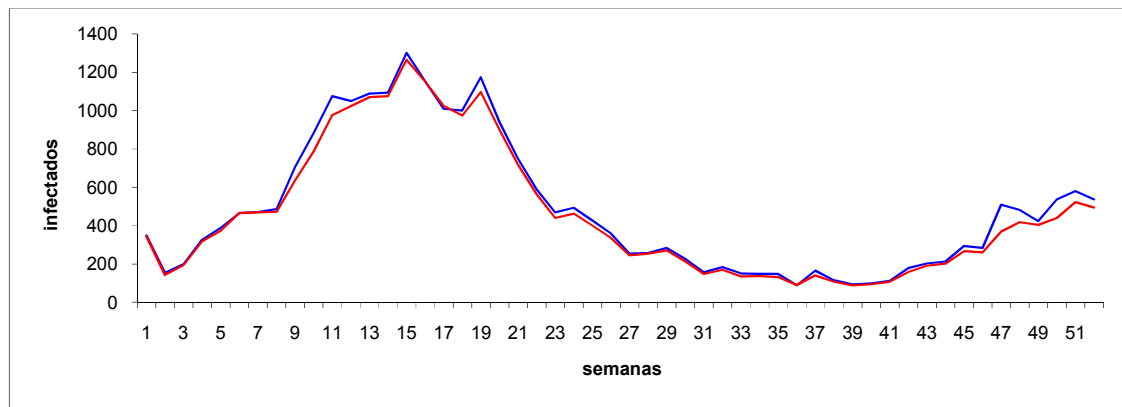


Figura 4.29. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) na identificação do modelo, somadas as áreas dos cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Moore com  $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

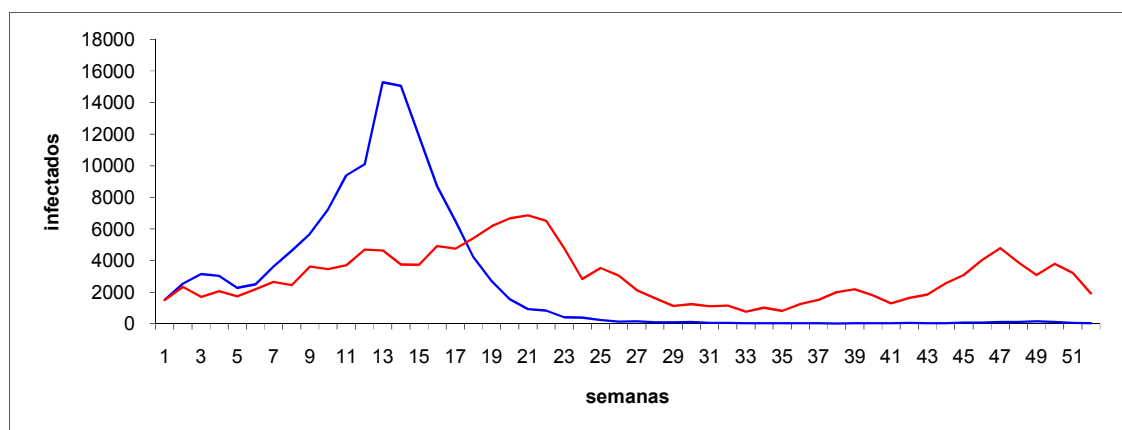


Figura 4.30. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) em uma execução para os cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Moore com  $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

As figuras 4.31 e 4.32 exibem respectivamente a identificação da série e a previsão utilizando a vizinhança de Von Neumann para raio 1.

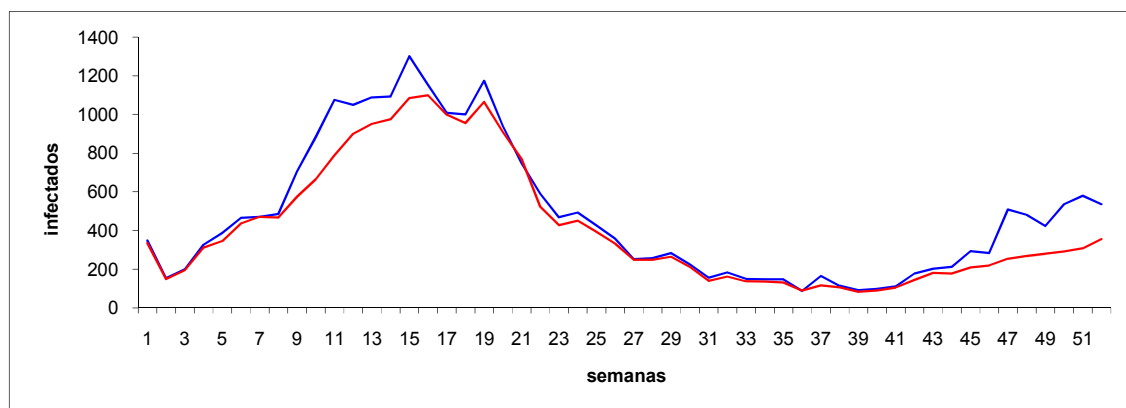


Figura 4.31. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) na identificação do modelo, somadas as áreas dos cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Von Neumann com  $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

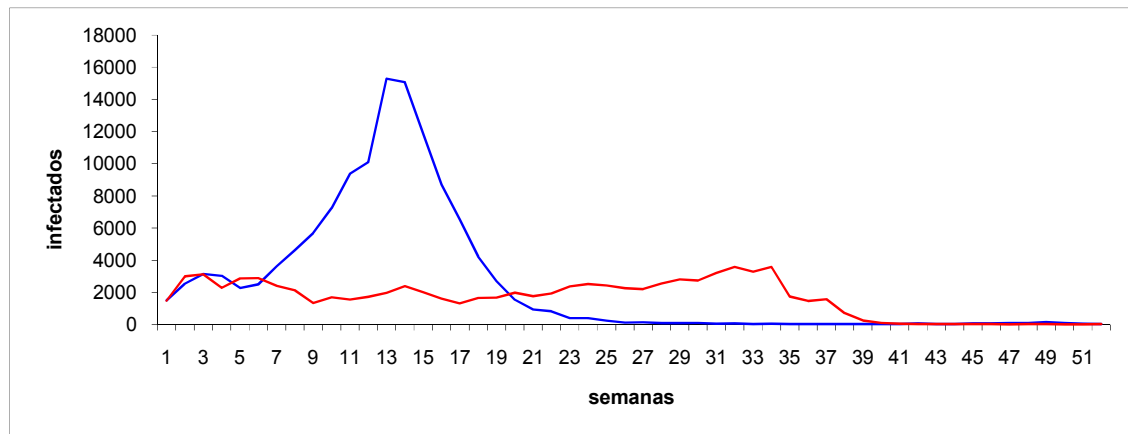


Figura 4.32. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) em uma execução para os cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Von Neumann com  $r=1$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

As figuras 4.33 e 4.34 exibem, respectivamente, a identificação da série e a previsão utilizando a vizinhança de Von Neumann para raio 2. Como no caso de vizinhança de Moore, a vizinhanças de Von Neumann não consegue prever a série temporal de maneira adequada.

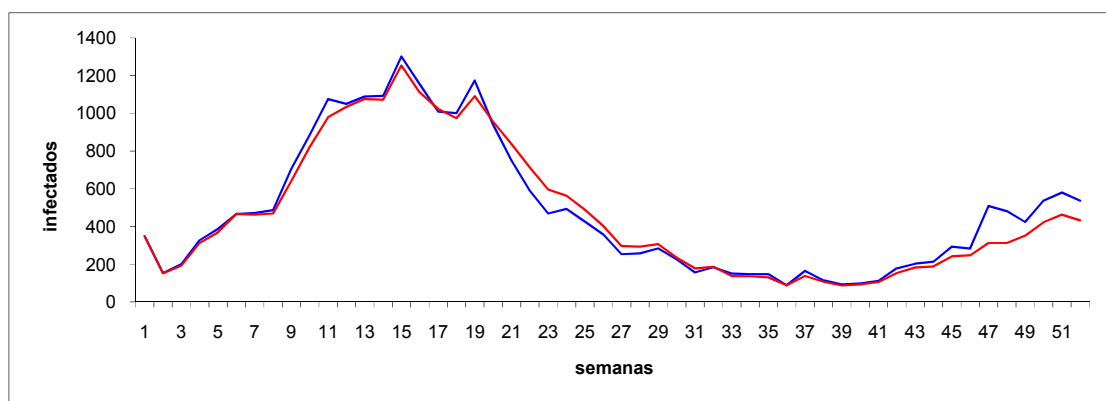


Figura 4.33. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) na identificação do modelo, somadas as áreas dos cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Von Neumann com  $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

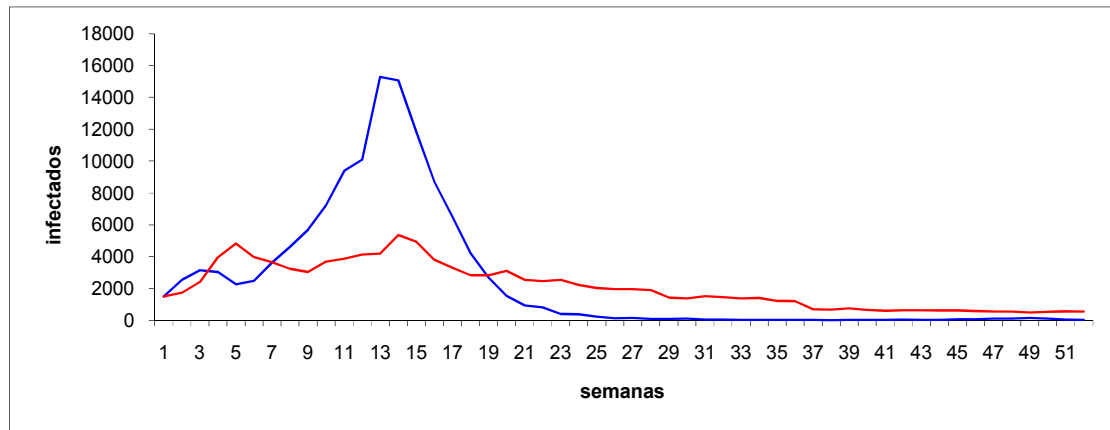


Figura 4.34. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) em uma execução para os cinco reticulados, que representam as áreas de planejamento, utilizando vizinhança de Von Neumann com  $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo.

Utilizando-se o modelo SIS, os resultados obtidos foram piores ainda. As execuções utilizando o modelo SIR e SIS estão disponíveis no apêndice C.

#### 4.4 Mais investigações

Nesta seção, apresentam-se as previsões para o ano de 2008 com três modelos: o que melhor identificou a série de 2007, o que melhor previu a série de 2008 e o que melhor previu a segunda semana de 2008. Note que a condição inicial em 2008 é cerca de cinco vezes maior que a de 2007.

Tomando por base os resultados obtidos nas simulações, selecionou-se o cromossomo que melhor identifica a série de 2007 (a saber: modelo SIS, vizinhança de Von Neumann com raio 2, reticulado de  $500 \times 500$  células) e executaram-se 10 previsões de 2008. Calcularam-se a média e o desvio padrão dessas previsões. O resultado está exibido na figura 4.35. Note que esse modelo prevê um número alto e praticamente constante a partir da décima semana no número de casos de infectados, o que, de fato, não ocorreu.

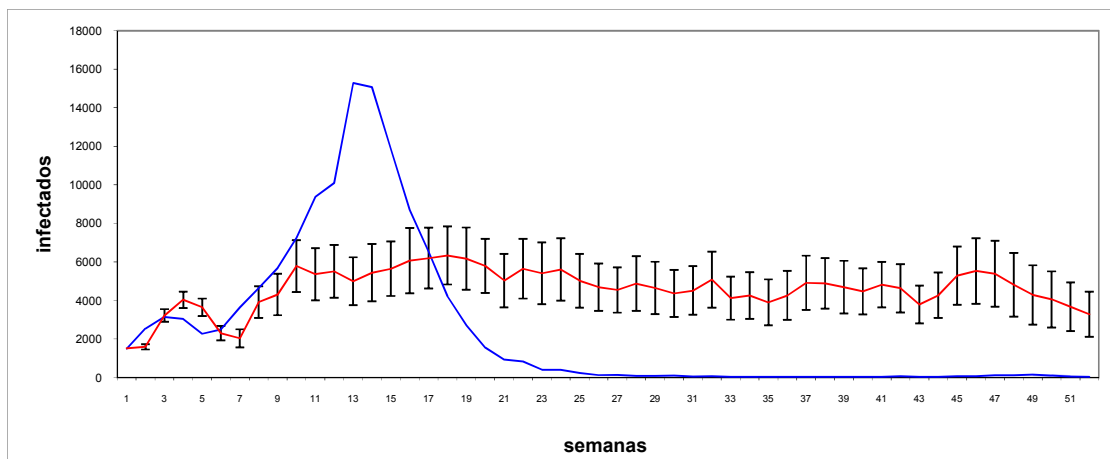


Figura 4.35. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) pela média de 10 execuções da melhor identificação, um reticulado de  $500 \times 500$  utilizando vizinhança de Von Neumann com  $r=2$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo. O desvio padrão é representado pelas barras verticais.

A figura 4.36 exibe os resultados obtidos através da média de 10 execuções realizadas com o modelo que melhor previu o ano de 2008, que é aquele utilizando SIS, com vizinhança de Von Neumann com raio 2, num reticulado de  $1000 \times 1000$  células. A série histórica registra 126326 infectados em 2008; a previsão média aponta para 129699 casos da doença; ou seja, um erro de apenas 2,67%, e desvio padrão de 20472 casos (16,21%).

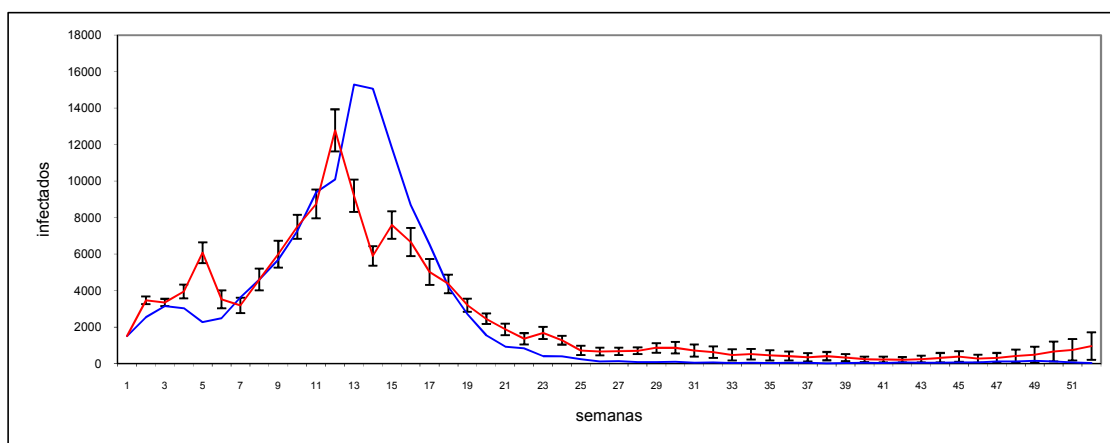


Figura 4.36. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelho) pela média de 10 execuções da melhor identificação, um reticulado de  $1000 \times 1000$  utilizando vizinhança de Von Neumann com  $r=2$ , para o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo. O desvio padrão é representado pelas barras verticais.

Também foi testada a capacidade de previsão para o ano de 2008 do cromossomo que melhor previu a segunda semana da série de 2008. O modelo aqui selecionado utiliza SIR, com vizinhança de Von Neumann de raio 2, e

reticulado de  $2420 \times 2420$  células. Percebe-se que a previsão para a segunda semana é muito precisa, encontrando, na média das 10 execuções, 3145 infectados contra 3148 para a série real; ou seja, erro de 0,1%, e desvio padrão de 75 casos (2,38%). Já a previsão para o ano completo de 2008 é ruim, como pode ser observado na figura 4.37.

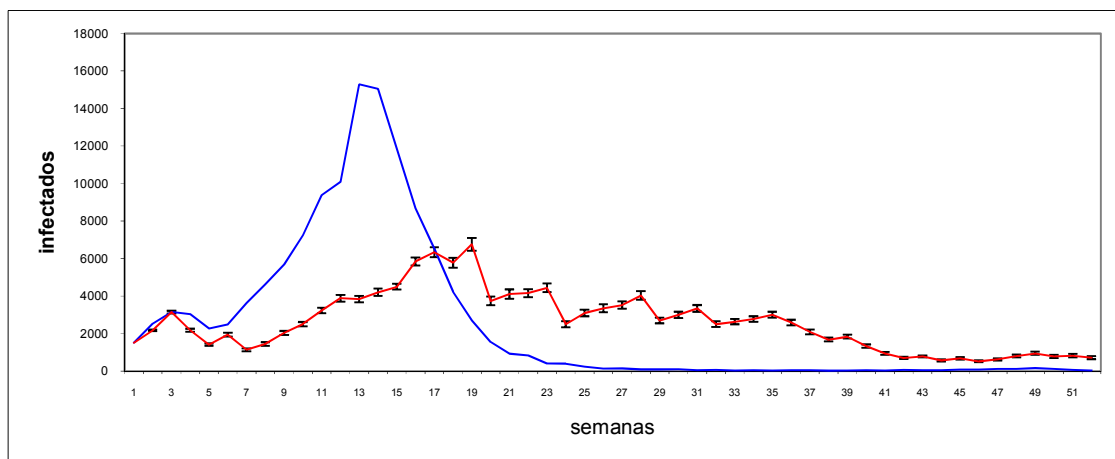


Figura 4.37. Comparativo entre a série real (azul) e a obtida (vermelha) pela média de 10 execuções da melhor previsão para a segunda semana, um reticulado de  $2420 \times 2420$  utilizando vizinhança de Von Neumann com  $r=2$ , para o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo. O desvio padrão é representado pelas barras verticais.

Os resultados completos dessas execuções podem ser encontrados no apêndice D.

Uma maneira de classificar os modelos, quanto à capacidade de identificação e de previsão, é colocá-los em ordem crescente de erros, considerando as 240 execuções (120+120, veja seções 4.1.1 e 4.1.2). Feito isso, agrupam-se os modelos com parâmetros iguais (por tamanho, por vizinhança, por raio e por número de estados permitidos) e calcula-se a média do número total de erros encontrado em cada agrupamento, que possui 10 simulações (para identificação ou previsão). As médias dos erros encontradas, quando ordenadas de maneira crescente, mostram quão bom é aquele modelo com relação aos outros; ou seja, modelos que geraram menos erros estão melhores classificados e, portanto, são mais eficientes. A classificação desses modelos, com relação à identificação é apresentada na tabela III. A classificação quanto à previsão está mostrada na tabela IV.

Como se pode observar pelas tabelas III e IV, os modelos do tipo SIS identificam melhor a série de 2007, porém os modelos SIR conseguem prever melhor a série de 2008, tendo a vizinhança de Moore desempenho similar em relação à de Von Neumann, quando se olha tanto a identificação quanto a previsão. Analisando a influência do raio, percebe-se que modelos com raio 2 parecem identificar melhor e modelos com raio 1 prevêm melhor. Modelos com reticulados de tamanhos menores levam à melhor identificação, enquanto reticulados de tamanhos maiores são melhores para previsão.

**Tabela III. Classificação dos modelos, para probabilidades variantes no tempo, quanto à capacidade de identificação.**

Classificação	Vizinhança	Raio	Tamanho	Modelo	Erro médio
1	Moore	2	500×500	sis	312
2	Von Neumann	2	500×500	sis	315
3	Moore	1	500×500	sis	340
4	Von Neumann	2	1000×1000	sis	467
5	Von Neumann	1	500×500	sis	522
6	Von Neumann	2	500×500	sir	556
7	Moore	2	1000×1000	sir	648
8	Moore	2	500×500	sir	648
9	Moore	2	1000×1000	sis	657
10	Moore	1	1000×1000	sis	888
11	Von Neumann	2	2420×2420	sis	953
12	Moore	2	2420×2420	sir	999
13	Moore	1	500×500	sir	1292
14	Von Neumann	1	500×500	sir	1396
15	Von Neumann	2	1000×1000	sir	1630
16	Von Neumann	1	2420×2420	sis	1682
17	Von Neumann	2	2420×2420	sir	1972
18	Moore	1	1000×1000	sir	1977
19	Von Neumann	1	1000×1000	sir	2137
20	Moore	1	2420×2420	sir	2198
21	Moore	2	2420×2420	sis	2442
22	Moore	1	2420×2420	sis	2648
23	Von Neumann	1	1000×1000	sis	3472
24	Von Neumann	1	2420×2420	sir	5148

A título de comparação, considerando probabilidades constantes, verifica-se que o modelo que melhor reproduz a série de 2007, em termos do número de infectados, foi o modelo SIR, com vizinhança de Moore com raio 2 e reticulado com 1000×1000 células, apontando 25716 casos de infecção ao longo do ano de 2008, um erro de apenas 2,46%. Porém, a série gerada por ele não se assemelha, semana a semana, com a histórica.

O modelo com probabilidades constantes que melhor prevê a série temporal de 2008 foi aquele usando SIR, com vizinhança de Von Neumann e raio 2, para reticulado de tamanho 1000×1000, produzindo uma previsão de 129168 infectados ao longo de 2008 (erro de 1,46%). Mas, novamente, a série gerada destoa da histórica.

**Tabela IV. Classificação dos modelos, para probabilidades variantes no tempo, quanto à capacidade de previsão.**

<b>Classificação</b>	<b>Vizinhança</b>	<b>Raio</b>	<b>Tamanho</b>	<b>Modelo</b>	<b>Erro médio</b>
1	Moore	1	2420×2420	sir	106922
2	Von Neumann	2	500×500	sir	108836
3	Von Neumann	1	2420×2420	sir	111387
4	Von Neumann	1	500×500	sir	115057
5	Moore	1	500×500	sir	115305
6	Von Neumann	1	1000×1000	sir	118400
7	Moore	1	1000×1000	sir	119329
8	Von Neumann	2	1000×1000	sir	126618
9	Von Neumann	1	2420×2420	sis	152288
10	Moore	2	500×500	sir	153741
11	Moore	2	2420×2420	sir	159273
12	Von Neumann	2	2420×2420	sir	176750
13	Moore	2	1000×1000	sir	191479
14	Von Neumann	2	2420×2420	sis	251616
15	Moore	1	1000×1000	sis	262038
16	Von Neumann	1	500×500	sis	274454
17	Moore	1	2420×2420	sis	354890
18	Von Neumann	1	1000×1000	sis	565194
19	Moore	1	500×500	sis	693065
20	Von Neumann	2	1000×1000	sis	1241196
21	Moore	2	1000×1000	sis	2674843
22	Moore	2	2420×2420	sis	2746208
23	Moore	2	500×500	sis	3622893
24	Von Neumann	2	500×500	sis	4749106

## 5. Equipamento utilizado nas simulações

O programa foi executado em computador Pentium Core 2 Quad com *clock* de 2.83GHz, e 4Gb de memória RAM, utilizando sistema operacional Linux SUSE Enterprise 11.0 64bits, linguagem de programação PHP e base de dados MySQL.

Com modelo SIR, em reticulados de tamanho 500×500, uma simulação completa, considerando probabilidades variantes ao longo do tempo, demora aproximadamente 3 minutos; em reticulados 1000×1000, uma simulação demora aproximadamente 8 minutos; e em reticulados 2420×2420, aproximadamente 30 minutos. Com modelo SIS, esses tempos de processamento praticamente quadruplicam.

Com modelo SIR, para probabilidades constantes ao longo do tempo, em reticulados de 500×500 cada simulação demora aproximadamente 45 minutos; em reticulados 1000×1000, cada simulação demora aproximadamente 100 minutos; e em reticulados de 2420×2420, aproximadamente 210 minutos. Com modelo SIS, esses tempos de processamento também praticamente quadruplicam.

Em algumas situações, dependendo da condição inicial do reticulado, execuções chegam a demorar mais de 24 horas, levando-se em conta as fases de identificação e previsão.



## 6. Conclusões

Os modelos propostos neste trabalho tinham por objetivo prever uma série temporal epidemiológica e, para isso, várias possibilidades foram investigadas: probabilidades de infecção variantes no tempo e constantes, tamanhos de reticulados diferentes, duas vizinhanças distintas, a consideração (ou não) de indivíduos removidos, a partição da região em estudo em (cinco) áreas.

Quando se aplicaram diferentes modelos com probabilidades variantes no tempo, percebeu-se que eles se ajustam bem à série de 2007. Já a previsão para o ano de 2008, de muitos deles, não foi boa. A melhor identificação para 2007 usa modelo SIS, vizinhança de Von Neumann, raio 2 e reticulado  $500 \times 500$  (veja figura 4.35). A melhor previsão para 2008 usa modelo SIS, vizinhança de Von Neumann, raio 2, reticulado  $1000 \times 1000$  (veja figura 4.36). Com probabilidades constantes, o ajuste para a série de 2007 mostrou-se insatisfatório; assim como foi insatisfatória, semana a semana, a previsão para 2008. Entretanto, esse modelo com probabilidades constantes é capaz de estimar com boa precisão (erro da ordem de 2%) o número total de casos, ao longo de 2008. O modelo que melhor prevê a segunda semana de 2008 também é ruim para prever, semana a semana, a série completa de 2008; mas é bom para prever o número total de casos de 2008 (erro menor que 1%, como ilustra a figura 4.37).

Foi feita uma tentativa de representar focos da doença, dividindo a região total estudada em cinco áreas menores. Nesse modelo, foi levada em conta a quantidade de indivíduos em cada área, bem como o número de infectados registrados por área. Com probabilidades variantes no tempo, novamente obteve-se um bom ajuste para 2007, mas previsões para 2008 ainda piores do que o caso de reticulado único. Essa abordagem de dividir a cidade em regiões certamente carece de mais investigações.

Analisando o desempenho médio dos modelos (tabelas III e IV), notou-se que as vizinhanças de Von Neumann e de Moore não levaram a resultados muito distintos. Quanto aos raios, parece que se tem identificação melhor com raio 2 e previsão melhor com raio 1. Entretanto, lembre que quanto maior o raio, mais complexo se torna o algoritmo (existem mais vizinhos para se

verificar a possibilidade de infecção), deixando, assim, o processamento mais demorado. Reticulados de tamanhos menores parecem levar à melhor identificação, enquanto reticulados de tamanhos maiores parecem ser melhores para previsão.

Claramente, o horizonte de um ano de previsão é muito grande. Numa situação prática, nosso modelo deveria ser reajustado a cada semana, levando em conta os dados semanais mais recentes.

Esse modelo talvez possa ser aprimorado considerando: topologias aleatórias de acoplamento entre os indivíduos, a concentração do vetor (que é influenciado pela quantidade de chuvas e pela temperatura), a existência de mais de um sorotipo. Duas dificuldades que precisam ser superadas, a fim de ter um modelo ainda mais realista, são: a determinação do número de pessoas que estão imunes aos diversos sorotipos do vírus da dengue, o que afeta a condição inicial do modelo, e a influência de infectados vindos outras regiões.

## Referências

- [1] M. A. Fuentes e M. N. Kuperman, “Cellular automata and epidemiological models with spatial dependence”, *Physica A*, Vol. 267, pp. 471-486, 1999.
- [2] L. H. A. Monteiro, H. D. B. Chimara e J. G. Chaui-Berlinck, “Big cities: shelters for contagious diseases”, *Ecological Modelling*, Vol. 197, pp. 258-262, 2006.
- [3] L. H. A. Monteiro, J. B. Sasso e J. G. Chaui-Berlinck, “Continuous and discrete approaches to the epidemiology of viral spreading taking into account the delay of incubation time”, *Ecological Modelling*, Vol. 201, pp. 553-557, 2007.
- [4] P. H. T. Schimit e L. H. A. Monteiro, “Influência da topologia na propagação de epidemias em autômatos celulares probabilistas aleatoriamente conectados”, *Proceedings of the 6th Brazilian Conference on Dynamics, Control and Applications*, Vol. 1, pp. 1291-1296, 2007.
- [5] P. H. T. Schimit e L. H. A. Monteiro, “On the basic reproduction number and the topological properties of the contact network: An epidemiological study in mainly locally connected cellular automata”, *Ecological Modelling*, Vol. 220, pp. 1034-1042, 2009.
- [6] M. Mitchell, P. T. Hraber e J. P. Crutchfield, “Revisiting the edge of chaos: evolving cellular automata to perform computations”, *Complex Systems*, Vol. 7, pp. 89-130, 1993.
- [7] S. A. Billings e Y. Yang, “Identification of probabilistic cellular automata”, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics B*, Vol. 33, pp. 225-236, 2003.

[8] N. Ganguly, P. Maji, B. K. Sikdar e P. P. Chaudhuri, "Design and characterization of cellular automata based associative memory for pattern recognition", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics B, Vol. 34, pp. 672-679, 2004.

[9] P. P. Balbi de Oliveira, J. C. Bortot e G. M. B. Oliveira, "The best currently known class of dynamically equivalent cellular automata rules for density classification", Neurocomputing, Vol. 70, pp. 35-43, 2006.

[10] S. Suzuki e T. Saito, "Synthesis of desired binary cellular automata through the genetic algorithm", Lecture Notes in Computer Science, Vol. 4234, pp. 738-745, 2006.

[11] Secretaria de Saúde e Defesa Civil do Rio de Janeiro.

Em: [http://www.saude.rj.gov.br/Acoes/Dengue\\_estado.shtml](http://www.saude.rj.gov.br/Acoes/Dengue_estado.shtml)

Acessado em 23/09/2008.

[12] J. L. Kyle e E. Harris, "Global spread and persistence of dengue", Annual Review of Microbiology, Vol. 62, pp. 71-92, 2008.

[13] P. M. Luz, B. V. M. Mendes, C. T. Codeço, C. J. Struchiner e A. P. Galvani, "Time series analysis of dengue incidence in Rio de Janeiro, Brazil", American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, Vol. 79, pp. 933-939, 2008.

[14] M. L. Barreto, M. G. Teixeira, "Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa.", Estudos Avançados. 2008, vol.22, n.64, pp. 53-72.

[15] Ministério da Saúde.

Em: [http://portal.saude.gov.br/saude/area.cfm?id\\_area=920](http://portal.saude.gov.br/saude/area.cfm?id_area=920)

Acessado em 15/03/2009.

[16] F. P. Camara, , A. F. Gomes, G. T. Santos e D. C. P. Camara, "Clima e epidemias de dengue no Estado do Rio de Janeiro", Rev. Soc. Bras. Med. Trop. [online], 2009, vol.42, n.2, pp. 137-140.

[17] S. Wolfram, "Cellular Automata and Complexity" (Addison-Wesley) 1994.

[18] S.Wolfram, "A New Kind of Science". Wolfram Media, Inc., 2002.

[19] D. Beasley, D. Bull e R.Martin, "An overview of genetic algorithms: Part1, Fundamentals", Technical report, University Computing, 1993, vol 15(2), pp. 59-69.

[20] M. Melanie, An Introduction to Genetic Algorithms (The MIT Press), 1998.

[21] S. Wolfram, Articles on cellular automata.

Em: <http://www.stephenwolfram.com/publications/articles/ca/>

Acessado em 12/05/2009.

[22] D. Whitley, "A Genetic Algorithm Tutorial", Statistics and Computing, 1994, vol. 4, pp. 65-85.

[23] S. Yakowitz, J. Gani e R. Hayes, "Cellular Automaton Modeling of Epidemics", Applied Mathematics And Computation, Vol. 40, pp. 41-54, 1990.

[24] G. Ch. Sirakoulis, I. Karafyllidis e A. Thanailakis, "A Cellular Automaton Model for the Effects of Population Movement and Vaccination on Epidemic Propagation", Ecological Modelling, Vol. 133, pp. 209-223, 2000.

[25] J. R. Doran e S. W. Laffan, "Simulating the spatial dynamics of foot and mouth disease outbreaks in feral pigs and livestock in Queensland, Australia, using a susceptible-infected-recovered cellular automata model", Preventive Veterinary Medicine, Vol. 70, pp. 133-152, 2005.

[26] R. Veronesi, "Doenças Infecciosas e Parasitárias" (Guanabara Koogan) 1991.

[27] IPP - Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos.

Em: <http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/arquivos/>

Acessado em 08/10/2009.

[28] D. O. Gerardi e L. H. A. Monteiro, "Usando Autômatos Celulares Probabilistas e Algoritmos Genéticos na Previsão de Séries Temporais Epidemiológicas: A Propagação da Dengue na Cidade do Rio de Janeiro em 2007", Proceedings of the 8th Brazilian Conference on Dynamics, Control and Applications, 2009. Vol.1, pp. 1-6.

[29] L. H. A. Monteiro, D. N. Oliveira e J. G. Chaui-Berlinck, "The effect of spatial scale on predicting time series: a study on epidemiological system identification", Mathematical Problems in Engineering, Vol. 2009, artigo 173854, 10 páginas, 2009.

[30] D. N. Nunes, "Identificando Regras de Transição de Autômato Celular Probabilista via Algoritmo Genético em Sistemas Epidemiológicos", Dissertação de Mestrado, Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2008.

# APÊNDICE A

Planilha contendo as 10 execuções do modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Von Neumann de raio 1, para reticulados de 500x500 células.

semana	serie	isencalç	in_infect01	erro01	in_infect02	erro02	in_infect03	erro03	in_infect04	erro04	in_infect05	erro05	in_infect06	erro06	in_infect07	erro07	in_infect08	erro08	in_infect09	erro09	in_infect10	erro10	
1	1510	64	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	
2	2841	108	87	21	151	43	271	81	42	66	20	88	97	11	64	44	35	73	95	13	89	19	
3	3149	134	43	91	107	27	114	120	26	108	9	125	93	20	56	78	38	96	125	93	41	35	99
4	3039	130	8	122	60	70	173	113	10	120	12	118	95	35	20	110	14	116	102	28	17	113	
5	2275	97	11	86	34	63	23	74	3	94	9	88	108	11	25	72	9	88	110	13	11	86	
6	2495	106	12	94	46	60	8	98	4	102	3	99	134	28	34	72	10	96	117	11	16	90	
7	3631	155	19	136	36	119	0	155	2	153	10	145	141	14	42	113	8	147	162	13	14	141	
8	4629	198	21	177	59	149	0	198	0	198	12	186	179	19	26	172	4	194	194	83	115	193	
9	5692	243	11	232	59	184	0	243	0	243	15	228	241	20	243	2	241	241	51	192	9	234	
10	7249	309	5	304	66	243	0	309	0	309	28	281	43	268	14	285	0	309	268	66	243	300	
11	9383	400	5	395	82	318	0	400	0	400	13	397	46	354	14	386	0	400	323	77	323	10	390
12	10095	431	6	425	83	348	0	431	0	431	12	419	50	381	7	424	0	431	414	114	317	3	428
13	15287	652	5	647	55	597	0	652	0	652	4	648	65	587	5	647	0	652	537	137	515	2	655
14	15061	643	10	633	32	611	0	643	0	643	4	639	61	573	2	641	0	643	520	123	520	1	642
15	11843	505	5	500	35	470	0	505	0	505	4	501	67	438	1	504	0	505	438	137	368	0	505
16	8698	371	4	367	28	343	0	371	0	371	0	371	74	297	2	368	0	371	114	114	257	0	371
17	6524	278	5	273	28	250	0	278	0	278	0	278	80	198	2	276	0	278	130	148	0	278	
18	4220	180	3	177	25	155	0	180	0	180	0	180	75	105	0	180	0	180	139	41	0	180	
19	2700	115	3	112	26	89	0	115	0	115	0	115	95	20	0	115	0	115	145	30	0	115	
20	1649	66	4	62	24	42	0	66	0	66	0	66	89	23	0	66	0	66	154	88	0	66	
21	933	40	2	38	18	22	0	40	0	40	0	40	78	38	0	40	0	40	98	98	0	40	
22	835	36	2	34	10	26	0	36	0	36	0	36	88	52	0	36	0	36	110	74	0	36	
23	408	17	2	15	9	8	0	17	0	17	0	17	75	58	0	17	0	17	111	94	0	17	
24	396	17	2	15	10	7	0	17	0	17	0	17	71	54	0	17	0	17	60	43	0	17	
25	238	10	3	7	13	3	0	10	0	10	0	10	85	75	0	10	0	10	73	63	0	10	
26	128	5	2	3	11	6	0	5	0	5	0	5	80	75	0	5	0	5	82	87	0	5	
27	148	6	2	4	12	6	0	6	0	6	0	6	67	61	0	6	0	6	89	83	0	6	
28	96	4	3	1	11	7	0	4	0	4	0	4	68	64	0	4	0	4	60	96	0	4	
29	90	4	2	2	10	6	0	4	0	4	0	4	76	72	0	4	0	4	35	31	0	4	
30	107	5	1	4	10	5	0	5	0	5	0	5	73	68	0	5	0	5	21	16	0	5	
31	54	2	1	1	7	5	0	2	0	2	0	2	53	51	0	2	0	2	29	27	0	2	
32	65	3	0	3	6	3	0	3	0	3	0	3	54	51	0	3	0	3	19	16	0	3	
33	38	2	0	2	9	7	0	2	0	2	0	2	50	48	0	2	0	2	25	23	0	2	
34	47	2	0	2	5	3	0	2	0	2	0	2	55	53	0	2	0	2	31	29	0	2	
35	36	2	0	2	3	1	0	2	0	2	0	2	62	60	0	2	0	2	26	24	0	2	
36	44	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	59	57	0	2	0	2	24	22	0	2	
37	46	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	62	60	0	2	0	2	26	24	0	2	
38	28	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	66	65	0	1	0	1	17	16	0	1	
39	35	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	70	69	0	1	0	1	19	18	0	1	
40	46	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	61	59	0	2	0	2	16	14	0	2	
41	41	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	69	67	0	2	0	2	10	8	0	2	
42	68	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	60	57	0	3	0	3	7	4	0	3	
43	44	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	67	65	0	2	0	2	9	7	0	2	
44	46	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	65	63	0	2	0	2	7	5	0	2	
45	72	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	55	52	0	3	0	3	7	4	0	3	
46	71	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	65	62	0	3	0	3	4	1	0	3	
47	113	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	67	62	0	5	0	5	3	2	0	5	
48	114	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	74	69	0	5	0	5	3	2	0	5	
49	158	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	49	42	0	7	0	7	4	3	0	7	
50	112	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	52	47	0	5	0	5	5	0	0	5	
51	58	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	47	45	0	2	0	2	3	1	0	2	
52	38	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	47	45	0	2	0	2	1	1	0	2	
<b>total:</b>	12626	5389	353	5036	1234	4345	153	5238	151	5238	223	5166	3697	5948	384	5005	184	5205	3247	4142	285	5104	
<b>escala:</b>	123947	8119	115828	28382	99835	3519	120428	3473	120474	3473	118818	85031	127604	8832	115115	4232	119715	74681	95266	6555	117392		

A linha "escala" mostra o total de cada execução já convertido na escala de 1x1, e a célula em negrito mostra a execução com menor número de erros dentre estas execuções.

Planilha contendo as 10 execuções do modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Von Neumann de raio 1, para reticulados de 1000x1000 células.

semana	serie	serfecalc	n_infect01	erro01	n_infect02	erro02	n_infect03	erro03	n_infect04	erro04	n_infect05	erro05	n_infect06	erro06	n_infect07	erro07	n_infect08	erro08	n_infect09	erro09	n_infect10	erro10	
1	1510	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0
2	2541	434	163	271	163	79	355	418	16	353	81	307	371	349	85	107	327	80	354	384	354	50	
3	3149	538	141	397	190	348	51	467	188	300	440	124	433	300	416	433	344	41	497	366	366	172	
4	3039	519	133	386	75	444	67	452	210	308	139	360	259	259	260	100	419	100	462	478	478	41	
5	2215	388	107	281	99	329	89	299	102	226	70	318	40	346	166	134	254	37	351	194	194	134	
6	2495	426	142	284	88	358	128	298	116	363	55	371	116	250	180	246	50	376	212	212	212	214	
7	3631	620	67	553	69	551	151	489	69	551	35	585	62	588	283	337	117	503	31	589	237	363	
8	4629	790	27	763	27	763	89	778	78	778	25	765	67	778	413	373	108	682	16	774	273	517	
9	6632	912	15	957	19	953	73	899	21	945	25	947	61	911	355	617	88	884	20	929	291	881	
10	7249	1237	19	1218	27	1210	83	1154	29	1208	17	1220	62	1175	229	1008	83	1154	15	1222	202	1035	
11	9393	1602	22	1880	8	1954	39	1513	38	1886	16	1886	149	1453	149	1453	110	1492	15	1587	230	1372	
12	10095	1723	13	1710	8	1715	65	1658	48	1675	10	1703	43	1680	231	1492	120	1622	19	1704	188	1555	
13	16287	2610	4	2606	9	2607	61	2549	42	2588	23	2587	57	2553	254	2366	113	2497	24	2586	111	2495	
14	15061	2571	5	2566	12	2559	35	2536	19	2552	30	2547	39	2532	238	2333	80	2491	33	2538	140	2431	
15	11843	2022	6	2016	9	2013	30	1992	12	2010	38	1984	37	1985	237	1785	73	1949	37	1985	124	1898	
16	8639	1485	5	1480	9	1476	37	1448	12	1473	39	1448	51	1434	182	1303	97	1388	21	1464	136	1349	
17	6524	1114	6	1108	5	1109	27	1087	9	1107	52	1062	61	1054	206	908	114	1000	24	1090	119	995	
18	4220	720	3	717	6	714	8	712	273	69	69	627	67	627	447	93	627	33	697	33	697	621	
19	2700	461	3	458	8	453	9	452	6	455	45	416	58	402	216	163	75	386	38	423	85	376	
20	15469	264	0	264	7	257	11	253	4	260	18	246	71	193	264	56	208	31	233	76	188	188	
21	933	159	0	159	5	154	14	145	3	156	24	135	280	75	119	84	280	27	129	129	66	93	
22	835	143	0	143	7	138	12	131	2	141	30	103	60	83	195	52	41	102	34	109	62	81	
23	408	70	0	70	6	64	9	61	2	68	34	36	49	21	195	129	39	31	41	29	30	20	
24	336	68	0	68	6	62	4	64	0	64	25	43	25	214	146	30	38	43	25	52	16	16	
25	238	41	0	41	9	32	2	39	0	41	7	34	7	241	200	20	21	52	11	50	9	9	
26	128	22	0	22	8	14	1	21	0	22	40	18	46	24	306	284	15	7	46	24	41	19	
27	148	25	0	25	6	19	1	24	0	25	32	7	39	14	315	290	14	14	41	16	34	9	
28	98	16	0	16	3	13	1	15	0	16	18	34	18	41	25	343	11	5	32	16	30	14	
29	90	15	0	15	4	11	1	14	0	15	15	47	32	47	32	285	270	11	4	36	21	6	
30	107	18	0	18	7	11	1	18	0	18	25	7	44	26	195	177	7	11	44	26	21	2	
31	54	9	0	9	9	9	0	9	0	9	9	0	49	40	142	133	8	1	50	41	18	9	
32	65	11	0	11	3	8	0	11	0	11	6	5	47	36	204	193	9	2	55	44	7	4	
33	38	6	0	6	5	1	0	6	0	6	4	2	207	42	207	207	9	3	58	52	6	0	
34	47	8	0	8	4	7	1	42	0	8	1	7	42	34	180	172	9	1	55	47	5	3	
35	36	6	0	6	6	0	0	6	0	6	1	5	53	47	131	125	8	2	50	44	3	3	
36	44	8	0	8	9	1	0	8	0	8	2	6	155	47	165	157	7	1	43	35	3	5	
37	46	8	0	8	6	2	0	8	0	8	3	5	45	45	37	195	187	10	2	49	41	4	
38	29	5	0	5	6	1	0	5	0	5	6	1	56	59	122	121	12	7	56	51	8	3	
39	35	6	0	6	8	2	0	6	0	6	4	2	64	58	177	171	8	2	33	27	6	0	
40	46	8	0	8	7	1	0	8	0	8	5	3	61	53	132	124	8	0	30	22	4	4	
41	41	7	0	7	5	2	0	7	0	7	8	1	55	48	119	112	6	1	35	28	6	6	
42	68	12	0	12	11	1	0	12	0	12	9	3	61	49	99	83	4	8	38	26	6	6	
43	44	8	0	8	10	2	0	8	0	8	8	0	82	74	5	3	22	14	7	7	1	1	
44	46	8	0	8	9	1	0	8	0	8	8	0	51	43	66	58	7	1	19	11	6	2	
45	72	12	0	12	15	3	0	12	0	12	6	6	52	40	53	41	6	6	10	2	4	6	
46	71	12	0	12	9	3	0	12	0	12	4	8	37	44	32	37	25	6	6	10	2	10	
47	113	19	0	19	7	12	0	19	0	19	3	16	33	14	44	25	10	3	10	10	2	17	
48	114	19	0	19	9	10	0	19	0	19	2	17	29	10	61	42	8	11	8	11	2	17	
49	158	27	0	27	7	20	0	27	0	27	2	25	23	4	24	23	4	24	9	18	3	24	
50	112	19	0	19	7	12	0	19	0	19	3	16	24	5	64	45	3	16	5	14	3	16	
51	58	10	0	10	9	1	0	10	0	10	6	4	24	14	88	78	3	7	4	6	2	6	
52	39	7	0	7	12	5	0	7	0	7	2	5	33	3	99	91	2	4	6	1	3	4	
Total:	126326	25595	1139	2427	1514	20082	1485	20081	1656	19710	1900	19384	3215	20151	10146	20016	2596	14204	1930	20830	4735	16959	
escala:	126995	6824	12562	9084	120492	8910	120486	9936	119004	11400	119004	19290	122905	68976	120096	68976	15396	14204	11500	124980	28410	101814	

A linha "escala" mostra o total de cada execução já convertido na escala de 1x1, e a célula em negrito mostra a execução com menor número de erros dentre estas execuções.





Planilha contendo as 10 execuções do modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Von Neumann de raio 2, para reticulados de 500x500 células.

semana	serie	sefealac	n_infect01	erro01	n_infect02	erro02	n_infect03	erro03	n_infect04	erro04	n_infect05	erro05	n_infect06	erro06	n_infect07	erro07	n_infect08	erro08	n_infect09	erro09	n_infect10	erro10	
1	1510	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0
2	2541	108	131	30	30	243	135	55	53	14	94	14	21	7	87	54	113	5	115	5	117	9	
3	3149	134	94	40	7	127	178	47	17	17	125	53	44	90	54	172	38	172	38	177	43	177	43
4	3039	130	52	78	1	123	182	4	125	4	125	5	116	14	64	66	271	141	30	100	251	121	
5	2275	97	84	13	90	250	153	9	88	7	90	30	207	104	75	22	237	140	30	67	180	163	
6	2495	106	94	12	102	96	110	9	101	9	97	102	110	20	4	88	316	210	28	78	226	120	
7	3631	155	103	62	7	148	80	75	9	146	36	143	87	68	119	36	360	205	18	137	277	122	
8	4829	198	25	173	4	194	73	125	16	182	19	191	106	92	158	42	194	4	12	186	268	87	
9	5692	243	24	219	6	237	58	185	16	227	11	232	83	81	162	185	191	52	15	228	150	93	
10	7429	309	26	283	9	300	134	175	13	298	8	301	50	257	189	110	145	145	14	285	85	224	
11	9383	400	44	359	2	389	63	387	19	381	10	390	57	343	238	162	34	386	19	381	113	287	
12	10955	431	36	395	5	426	59	372	19	412	5	426	77	354	247	177	43	388	17	414	385	346	
13	15297	652	35	617	3	649	64	588	13	639	6	646	74	646	266	386	51	601	24	628	45	607	
14	19361	643	35	688	6	637	35	688	15	628	5	638	80	563	295	348	53	590	20	623	71	572	
15	11843	505	37	488	3	502	34	471	20	485	5	500	73	432	308	197	37	488	23	482	101	404	
16	8699	371	27	344	0	371	56	315	23	348	1	370	63	308	328	43	48	323	20	351	72	299	
17	6524	218	21	258	0	278	70	208	21	251	4	274	74	204	218	0	55	223	13	265	42	236	
18	4220	180	20	160	0	180	66	114	22	158	2	178	72	108	235	55	55	125	16	164	49	131	
19	2700	115	19	96	0	115	37	78	14	101	1	114	72	43	244	129	52	63	29	86	44	71	
20	1549	66	15	51	0	66	32	34	4	64	0	64	107	14	236	170	46	20	35	31	29	37	
21	993	40	13	27	0	40	36	4	18	22	0	40	52	12	210	170	51	11	34	6	31	9	
22	835	36	19	17	0	36	29	18	7	24	12	36	54	18	169	133	31	5	20	30	6	5	
23	408	17	20	3	0	17	22	5	23	130	6	17	17	34	147	133	19	2	28	11	42	25	
24	366	17	17	0	0	17	13	4	21	4	0	17	30	15	143	126	11	6	19	2	54	37	
25	238	10	14	4	0	10	11	1	22	12	0	10	30	20	150	140	8	2	10	0	60	50	
26	128	5	10	5	0	5	128	5	34	18	0	5	34	29	163	158	11	6	14	9	54	49	
27	148	6	7	1	0	6	12	6	31	25	0	6	18	12	153	147	10	4	10	4	56	50	
28	96	4	5	1	0	4	4	4	37	11	0	4	19	15	120	116	11	7	17	13	55	51	
29	90	4	3	1	0	4	6	2	43	39	0	4	10	6	145	141	4	0	15	11	52	48	
30	107	5	3	2	0	5	5	0	45	35	0	5	18	13	140	135	3	2	16	9	4	36	51
31	54	2	4	2	0	2	4	2	26	24	0	2	22	20	119	117	3	1	5	3	44	42	
32	65	3	5	2	0	3	5	2	16	16	0	3	17	14	124	121	3	0	6	3	53	50	
33	38	2	3	1	0	2	5	3	18	16	0	2	10	8	135	133	5	3	3	1	43	41	
34	47	2	5	3	0	2	1	1	20	18	0	2	9	7	126	124	0	2	3	1	47	45	
35	36	2	8	6	0	2	1	1	15	13	0	2	5	3	116	114	0	2	4	2	46	44	
36	44	2	5	3	0	2	0	2	18	16	0	2	3	1	115	113	0	2	6	4	36	34	
37	46	2	7	5	0	2	1	1	19	13	0	2	3	1	91	89	0	2	4	2	39	37	
38	29	1	5	4	0	1	0	0	25	22	0	1	4	3	70	69	0	1	3	2	28	27	
39	35	1	3	2	0	1	0	1	23	22	0	1	1	0	71	70	0	1	1	1	27	26	
40	46	2	1	1	0	2	0	2	20	18	0	2	2	1	57	55	0	2	1	1	29	27	
41	41	2	0	2	0	2	0	2	12	10	0	2	1	1	52	50	0	2	1	1	28	26	
42	68	3	0	3	0	3	0	3	17	14	0	3	0	3	58	55	0	3	2	1	33	30	
43	44	2	2	0	2	2	0	2	14	12	0	2	0	2	54	52	0	2	1	1	40	38	
44	46	2	0	2	0	2	0	2	11	11	0	2	0	2	45	43	0	2	1	1	36	34	
45	72	3	0	3	0	3	0	3	10	7	0	3	0	3	26	23	0	3	0	3	29	28	
46	71	3	0	3	0	3	0	3	28	12	0	3	0	3	28	25	0	3	0	3	30	27	
47	113	5	0	5	0	5	0	5	12	7	0	5	0	5	23	18	0	5	0	5	14	9	
48	114	5	0	5	0	5	0	5	18	13	0	5	0	5	18	13	0	5	0	5	10	5	
49	158	7	0	7	0	7	0	7	14	14	0	7	0	7	12	5	0	7	0	7	9	2	
50	112	5	0	5	0	5	0	5	9	7	0	5	0	5	6	4	0	5	0	5	11	6	
51	58	2	0	2	0	2	0	2	12	10	0	2	0	2	5	3	0	2	0	2	9	7	
52	39	2	0	2	0	2	0	2	11	9	0	2	0	2	6	4	0	2	0	2	9	7	
total:	126326	5389	1151	26743	100786	3772	120175	5225	2311	4444	187	5202	2008	4107	6624	4861	2707	4228	823	4726	3384	4837	
escala:	123947	5389	26743	100786	3772	120175	53153	102212	24773	122084	4301	113845	46184	94461	153232	111803	62261	97244	18923	108838	8232	111251	

A linha "escala" mostra o total de cada execução já convertido na escala de 1x1, e a célula em negrito mostra a execução com menor número de erros dentre estas execuções.

Planilha contendo as 10 execuções do modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Von Neumann de raio 2, para reticulados de 1000x1000 células.

semana	serie	especiea	n_infect0	erro01	n_infect02	erro02	n_infect03	erro03	n_infect04	erro04	n_infect05	erro05	n_infect06	erro06	n_infect07	erro07	n_infect08	erro08	n_infect09	erro09	n_infect10	erro10
1	1510	258	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0
2	2541	434	246	188	188	246	188	416	115	416	18	414	20	486	52	486	274	160	268	166	235	199
3	3149	538	223	315	223	431	478	229	309	327	211	450	88	450	88	818	237	160	186	362	227	311
4	3039	519	250	288	159	361	334	185	287	282	368	487	32	845	328	366	153	49	470	209	310	310
5	2275	388	165	223	133	255	275	113	294	94	276	112	874	475	874	546	158	63	325	398	10	82
6	2495	428	141	285	141	285	172	150	589	172	168	237	356	130	642	284	520	94	114	312	344	82
7	3631	620	166	424	68	552	146	474	602	474	334	267	353	267	170	450	932	312	135	485	437	183
8	4629	730	120	670	98	732	1041	251	1041	251	310	480	329	461	200	580	913	123	58	732	481	309
9	5829	972	149	823	70	902	937	939	937	35	144	828	58	514	214	780	889	83	55	917	571	401
10	7249	1237	85	1181	56	1181	36	1201	582	645	155	1082	61	1176	230	987	730	507	84	1133	644	583
11	9383	1682	91	1511	55	1547	57	1585	446	1156	168	1434	45	1587	209	1383	976	626	107	1485	705	887
12	10095	1723	125	1939	36	1687	64	1659	390	1333	194	1529	32	1687	138	1585	649	1074	150	1573	678	1045
13	12837	2810	86	2524	39	2571	65	2545	456	2154	271	2393	22	2588	166	2444	910	1700	151	2459	675	1335
14	15961	2871	84	2487	48	2523	62	2509	285	2113	110	2461	30	2541	170	2401	1258	1313	158	2413	732	1839
15	11843	2022	51	1971	62	1960	61	1961	288	1754	131	1891	28	1994	137	1885	1679	343	159	1863	897	1131
16	8699	1485	22	1463	34	1451	52	1433	167	1318	93	1392	34	1451	171	1314	1706	221	167	1318	980	505
17	6524	114	13	1101	36	1078	63	1059	55	1059	40	1074	5	1109	83	1031	2116	1002	159	955	943	171
18	4220	720	17	702	19	702	59	681	23	697	38	681	3	717	51	689	2239	1519	132	588	775	55
19	2700	461	10	451	27	434	44	417	30	431	43	418	7	454	53	408	2222	1761	116	345	561	100
20	1549	264	9	255	17	247	42	222	31	233	63	201	3	261	43	221	2318	2054	175	89	539	215
21	933	158	13	148	11	148	46	113	35	124	20	139	1	158	48	111	2200	2041	182	23	424	285
22	835	143	12	131	12	131	40	103	29	114	22	121	2	141	22	114	1700	1557	221	78	421	278
23	408	70	10	60	9	61	51	37	33	42	9	48	1	69	22	48	1844	1774	218	148	493	423
24	386	68	11	57	5	63	51	17	40	28	17	51	2	66	16	52	1678	1610	218	130	453	385
25	238	47	13	28	7	34	51	10	23	18	17	24	3	38	11	30	1229	1188	193	132	442	401
26	128	22	15	7	8	14	60	38	18	4	20	2	2	20	7	15	1261	1239	173	151	305	283
27	148	25	10	15	8	17	43	18	16	9	26	1	3	22	6	19	1489	1464	175	150	280	255
28	96	16	6	10	9	9	34	18	12	4	27	11	3	13	3	13	1833	1817	173	137	282	236
29	90	15	3	12	8	7	39	12	12	3	24	9	0	15	1	14	1897	1882	164	149	214	199
30	107	18	4	14	8	10	34	16	12	6	25	7	0	18	0	18	1456	1438	160	142	188	170
31	54	9	1	8	4	5	33	24	8	1	15	6	0	9	0	9	1288	1289	49	40	148	139
32	65	11	1	11	5	6	32	25	8	3	12	1	1	11	0	11	1220	1209	58	47	151	140
33	38	6	0	6	4	2	29	23	6	0	4	2	0	6	0	6	1411	1405	65	59	149	143
34	47	8	0	8	5	3	35	27	5	3	4	4	0	8	0	8	1060	1052	64	56	133	125
35	36	6	0	6	2	4	34	28	4	2	0	6	0	6	0	6	1150	1144	86	80	137	131
36	44	8	0	8	0	8	36	28	7	1	0	8	0	8	0	8	1172	1172	84	76	158	150
37	46	8	0	8	0	8	35	27	10	2	0	8	0	8	0	8	884	876	81	73	152	144
38	29	5	0	5	0	5	39	34	9	4	0	5	0	5	0	5	819	814	72	67	136	131
39	35	6	0	6	0	6	40	34	8	2	0	6	0	6	0	6	928	922	68	62	151	145
40	46	8	0	8	0	8	32	24	10	2	0	8	0	8	0	8	835	827	51	43	125	117
41	41	7	0	7	0	7	35	28	9	2	0	7	0	7	0	7	759	752	38	29	85	78
42	68	12	0	12	0	12	37	25	11	1	0	12	0	12	0	12	868	856	35	23	71	59
43	44	8	0	8	0	8	39	31	5	3	0	8	0	8	0	8	679	671	36	28	66	58
44	46	8	0	8	0	8	41	33	3	5	0	8	0	8	0	8	628	620	51	43	65	57
45	72	12	0	12	0	12	44	32	1	11	0	12	0	12	0	12	685	683	56	44	69	57
46	71	12	0	12	0	12	42	30	0	12	0	12	0	12	0	12	738	726	39	27	70	58
47	113	19	0	19	0	19	45	26	0	19	0	19	0	19	0	19	802	791	50	31	67	48
48	114	19	0	19	0	19	62	43	0	19	0	19	0	19	0	19	617	596	50	31	63	44
49	156	27	0	27	0	27	85	58	0	27	0	27	0	27	0	27	567	540	43	16	50	23
50	112	19	0	19	0	19	77	38	0	19	0	19	0	19	0	19	746	727	47	28	35	16
51	58	10	0	10	0	10	83	73	0	10	0	10	0	10	0	10	688	678	62	52	33	23
52	39	7	0	7	0	7	73	66	7	7	0	7	0	7	0	7	701	694	67	60	37	30
total:	126326	21566	2439	19127	1659	19077	4257	19111	7682	14754	3952	17774	3739	18365	5451	18063	57489	48443	5871	20325	16906	15162
escala:	128396	14634	114762	9854	119442	9854	119442	26542	46382	88824	23172	108644	22434	110180	32785	108378	344334	298568	35228	121980	101436	98972

A linha "escala" mostra o total de cada execução já convertido na escala de 1 x 1, e a célula em negrito mostra a execução com menor número de erros dentre essas execuções.



Planilha contendo as 10 execuções do modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Von Neumann de raio 1, para reticulados de 500x500 células.

semana	serie	serialec	n_infect01	erro01	n_infect02	erro02	n_infect03	erro03	n_infect04	erro04	n_infect05	erro05	n_infect06	erro06	n_infect07	erro07	n_infect08	erro08	n_infect09	erro09	n_infect10	erro10
1	1510	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
2	2541	103	194	86	48	60	15	93	45	63	53	53	53	125	17	75	33	148	40	174	66	67
3	3149	134	217	83	74	80	23	111	54	80	65	69	76	132	2	58	76	145	15	185	51	41
4	3039	130	280	150	98	32	29	101	28	105	84	68	68	211	81	63	67	319	189	180	50	38
5	2275	97	324	227	122	25	6	91	46	51	13	246	149	246	50	47	372	275	168	71	58	
6	2495	106	374	268	123	17	17	89	32	74	115	9	136	330	47	436	330	134	28	40	66	
7	3631	155	497	342	127	28	10	145	38	116	122	33	104	51	57	98	428	273	227	72	36	
8	4629	198	487	289	131	67	17	181	48	150	130	68	108	108	42	156	439	241	208	10	43	
9	5632	243	502	259	118	125	17	226	58	185	89	154	48	195	32	211	458	215	221	21	41	
10	7249	309	473	164	113	186	21	288	59	230	141	188	57	252	36	273	507	198	198	111	47	
11	9383	400	602	202	149	251	27	373	64	336	165	238	47	353	31	368	610	210	207	193	48	
12	10095	431	327	592	161	411	20	411	78	353	129	302	27	404	39	392	306	306	280	151	39	
13	15287	652	550	102	171	481	30	622	82	570	66	586	14	638	48	604	419	233	293	359	32	
14	15061	643	670	27	188	455	33	610	74	589	51	592	10	633	37	606	433	210	333	310	23	
15	11843	505	815	310	217	288	41	464	76	429	26	479	12	493	33	472	384	121	306	199	23	
16	8699	374	910	539	231	140	54	317	84	297	32	339	14	357	40	331	372	1	249	121	20	
17	6524	278	966	681	195	83	70	208	90	188	15	263	12	266	43	235	313	35	256	221	21	
18	4220	180	895	715	155	25	85	95	88	92	24	156	9	171	44	136	262	82	309	129	21	
19	2700	115	946	831	270	111	64	51	61	54	20	95	10	105	52	63	264	149	324	209	20	
20	1549	66	953	887	235	169	65	1	80	14	20	46	9	56	57	9	265	219	264	198	45	
21	933	40	915	875	239	199	49	9	89	49	27	13	15	25	46	6	213	233	281	241	15	
22	835	36	943	167	173	167	8	2	84	78	25	19	7	1	63	57	202	186	254	248	2	
23	408	17	1135	1118	174	157	35	18	47	30	30	13	10	3	55	19	300	264	266	230	10	
24	386	17	1277	1280	190	173	23	6	63	46	31	14	5	12	71	54	318	301	313	286	3	
25	238	10	1383	1373	212	202	14	4	71	61	37	27	7	8	78	68	297	287	285	275	3	
26	128	5	1515	1510	172	167	15	10	71	66	31	26	10	5	65	60	258	253	256	251	1	
27	148	6	1643	1637	173	167	8	2	84	78	25	19	7	1	63	57	202	186	254	248	2	
28	96	4	1796	1792	154	150	4	0	93	89	21	17	1	3	63	61	172	168	232	228	4	
29	90	4	1910	1906	140	136	1	3	91	87	6	2	11	7	73	69	122	118	234	230	2	
30	107	5	2141	2136	128	123	0	5	101	96	1	4	14	9	76	71	100	95	243	238	2	
31	54	2	2038	2034	114	112	0	2	97	95	0	2	14	12	80	78	85	83	240	238	2	
32	65	3	1940	1937	83	80	3	3	81	78	0	3	12	9	69	66	50	47	256	253	2	
33	38	2	1862	1860	70	68	0	2	82	80	0	2	9	7	67	65	41	39	252	250	3	
34	47	2	1789	1789	69	67	0	2	84	82	0	2	13	11	81	79	29	27	234	232	5	
35	36	2	1689	1687	56	54	0	2	100	98	0	2	13	11	79	77	32	30	205	203	7	
36	44	2	1876	1874	48	46	0	2	75	73	0	2	11	9	81	79	23	21	212	210	5	
37	46	2	1845	1843	33	31	0	2	96	94	0	2	11	9	82	80	24	22	223	221	7	
38	29	1	1789	1788	28	27	0	1	106	105	0	1	10	9	81	80	30	29	230	229	7	
39	35	1	1712	1711	30	29	0	1	109	108	0	1	6	5	80	78	7	5	230	229	7	
40	46	2	1671	1669	25	23	0	2	116	114	0	2	2	0	63	61	24	22	206	205	15	
41	41	2	1802	1800	18	16	0	2	119	117	0	2	2	0	62	60	19	17	224	222	13	
42	68	3	1879	1876	13	10	0	3	125	122	0	3	3	0	72	69	14	11	215	212	13	
43	44	2	2057	2055	8	6	0	2	116	114	0	2	3	1	68	66	10	8	210	208	12	
44	46	2	2247	2245	7	5	0	2	118	114	0	2	5	3	80	78	7	5	230	228	17	
45	72	3	2295	2292	7	4	0	3	112	109	0	3	6	3	79	76	8	5	237	234	13	
46	71	3	2419	2416	4	3	0	3	128	125	0	3	3	2	75	72	8	5	245	242	16	
47	113	5	2508	2503	1	1	0	4	128	121	0	5	12	7	82	77	10	5	247	242	17	
48	114	5	2458	2453	1	1	0	4	105	100	0	5	11	6	94	89	10	5	244	239	14	
49	158	7	2663	2656	0	0	7	7	113	106	0	7	7	4	111	104	11	4	230	223	15	
50	112	5	2610	2605	0	0	5	5	117	112	0	5	12	7	104	99	12	7	238	233	14	
51	58	2	2475	2473	0	0	2	2	121	125	0	2	15	13	93	91	13	11	250	248	18	
52	39	2	2741	2739	0	0	2	2	130	128	0	2	15	13	103	101	11	9	280	278	16	
total:	126326	5389	72337	72337	61752	5332	5107	4612	6927	4412	6927	1720	3923	1685	4602	3398	6459	6034	12276	9865	1112	4647
escala:	123847	1683751	1544486	122636	117461	20953	106076	101476	159321	39560	92229	38785	105946	78154	148357	283782	226895	283782	226895	25576	106881	

A linha "escala" mostra o total de cada execução já convertido na escala de 1 x 1, e a célula em negrito mostra a execução com menor número de erros dentre essas execuções.











Planilha contendo as 10 execuções do modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Von Neumann de raio 2, para reticulados de 2420x2420 células.

sem	serie	setecale	erro01	erro02	erro03	erro04	erro05	erro06	erro07	erro08	erro09	erro10
1	1510	1510	0	1510	0	1510	0	1510	0	1510	0	1510
2	2541	2540	2381	2302	2071	469	2465	144	2654	486	2485	183
3	3149	3148	385	1975	1173	724	2615	2414	724	2615	2414	724
4	3039	3038	246	2192	1237	1801	2393	4205	1187	1919	3389	361
5	2275	2274	134	2140	878	1396	236	2038	3971	1697	3069	1905
6	2495	2494	134	2360	672	1822	354	2433	2848	354	2433	2848
7	3651	3650	113	3517	882	2768	93	3537	1233	2207	6412	2782
8	4629	4628	55	4573	631	3997	1338	3200	6350	1722	197	14431
9	5632	5631	66	5623	527	5164	98	5593	675	5016	728	178
10	7249	7247	471	7200	6749	101	7446	6401	8492	1245	235	7012
11	9383	9381	72	9309	632	8749	132	9249	1489	7882	10976	1586
12	10092	10092	85	10007	783	9309	149	9843	13409	13913	3741	284
13	15287	15283	86	15197	897	14386	203	15080	669	14614	12757	2526
14	15061	15057	73	14884	980	14087	208	14849	616	14441	13068	1989
15	11843	11840	45	11795	941	10899	189	11651	217	11623	13747	1907
16	8899	8897	61	8836	613	8084	150	8547	333	8364	15855	7189
17	6524	6522	28	6494	698	5828	104	6418	457	6085	16430	9908
18	4220	4219	15	4204	667	352	107	4112	362	3857	14763	10544
19	2700	2699	18	2681	690	2009	102	2597	933	2116	11263	8584
20	1549	1548	8	1541	531	1018	110	1439	508	1041	14681	13132
21	933	933	4	929	607	328	129	808	442	491	17333	16400
22	835	835	7	828	650	185	152	863	326	509	14126	13291
23	408	408	5	403	615	207	115	293	381	27	15152	14744
24	386	386	4	382	586	110	105	291	583	187	11813	11417
25	238	238	4	234	430	192	139	99	703	465	9643	9405
26	128	128	3	125	377	249	121	7	774	646	9641	9513
27	148	148	3	145	444	288	115	33	1245	1097	7728	7580
28	96	96	4	92	370	274	113	17	1374	1278	8091	7999
29	90	90	4	86	465	374	120	30	1406	1318	6498	6408
30	107	107	11	96	598	401	143	12	1433	1326	5135	5028
31	54	54	7	47	403	349	104	50	1476	1422	3687	3813
32	65	65	5	60	374	309	74	9	1289	1224	2461	2416
33	38	38	2	36	260	222	70	32	1307	1269	2624	2486
34	47	47	4	43	328	281	147	1100	1147	1100	2589	2542
35	36	36	1	35	198	162	93	57	1018	982	2637	2601
36	44	44	1	43	139	106	84	40	1086	1042	2192	2148
37	46	46	1	45	98	82	75	29	951	905	1701	1655
38	29	29	0	29	122	93	61	32	1027	988	1214	1188
39	35	35	0	35	124	89	49	14	1078	1043	1305	1270
40	46	46	0	46	78	46	39	7	810	784	1377	1331
41	41	41	0	41	64	23	28	13	862	821	1012	971
42	68	68	0	68	74	6	32	36	885	797	719	681
43	44	44	0	44	75	31	20	24	908	864	838	794
44	46	46	0	46	91	45	25	21	1087	1041	880	844
45	72	72	0	72	94	22	27	45	1346	1274	937	885
46	71	71	0	71	105	34	28	43	1659	1588	1079	1008
47	113	113	0	113	138	23	44	68	1926	1813	1280	1167
48	114	114	0	114	147	33	49	65	2101	1987	1684	1604
49	158	158	0	158	167	9	46	110	2435	2277	1032	1012
50	112	112	0	112	128	14	65	47	2503	2391	1088	1048
51	58	58	0	58	150	92	57	1	2874	2816	858	800
52	39	39	0	39	173	134	80	41	2945	2906	1113	1074
total:	12626	12624	3489	122805	26749	108653	9457	117885	69776	138524	322680	208738
escala:	12624	12624	3489	122805	26749	108653	9457	117885	69776	138524	322680	208738

A linha "escala" mostra o total de cada execução já convertido na escala de 1x1, e a célula em negrito mostra a execução com menor número de erros dentre essas execuções.

Planilha contendo as 10 execuções do modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Moore de raio 1, para reticulados de 500x500 células.

semana	serie	serialec	n_infect01	erro01	n_infect02	erro02	n_infect03	erro03	n_infect04	erro04	n_infect05	erro05	n_infect06	erro06	n_infect07	erro07	n_infect08	erro08	n_infect09	erro09	n_infect10	erro10
1	1510	64	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0
2	2541	108	34	74	20	88	67	41	63	45	66	42	66	42	63	45	63	45	98	10	78	30
3	3149	134	8	126	3	131	99	35	116	18	76	58	76	68	76	58	147	14	148	14	24	110
4	3039	130	2	128	12	118	108	29	101	29	188	58	69	61	73	57	74	58	150	20	60	70
5	2275	97	2	95	4	93	50	47	74	23	38	59	37	30	40	62	127	30	62	35	61	38
6	2495	106	3	103	4	102	49	57	88	38	37	69	14	92	130	84	192	86	62	44	38	68
7	3631	155	4	151	0	155	21	134	55	100	50	105	30	125	133	22	149	6	43	112	52	103
8	4629	198	5	193	0	198	34	164	34	164	54	144	13	185	101	97	173	25	37	161	19	179
9	5632	243	4	239	0	243	24	219	26	217	50	193	11	226	171	172	183	60	31	212	6	237
10	7248	309	5	304	0	309	34	275	27	282	49	280	8	301	62	247	139	170	29	280	10	289
11	9383	400	4	396	0	400	13	387	31	389	51	349	5	395	87	313	211	189	33	367	16	394
12	10095	431	5	426	0	431	16	415	19	412	57	374	6	425	98	333	122	239	25	406	6	425
13	15287	652	4	648	0	652	6	645	21	631	49	603	6	646	70	582	169	483	23	629	6	646
14	15061	643	2	641	0	643	5	638	20	623	21	622	17	628	77	568	158	487	27	616	1	642
15	11843	505	1	504	0	505	1	504	20	485	23	482	14	491	35	470	130	375	25	480	3	502
16	8899	371	0	371	0	371	1	370	21	349	16	355	12	359	56	315	132	239	18	353	5	366
17	6524	278	0	278	0	278	0	278	24	264	22	255	16	262	51	227	166	92	15	263	1	277
18	4220	180	0	180	0	180	0	180	18	162	29	151	22	158	69	111	171	9	12	168	1	179
19	2700	115	0	115	0	115	0	115	14	101	24	91	19	96	74	41	157	42	9	106	1	114
20	1549	66	0	66	0	66	0	66	7	59	18	48	25	41	87	21	104	128	16	50	1	65
21	933	40	0	40	0	40	0	40	3	37	7	33	30	10	70	30	187	147	5	35	0	40
22	835	36	0	36	0	36	0	36	3	33	8	28	3	35	1	90	54	103	7	29	0	36
23	408	17	0	17	0	17	0	17	0	17	7	10	10	83	100	83	138	121	9	8	0	17
24	366	17	0	17	0	17	0	17	0	17	6	11	4	24	89	82	113	96	4	13	0	17
25	238	10	0	10	0	10	0	10	10	11	1	40	30	76	66	66	104	94	6	4	0	10
26	129	5	0	5	0	5	0	5	0	5	7	2	61	56	81	86	83	78	2	3	0	5
27	148	6	0	6	0	6	0	6	0	6	5	1	67	61	123	117	81	75	1	5	0	6
28	96	4	0	4	0	4	0	4	0	4	6	2	77	73	102	98	91	87	2	2	0	4
29	90	4	0	4	0	4	0	4	0	4	6	2	70	66	118	114	86	82	0	4	0	4
30	107	5	0	5	0	5	0	5	0	5	4	1	75	70	95	90	69	64	0	5	0	5
31	94	2	0	2	0	2	0	2	0	2	2	0	74	72	88	86	61	59	0	2	0	2
32	65	3	0	3	0	3	0	3	0	3	2	1	77	74	77	74	67	64	0	3	0	3
33	38	2	0	2	0	2	0	2	0	2	2	0	46	44	71	75	52	50	0	2	0	2
34	47	2	0	2	0	2	0	2	0	2	2	0	51	49	63	61	34	32	0	2	0	2
35	36	2	0	2	0	2	0	2	0	2	2	0	40	38	67	65	32	30	0	2	0	2
36	44	2	0	2	0	2	0	2	0	2	2	0	34	32	64	62	34	32	0	2	0	2
37	46	2	0	2	0	2	0	2	0	2	3	1	33	31	66	64	33	31	0	2	0	2
38	29	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2	1	25	24	58	57	27	26	0	1	0	1
39	35	1	0	1	0	1	0	1	0	1	3	2	21	20	71	70	24	23	0	1	0	1
40	46	2	0	2	0	2	0	2	0	2	4	2	17	15	85	83	19	17	0	2	0	2
41	41	2	0	2	0	2	0	2	0	2	4	2	20	18	91	89	24	22	0	2	0	2
42	68	3	0	3	0	3	0	3	0	3	4	1	15	12	105	102	21	18	0	3	0	3
43	44	2	0	2	0	2	0	2	0	2	6	4	22	20	84	82	17	15	0	2	0	2
44	46	2	0	2	0	2	0	2	0	2	7	5	17	15	89	87	14	12	0	2	0	2
45	72	3	0	3	0	3	0	3	0	3	3	0	13	10	90	87	18	15	0	3	0	3
46	71	3	0	3	0	3	0	3	0	3	7	4	9	6	92	89	12	9	0	3	0	3
47	113	5	0	5	0	5	0	5	0	5	8	3	4	1	91	86	7	2	0	5	0	5
48	114	5	0	5	0	5	0	5	0	5	7	2	6	1	100	98	7	2	0	5	0	5
49	198	7	0	7	0	7	0	7	0	7	10	3	4	3	121	114	6	4	0	7	0	7
50	112	5	0	5	0	5	0	5	0	5	7	2	3	2	136	131	4	1	0	5	0	5
51	58	2	0	2	0	2	0	2	0	2	7	5	1	1	144	142	5	3	0	2	0	2
52	39	2	0	2	0	2	0	2	0	2	9	7	2	2	183	181	4	2	0	2	0	2
total:	126326	5389	147	5242	107	5292	667	4812	834	4555	1150	4453	1600	5488	4630	6613	4652	4247	963	4494	443	4946
escala:	123947	3381	120566	2461	121486	18001	110576	19182	104765	29450	102419	36800	126247	107870	152099	106996	97681	22149	103362	10189	113758	

A linha "escala" mostra o total de cada execução já convertido na escala de 1 x 1, e a célula em negrito mostra a execução com menor número de erros dentre essas execuções.

Planilha contendo as 10 execuções do modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Moore de raio 1, para reticulados de 1000x1000 células.

semana	serie	senescalc	n_infec01	erro01	n_infec02	erro02	n_infec03	erro03	n_infec04	erro04	n_infec05	erro05	n_infec06	erro06	n_infec07	erro07	n_infec08	erro08	n_infec09	erro09	n_infec10	erro10	
1	1510	258	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	258	0	
2	2541	434	167	267	240	202	232	228	206	228	151	283	527	93	853	419	411	23	620	166	46	388	
3	3149	539	91	447	339	389	200	338	229	329	83	455	328	739	866	329	123	409	639	160	22	516	
4	3039	519	86	433	391	420	107	412	70	449	38	481	140	379	305	214	281	238	679	160	6	513	
5	2275	388	86	302	100	288	128	260	57	331	60	328	131	257	206	182	207	187	799	411	20	380	
6	2495	426	13	413	85	341	211	215	83	343	50	376	78	348	271	153	94	332	1071	645	7	419	
7	3631	620	25	595	116	504	136	494	60	560	66	554	28	592	354	266	138	484	1047	427	1	619	
8	4629	790	24	769	21	769	132	638	49	741	32	759	18	772	384	406	176	614	691	99	0	790	
9	5632	972	29	944	21	950	94	86	686	57	915	45	927	145	1092	219	1018	168	1069	168	0	1237	
10	7249	1237	37	1200	27	1210	86	1151	75	1162	23	1214	3	1234	216	1386	386	1216	266	1336	0	1602	
11	9383	1602	50	1532	25	1577	58	1584	70	1532	28	1574	8	1594	4	1709	185	271	1452	405	332	1391	
12	10095	1723	51	1672	6	1717	63	1690	37	1696	28	1695	14	1709	47	1712	336	274	2066	394	2226	2610	
13	15287	2610	64	2546	2	2608	73	2537	37	2573	35	2575	13	2597	336	274	494	2077	445	2128	0	2571	
14	15061	2571	97	2474	4	2557	98	2473	37	2534	21	2550	19	2552	437	2134	494	2077	445	2128	0	2571	
15	11843	2022	76	1946	4	2018	101	1921	27	1995	20	2002	10	2012	142	1880	525	1497	189	1833	0	2022	
16	8699	1485	70	1415	3	1482	116	1369	27	1459	8	1477	7	1478	33	1452	609	876	233	1252	0	1485	
17	6524	1114	52	1082	2	1112	89	1025	30	1084	19	1095	3	1111	38	1079	403	711	288	846	0	1114	
18	4220	720	39	681	3	717	63	657	30	690	12	708	2	718	48	672	563	157	348	372	0	720	
19	2700	461	27	434	6	455	49	412	27	434	5	458	2	459	56	405	485	24	201	260	485	0	461
20	1549	264	20	244	4	260	68	196	35	229	2	262	3	261	51	213	545	281	249	249	15	0	264
21	933	158	28	131	4	155	51	108	42	117	3	156	1	158	47	112	554	395	155	155	4	0	159
22	835	143	22	121	4	139	56	81	35	107	1	142	2	141	31	112	389	246	231	88	88	0	143
23	408	70	9	61	1	69	41	31	28	46	0	70	2	68	47	23	373	303	264	194	0	0	70
24	386	68	8	60	1	67	46	22	45	23	0	68	1	67	45	23	520	452	131	63	63	0	68
25	238	41	7	34	0	41	41	0	43	2	0	44	2	43	34	7	311	270	141	100	0	0	41
26	129	22	4	18	0	22	31	0	43	21	0	22	2	20	19	3	164	142	136	114	0	0	22
27	148	25	4	21	0	25	36	11	44	19	0	25	2	23	19	6	201	176	131	106	0	0	25
28	96	16	3	13	0	16	32	16	40	24	0	16	4	12	10	6	268	252	138	122	0	0	16
29	90	15	4	11	0	15	35	20	53	38	0	15	2	13	5	10	300	295	124	109	0	0	15
30	107	18	7	11	0	18	38	20	54	36	0	18	1	17	5	13	299	281	158	140	0	0	18
31	54	9	14	5	0	9	27	18	44	35	0	9	1	8	1	8	334	325	178	169	0	0	9
32	65	11	15	4	0	11	26	15	45	34	0	11	1	11	0	11	214	203	202	191	0	0	11
33	38	6	8	2	0	6	22	16	33	27	0	6	0	6	0	6	198	193	179	173	0	0	6
34	47	8	10	2	0	8	27	19	37	29	0	8	0	8	0	8	208	197	214	206	0	0	8
35	36	6	15	9	0	6	10	4	28	22	0	6	0	6	0	6	148	142	197	191	0	0	6
36	44	8	15	7	0	8	15	7	35	27	0	8	0	8	0	8	180	172	152	144	0	0	8
37	46	8	10	2	0	8	16	8	36	28	0	8	0	8	0	8	185	177	186	178	0	0	8
38	29	5	9	4	0	5	16	11	36	31	0	5	0	5	0	5	142	137	89	84	0	0	5
39	35	6	3	3	0	6	20	14	27	21	0	6	0	6	0	6	149	143	84	78	0	0	6
40	46	8	4	4	0	8	14	14	28	20	0	8	0	8	0	8	179	171	89	81	0	0	8
41	41	7	4	3	0	7	8	1	29	22	0	7	0	7	0	7	182	175	109	102	0	0	7
42	68	12	7	5	0	12	5	7	29	17	0	12	0	12	0	12	189	177	131	119	0	0	12
43	44	8	8	0	0	8	6	2	20	12	0	8	0	8	0	8	203	195	88	80	0	0	8
44	46	8	3	5	0	8	7	1	20	12	0	8	0	8	0	8	212	204	93	85	0	0	8
45	72	12	2	10	0	12	4	8	22	10	0	12	0	12	0	12	221	209	91	79	0	0	12
46	71	12	1	11	0	12	2	10	17	5	0	12	0	12	0	12	214	202	85	73	0	0	12
47	113	19	2	17	0	19	4	15	15	4	0	19	0	19	0	19	218	199	79	60	0	0	19
48	114	19	0	19	0	19	3	16	13	6	0	19	0	19	0	19	262	243	78	59	0	0	19
49	158	27	0	27	0	27	4	23	8	8	0	27	0	27	0	27	218	203	40	33	0	0	27
50	112	19	0	19	0	19	3	16	5	14	0	19	0	19	0	19	253	234	51	32	0	0	19
51	58	10	0	10	0	10	2	8	4	6	0	10	0	10	0	10	288	275	51	41	0	0	10
52	39	7	0	7	0	7	0	7	3	4	0	7	0	7	0	7	289	261	49	42	0	0	7
<b>total:</b>	12626	21666	1587	20949	1186	20380	2972	18994	2502	20949	980	20378	2032	20122	5897	17363	15091	21593	13428	18548	348	21218	
<b>escala:</b>	129368	9522	120294	7116	122280	17832	113904	15012	120288	5928	123468	12192	120732	34182	104178	90546	129558	80568	111288	2088	127308		

A linha "escala" mostra o total de cada execução já convertido na escala de 1 x 1, e a célula em negrito mostra a execução com menor número de erros dentre essas execuções.



Planilha contendo as 10 execuções do modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Moore de raio 2, para reticulados de 500x500 células.

semana	serie	seriecalc	n_infect01	erro01	n_infect02	erro02	n_infect03	erro03	n_infect04	erro04	n_infect05	erro05	n_infect06	erro06	n_infect07	erro07	n_infect08	erro08	n_infect09	erro09	n_infect10	erro10
1	1510		64	64	0	64	64	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64
2	2541		108	143	35	108	143	29	79	140	32	19	89	42	66	76	32	108	0	108	0	108
3	3149		134	104	30	134	23	111	347	213	42	92	8	134	126	8	134	0	134	0	134	0
4	3039		130	92	38	130	14	116	348	218	44	86	0	130	51	79	0	130	0	130	0	130
5	2275		97	108	11	97	18	79	230	133	41	56	230	0	97	37	60	0	97	0	97	0
6	2495		106	77	29	106	29	77	136	0	85	21	106	0	106	36	70	0	106	0	106	0
7	3631		155	77	78	155	77	104	275	120	84	71	155	0	155	18	137	0	155	0	155	0
8	4629		198	83	115	198	53	145	157	41	80	118	198	0	198	8	190	0	198	0	198	0
9	5692		243	80	163	243	53	190	143	100	76	165	243	0	243	4	239	0	243	0	243	0
10	7249		309	82	227	309	41	268	195	114	43	266	309	0	309	6	303	0	309	0	309	0
11	9383		400	78	322	400	55	345	383	47	12	388	400	0	400	7	383	0	400	0	400	0
12	10085		431	58	373	431	33	619	540	109	19	412	431	0	431	7	424	0	431	0	431	0
13	15287		652	35	617	652	33	619	500	152	18	634	652	0	652	5	647	0	652	0	652	0
14	15061		643	39	604	643	37	606	673	30	20	623	643	0	643	4	639	0	643	0	643	0
15	11843		505	36	489	505	31	474	739	234	19	486	505	0	505	8	497	0	505	0	505	0
16	8699		371	46	325	371	13	358	1175	804	33	338	371	0	371	15	356	0	371	0	371	0
17	6524		278	47	231	278	16	282	924	646	34	244	278	0	278	15	283	0	278	0	278	0
18	4221		180	63	117	180	12	168	967	787	23	157	180	0	180	15	165	0	180	0	180	0
19	2700		115	55	60	115	3	112	1480	1365	24	91	115	0	115	13	102	0	115	0	115	0
20	1549		66	49	17	66	5	61	1633	1567	32	34	66	0	66	13	53	0	66	0	66	0
21	933		40	48	8	40	1	39	1512	1472	35	5	40	0	40	40	0	40	0	40	0	
22	835		36	53	17	36	0	36	1542	1506	31	5	36	0	36	31	0	36	0	36	0	
23	408		17	66	49	17	0	17	1140	1123	28	12	17	0	17	0	17	0	17	0	17	0
24	366		17	60	43	17	0	17	885	878	14	3	17	0	17	0	17	0	17	0	17	0
25	238		10	32	22	10	0	10	649	639	20	10	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0
26	128		5	32	27	5	0	5	707	702	17	12	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
27	148		6	19	13	6	0	6	589	583	18	12	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0
28	96		4	9	5	4	0	4	678	674	14	4	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0
29	90		4	15	11	4	0	4	768	764	9	5	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0
30	107		5	24	19	5	0	5	598	593	14	9	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
31	54		2	28	26	2	0	2	606	604	9	7	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
32	65		3	18	15	3	0	3	549	546	7	4	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0
33	38		2	20	18	2	0	2	440	438	3	1	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
34	47		2	24	22	2	0	2	431	429	1	1	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
35	36		2	16	14	2	0	2	545	543	3	1	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
36	44		2	7	5	2	0	2	386	384	1	1	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
37	46		2	1	1	2	0	2	465	463	0	2	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
38	29		1	2	1	1	0	1	322	321	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
39	35		1	0	1	1	0	1	242	241	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
40	46		2	0	2	0	0	2	284	282	0	2	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0
41	41		2	0	2	0	0	2	289	287	0	2	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0
42	68		3	0	3	0	0	3	313	310	0	3	0	0	3	0	3	0	3	0	3	0
43	44		2	0	2	0	0	2	277	275	44	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
44	46		2	0	2	0	0	2	272	270	0	2	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0
45	72		3	0	3	0	0	3	188	185	0	3	0	0	3	0	3	0	3	0	3	0
46	71		3	0	3	0	0	3	175	172	0	3	0	0	3	0	3	0	3	0	3	0
47	113		5	0	5	0	0	5	182	177	0	5	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0
48	114		5	0	5	0	0	5	201	198	0	5	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0
49	158		7	0	7	0	0	7	183	176	0	7	0	0	7	0	7	0	7	0	7	0
50	112		5	0	5	0	0	5	175	170	0	5	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0
51	58		2	0	2	0	0	2	185	183	0	2	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0
52	39		2	0	2	0	0	2	198	196	0	2	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0
total:	12626	5389	1890	4221	64	525	635	4754	2695	2254	1039	4516	106	523	528	4861	64	525	64	525	107	4780
escala:	12347	43470	97083	1472	122475	1472	14893	10842	619505	51642	23897	103868	2438	121509	12144	11893	1472	122475	1472	122475	23161	10940

A linha "escala" mostra o total de cada execução já convertido na escala de 1x1, e a célula em negrito mostra a execução com menor número de erros dentre essas execuções.

Planilha contendo as 10 execuções do modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Moore de raio 2, para reticulados de 1000x1000 células.

semana	serie	n_infec0	erro01	n_infec02	erro02	n_infec03	erro03	n_infec04	erro04	n_infec05	erro05	n_infec06	erro06	n_infec07	erro07	n_infec08	erro08	n_infec09	erro09	n_infec10	erro10		
1	1510	288	288	0	288	288	0	288	288	0	288	0	288	0	288	0	288	0	288	0	288	0	
2	2541	434	298	309	125	88	346	181	253	1088	654	825	231	260	202	202	210	283	151	210	224		
3	3149	538	474	241	297	479	489	424	237	1935	1397	187	351	174	534	307	339	193	339	193	79	459	
4	3039	519	958	437	391	83	436	491	28	1960	1441	40	479	572	359	180	118	401	118	401	242	277	
5	2275	388	678	290	562	174	149	239	265	123	316	1590	72	434	384	576	188	103	285	87	301		
6	2495	426	780	354	636	210	268	158	528	102	2386	1860	49	371	425	376	50	346	80	346	131	295	
7	3631	620	1210	580	673	53	301	319	694	74	2134	1514	51	569	610	119	12	493	16	504	504		
8	4629	790	1184	394	664	289	289	501	1929	1139	664	724	724	893	499	241	124	666	204	666	986		
9	5692	972	1069	97	707	265	210	762	728	244	2200	1708	79	833	2890	0	972	403	569	77	893	236	736
10	7249	1237	762	475	460	373	864	686	551	4622	3285	18	1219	835	382	855	51	1188	285	1012	285	1012	
11	9383	1602	1200	402	449	1153	430	912	690	3096	1494	0	1602	1602	544	1058	73	1529	148	1456	148	1456	
12	10095	1723	1353	370	572	1151	510	1123	600	1723	2249	0	1723	3970	0	1723	1346	113	1656	113	1610	1610	
13	15287	2610	921	1609	413	2197	368	2242	807	1803	4914	2034	0	2610	0	2610	469	103	2907	150	2460	2460	
14	15861	2571	768	1806	388	2173	278	2293	834	1737	6324	3753	0	2571	0	555	2016	83	2488	223	2346	2346	
15	11843	2022	921	1101	526	1496	403	1619	526	1350	7868	5836	0	2022	0	421	1601	80	1942	251	1771	1771	
16	8699	1485	1095	390	598	887	375	1110	321	1164	8583	7068	0	1485	0	1485	353	1132	445	1440	290	1195	
17	6524	1114	1048	66	706	408	306	808	285	819	8599	7445	0	1114	0	1114	384	730	33	1081	286	828	
18	4220	720	679	41	751	31	164	556	283	437	7536	6816	0	720	0	720	390	300	890	347	373	373	
19	2700	461	337	124	894	433	169	292	385	76	5265	4804	0	461	0	461	423	38	421	430	421	40	
20	1549	264	263	1	1039	795	181	83	365	101	5410	5146	0	264	0	264	402	138	37	227	450	186	
21	933	159	296	137	1080	931	146	13	325	168	4094	3845	0	159	0	159	418	259	19	140	422	263	
22	835	143	262	119	909	766	119	28	240	92	4303	4160	0	143	0	143	321	178	22	121	474	331	
23	408	70	188	118	1127	1057	139	69	214	144	3732	3662	0	70	0	419	349	23	47	519	449	449	
24	386	68	162	94	1193	1125	115	47	301	233	2883	2815	0	68	0	428	357	13	55	427	359	359	
25	238	41	155	988	927	117	76	313	272	2315	2274	0	41	0	490	449	5	36	362	478	478		
26	128	22	170	148	736	714	94	72	352	330	2050	2028	0	22	0	423	401	6	16	500	321	321	
27	148	25	158	131	482	457	74	49	330	305	1886	1680	0	25	0	382	367	2	23	423	388	388	
28	96	16	104	88	382	376	62	46	236	280	2187	2171	0	16	0	516	500	4	12	598	600	600	
29	90	15	91	76	373	388	66	51	197	1967	1967	1962	0	15	0	471	456	0	15	615	600	600	
30	107	18	114	96	281	263	53	35	234	216	1978	1690	0	18	0	305	287	0	18	648	628	628	
31	54	9	96	87	297	288	48	39	194	169	2268	2297	0	9	0	231	222	0	9	783	774	774	
32	65	11	39	28	232	221	77	36	25	221	2107	2096	0	11	0	169	158	0	11	759	748	748	
33	38	6	41	35	231	225	25	19	112	106	2384	2328	0	6	0	126	120	0	6	842	836	836	
34	47	8	36	28	174	168	21	13	97	89	1914	1906	0	8	0	141	133	0	8	882	874	874	
35	36	6	35	29	121	115	20	14	68	62	1631	1625	0	6	0	84	78	0	6	922	916	916	
36	44	8	44	36	131	123	16	8	57	49	1510	1502	0	8	0	113	105	0	8	776	768	768	
37	46	8	44	36	146	138	22	14	40	32	1551	1543	0	8	0	88	81	0	8	608	602	602	
38	29	5	32	27	149	144	18	13	63	58	2039	2025	0	5	0	67	62	0	5	652	647	647	
39	35	6	22	16	189	183	15	9	46	40	2091	2085	0	6	0	47	41	0	6	460	454	454	
40	46	8	16	172	164	164	14	6	50	42	2027	2019	0	8	0	45	37	0	8	461	453	453	
41	41	7	13	8	188	181	9	2	42	35	2289	2282	0	7	0	32	25	0	7	423	416	416	
42	68	12	22	10	193	181	9	3	52	40	2656	2644	0	12	0	34	22	0	12	327	315	315	
43	44	8	19	11	190	182	6	2	32	24	1988	1960	0	8	0	25	17	0	8	287	279	279	
44	46	8	20	12	238	231	5	3	35	27	1731	1723	0	8	0	34	26	0	8	319	311	311	
45	72	12	25	13	257	245	3	9	37	25	2439	2427	0	12	0	57	45	0	12	348	333	333	
46	71	12	22	10	491	479	4	8	34	27	2056	2044	0	12	0	55	43	0	12	340	328	328	
47	113	19	40	7	407	388	4	15	46	27	1447	1428	0	19	0	67	48	0	19	388	369	369	
48	114	19	18	1	374	358	1	18	42	23	2071	2052	0	19	0	68	49	0	19	463	444	444	
49	158	27	25	2	478	451	0	27	51	24	3021	2994	0	27	0	91	64	0	27	409	382	382	
50	112	19	18	1	642	623	0	19	74	55	3338	3319	0	19	0	96	77	0	19	312	293	293	
51	58	10	5	5	780	770	0	10	106	96	4188	4178	0	10	0	114	104	0	10	214	204	204	
52	39	7	9	2	719	712	0	7	122	115	5368	5329	0	7	0	76	69	0	7	216	209	209	
53	12626	21566	19043	10559	26137	26691	6309	16711	15303	13839	161674	140108	1645	20703	451	21115	14176	18500	2230	19336	20637	32021	
escala:	129398	114295	63354	156822	160996	39954	97626	11818	83034	97044	840648	9870	124218	2706	29890	85056	111000	13300	16016	129222	192126	192126	

A linha "escala" mostra o total de cada execução já convertido na escala de 1x1, e a célula em negrito mostra a execução com menor número de erros dentre essas execuções.





Planilha contendo as 10 execuções do modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Moore de raio 1, para reticulados de 500x500 células.

semana	serie	serialec	n_infe01	erro01	n_infe02	erro02	n_infe03	erro03	n_infe04	erro04	n_infe05	erro05	n_infe06	erro06	n_infe07	erro07	n_infe08	erro08	n_infe09	erro09	n_infe10	erro10
1	1510	64	64	64	0	0	64	64	0	64	64	64	64	64	0	64	64	64	64	0	64	64
2	2541	108	47	61	43	65	91	17	94	94	14	49	59	19	89	26	82	21	87	104	4	78
3	3149	134	152	18	11	128	20	114	193	59	10	124	10	134	6	128	39	95	121	13	238	95
4	3039	130	128	5	3	127	38	92	211	81	22	108	0	130	9	121	85	45	53	77	331	201
5	2275	62	97	178	81	97	25	72	163	72	32	66	65	94	97	14	83	62	62	35	366	269
6	2495	106	173	67	67	183	21	85	183	77	40	66	40	106	2	104	131	25	59	47	532	446
7	3631	155	77	78	0	155	39	116	176	21	27	128	0	155	6	149	100	55	58	97	1021	866
8	4629	198	97	101	0	198	36	162	225	27	23	175	0	198	2	197	59	139	66	132	1307	1109
9	5632	243	141	102	0	243	27	216	189	54	21	222	0	243	2	241	71	172	61	182	1423	1180
10	7249	309	183	126	0	309	33	276	248	61	15	294	0	309	3	306	94	215	52	267	1817	1506
11	9383	400	221	179	0	400	27	373	341	59	15	386	0	400	2	389	92	308	77	323	2247	1847
12	10095	431	189	242	0	431	10	421	482	51	12	419	0	431	0	431	111	320	84	347	2253	1822
13	15287	652	273	379	0	652	16	636	459	193	20	632	0	652	0	652	101	551	112	540	2431	1779
14	15061	643	275	388	0	643	8	635	654	79	13	630	0	643	0	643	118	525	122	521	2383	1740
15	11843	505	283	222	0	505	3	502	437	68	18	487	0	505	0	505	146	359	117	388	2596	2091
16	8699	371	196	173	0	371	1	370	479	108	14	357	0	371	0	371	155	216	110	261	3224	2853
17	6524	278	187	91	0	278	0	278	541	263	6	272	0	278	0	278	143	135	88	189	3727	3459
18	4220	180	151	29	0	180	0	180	954	384	7	173	0	180	0	180	173	7	72	108	4165	3985
19	2700	115	112	3	0	115	0	115	517	402	6	109	0	115	0	115	193	78	50	65	4305	4190
20	1549	66	95	29	0	66	0	66	553	487	11	55	0	66	0	66	242	176	44	22	4009	3943
21	933	40	115	75	0	40	0	40	541	501	12	28	0	40	0	40	213	173	44	4	4332	4292
22	835	36	90	54	0	36	0	36	320	314	5	1	0	36	0	36	195	159	30	6	4431	4395
23	408	17	71	54	0	17	0	17	644	627	6	11	0	17	0	17	213	196	26	9	5902	5075
24	366	17	57	40	0	17	0	17	659	642	4	13	0	17	0	17	186	179	30	13	5497	5480
25	238	10	47	37	0	10	0	10	494	6	4	4	0	10	0	10	198	188	32	22	5902	5892
26	128	5	37	32	0	5	0	5	405	400	9	4	0	5	0	5	188	183	30	25	8956	5951
27	148	6	20	14	0	6	0	6	320	314	5	1	0	6	0	6	186	180	28	22	5866	5860
28	96	4	15	11	0	4	0	4	249	245	3	1	0	4	0	4	166	162	26	22	5759	5755
29	90	4	6	2	0	4	0	4	221	217	2	2	0	4	0	4	152	148	28	24	5425	5421
30	107	5	4	1	0	5	0	5	235	230	3	2	0	5	0	5	141	136	22	17	5518	5513
31	54	2	1	1	0	2	0	2	275	273	0	2	0	2	0	2	158	155	20	16	5412	5410
32	65	3	1	2	0	3	0	3	304	301	3	3	0	3	0	3	148	145	22	19	5682	5679
33	38	2	0	2	0	2	0	2	314	312	0	2	0	2	0	2	149	147	25	23	6255	6253
34	47	2	0	2	0	2	0	2	230	228	0	2	0	2	0	2	151	149	28	26	6500	6498
35	36	2	0	2	0	2	0	2	255	253	0	2	0	2	0	2	164	162	29	27	6515	6513
36	44	2	0	2	0	2	0	2	250	248	0	2	0	2	0	2	168	166	30	28	6670	6668
37	46	2	0	2	0	2	0	2	200	198	0	2	0	2	0	2	184	182	24	22	6630	6628
38	29	1	0	1	0	1	0	1	196	195	0	1	0	1	0	1	201	200	16	15	6882	6881
39	35	1	0	1	0	1	0	1	206	205	0	1	0	1	0	1	191	190	11	10	6829	6828
40	46	2	0	2	0	2	0	2	197	195	0	2	0	2	0	2	192	190	14	12	6901	6899
41	41	2	0	2	0	2	0	2	190	188	0	2	0	2	0	2	186	184	9	7	6822	6820
42	68	3	0	3	0	3	0	3	200	197	0	3	0	3	0	3	184	181	7031	7028	6	6
43	44	2	0	2	0	2	0	2	138	136	0	2	0	2	0	2	195	193	7	5	7487	7485
44	46	2	0	2	0	2	0	2	120	118	0	2	0	2	0	2	189	187	8	6	8124	8122
45	71	3	0	3	0	3	0	3	104	101	0	3	0	3	0	3	216	213	11	8	8378	8375
46	71	3	0	3	0	3	0	3	90	87	0	3	0	3	0	3	211	208	11	8	8367	8364
47	113	5	0	5	0	5	0	5	44	39	0	5	0	5	0	5	210	205	18	13	9344	9329
48	114	5	0	5	0	5	0	5	40	35	0	5	0	5	0	5	207	202	17	12	8654	8649
49	158	7	0	7	0	7	0	7	36	29	0	7	0	7	0	7	231	224	17	10	8634	8634
50	112	5	0	5	0	5	0	5	28	23	0	5	0	5	0	5	237	232	19	14	8621	8616
51	58	2	0	2	0	2	0	2	34	32	0	2	0	2	0	2	221	219	21	19	8601	8599
52	39	2	0	2	0	2	0	2	38	36	0	2	0	2	0	2	241	239	21	19	9542	9542
total:	12626	5389	3685	2732	121	5268	459	4930	14486	10153	482	4815	83	5306	135	5254	8334	9409	2260	4099	254586	249267
escala:	123947	84755	62836	2783	121164	10557	113990	333178	239319	11086	13945	1939	122038	3105	128842	191682	216407	51980	94277	5859708	5733144	

A linha "escala" mostra o total de cada execução já convertido na escala de 1x1, e a célula em negrito mostra a execução com menor número de erros dentre estas execuções.



Planilha contendo as 10 execuções do modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Moore de raio 1, para reticulados de 2420x2420 células.

semana	serie	err01	err02	err03	err04	err05	err06	err07	err08	err09	err10
1	1510	0	1510	0	1510	0	1510	0	1510	0	1510
2	2541	2452	1232	1308	3695	88	189	359	1076	1464	1453
3	3149	3148	2986	162	2036	227	921	2832	1829	2946	2610
4	3039	3038	2992	38	3000	1110	1928	3497	1055	1983	2684
5	2275	2274	1890	384	2246	1317	2182	3077	1135	1335	2154
6	2495	2494	1218	23	2471	1044	1450	2498	6390	1754	2327
7	3631	3630	1493	27	3603	1261	2369	2751	4885	1265	3452
8	4629	4628	3766	17	4611	1579	3049	3159	5085	4048	4420
9	5632	5631	5106	8	5633	1919	3712	3643	4220	4471	5338
10	7249	7247	6981	6	7241	2088	5159	2649	4598	2649	7016
11	9383	9381	297	9084	9	9372	1758	7672	3917	598	9061
12	10095	10092	441	10085	1633	8459	9419	673	1502	4773	9724
13	15287	15283	460	14823	10	15273	1930	11409	3874	5355	14774
14	15061	15057	341	14718	11	15046	2198	12861	5819	9238	14538
15	11843	11840	425	11415	16	11824	1843	15175	3335	18077	11300
16	8699	8697	250	8447	19	8678	1987	6710	7987	24596	8067
17	6524	6522	228	6294	22	6500	2535	3987	8606	2084	5771
18	4220	4219	173	4046	24	4195	2842	1377	17887	21046	3953
19	2700	2699	92	2607	22	2677	2616	83	1147	1948	2162
20	1549	1549	58	1491	24	1525	2659	1110	11832	10283	1135
21	933	933	60	873	39	894	2995	2062	1193	3870	430
22	835	835	41	794	31	804	2608	1773	13131	1236	407
23	408	408	46	382	36	372	2640	2232	1366	958	68
24	366	366	37	359	31	365	3113	2717	1235	839	14
25	238	238	19	219	23	215	3462	3214	1246	1008	70
26	128	128	13	115	11	111	3340	3212	1248	1120	40
27	148	148	15	133	14	134	3524	3366	1108	969	285
28	96	96	15	81	15	81	3957	3471	1131	1035	384
29	90	90	7	83	10	80	3501	3411	12325	22434	466
30	107	107	6	101	13	94	3180	3073	981	874	480
31	54	54	3	51	13	41	3089	3035	950	895	531
32	65	65	2	63	18	47	2813	2748	983	918	377
33	38	38	0	38	20	18	2926	2888	957	919	445
34	47	47	0	47	10	37	2727	2680	988	951	481
35	36	36	0	36	12	24	2404	2368	1026	990	395
36	44	44	0	44	11	33	2189	2145	1002	958	426
37	46	46	0	46	5	41	2035	1989	1019	973	292
38	29	29	0	29	8	21	1893	1864	991	962	243
39	35	35	0	35	8	27	1715	1680	1035	1000	28
40	46	46	0	46	8	38	1618	1572	1079	1033	72
41	41	41	0	41	9	32	1314	1273	1158	1117	48
42	68	68	0	68	5	63	1270	1202	1155	1087	89
43	44	44	0	44	4	44	1193	1149	1227	1183	16
44	46	46	0	46	3	43	1070	1024	1187	1141	28
45	72	72	0	72	4	68	1061	989	1179	1107	28
46	71	71	0	71	5	66	1049	993	1120	1049	19
47	113	113	0	113	8	105	944	831	1085	972	32
48	114	114	0	114	12	102	800	763	1096	982	35
49	158	158	0	158	24	134	1191	1123	1725	1767	109
50	112	112	0	112	92	721	609	642	1160	1048	81
51	58	58	0	58	27	31	735	677	1215	1157	31
52	39	39	0	39	27	12	739	700	1728	1767	43
total:	12626	12624	1732	108562	3704	122950	106365	148905	45540	143112	118645
escala:	126294	17723	108562	3704	122950	106365	148905	45540	143112	754728	118645

A linha "escala" mostra o total de cada execução já convertido na escala de 1x1, e a célula em negrito mostra o menor número de erros dentre essas execuções.

Planilha contendo as 10 execuções do modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Moore de raio 2, para reticulados de 500x500 células.

sem	serie	semcalc	n_infe01	erro01	n_infe02	erro02	n_infe03	erro03	n_infe04	erro04	n_infe05	erro05	n_infe06	erro06	n_infe07	erro07	n_infe08	erro08	n_infe09	erro09	n_infe10	erro10
1	1510	64	64	64	64	0	64	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64	0	64
2	2541	108	84	24	75	33	91	17	170	0	108	0	163	55	17	91	57	51	54	54	54	61
3	3149	114	106	20	119	201	201	67	253	119	4	134	4	25	108	55	70	41	93	70	249	215
4	3039	130	119	12	119	493	202	72	623	493	0	130	354	224	5	129	77	53	51	73	483	353
5	2275	97	2	95	17	80	290	193	598	501	97	82	658	561	11	86	46	51	84	82	15	748
6	2495	106	33	73	101	2495	291	185	717	611	611	0	106	424	318	4	94	103	41	3	899	792
7	3631	155	4	151	55	100	364	199	794	629	0	155	255	100	12	143	79	76	152	3	976	821
8	4629	198	4	194	62	136	62	128	1297	1099	326	0	198	539	341	36	162	100	220	22	1079	881
9	5632	243	7	236	243	214	444	201	1155	912	0	243	540	297	121	220	121	220	220	22	1022	779
10	7249	309	11	298	8	301	291	18	1427	1118	0	309	308	1	55	254	216	33	327	18	1203	894
11	9383	400	17	383	13	387	352	48	1807	1407	0	400	210	190	69	331	195	205	347	53	1452	1052
12	10095	431	22	409	13	418	379	52	2043	159	0	431	270	159	64	367	221	210	1663	32	1669	1238
13	15287	652	19	633	5	647	379	273	2659	2007	0	652	264	398	60	592	279	373	605	47	2059	1407
14	15051	643	28	617	6	637	470	173	3361	2718	0	643	310	333	72	571	283	360	647	4	2766	2123
15	17843	505	21	484	6	499	548	43	4036	3531	0	505	304	201	72	433	256	249	787	282	2867	2362
16	8639	371	21	350	4	367	417	46	4456	4085	0	371	309	31	96	275	319	52	718	347	3557	3186
17	6524	278	23	255	3	278	447	169	5739	5100	0	278	309	31	71	201	368	90	834	556	3823	3547
18	4220	180	23	157	5	175	322	142	6302	6122	0	180	340	160	92	88	341	161	854	674	5084	4904
19	2700	115	16	346	5	110	6675	231	6675	6560	0	115	277	162	116	116	546	431	1026	911	5033	4918
20	1549	66	13	53	1	65	414	348	6867	6821	0	66	349	283	149	83	465	1169	1235	1169	5745	5670
21	933	40	8	32	0	40	510	470	7204	7184	0	40	353	313	154	114	651	611	1342	1302	6165	6125
22	835	36	9	27	0	36	834	417	8377	8377	0	36	368	332	222	196	624	586	1461	1425	7253	7217
23	409	17	13	4	0	17	566	549	9169	9152	0	17	274	257	230	213	603	1639	1622	1639	8201	8184
24	386	17	10	7	0	17	685	668	9075	9058	0	17	209	192	290	273	609	592	2022	2005	8678	8661
25	238	10	13	3	0	10	679	669	10158	10146	0	10	170	160	190	239	554	1846	1836	1901	9061	9061
26	128	5	10	5	0	5	587	582	10542	10537	0	5	210	205	298	293	578	1763	1758	1758	8903	8901
27	148	6	10	4	0	6	520	526	11471	11465	0	6	148	142	318	312	648	648	1709	1703	10118	10112
28	96	4	11	4	0	4	427	423	12640	12636	0	4	145	141	365	361	654	650	1628	1624	10195	10191
29	90	4	4	5	0	4	430	426	13097	13093	0	4	145	141	393	389	620	616	1627	1623	10195	10191
30	107	5	4	1	0	5	269	264	13415	13410	0	5	125	120	405	400	662	657	1882	1877	12469	12464
31	54	2	2	0	0	2	270	268	14297	14295	0	2	108	106	445	443	734	732	1856	1854	12872	12870
32	65	3	2	1	0	3	238	235	15900	15897	0	3	123	120	478	475	749	746	1904	1901	13322	13320
33	38	2	2	0	0	2	234	232	15795	15793	0	2	119	117	504	502	715	713	1884	1882	13989	13989
34	47	2	2	0	0	2	220	218	17074	17072	0	2	124	122	540	538	737	735	1766	1764	14457	14455
35	36	2	2	0	0	2	204	202	18878	18876	0	2	107	105	572	570	866	864	1860	1858	15793	15791
36	44	2	2	0	0	2	187	185	20223	20221	0	2	101	99	621	619	865	863	1967	1965	16493	16493
37	46	2	2	0	0	2	137	135	20812	20810	0	2	54	52	694	692	973	971	2271	2269	16733	16733
38	29	1	1	0	0	1	128	127	22224	22223	0	1	33	32	753	752	943	942	2310	2309	17852	17851
39	35	1	1	0	0	1	99	98	24050	24049	0	1	34	33	837	836	1006	1005	2761	2760	19075	19074
40	46	2	2	0	0	2	106	104	24656	24654	0	2	29	27	841	839	1062	1060	2766	2764	19825	19825
41	41	2	2	0	0	2	88	86	27208	27207	0	2	43	41	866	864	1233	1231	2924	2922	20421	20419
42	68	3	3	0	0	3	67	64	28162	28159	0	3	40	37	981	978	1403	1400	2951	2948	21023	21023
43	44	2	2	0	0	2	29979	29977	0	2	29979	29977	0	2	1048	1046	1409	1407	2909	2907	21684	21684
44	46	2	2	0	0	2	63	61	32442	32440	0	2	37	35	1185	1183	1379	1377	2919	2917	22360	22358
45	72	3	3	0	0	3	59	56	34675	34672	0	3	26	23	1321	1318	1359	1356	2815	2812	23153	23150
46	71	3	3	0	0	3	36533	36530	0	3	36533	36530	0	3	1427	1424	1535	1532	2952	2949	23682	23682
47	113	5	5	0	0	5	45	40	40272	40272	0	5	23	18	1483	1478	1636	1631	2625	2620	24945	24945
48	114	5	5	0	0	5	47	42	44125	44125	0	5	20	15	1587	1582	1752	1747	2424	2419	26264	26259
49	158	7	7	0	0	7	37	30	47203	47196	0	7	29	22	1713	1706	1964	1957	2173	2166	27605	27605
50	112	5	5	0	0	5	4837	4832	0	5	4837	4832	0	5	1663	1658	1931	1926	2247	2242	28996	28996
51	58	2	2	0	0	2	50273	50271	0	2	50273	50271	0	2	1960	1958	1185	1183	2028	2026	28678	28674
52	39	2	2	0	0	2	19	17	53232	53232	0	2	12	10	2043	2041	1153	1151	2140	2138	30738	30736
<b>total</b>	126326	5389	530	4907	436	14210	9893	82174	816335	64	5325	9619	7054	33019	33860	77950	73243	594105	588716	1386415	1354046	
<b>escala:</b>	123947	12180	112861	10208	113919	326830	228609	1899856	1875705	1472	122475	221237	163162	641470	707365	805497	718760	1792850	1684589	1386415	1354046	

A linha "escala" mostra o total de cada execução já convertido na escala de 1 x 1, e a célula em negrito mostra a execução com menor número de erros dentre as execuções.





## APÊNDICE B

Tabela com as probabilidades variantes no tempo dos melhores cromossomos a cada semana do AG, utilizado para a previsão de 2008, utilizando a vizinhança de Von Neumann e raio 1, para o modelo SIR, obtidas num reticulado de 2420×2420 células no ACP.

semana	p0	p1	p2	p3	p4
1	0	0,52	0,67	0,72	0,8
2	0	0,14	0,24	0,47	0,82
3	0	0,27	0,69	0,9	0,92
4	0	0,54	0,67	0,72	0,96
5	0	0,56	0,67	0,88	0,96
6	0	0,56	0,67	0,72	0,96
7	0	0,56	0,65	0,72	0,96
8	0	0,56	0,65	0,72	0,96
9	0	0,56	0,67	0,9	0,96
10	0	0,56	0,65	0,72	0,97
11	0	0,27	0,51	0,75	0,96
12	0	0,58	0,65	0,88	0,95
13	0	0,58	0,65	0,88	0,95
14	0	0,58	0,65	0,88	0,95
15	0	0,58	0,67	0,9	0,98
16	0	0,31	0,65	0,9	0,95
17	0	0,49	0,53	0,82	0,99
18	0	0,49	0,53	0,9	0,98
19	0	0,51	0,51	0,9	0,98
20	0	0,3	0,46	0,82	0,96
21	0	0,32	0,62	0,9	0,96
22	0	0,34	0,47	0,93	0,97
23	0	0,49	0,51	0,95	0,97
24	0	0,3	0,47	0,93	0,97
25	0	0,14	0,57	0,9	1
26	0	0,14	0,57	0,9	1
27	0	0,46	0,49	0,93	0,98
28	0	0,32	0,63	0,86	0,97
29	0	0,46	0,6	0,84	0,97
30	0	0,48	0,6	0,82	0,97
31	0	0,32	0,47	0,84	0,99
32	0	0,38	0,64	0,84	0,97
33	0	0,34	0,64	0,84	0,97
34	0	0,44	0,51	0,82	0,97
35	0	0,34	0,49	0,82	0,99
36	0	0,44	0,6	0,84	0,97
37	0	0,36	0,58	0,82	0,97
38	0	0,3	0,47	0,84	0,97
39	0	0,38	0,66	0,84	0,95
40	0	0,38	0,5	0,86	0,97
41	0	0,46	0,56	0,82	0,93
42	0	0,5	0,58	0,62	1
43	0	0,46	0,66	0,84	0,92
44	0	0,5	0,56	0,84	0,97
45	0	0,5	0,66	0,68	0,95
46	0	0,46	0,58	0,82	0,92
47	0	0,52	0,66	0,68	0,93
48	0	0,5	0,58	0,82	1
49	0	0,46	0,56	0,82	0,95
50	0	0,48	0,56	0,82	0,97
51	0	0,54	0,6	0,82	0,93
52	0	0,44	0,6	0,86	0,92

Tabela com as probabilidades variantes no tempo dos melhores cromossomos a cada semana do AG, utilizado para a previsão, utilizando a vizinhança de Von Neumann e raio 2, para o modelo SIR, obtidas num reticulado de 1000×1000 células no ACP.

semana	p0	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8
1	0	0,19	0,37	0,53	0,55	0,56	0,57	0,95	0,99
2	0	0,12	0,21	0,23	0,38	0,48	0,76	0,76	0,91
3	0	0,08	0,12	0,42	0,45	0,58	0,61	0,84	0,97
4	0	0,28	0,33	0,56	0,6	0,63	0,65	0,73	0,99
5	0	0,1	0,23	0,45	0,46	0,51	0,61	0,67	0,79
6	0	0,28	0,33	0,54	0,6	0,63	0,65	0,75	0,99
7	0	0,22	0,34	0,47	0,48	0,65	0,76	0,78	0,91
8	0	0,08	0,21	0,35	0,5	0,53	0,73	0,74	0,93
9	0	0,22	0,26	0,29	0,4	0,66	0,76	0,95	0,99
10	0	0,21	0,22	0,28	0,4	0,7	0,72	0,79	0,98
11	0	0,22	0,26	0,28	0,38	0,5	0,74	0,8	0,93
12	0	0,24	0,27	0,36	0,36	0,68	0,74	0,75	0,95
13	0	0,08	0,21	0,3	0,35	0,37	0,74	0,79	1
14	0	0,22	0,26	0,48	0,5	0,5	0,74	0,78	0,91
15	0	0,1	0,19	0,35	0,5	0,53	0,66	0,78	0,86
16	0	0,08	0,26	0,29	0,4	0,66	0,74	0,81	0,98
17	0	0,22	0,25	0,37	0,46	0,5	0,74	0,77	0,89
18	0	0,22	0,26	0,37	0,5	0,64	0,74	0,78	0,98
19	0	0,22	0,26	0,27	0,34	0,5	0,74	0,78	0,89
20	0	0,04	0,26	0,33	0,34	0,48	0,74	0,77	0,98
21	0	0,18	0,27	0,32	0,39	0,5	0,73	0,76	0,95
22	0	0,22	0,26	0,27	0,34	0,48	0,7	0,89	0,93
23	0	0,2	0,26	0,33	0,46	0,66	0,74	0,75	0,91
24	0	0,18	0,26	0,33	0,44	0,64	0,76	0,79	0,93
25	0	0,22	0,29	0,37	0,44	0,46	0,78	0,8	0,91
26	0	0,24	0,27	0,27	0,34	0,66	0,7	0,93	0,98
27	0	0,2	0,29	0,37	0,44	0,64	0,74	0,86	0,95
28	0	0,18	0,27	0,33	0,4	0,66	0,74	0,8	0,89
29	0	0,22	0,23	0,34	0,48	0,64	0,78	0,88	1
30	0	0,16	0,27	0,35	0,36	0,4	0,74	0,86	0,89
31	0	0,16	0,29	0,33	0,4	0,64	0,74	0,8	0,89
32	0	0,16	0,27	0,31	0,4	0,64	0,72	0,78	0,87
33	0	0,16	0,28	0,32	0,44	0,66	0,74	0,8	0,87
34	0	0,16	0,27	0,33	0,38	0,46	0,78	0,82	0,89
35	0	0,18	0,21	0,31	0,34	0,64	0,78	0,8	0,93
36	0	0,2	0,27	0,29	0,4	0,62	0,72	0,8	0,89
37	0	0,14	0,27	0,29	0,42	0,62	0,79	0,84	0,91
38	0	0,18	0,28	0,33	0,34	0,46	0,79	0,84	0,91
39	0	0,22	0,3	0,31	0,4	0,46	0,76	0,78	0,95
40	0	0,24	0,25	0,32	0,35	0,64	0,78	0,87	0,95
41	0	0,24	0,25	0,32	0,35	0,66	0,78	0,89	0,95
42	0	0,16	0,21	0,27	0,4	0,7	0,76	0,84	0,89
43	0	0,24	0,25	0,32	0,33	0,64	0,78	0,87	0,95
44	0	0,24	0,29	0,32	0,35	0,68	0,78	0,87	0,95
45	0	0,23	0,28	0,32	0,35	0,66	0,78	0,89	0,95
46	0	0,24	0,27	0,32	0,33	0,64	0,78	0,87	0,97
47	0	0,12	0,24	0,32	0,33	0,68	0,74	0,8	0,88
48	0	0,2	0,25	0,27	0,33	0,64	0,74	0,87	0,97
49	0	0,21	0,24	0,27	0,4	0,64	0,74	0,87	0,88
50	0	0,1	0,23	0,3	0,38	0,66	0,78	0,86	0,95
51	0	0,27	0,29	0,33	0,34	0,66	0,76	0,89	0,98
52	0	0,2	0,25	0,32	0,35	0,6	0,78	0,82	0,97



Tabela com as probabilidades variantes no tempo dos melhores cromossomos a cada semana do AG, utilizado para a previsão, utilizando a vizinhança de Von Neumann e raio 1, para o modelo SIS, obtidas num reticulado de 2420×2420 células no ACP.

semana	p0	p1	p2	p3	p4
1	0	0,31	0,63	0,63	0,67
2	0	0,17	0,46	0,66	0,81
3	0	0,07	0,88	0,9	0,98
4	0	0,41	0,53	0,61	0,87
5	0	0,31	0,63	0,79	0,87
6	0	0,31	0,72	0,88	0,99
7	0	0,51	0,57	0,92	0,98
8	0	0,37	0,53	0,59	0,73
9	0	0,14	0,53	0,63	0,91
10	0	0,41	0,53	0,88	0,9
11	0	0,43	0,53	0,9	1
12	0	0,14	0,51	0,55	0,95
13	0	0,2	0,59	0,88	0,98
14	0	0,2	0,59	0,89	0,98
15	0	0,2	0,59	0,89	0,98
16	0	0,36	0,4	0,85	1
17	0	0,2	0,4	0,85	0,98
18	0	0,18	0,59	0,61	0,89
19	0	0,22	0,4	0,9	0,98
20	0	0,41	0,42	0,59	0,94
21	0	0,2	0,36	0,65	1
22	0	0,18	0,38	0,65	0,89
23	0	0,2	0,36	0,65	1
24	0	0,41	0,55	0,59	0,98
25	0	0,22	0,55	0,61	0,98
26	0	0,41	0,55	0,63	0,98
27	0	0,18	0,41	0,65	1
28	0	0,18	0,32	0,63	0,98
29	0	0,24	0,63	0,65	0,98
30	0	0,18	0,34	0,65	0,91
31	0	0,18	0,45	0,61	0,91
32	0	0,18	0,36	0,61	0,89
33	0	0,2	0,38	0,85	1
34	0	0,26	0,45	0,63	0,98
35	0	0,18	0,38	0,65	1
36	0	0,18	0,45	0,67	0,96
37	0	0,2	0,43	0,63	1
38	0	0,18	0,34	0,61	0,98
39	0	0,18	0,36	0,61	0,91
40	0	0,2	0,38	0,63	0,89
41	0	0,16	0,36	0,65	0,91
42	0	0,2	0,36	0,67	1
43	0	0,24	0,55	0,67	1
44	0	0,18	0,38	0,67	0,89
45	0	0,34	0,55	0,67	0,89
46	0	0,34	0,55	0,69	0,89
47	0	0,34	0,4	0,61	1
48	0	0,16	0,36	0,63	0,83
49	0	0,18	0,53	0,57	1
50	0	0,34	0,51	0,65	1
51	0	0,16	0,53	0,63	0,98
52	0	0,16	0,53	0,63	0,83

Tabela com as probabilidades variantes no tempo dos melhores cromossomos a cada semana do AG, utilizado para a previsão, utilizando a vizinhança de Von Neumann e raio 2, para o modelo SIS, obtidas num reticulado de 1000×1000 células no ACP.

semana	p0	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8
1	0	0,29	0,31	0,44	0,57	0,64	0,94	0,94	1
2	0	0,14	0,18	0,24	0,33	0,54	0,72	0,78	0,86
3	0	0,17	0,18	0,4	0,43	0,53	0,55	0,92	0,99
4	0	0,22	0,29	0,32	0,46	0,46	0,69	0,72	0,8
5	0	0,07	0,13	0,2	0,53	0,58	0,66	0,83	0,85
6	0	0,12	0,18	0,25	0,51	0,71	0,81	0,87	0,9
7	0	0,21	0,25	0,38	0,49	0,6	0,66	0,83	0,85
8	0	0,2	0,25	0,38	0,47	0,51	0,56	0,92	0,99
9	0	0,18	0,3	0,33	0,46	0,53	0,58	0,9	0,97
10	0	0,2	0,21	0,28	0,39	0,56	0,58	0,88	0,99
11	0	0,22	0,29	0,53	0,53	0,58	0,6	0,84	0,95
12	0	0,05	0,15	0,51	0,53	0,53	0,6	0,84	0,95
13	0	0,07	0,08	0,4	0,53	0,53	0,65	0,9	0,95
14	0	0,21	0,22	0,37	0,44	0,55	0,68	0,87	0,98
15	0	0,09	0,2	0,51	0,53	0,53	0,62	0,92	0,98
16	0	0,07	0,21	0,37	0,42	0,55	0,64	0,94	1
17	0	0,12	0,17	0,37	0,42	0,57	0,6	0,86	0,97
18	0	0,07	0,22	0,49	0,53	0,56	0,72	0,92	0,97
19	0	0,07	0,22	0,49	0,51	0,55	0,55	0,88	0,92
20	0	0,07	0,22	0,51	0,53	0,55	0,74	0,88	0,97
21	0	0,07	0,19	0,51	0,51	0,55	0,55	0,94	1
22	0	0,19	0,21	0,25	0,47	0,58	0,74	0,94	0,98
23	0	0,07	0,18	0,49	0,51	0,55	0,62	0,89	1
24	0	0,03	0,24	0,49	0,51	0,51	0,55	0,9	0,96
25	0	0,13	0,21	0,28	0,51	0,54	0,55	0,9	0,98
26	0	0,15	0,19	0,26	0,51	0,55	0,55	0,86	0,96
27	0	0,15	0,22	0,47	0,51	0,53	0,57	0,94	0,99
28	0	0,17	0,24	0,45	0,55	0,6	0,74	0,94	1
29	0	0,15	0,24	0,26	0,53	0,53	0,74	0,94	0,98
30	0	0,07	0,24	0,47	0,49	0,53	0,62	0,9	0,98
31	0	0,07	0,24	0,45	0,55	0,57	0,6	0,88	1
32	0	0,07	0,22	0,49	0,53	0,6	0,74	0,94	1
33	0	0,15	0,24	0,49	0,49	0,5	0,74	0,9	0,96
34	0	0,07	0,24	0,45	0,49	0,53	0,54	0,94	0,98
35	0	0,07	0,26	0,47	0,49	0,53	0,74	0,9	0,98
36	0	0,07	0,24	0,45	0,53	0,53	0,74	0,94	0,96
37	0	0,13	0,26	0,47	0,49	0,55	0,6	0,9	1
38	0	0,05	0,26	0,45	0,53	0,55	0,56	0,92	0,96
39	0	0,09	0,24	0,47	0,51	0,53	0,76	0,9	0,94
40	0	0,11	0,23	0,45	0,53	0,6	0,74	0,88	0,98
41	0	0,13	0,24	0,45	0,47	0,6	0,76	0,9	0,98
42	0	0,19	0,26	0,45	0,53	0,55	0,74	0,88	1
43	0	0,19	0,26	0,45	0,53	0,6	0,64	0,88	1
44	0	0,17	0,24	0,45	0,51	0,6	0,76	0,88	1
45	0	0,05	0,24	0,49	0,51	0,55	0,74	0,92	1
46	0	0,17	0,2	0,45	0,55	0,56	0,6	0,88	1
47	0	0,17	0,26	0,45	0,51	0,55	0,58	0,92	1
48	0	0,17	0,26	0,49	0,53	0,6	0,64	0,88	0,98
49	0	0,19	0,24	0,41	0,45	0,58	0,74	0,86	0,98
50	0	0,19	0,22	0,43	0,45	0,53	0,6	0,92	0,98
51	0	0,21	0,24	0,43	0,53	0,6	0,78	0,86	0,98
52	0	0,2	0,21	0,51	0,51	0,57	0,64	0,82	0,98

Tabela com as probabilidades variantes no tempo dos melhores cromossomos a cada semana do AG, utilizado para a previsão, utilizando a vizinhança de Moore e raio 1, para o modelo SIR, obtidas num reticulado de 2420×2420 células no ACP.

Semana	p0	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8
1	0	0,18	0,33	0,75	0,75	0,75	0,77	0,87	0,95
2	0	0,22	0,3	0,31	0,41	0,42	0,44	0,89	0,93
3	0	0,22	0,22	0,54	0,69	0,74	0,74	0,76	0,88
4	0	0,08	0,12	0,15	0,44	0,47	0,54	0,75	0,89
5	0	0,16	0,33	0,42	0,69	0,74	0,74	0,76	0,86
6	0	0,15	0,16	0,26	0,42	0,54	0,56	0,62	0,95
7	0	0,15	0,49	0,54	0,69	0,76	0,77	0,83	0,95
8	0	0,21	0,21	0,26	0,41	0,42	0,44	0,95	0,95
9	0	0,2	0,22	0,24	0,4	0,74	0,77	0,87	0,93
10	0	0,26	0,26	0,35	0,57	0,74	0,77	0,8	0,86
11	0	0,24	0,26	0,41	0,47	0,74	0,77	0,8	0,86
12	0	0,21	0,29	0,39	0,43	0,58	0,77	0,91	0,91
13	0	0,21	0,29	0,39	0,41	0,56	0,79	0,8	0,9
14	0	0,21	0,29	0,37	0,4	0,61	0,76	0,78	0,96
15	0	0,22	0,26	0,39	0,41	0,79	0,8	0,82	0,94
16	0	0,23	0,29	0,37	0,45	0,76	0,77	0,8	0,94
17	0	0,2	0,26	0,29	0,4	0,74	0,77	0,82	0,94
18	0	0,19	0,31	0,37	0,55	0,75	0,76	0,8	0,91
19	0	0,26	0,28	0,33	0,59	0,63	0,77	0,78	0,86
20	0	0,15	0,28	0,33	0,51	0,74	0,78	0,79	0,84
21	0	0,24	0,28	0,33	0,43	0,74	0,77	0,78	0,96
22	0	0,19	0,29	0,35	0,57	0,74	0,78	0,79	0,93
23	0	0,22	0,26	0,39	0,41	0,76	0,78	0,92	0,94
24	0	0,18	0,28	0,33	0,51	0,74	0,76	0,79	0,84
25	0	0,22	0,26	0,33	0,55	0,76	0,81	0,83	0,84
26	0	0,15	0,29	0,31	0,51	0,75	0,79	0,8	0,94
27	0	0,15	0,31	0,41	0,51	0,73	0,79	0,93	0,94
28	0	0,18	0,3	0,39	0,41	0,74	0,78	0,81	0,82
29	0	0,18	0,28	0,39	0,41	0,76	0,78	0,81	0,82
30	0	0,18	0,3	0,39	0,39	0,74	0,81	0,82	0,82
31	0	0,18	0,27	0,31	0,51	0,76	0,77	0,8	0,94
32	0	0,13	0,33	0,39	0,49	0,74	0,76	0,8	0,94
33	0	0,18	0,31	0,31	0,41	0,7	0,76	0,82	0,82
34	0	0,15	0,29	0,39	0,43	0,76	0,77	0,8	0,97
35	0	0,18	0,28	0,37	0,41	0,76	0,77	0,92	0,94
36	0	0,2	0,26	0,37	0,49	0,76	0,76	0,81	0,82
37	0	0,18	0,28	0,35	0,41	0,73	0,75	0,82	0,82
38	0	0,18	0,26	0,37	0,41	0,73	0,78	0,82	0,82
39	0	0,18	0,26	0,37	0,41	0,75	0,78	0,82	0,82
40	0	0,22	0,29	0,35	0,49	0,74	0,76	0,8	0,94
41	0	0,15	0,31	0,41	0,41	0,72	0,79	0,8	0,92
42	0	0,16	0,26	0,35	0,49	0,74	0,76	0,82	0,82
43	0	0,17	0,29	0,37	0,45	0,72	0,79	0,82	0,97
44	0	0,13	0,29	0,33	0,37	0,75	0,76	0,78	0,95
45	0	0,13	0,24	0,37	0,39	0,76	0,77	0,78	0,95
46	0	0,13	0,31	0,33	0,39	0,76	0,77	0,82	0,99
47	0	0,18	0,29	0,37	0,47	0,72	0,77	0,8	0,97
48	0	0,24	0,31	0,33	0,41	0,7	0,77	0,78	0,97
49	0	0,16	0,31	0,33	0,43	0,74	0,75	0,78	0,97
50	0	0,24	0,31	0,37	0,39	0,76	0,79	0,8	0,95
51	0	0,12	0,28	0,33	0,43	0,75	0,76	0,84	0,99
52	0	0,12	0,28	0,33	0,43	0,74	0,77	0,82	0,99



Tabela com as probabilidades variantes no tempo dos melhores cromossomos a cada semana do AG, utilizado para a previsão, utilizando a vizinhança de Moore e raio 1, para o modelo SIS, obtidas num reticulado de 500×500 células no ACP.

semana	p0	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8
1	0	0,09	0,11	0,29	0,35	0,36	0,66	0,7	0,99
2	0	0,42	0,44	0,52	0,54	0,68	0,86	0,9	0,97
3	0	0	0,3	0,47	0,54	0,55	0,6	0,81	0,9
4	0	0,2	0,35	0,4	0,44	0,56	0,6	0,68	0,7
5	0	0,08	0,31	0,33	0,35	0,38	0,83	0,83	0,95
6	0	0,01	0,15	0,27	0,29	0,53	0,58	0,68	0,98
7	0	0,2	0,24	0,33	0,36	0,42	0,62	0,83	0,94
8	0	0,2	0,33	0,4	0,42	0,6	0,68	0,71	0,91
9	0	0,23	0,31	0,42	0,44	0,46	0,66	0,8	0,97
10	0	0,22	0,23	0,25	0,42	0,44	0,6	0,63	0,89
11	0	0,08	0,24	0,26	0,4	0,56	0,58	0,72	0,99
12	0	0,23	0,31	0,39	0,4	0,54	0,6	0,81	1
13	0	0,05	0,34	0,36	0,58	0,58	0,59	0,7	0,89
14	0	0,22	0,25	0,27	0,36	0,6	0,6	0,83	0,99
15	0	0,03	0,27	0,29	0,38	0,6	0,6	0,83	1
16	0	0,05	0,33	0,33	0,38	0,44	0,63	0,68	0,89
17	0	0,08	0,23	0,33	0,4	0,58	0,6	0,82	0,84
18	0	0,03	0,31	0,34	0,56	0,57	0,58	0,7	0,89
19	0	0,07	0,25	0,31	0,42	0,58	0,6	0,82	0,93
20	0	0,21	0,22	0,31	0,58	0,58	0,6	0,82	0,84
21	0	0,07	0,27	0,3	0,4	0,58	0,62	0,82	0,93
22	0	0,07	0,25	0,31	0,56	0,56	0,6	0,84	0,93
23	0	0,07	0,25	0,31	0,54	0,56	0,6	0,84	0,93
24	0	0,08	0,27	0,3	0,4	0,57	0,58	0,68	0,87
25	0	0,07	0,24	0,3	0,46	0,57	0,58	0,84	0,98
26	0	0,08	0,22	0,29	0,4	0,46	0,63	0,83	0,87
27	0	0,03	0,31	0,36	0,4	0,6	0,6	0,83	0,91
28	0	0,08	0,27	0,29	0,4	0,58	0,61	0,84	0,85
29	0	0,08	0,27	0,36	0,4	0,6	0,62	0,7	0,91
30	0	0	0,27	0,34	0,42	0,5	0,58	0,76	0,89
31	0	0,03	0,27	0,29	0,44	0,6	0,61	0,84	0,85
32	0	0,04	0,27	0,34	0,44	0,48	0,61	0,68	0,85
33	0	0,03	0,25	0,31	0,34	0,6	0,62	0,7	0,91
34	0	0,03	0,25	0,32	0,4	0,56	0,6	0,76	0,87
35	0	0,06	0,27	0,34	0,46	0,57	0,59	0,66	0,91
36	0	0,03	0,26	0,3	0,42	0,46	0,58	0,68	0,87
37	0	0,03	0,25	0,28	0,38	0,58	0,58	0,68	0,87
38	0	0,06	0,27	0,34	0,34	0,58	0,6	0,76	0,91
39	0	0,04	0,25	0,34	0,4	0,56	0,6	0,82	0,89
40	0	0,04	0,25	0,32	0,42	0,56	0,58	0,76	0,91
41	0	0,03	0,23	0,34	0,37	0,56	0,58	0,7	0,85
42	0	0,04	0,28	0,35	0,4	0,58	0,61	0,68	0,83
43	0	0,04	0,23	0,34	0,4	0,48	0,6	0,8	0,87
44	0	0,04	0,32	0,34	0,42	0,56	0,58	0,82	0,83
45	0	0,06	0,23	0,36	0,4	0,46	0,62	0,68	0,91
46	0	0,05	0,27	0,3	0,42	0,56	0,58	0,76	0,91
47	0	0,04	0,27	0,34	0,38	0,44	0,6	0,77	0,87
48	0	0,08	0,23	0,34	0,37	0,56	0,58	0,7	0,83
49	0	0,05	0,21	0,36	0,4	0,56	0,56	0,74	0,91
50	0	0,05	0,21	0,36	0,42	0,56	0,58	0,76	0,89
51	0	0,03	0,25	0,34	0,42	0,56	0,58	0,68	0,81
52	0	0,07	0,32	0,38	0,42	0,56	0,6	0,74	0,83



Tabela com as probabilidades constantes no tempo do melhor cromossomo do AG, utilizado para a previsão, com vizinhança de Von Neumann e raio 1, para o modelo SIR, obtidas num reticulado de 500×500 células no ACP.

p0	p1	p2	p3	p4
0	0,45	0,49	0,7	1

Tabela com as probabilidades constantes no tempo do melhor cromossomo do AG, utilizado para a previsão, com vizinhança de Von Neumann e raio 2, para o modelo SIR, obtidas num reticulado de 500×500 células no ACP.

p0	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8
0	0,18	0,38	0,44	0,56	0,61	0,65	0,78	0,8

Tabela com as probabilidades constantes no tempo do melhor cromossomo do AG, utilizado para a previsão, com vizinhança de Moore e raio 1, para o modelo SIR, obtidas num reticulado de 500×500 células no ACP.

p0	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8
0	0,21	0,33	0,44	0,49	0,6	0,69	0,76	1

Tabela com as probabilidades constantes no tempo do melhor cromossomo do AG, utilizado para a previsão, com vizinhança de Moore e raio 2, para o modelo SIR, obtidas num reticulado de 1000×1000 células no ACP.

p0	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12	p13	p14	p15	p16	p17	p18	p19	p20	p21	p22	p23	p24
0	0,04	0,09	0,1	0,15	0,15	0,21	0,21	0,26	0,35	0,39	0,42	0,49	0,5	0,57	0,57	0,61	0,8	0,82	0,82	0,89	0,89	0,91	0,91	1

## APÊNDICE C

Tabela contendo as somas das execuções das 5 áreas de planejamento utilizando o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Moore de raio 1.

semana	serie	n_infec01	n_infec02	n_infec03	n_infec04	n_infec05	n_infec06	n_infec07	n_infec08	n_infec09	n_infec10
1	1510	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498
2	2541	3072	2557	1631	1991	894	2231	1682	1836	2762	1159
3	3149	3276	1625	1125	2197	740	1713	1343	2147	3310	899
4	3039	3269	838	1188	2082	524	1400	1656	2749	2882	902
5	2275	2648	724	1002	2419	387	960	1856	1730	2062	735
6	2495	3070	467	878	2768	356	927	1493	2237	2449	774
7	3631	2282	496	737	1700	378	1287	1436	1316	2018	885
8	4629	1197	621	849	2080	196	770	1258	1184	2085	612
9	5692	1272	738	589	1367	239	639	1209	778	2013	493
10	7249	838	768	540	1022	229	637	1175	736	1550	419
11	9383	682	578	619	1405	231	728	1489	849	1783	439
12	10095	503	542	763	985	219	779	1602	1090	1607	324
13	15287	394	444	892	1038	220	730	1913	1195	1916	371
14	15061	501	545	728	682	120	798	2016	1203	2110	394
15	11843	546	543	733	748	122	897	2332	1099	2476	401
16	8699	609	660	660	819	125	674	2238	1452	2342	365
17	6524	720	728	685	731	123	632	2462	1136	2087	423
18	4220	709	747	789	690	108	540	2258	925	1482	403
19	2700	620	692	747	657	94	548	2534	978	1270	415
20	1549	762	563	660	540	84	605	2130	1156	1358	418
21	933	758	594	737	630	88	505	2211	1056	1239	382
22	835	537	621	639	597	96	462	2378	1152	1224	414
23	408	565	614	642	562	82	370	2376	1219	1152	343
24	396	453	580	573	468	82	292	2629	1332	1005	370
25	238	345	652	566	565	70	240	2097	1373	905	299
26	128	387	528	554	535	55	207	1892	1080	917	326
27	148	465	567	460	469	60	167	1712	885	915	333
28	96	327	594	463	575	56	139	1551	692	857	317
29	90	248	605	453	566	63	114	1097	632	825	364
30	107	170	646	414	542	67	97	998	674	772	363
31	54	145	631	397	655	73	91	1059	778	783	358
32	65	182	671	351	648	52	78	1090	633	647	331
33	38	212	692	327	590	37	75	1042	717	571	230
34	47	169	790	342	759	37	77	1155	572	640	199
35	36	211	763	266	801	51	70	1085	514	492	230
36	44	237	710	216	622	42	83	957	441	451	246
37	46	210	709	194	504	39	81	1008	415	408	263
38	29	229	711	178	489	39	67	972	517	347	252
39	35	226	740	179	486	31	52	1019	447	290	274
40	46	140	780	163	516	35	44	891	338	350	256
41	41	113	721	157	454	29	51	1021	401	285	262
42	68	130	732	135	462	29	48	844	317	230	166
43	44	151	564	121	542	23	39	913	253	211	178
44	46	181	667	107	527	24	38	899	231	223	149
45	72	203	762	110	599	25	45	680	259	238	139
46	71	232	724	111	541	24	45	780	298	174	111
47	113	241	745	130	481	28	49	811	336	167	97
48	114	144	732	123	586	17	44	831	305	179	98
49	158	87	714	100	579	25	49	817	332	141	97
50	112	69	712	103	550	20	55	804	398	161	93
51	58	85	683	107	573	18	52	895	346	143	104
52	39	65	722	116	550	16	47	930	372	122	110
total:	126326	36385	38050	26847	45442	8320	22866	75024	46609	58124	20083



Tabela contendo as somas das execuções das 5 áreas de planejamento utilizando o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Moore de raio 2.

semana	serie	n_infec01	n_infec02	n_infec03	n_infec04	n_infec05	n_infec06	n_infec07	n_infec08	n_infec09	n_infec10
1	1510	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498
2	2541	2591	2090	3285	1442	1622	1258	1144	932	2328	2016
3	3149	4315	5096	2420	1534	2001	1503	1256	1445	1709	2484
4	3039	3919	5910	1352	1082	2153	1244	1958	1095	2056	1574
5	2275	3318	6049	1092	675	2482	2040	2230	517	1732	963
6	2495	2034	6273	859	238	4056	1639	1366	1131	2186	910
7	3631	1700	13037	1319	340	4927	2107	1121	1587	2643	1198
8	4629	2187	11021	1288	380	4494	1595	1003	1771	2451	655
9	5692	1324	10236	1307	393	6124	2293	930	1732	3626	504
10	7249	1316	7611	1767	262	6021	2222	1480	1900	3452	237
11	9383	1527	10409	3030	196	6765	3313	1396	1561	3707	258
12	10095	1763	12983	3561	205	6764	2993	1295	631	4702	354
13	15287	1503	15729	3701	157	7487	3092	1351	864	4632	306
14	15061	1712	16415	4105	107	6332	2742	1170	1025	3746	185
15	11843	1484	16235	4720	136	5364	1547	1409	1280	3741	247
16	8699	1659	16890	4490	100	4551	1137	2013	1759	4916	271
17	6524	1515	17161	3294	102	6106	715	1784	1949	4742	143
18	4220	1314	17867	2313	95	6277	711	2578	1975	5420	113
19	2700	1107	16078	1054	119	6065	548	3189	1812	6180	68
20	1549	1156	16706	675	90	6925	499	3383	1996	6678	52
21	933	1167	15268	862	116	6884	408	4842	2271	6853	41
22	835	1043	13400	908	84	7813	357	3791	2228	6529	23
23	408	883	11110	886	83	7600	462	4689	1810	4771	22
24	396	798	11498	718	60	8104	566	3326	1541	2823	15
25	238	970	10844	617	39	7739	377	2815	1407	3527	13
26	128	1036	9690	684	42	5668	387	3235	1168	3060	13
27	148	856	10151	535	35	4623	282	3842	1208	2123	7
28	96	972	10640	565	31	3106	162	2976	1125	1608	5
29	90	807	10224	316	34	3642	107	2669	1035	1135	2
30	107	758	8964	291	38	2793	152	2183	949	1240	1
31	54	975	9849	235	49	2585	54	1608	922	1120	0
32	65	984	9658	130	40	2197	32	1660	568	1156	0
33	38	991	11468	131	43	2175	14	2222	383	762	0
34	47	745	10912	96	38	1972	16	1743	279	1023	0
35	36	666	13078	70	33	1608	18	1669	159	817	0
36	44	599	10598	71	29	1463	15	1740	113	1258	0
37	46	473	7320	83	19	1388	12	1874	81	1523	0
38	29	579	8713	63	14	1213	8	1785	67	2002	0
39	35	444	6507	43	7	832	19	1983	52	2192	0
40	46	603	5587	31	13	423	20	1872	31	1799	0
41	41	545	6254	32	10	321	21	1611	9	1300	0
42	68	439	5829	20	11	159	18	1351	7	1629	0
43	44	418	5831	24	10	166	18	1174	6	1860	0
44	46	401	6552	9	14	166	20	1367	9	2547	0
45	72	377	6817	4	30	202	18	1576	7	3090	0
46	71	321	6552	3	25	136	9	1138	8	4026	0
47	113	325	5592	0	32	152	8	898	6	4791	0
48	114	347	6108	0	22	141	8	729	11	3892	0
49	158	405	4748	0	39	112	10	433	5	3095	0
50	112	439	4251	0	57	111	8	201	8	3796	0
51	58	317	4779	0	50	168	13	163	7	3225	0
52	39	371	5780	0	38	153	14	299	10	1922	0
<b>total:</b>	126326	59996	499866	54557	10336	173829	38329	97018	45950	154639	14178

Tabela contendo as somas das execuções das 5 áreas de planejamento utilizando o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Von Neumann de raio 1.

semana	serie	n_infec01	n_infec02	n_infec03	n_infec04	n_infec05	n_infec06	n_infec07	n_infec08	n_infec09	n_infec10
1	1510	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498
2	2541	2287	1876	1434	2992	2196	880	2436	1023	900	2359
3	3149	1759	2145	851	3130	1750	594	2728	493	887	1769
4	3039	692	2181	453	2281	1684	359	1476	293	718	1327
5	2275	642	640	356	2866	1004	388	1300	283	610	1114
6	2495	546	464	351	2882	1071	455	1276	284	439	1198
7	3631	360	441	356	2412	609	411	1264	268	256	1175
8	4629	401	458	351	2139	698	437	1101	221	244	1193
9	5692	334	442	97	1348	615	412	902	223	270	855
10	7249	409	496	97	1685	426	373	570	161	230	759
11	9383	406	539	150	1557	346	400	483	174	270	821
12	10095	421	448	159	1730	417	409	589	172	252	848
13	15287	455	492	175	1962	508	428	630	115	256	969
14	15061	563	472	201	2385	602	234	529	114	265	678
15	11843	654	488	132	2019	610	120	419	97	264	473
16	8699	596	395	121	1611	357	83	378	79	284	410
17	6524	615	390	139	1334	383	104	276	78	247	275
18	4220	540	437	169	1659	335	104	274	85	179	323
19	2700	530	460	183	1671	285	98	312	78	203	258
20	1549	354	524	175	1981	238	101	355	86	219	173
21	933	271	445	176	1760	195	120	278	80	161	167
22	835	279	357	150	1929	186	140	192	86	170	196
23	408	263	319	172	2373	193	127	220	91	155	194
24	396	294	290	140	2527	212	132	242	75	138	143
25	238	328	255	158	2426	274	110	264	93	127	127
26	128	243	268	165	2267	266	67	246	92	118	151
27	148	262	250	134	2211	271	91	266	96	113	143
28	96	306	193	115	2565	334	78	296	88	109	137
29	90	321	154	98	2823	246	65	265	76	102	138
30	107	363	161	127	2736	277	51	268	82	111	76
31	54	362	156	111	3197	263	60	288	87	107	68
32	65	383	141	75	3587	242	44	194	63	119	49
33	38	415	135	52	3290	271	39	179	53	122	29
34	47	433	132	50	3588	248	28	206	58	121	13
35	36	437	136	55	1745	229	17	223	51	120	14
36	44	472	125	42	1466	231	11	235	53	110	18
37	46	494	116	46	1579	190	8	228	34	93	11
38	29	503	90	40	709	198	7	246	40	78	7
39	35	511	75	41	260	233	7	266	39	84	6
40	46	531	90	30	106	201	8	317	33	76	8
41	41	574	81	37	64	230	6	314	35	73	7
42	68	590	95	44	45	262	5	312	39	82	10
43	44	595	87	51	40	273	7	341	52	90	12
44	46	642	86	56	41	279	7	398	41	99	10
45	72	661	77	55	36	258	7	420	44	110	14
46	71	688	81	56	30	228	10	382	65	82	13
47	113	698	79	46	27	260	12	374	46	86	13
48	114	701	81	59	31	312	15	385	56	74	11
49	158	695	93	67	36	378	20	364	56	61	13
50	112	695	72	65	27	390	19	380	48	51	13
51	58	767	86	50	27	443	19	372	46	61	9
52	39	794	71	38	32	410	23	395	42	78	7
<b>total:</b>	126326	29633	20163	10049	84722	24115	9248	28152	7772	11772	20302

Tabela contendo as somas das execuções das 5 áreas de planejamento utilizando o modelo SIR, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Von Neumann de raio 2.

semana	serie	n_infec01	n_infec02	n_infec03	n_infec04	n_infec05	n_infec06	n_infec07	n_infec08	n_infec09	n_infec10
1	1510	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498
2	2541	3650	2530	1560	1749	2157	2828	1449	2045	3220	1901
3	3149	4799	2877	1606	2421	1269	4132	1348	4040	1467	1986
4	3039	3700	2970	1903	3966	1133	4260	1374	2240	2429	2296
5	2275	3415	3571	1443	4835	1468	4127	1444	2487	2186	2272
6	2495	4214	1405	1054	3979	1261	2073	1880	1916	1526	2426
7	3631	4290	1505	1208	3658	884	2398	1512	2097	814	1330
8	4629	4748	1687	1054	3243	905	3011	961	2781	624	1298
9	5692	4154	1882	1456	3045	720	1931	1070	2533	687	1382
10	7249	3379	2375	1453	3691	810	1236	1223	2086	506	1648
11	9383	4820	2171	1922	3879	576	1386	1205	2390	712	2320
12	10095	4922	2691	1501	4138	614	1915	1052	3027	969	2457
13	15287	3553	2814	1300	4190	671	2134	1079	3430	1097	1974
14	15061	3245	1975	1824	5366	694	2526	738	3557	1244	1427
15	11843	3117	2007	1796	4932	579	2438	724	4006	1330	1722
16	8699	3012	974	1908	3816	647	2245	634	4598	1352	1824
17	6524	2893	383	1717	3318	643	2403	763	4534	1132	2149
18	4220	2497	309	1618	2837	605	2115	788	4809	1224	1111
19	2700	2115	391	1607	2846	691	1047	817	4339	1100	1243
20	1549	1969	422	1577	3121	757	1348	882	4956	1002	834
21	933	2267	498	1472	2542	875	1233	734	5253	909	724
22	835	2123	533	1467	2479	740	1435	842	4764	820	654
23	408	1609	460	1444	2548	623	1323	588	5045	843	543
24	396	1527	314	1115	2213	496	1355	560	5176	905	500
25	238	1499	157	1061	2030	310	1531	519	4751	934	579
26	128	1473	152	944	1961	257	1351	471	5121	697	388
27	148	1387	147	792	1965	227	1195	384	5332	785	320
28	96	1366	154	898	1901	187	1228	316	4554	725	233
29	90	945	126	748	1435	201	1192	346	4137	612	254
30	107	1003	121	809	1376	230	1215	359	3981	543	262
31	54	1060	113	758	1517	157	1408	383	4260	588	263
32	65	1035	114	540	1466	173	1248	360	4716	633	244
33	38	1055	89	521	1385	225	1468	307	4657	477	186
34	47	1150	103	431	1421	178	725	333	5385	484	165
35	36	1112	68	440	1223	139	726	350	4494	408	132
36	44	1071	51	447	1203	141	794	313	4205	409	90
37	46	971	53	381	699	147	864	298	4789	362	77
38	29	941	35	474	676	137	813	262	4189	287	81
39	35	901	17	530	755	87	824	246	4140	204	72
40	46	897	13	554	657	92	637	192	4169	169	59
41	41	888	12	614	612	105	457	193	3562	142	45
42	68	684	15	621	646	85	368	255	4030	134	40
43	44	923	20	542	645	80	463	297	3738	126	32
44	46	901	12	534	628	82	468	270	3567	159	39
45	72	895	15	613	629	68	577	205	4291	178	30
46	71	839	13	578	597	69	587	212	3838	211	35
47	113	809	16	652	556	78	695	188	2909	150	31
48	114	1016	15	754	553	85	813	190	2911	158	22
49	158	1097	8	916	504	94	633	216	2570	127	22
50	112	1059	14	1009	539	74	678	189	2301	132	24
51	58	913	23	1098	566	75	556	177	1793	141	18
52	39	1021	22	1009	546	72	476	219	2099	146	17
<b>total:</b>	126326	106427	39940	55771	109001	25171	76387	33215	194096	39717	41279

Tabela contendo as somas das execuções das 5 áreas de planejamento utilizando o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Moore de raio 1.

semana	serie	n_infec01	n_infec02	n_infec03	n_infec04	n_infec05	n_infec06	n_infec07	n_infec08	n_infec09	n_infec10
1	1510	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498
2	2541	1684	0	1128	808	478	1369	436	864	994	333
3	3149	725	0	306	883	514	725	398	1314	302	309
4	3039	1294	0	437	994	987	1066	340	694	291	303
5	2275	917	0	873	1369	633	1313	264	579	222	424
6	2495	594	0	36	2026	722	209	213	553	163	456
7	3631	936	0	54	113	998	290	389	592	159	608
8	4629	788	0	47	118	1315	462	467	703	172	753
9	5692	840	0	19	83	1302	438	484	854	184	754
10	7249	801	0	20	111	1415	601	568	1310	168	790
11	9383	1151	0	6	127	1703	665	726	0	186	1107
12	10095	1263	0	10	137	1914	965	916	0	257	1222
13	15287	1613	0	15	142	2078	960	623	0	217	1178
14	15061	1758	0	11	166	2475	1174	730	0	187	1334
15	11843	1608	0	19	175	3074	1628	586	0	169	1695
16	8699	1726	0	12	207	2655	0	571	0	193	1817
17	6524	1658	0	10	221	2442	0	627	0	0	1823
18	4220	1969	0	13	194	2432	0	674	0	0	1550
19	2700	2023	0	15	199	3031	0	500	0	0	1659
20	1549	1888	0	15	220	3200	0	567	0	0	1930
21	933	1979	0	18	221	0	0	409	0	0	2066
22	835	1567	0	21	251	0	0	368	0	0	1813
23	408	1441	0	24	252	0	0	299	0	0	1643
24	396	1203	0	29	237	0	0	186	0	0	1978
25	238	1041	0	39	239	0	0	179	0	0	1851
26	128	1147	0	41	237	0	0	137	0	0	1711
27	148	1058	0	26	219	0	0	139	0	0	1558
28	96	845	0	25	206	0	0	108	0	0	1433
29	90	769	0	23	221	0	0	97	0	0	1475
30	107	581	0	31	246	0	0	68	0	0	1658
31	54	603	0	34	230	0	0	61	0	0	1351
32	65	682	0	24	251	0	0	40	0	0	1092
33	38	677	0	16	230	0	0	34	0	0	907
34	47	647	0	17	176	0	0	29	0	0	1058
35	36	634	0	18	160	0	0	32	0	0	1136
36	44	487	0	17	146	0	0	37	0	0	1362
37	46	498	0	24	137	0	0	20	0	0	1196
38	29	496	0	22	126	0	0	20	0	0	1346
39	35	499	0	19	110	0	0	24	0	0	1598
40	46	583	0	20	125	0	0	18	0	0	1442
41	41	712	0	20	105	0	0	16	0	0	1434
42	68	635	0	25	97	0	0	17	0	0	1543
43	44	565	0	24	94	0	0	16	0	0	1523
44	46	524	0	26	73	0	0	8	0	0	1446
45	72	381	0	20	84	0	0	10	0	0	1744
46	71	432	0	27	78	0	0	12	0	0	1667
47	113	427	0	27	87	0	0	8	0	0	2020
48	114	433	0	24	107	0	0	7	0	0	1956
49	158	424	0	20	121	0	0	5	0	0	1992
50	112	282	0	22	130	0	0	6	0	0	2042
51	58	332	0	31	126	0	0	7	0	0	1856
52	39	379	0	28	139	0	0	4	0	0	1793
<b>total:</b>	<b>126326</b>	<b>49697</b>	<b>1498</b>	<b>5326</b>	<b>15052</b>	<b>34866</b>	<b>13363</b>	<b>13998</b>	<b>8961</b>	<b>5362</b>	<b>72233</b>

Tabela contendo as somas das execuções das 5 áreas de planejamento utilizando o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Moore de raio 2.

semana	serie	num_infec01	num_infec02	num_infec03	num_infec04	num_infec05	num_infec06	num_infec07	num_infec08	num_infec09	num_infec10
1	1510	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498
2	2541	320	85	0	1741	185	270	342	671	573	163
3	3149	0	68	0	2528	0	324	196	122	678	0
4	3039	0	83	0	1725	0	110	0	172	622	0
5	2275	0	164	0	1436	0	118	0	175	821	0
6	2495	0	217	0	1720	0	112	0	0	862	0
7	3631	0	301	0	2161	0	48	0	0	800	0
8	4629	0	358	0	2232	0	76	0	0	1552	0
9	5692	0	487	0	3014	0	99	0	0	1866	0
10	7249	0	647	0	3009	0	155	0	0	1936	0
11	9383	0	929	0	3429	0	234	0	0	2194	0
12	10095	0	987	0	0	0	282	0	0	2242	0
13	15287	0	1040	0	0	0	284	0	0	2041	0
14	15061	0	1408	0	0	0	271	0	0	2243	0
15	11843	0	1747	0	0	0	363	0	0	3105	0
16	8699	0	1957	0	0	0	296	0	0	3340	0
17	6524	0	2429	0	0	0	456	0	0	3325	0
18	4220	0	3065	0	0	0	492	0	0	0	0
19	2700	0	2836	0	0	0	537	0	0	0	0
20	1549	0	2973	0	0	0	481	0	0	0	0
21	933	0	3331	0	0	0	435	0	0	0	0
22	835	0	3788	0	0	0	324	0	0	0	0
23	408	0	3668	0	0	0	0	0	0	0	0
24	396	0	3099	0	0	0	0	0	0	0	0
25	238	0	3409	0	0	0	0	0	0	0	0
26	128	0	3249	0	0	0	0	0	0	0	0
27	148	0	3687	0	0	0	0	0	0	0	0
28	96	0	3162	0	0	0	0	0	0	0	0
29	90	0	2925	0	0	0	0	0	0	0	0
30	107	0	2953	0	0	0	0	0	0	0	0
31	54	0	3186	0	0	0	0	0	0	0	0
32	65	0	3136	0	0	0	0	0	0	0	0
33	38	0	3443	0	0	0	0	0	0	0	0
34	47	0	3211	0	0	0	0	0	0	0	0
35	36	0	3289	0	0	0	0	0	0	0	0
36	44	0	3171	0	0	0	0	0	0	0	0
37	46	0	3001	0	0	0	0	0	0	0	0
38	29	0	2780	0	0	0	0	0	0	0	0
39	35	0	3117	0	0	0	0	0	0	0	0
40	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>total:</b>	<b>126326</b>	<b>1818</b>	<b>84884</b>	<b>1498</b>	<b>24493</b>	<b>1683</b>	<b>7265</b>	<b>2036</b>	<b>2638</b>	<b>29698</b>	<b>1661</b>

Tabela contendo as somas das execuções das 5 áreas de planejamento utilizando o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Von Neumann de raio 1.

semana	serie	n_infec01	n_infec02	n_infec03	n_infec04	n_infec05	n_infec06	n_infec07	n_infec08	n_infec09	n_infec10
1	1510	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498
2	2541	375	205	462	675	805	407	1131	971	141	180
3	3149	465	228	92	104	391	75	925	781	147	174
4	3039	527	199	39	70	435	75	435	657	129	0
5	2275	667	239	35	42	406	72	541	655	120	0
6	2495	841	241	40	47	649	57	471	501	106	0
7	3631	754	40	48	53	547	50	551	36	98	0
8	4629	876	49	44	59	438	59	492	45	126	0
9	5692	871	82	42	55	492	45	368	57	145	0
10	7249	999	82	60	72	357	50	340	50	135	0
11	9383	1223	69	68	87	404	59	419	68	191	0
12	10095	918	54	59	90	310	81	469	70	208	0
13	15287	846	78	61	92	359	93	480	87	209	0
14	15061	310	104	55	96	409	75	572	97	236	0
15	11843	372	98	65	114	483	92	681	116	297	0
16	8699	440	92	73	124	521	130	798	111	312	0
17	6524	0	104	63	111	508	173	879	136	373	0
18	4220	0	101	84	103	484	156	1031	130	407	0
19	2700	0	118	103	91	524	150	985	153	451	0
20	1549	0	137	104	73	551	195	932	165	529	0
21	933	0	149	87	75	524	149	1152	200	565	0
22	835	0	173	92	61	575	178	1147	205	642	0
23	408	0	151	74	59	536	155	1062	221	683	0
24	396	0	113	55	61	519	118	1014	257	715	0
25	238	0	103	37	78	583	143	928	240	838	0
26	128	0	116	33	81	547	113	937	242	861	0
27	148	0	121	21	69	560	154	924	279	843	0
28	96	0	96	20	75	567	131	844	281	846	0
29	90	0	118	15	72	583	145	744	333	869	0
30	107	0	100	13	63	498	158	723	334	823	0
31	54	0	91	17	65	543	193	704	311	0	0
32	65	0	105	20	74	538	159	720	269	0	0
33	38	0	97	16	66	506	177	758	297	0	0
34	47	0	112	13	71	514	200	842	306	0	0
35	36	0	111	14	86	459	188	801	310	0	0
36	44	0	108	13	82	491	227	708	343	0	0
37	46	0	101	4	71	510	235	700	322	0	0
38	29	0	90	4	63	541	186	797	304	0	0
39	35	0	116	1	66	495	201	894	282	0	0
40	46	0	115	2	88	534	174	793	293	0	0
41	41	0	113	3	76	466	141	901	265	0	0
42	68	0	88	3	71	472	153	1002	259	0	0
43	44	0	103	2	74	465	174	1109	243	0	0
44	46	0	124	2	69	462	195	1241	255	0	0
45	72	0	123	1	71	499	203	1176	266	0	0
46	71	0	130	1	63	495	177	1271	280	0	0
47	113	0	126	1	59	523	162	1244	273	0	0
48	114	0	131	0	77	499	184	1415	253	0	0
49	158	0	139	0	100	509	209	1325	271	0	0
50	112	0	120	0	91	555	233	1463	257	0	0
51	58	0	137	0	92	592	246	1603	219	0	0
52	39	0	128	0	102	617	281	1637	191	0	0
<b>total:</b>	<b>126326</b>	<b>11982</b>	<b>7566</b>	<b>3659</b>	<b>6027</b>	<b>27348</b>	<b>9334</b>	<b>46577</b>	<b>15045</b>	<b>13543</b>	<b>1852</b>

Tabela contendo as somas das execuções das 5 áreas de planejamento utilizando o modelo SIS, com probabilidades variantes no tempo para a vizinhança de Von Neumann de raio 2.

semana	serie	n_infec01	n_infec02	n_infec03	n_infec04	n_infec05	n_infec06	n_infec07	n_infec08	n_infec09	n_infec10
1	1510	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498
2	2541	29	99	533	380	250	113	259	35	67	32
3	3149	0	0	1031	10	310	119	346	38	39	0
4	3039	0	0	320	8	1256	79	289	67	18	0
5	2275	0	0	295	10	1016	32	317	126	7	0
6	2495	0	0	280	14	753	56	483	117	4	0
7	3631	0	0	323	14	832	44	434	140	2	0
8	4629	0	0	329	5	966	58	556	203	2	0
9	5692	0	0	494	8	1196	156	581	208	1	0
10	7249	0	0	580	15	1348	94	0	277	2	0
11	9383	0	0	459	15	1537	97	0	285	3	0
12	10095	0	0	530	16	924	88	0	360	1	0
13	15287	0	0	512	23	1204	95	0	447	1	0
14	15061	0	0	479	31	1350	52	0	478	1	0
15	11843	0	0	390	25	876	31	0	491	3	0
16	8699	0	0	286	21	1010	47	0	402	2	0
17	6524	0	0	296	19	929	48	0	597	1	0
18	4220	0	0	251	27	901	47	0	498	1	0
19	2700	0	0	235	26	840	26	0	601	2	0
20	1549	0	0	229	28	971	18	0	540	1	0
21	933	0	0	246	27	960	25	0	83	1	0
22	835	0	0	205	17	1076	15	0	6	0	0
23	408	0	0	138	9	603	15	0	1	0	0
24	396	0	0	122	8	666	8	0	0	0	0
25	238	0	0	104	5	721	2	0	0	0	0
26	128	0	0	89	3	994	0	0	0	0	0
27	148	0	0	85	6	527	0	0	0	0	0
28	96	0	0	69	8	334	0	0	0	0	0
29	90	0	0	66	7	165	0	0	0	0	0
30	107	0	0	65	3	102	0	0	0	0	0
31	54	0	0	55	1	133	0	0	0	0	0
32	65	0	0	56	0	81	0	0	0	0	0
33	38	0	0	48	0	103	0	0	0	0	0
34	47	0	0	39	0	49	0	0	0	0	0
35	36	0	0	30	0	46	0	0	0	0	0
36	44	0	0	30	0	22	0	0	0	0	0
37	46	0	0	36	0	13	0	0	0	0	0
38	29	0	0	35	0	18	0	0	0	0	0
39	35	0	0	30	0	14	0	0	0	0	0
40	46	0	0	21	0	13	0	0	0	0	0
41	41	0	0	23	0	10	0	0	0	0	0
42	68	0	0	20	0	9	0	0	0	0	0
43	44	0	0	22	0	10	0	0	0	0	0
44	46	0	0	24	0	15	0	0	0	0	0
45	72	0	0	23	0	17	0	0	0	0	0
46	71	0	0	21	0	15	0	0	0	0	0
47	113	0	0	22	0	12	0	0	0	0	0
48	114	0	0	25	0	10	0	0	0	0	0
49	158	0	0	23	0	12	0	0	0	0	0
50	112	0	0	23	0	7	0	0	0	0	0
51	58	0	0	30	0	1	0	0	0	0	0
52	39	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0
<b>total:</b>	<b>126326</b>	<b>1527</b>	<b>1597</b>	<b>11208</b>	<b>2287</b>	<b>26725</b>	<b>2863</b>	<b>4763</b>	<b>7498</b>	<b>1657</b>	<b>1530</b>

**APÊNDICE D**

Planilha contendo as 10 execuções para previsão, com o cromossomo que melhor identifica a série temporal de 2007.

semana	seriealca	n_iniec	erro	n_iniec02	erro02	n_iniec03	erro03	n_iniec04	erro04	n_iniec05	erro05	n_iniec06	erro06	n_iniec07	erro07	n_iniec08	erro08	n_iniec09	erro09	n_iniec10	erro10	media	desvio			
1	1510	66	66	0	66	0	66	0	66	0	66	0	66	0	66	0	66	0	66	0	66	0	660	1518	0	
2	2541	110	142	32	148	38	153	43	159	49	136	26	156	46	159	49	159	49	146	36	167	57	1509	3471	219	
3	3149	137	145	8	138	16	153	16	137	15	131	6	152	15	142	5	146	9	160	23	1456	3349	203	375		
4	3039	132	194	62	140	8	180	28	177	45	184	52	185	23	187	55	170	38	179	47	172	40	1718	3951	375	
5	2275	99	309	210	227	128	250	151	282	183	254	230	131	271	172	270	171	283	184	267	168	2643	6079	575		
6	2495	108	190	82	123	15	140	32	180	52	146	38	127	19	170	62	169	61	167	59	140	32	1532	3924	492	
7	3631	158	182	4	114	44	128	30	135	23	147	11	139	19	146	12	156	4	154	4	106	52	1387	3190	420	
8	4629	201	227	26	178	23	193	8	181	20	220	19	211	10	204	3	234	33	209	8	149	52	2006	4614	594	
9	5892	247	305	58	228	19	253	6	251	4	284	37	265	18	251	4	303	56	268	21	202	45	2610	6003	732	
10	7249	315	342	27	289	16	318	3	311	4	346	11	335	20	345	30	349	34	351	36	282	53	3258	7493	658	
11	9383	408	410	2	330	78	370	38	387	21	397	11	376	32	423	15	419	11	366	42	326	82	3804	8749	779	
12	10095	439	617	178	500	61	540	101	542	103	607	168	521	82	629	195	594	115	558	119	482	43	5555	12777	1155	
13	15287	655	421	244	370	295	410	255	401	284	434	231	384	301	481	184	395	270	380	305	364	301	4000	9200	887	
14	15061	655	278	377	255	400	276	379	246	409	258	397	242	413	305	350	240	415	229	426	237	418	2566	5902	538	
15	11843	515	350	165	320	195	316	199	328	187	345	170	326	189	410	105	316	199	299	216	284	221	3304	7599	759	
16	8699	378	289	89	278	100	278	100	281	97	301	77	280	118	374	4	305	73	288	110	282	116	2896	6861	764	
17	6824	284	205	79	219	65	192	92	225	59	216	68	202	82	295	11	238	46	209	75	184	100	2185	5026	716	
18	4220	183	192	9	188	5	164	19	192	9	209	26	179	4	239	56	198	17	166	17	174	9	1901	4372	512	
19	2700	117	136	19	121	4	119	2	153	36	154	37	140	23	188	51	143	26	135	18	123	6	1392	3202	366	
20	1649	67	102	35	88	21	90	23	121	54	114	47	115	48	125	58	109	42	109	42	95	28	1068	2456	293	
21	933	41	73	32	64	23	60	19	88	47	88	41	82	41	107	66	88	47	89	48	85	44	818	1881	311	
22	835	36	48	12	54	18	39	3	49	13	55	19	51	81	45	63	27	74	38	74	38	594	1366	308		
23	408	18	78	60	59	41	52	34	66	48	67	49	63	45	96	78	82	64	94	76	78	60	735	1691	336	
24	396	17	57	40	44	27	49	32	45	28	57	40	44	27	61	44	56	39	73	56	72	55	558	1283	246	
25	238	10	30	20	26	16	34	24	21	11	22	12	22	12	34	24	25	15	42	32	57	47	313	720	259	
26	128	6	28	23	27	21	30	24	21	15	26	20	18	12	40	34	18	12	33	27	47	41	289	685	214	
27	148	6	26	22	37	31	30	24	24	18	28	22	18	12	37	31	17	11	31	25	46	40	296	681	204	
28	96	4	37	33	34	30	22	18	26	24	17	13	24	20	41	37	31	29	35	35	36	32	309	711	183	
29	90	4	48	45	31	27	26	22	39	35	16	12	32	28	38	34	45	41	47	43	53	49	376	885	264	
30	107	5	48	43	28	23	23	18	40	35	14	9	30	25	38	33	53	48	51	46	54	49	379	872	318	
31	54	2	36	34	27	25	22	20	28	26	6	4	24	22	25	23	45	43	46	44	56	54	315	725	333	
32	65	3	31	28	24	21	19	16	26	23	3	0	21	18	20	17	36	33	42	39	53	50	275	633	319	
33	38	2	25	23	19	17	7	5	17	15	1	1	21	19	10	8	25	23	37	35	45	43	207	476	307	
34	47	2	27	25	22	20	6	4	26	24	0	2	25	23	19	17	19	17	37	35	42	40	223	513	290	
35	36	2	16	14	15	13	6	4	22	20	0	2	24	22	19	17	19	17	31	29	29	44	42	196	451	282
36	44	2	16	14	18	16	8	6	22	20	0	2	21	19	16	14	13	11	26	24	41	39	181	416	251	
37	46	2	12	10	13	11	8	6	21	19	0	2	21	19	14	12	6	4	22	20	34	32	151	347	224	
38	29	1	17	15	21	20	12	11	20	19	0	1	25	24	16	15	6	5	30	29	32	31	179	412	231	
39	35	2	18	16	16	14	9	7	20	18	0	2	22	20	15	13	0	2	21	19	25	23	146	336	203	
40	46	2	11	9	15	13	10	8	7	5	0	2	18	16	9	7	0	2	17	15	14	12	101	232	146	
41	41	2	5	20	18	10	8	1	7	5	0	2	14	12	6	4	0	2	13	11	20	18	97	223	164	
42	68	3	3	0	20	17	9	6	10	7	0	3	9	6	11	8	0	3	13	10	15	12	90	207	149	
43	44	2	4	2	17	15	11	9	17	15	0	2	6	4	14	12	0	2	19	17	23	21	111	255	189	
44	46	2	5	3	26	24	14	12	18	16	0	3	1	21	19	10	0	2	27	25	27	25	141	324	259	
45	71	3	6	3	22	19	23	20	24	21	0	3	6	3	25	22	0	3	29	26	35	32	170	391	293	
46	71	3	3	0	17	14	16	13	16	13	0	3	0	22	19	0	3	16	13	25	22	118	271	216		
47	113	5	3	2	23	18	15	10	13	8	0	5	4	1	23	18	0	5	24	19	33	28	138	317	270	
48	114	5	3	2	25	20	25	20	15	0	5	8	3	26	21	0	5	30	25	40	41	183	421	348		
49	158	7	4	3	22	15	31	24	28	21	0	7	9	2	25	18	0	7	41	34	55	48	215	495	422	
50	112	5	6	1	39	34	40	35	36	31	0	5	11	6	32	27	0	5	56	51	68	63	288	662	546	
51	58	3	11	8	34	31	41	38	47	44	0	3	14	11	48	45	0	3	80	57	75	72	330	594	754	
52	39	2	14	12	38	36	51	49	60	58	0	2	20	18	62	60	0	2	84	82	90	88	419	684	767	
Total	126326	5493	5837	2266	5227	2204	5327	2074	5660	2335	5372	1921	5239	2078	6453	2270	5582	2191	5982	2859	5732	3137	56391	129699	20472	



Planilha contendo as 10 execuções para previsão, com o cromossomo que melhor prevê a série temporal de 2008.

semana	serie	seriecalc	n_iniec	erro	n_iniec2	erro2	n_iniec3	erro3	n_iniec4	erro4	n_iniec5	erro5	n_iniec6	erro6	n_iniec7	erro7	n_iniec8	erro8	n_iniec9	erro9	n_iniec10	erro10	media	desvio		
1	1510	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	660	1518	0	
2	2541	110	142	32	148	38	153	43	143	33	159	49	136	26	156	46	159	49	146	36	167	57	1509	3471	219	
3	3149	137	145	8	138	1	153	16	152	15	137	0	131	6	152	15	142	5	146	9	160	23	1456	3349	203	
4	3039	182	194	62	140	8	180	28	177	45	184	52	155	23	187	55	170	38	179	47	172	40	1718	3951	375	
5	2275	99	309	210	227	128	250	151	282	183	254	155	230	131	271	172	270	171	283	184	267	168	2643	6079	575	
6	2495	108	190	82	123	15	140	32	160	52	146	38	127	19	170	62	169	61	153	42	140	32	1532	3524	492	
7	3631	168	162	4	114	44	128	30	135	23	147	11	139	19	146	12	156	2	154	4	106	52	1387	3190	420	
8	4629	201	227	26	178	23	193	8	181	20	220	19	211	10	204	3	234	33	209	8	149	52	2006	4614	594	
9	5892	247	305	58	228	19	253	6	251	4	284	37	265	18	251	4	303	56	268	21	202	45	2610	6003	732	
10	7249	315	342	27	289	16	318	3	311	4	346	31	335	20	345	30	349	34	351	36	262	53	3258	7493	688	
11	9383	408	410	2	330	78	370	38	387	21	397	11	376	32	423	15	419	11	366	42	326	82	3804	8749	779	
12	10095	439	617	178	500	61	540	101	542	103	607	168	521	82	634	195	554	115	558	119	482	43	5555	12777	1155	
13	15287	665	421	244	370	295	410	255	401	264	434	231	364	301	481	184	395	270	360	305	364	301	4000	9200	887	
14	15061	655	278	377	255	400	276	379	246	409	258	397	242	413	305	350	240	415	229	426	237	418	2566	5902	538	
15	11843	515	350	165	320	195	316	199	328	187	345	170	326	189	410	105	316	199	299	216	294	221	3304	7699	759	
16	8699	378	289	89	278	100	278	100	281	97	301	77	290	118	374	4	305	73	268	110	262	116	2896	6661	784	
17	6824	284	205	79	219	65	192	92	225	59	216	68	202	82	235	11	238	46	209	75	184	100	2185	5026	716	
18	4220	183	192	9	188	5	164	19	192	9	209	26	179	4	239	56	198	15	166	17	174	9	1901	4372	512	
19	2700	117	136	19	121	4	119	2	153	36	154	37	140	23	168	51	143	26	135	18	123	6	1392	3202	366	
20	1649	67	102	35	88	21	90	23	121	54	114	47	115	48	125	58	109	42	109	42	95	28	1088	2456	293	
21	933	41	73	32	64	23	60	19	88	47	82	41	82	41	107	66	88	47	89	48	85	44	878	1881	311	
22	835	36	48	12	54	18	39	3	49	13	55	19	51	19	81	45	63	27	74	38	74	38	584	1366	308	
23	408	18	78	60	59	41	52	34	66	48	67	49	63	45	96	76	82	64	94	76	78	60	735	1691	336	
24	396	17	57	40	44	27	49	32	45	28	57	40	44	27	61	44	56	39	73	56	72	55	558	1283	246	
25	90	4	48	45	31	27	26	22	39	35	16	12	32	28	38	34	45	41	47	43	53	49	376	865	284	
26	128	6	29	23	27	21	30	24	21	15	26	20	18	12	40	34	18	12	33	27	47	41	289	665	214	
27	148	6	28	22	37	31	30	24	24	18	28	22	18	12	37	31	17	11	31	25	46	40	296	681	204	
28	96	4	37	33	34	30	22	18	28	24	17	13	24	20	41	37	31	27	39	35	36	32	309	711	183	
29	90	4	48	45	31	27	26	22	39	35	16	12	32	28	38	34	45	41	47	43	53	49	376	865	284	
30	107	5	48	43	28	23	23	18	40	35	14	9	30	25	38	33	53	48	51	46	54	49	379	872	318	
31	54	2	36	34	27	25	22	20	28	26	6	4	24	22	25	23	45	43	46	44	56	54	315	725	333	
32	65	3	31	28	24	21	19	16	26	23	3	0	21	18	20	17	36	33	42	39	53	50	275	633	319	
33	38	2	25	23	19	17	7	5	17	15	1	1	21	19	10	8	25	23	37	35	45	43	207	476	307	
34	47	2	27	25	22	20	6	4	26	24	0	2	25	23	19	17	19	17	37	35	42	40	223	513	290	
35	36	2	16	14	15	13	6	4	22	20	0	2	24	22	19	17	19	17	31	29	44	42	186	451	282	
36	44	2	16	14	18	16	8	6	22	20	0	2	21	19	16	14	13	11	26	24	41	39	181	416	251	
37	46	2	12	10	13	11	8	6	21	19	0	2	21	19	14	12	6	4	22	20	34	32	161	347	224	
38	29	1	17	16	21	20	12	11	20	19	0	1	25	24	16	15	6	5	30	29	32	31	179	412	231	
39	35	2	18	16	14	14	9	7	20	18	0	2	22	20	15	13	0	2	21	19	25	23	146	336	203	
40	46	2	11	9	15	13	10	8	7	5	0	2	18	16	9	7	0	2	17	15	14	12	101	232	146	
41	41	2	7	5	20	18	10	8	7	5	0	2	14	14	12	6	4	0	2	13	11	20	18	97	223	164
42	68	3	3	0	20	17	9	6	10	7	0	3	9	6	11	8	0	3	13	10	15	12	90	207	149	
43	44	2	4	2	17	15	11	9	17	15	0	2	6	4	14	12	0	2	19	17	23	21	111	255	189	
44	46	2	5	3	26	24	14	12	18	16	0	2	3	1	25	22	0	2	27	25	27	25	141	324	259	
45	72	3	6	3	22	19	23	20	24	21	0	3	6	3	25	22	0	3	29	26	35	32	170	391	293	
46	71	3	3	0	17	14	16	13	16	13	0	3	0	0	22	19	0	3	16	13	25	22	118	271	216	
47	113	5	3	2	23	18	15	10	13	8	0	5	0	0	23	18	0	5	24	19	33	28	138	317	270	
48	114	5	3	2	25	20	25	20	15	0	5	0	8	3	26	21	0	5	30	25	46	41	183	421	348	
49	158	7	4	3	22	15	31	24	28	21	0	7	9	2	25	18	0	7	41	34	55	48	215	495	422	
50	112	5	6	1	39	34	40	35	36	31	0	5	11	6	32	27	0	5	56	51	68	63	288	662	546	
51	58	3	11	8	34	31	41	38	47	44	0	3	14	11	48	45	0	3	60	57	75	72	330	759	594	
52	39	2	14	12	38	36	51	49	60	58	0	2	20	18	62	60	0	2	84	82	90	88	419	964	754	
Total	126326	5493	5637	2266	5227	2204	5327	2074	5660	2335	5372	1921	5239	2076	6453	2270	5582	2191	5962	2859	5732	3137	56391	129699	20472	



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)