

Segregação Racial e Valorização do Território: uma modelagem baseada em agentes

Gustavo L. Lima¹, Nelson F. Traversi¹, Diana F. Adamatti¹

¹Programa de Pós-Graduação em Computação

Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

{gustavolameirao,20kfurg,dianaada}@gmail.com

Abstract. *To understand how residential segregation of ethnic groups happens, Thomas Crombie Schelling has created a model to show how people take into account how many individuals similar are around. With the advancement of technology, a model was created in the NetLogo tool based on the Schelling model. This contributed to new simulations being made. The objective of this study is to add a new behavior in the agents, improving the model. Individuals will take into account, in addition to the neighborhood, the valuation of the position where they will stay. The results obtained in the simulations show a similarity when compared to racial distribution maps of large cities.*

Resumo. *Para entender como acontece a segregação residencial de grupos étnicos, Thomas Crombie Schelling criou um modelo para mostrar como as pessoas levam em consideração quantos indivíduos similares estão a volta. Com o avanço da tecnologia, foi criado um modelo na ferramenta NetLogo se baseando no modelo de Schelling. Isto contribuiu para que novas simulações fossem feitas. O objetivo deste estudo é acrescentar um novo comportamento nos agentes, aprimorando o modelo. Os indivíduos levarão em conta, além da vizinhança, a valorização da posição onde irão ficar. Os resultados obtidos nas simulações apresenta uma similaridade quando comparado com mapas de distribuição racial de grandes cidades.*

1. Introdução

Thomas Crombie Schelling foi um economista que ganhou um prêmio Nobel em economia em 2005. Um dos seus trabalhos (Schelling 1981) buscou entender como acontecia a segregação. O estudo de Schelling ajudou no estudo da segregação residencial de grupos étnicos, ou seja, na forma com que as pessoas escolhem suas moradias nas cidades. Como exemplos reais desse estudo, pode-se verificar cidades como Nova York e Chicago, nos EUA. A Figura 1 apresenta distribuição racial em Nova York em 2010 e a Figura 2 mostra Chicago em 2000. Pode-se analisar que em Nova York toda a cidade é bem valorizada, podendo ser vista a clusterização dos grupos de cada etnia. Já em Chicago (Figura 2), é possível notar que em locais com grande valor agregado, como no centro dessa cidade, existe uma grande diversidade de etnias. É possível observar que no centro da cidade existe um comportamento heterogêneo das etnias. Conforme se afasta do centro, começa a ocorrer a segregação étnica, separando em bairros cada uma das etnias.

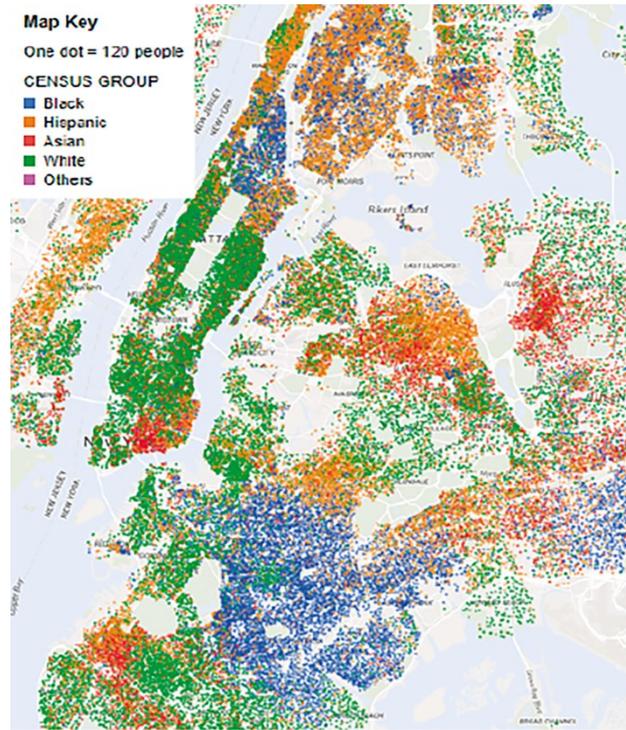


Figura 1. Mapa da segregação racial em Nova York [The New York Times, 2015]

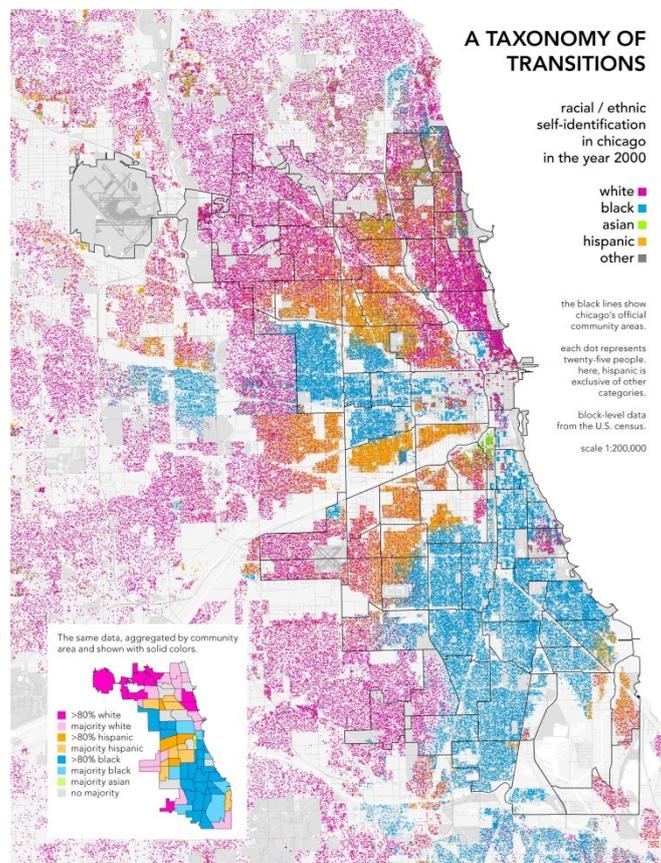


Figura 2. Mapa da segregação racial em Chicago [Rakin 2009]

Utilizando o avanço do poder computacional, Wilensky (Wilensky, 1997) criou um modelo similar ao proposto por Schelling na ferramenta NetLogo. Neste modelo, é possível realizar grandes simulações utilizando agentes que simulam as pessoas escolhendo onde irão morar. Este modelo mostra como os incentivos e as tendências de indivíduos se agruparem com indivíduos semelhantes leva a segregação.

No modelo original de Wilensky, agentes ocupam células de um espaço retangular. Os agentes são distribuídos pelo cenário, ocupando as posições aleatoriamente. Cada célula pode ser ocupada por apenas um agente. Além disso, cada célula possui 8 outras células ao seu redor (formando uma vizinhança). Os agentes pertencem a um dentre dois grupos. Cada agente verifica os agentes ao seu redor para constatar se a relação de amigos (proporção entre os agentes do mesmo grupo e o total de agentes a sua volta) é maior ou igual ao valor de aceitação. Se essa condição for satisfeita, o agente permanece no mesmo local. Caso contrário, o agente move para as células vazias em busca de um local onde a condição seja satisfeita.

Este estudo propõe adicionar outro comportamento que podem influenciar as pessoas na hora de escolher onde irão morar. Além da vizinhança, os agentes irão levar em conta possíveis valorizações nos terrenos (posições). Estas valorizações podem ocorrer em pontos específicos, ou pode ocorrer a valorização de um ponto central e, por consequência, uma valorização das residências ao seu redor.

Foi adicionado um valor de aceitação da localidade do agente. Este valor determina qual a qualidade mínima para que o agente seja feliz em determinada localidade. Os agentes levam este valor relacionado a sua posição, além dos vizinhos similares do modelo original, na hora de decidir onde irão ficar. É possível observar que, utilizando o valor de qualidade mínima baixo, a clusterização se aproxima do modelo original, da mesma forma que, ao utilizar um valor de qualidade mínima alto, os agentes consideram mais importante a localização do que a vizinhança. Vale ressaltar que o valor de qualidade mínima é igual para todos os agentes.

Este artigo está dividido em seções. A seção 2 apresenta o modelo original do NetLogo, que foi utilizado como base para o desenvolvimento do estudo proposto. As modificações feitas na extensão do modelo são apresentadas na seção 3. A seção 4 mostra os resultados obtidos nas simulações, em conjunto com sua análise. Por fim, a seção 5 trata das conclusões obtidas no estudo e dos trabalhos futuros.

2. Segregação - Modelo Base do NetLogo

O modelo criado Wilensky foi implementado no ambiente multiagente NetLogo. A interface da simulação é mostrada na Figura 3.

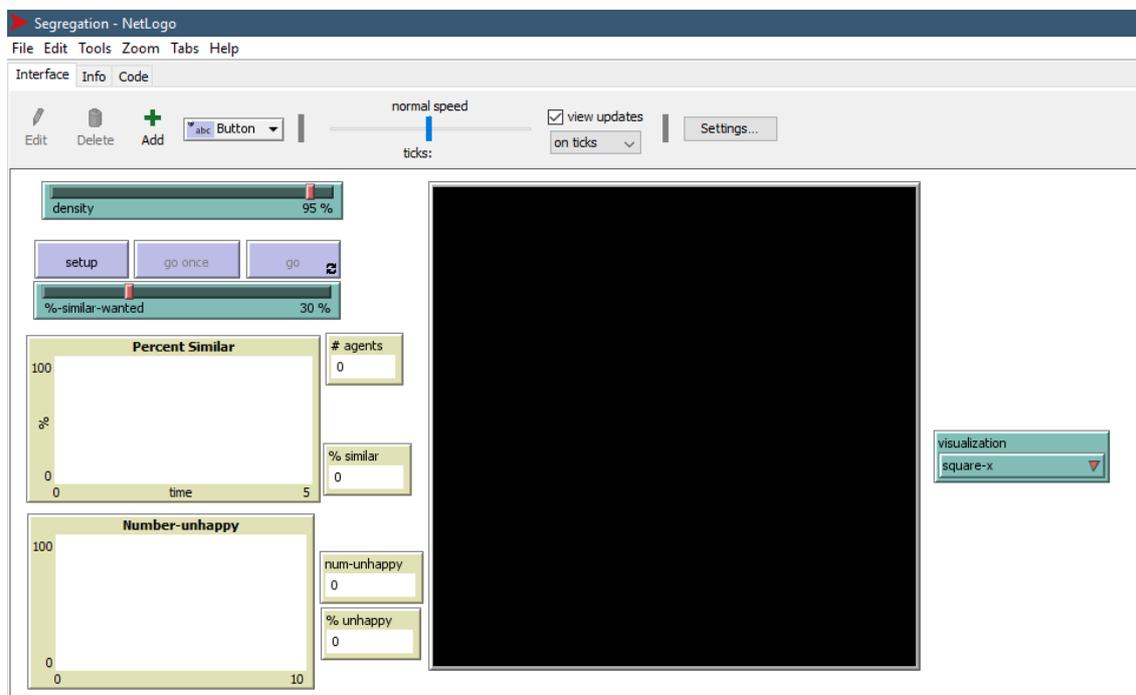


Figura 3. Interface do modelo no NetLogo

Neste modelo, existe um grupo de agentes que pertencem ao grupo verde ou vermelho. A felicidade de cada agente é determinada pela quantidade de agentes similares (do mesmo grupo) em sua volta. Se essa relação for maior ou igual a porcentagem de similaridade desejada (determinada pelo slider *%-similar-wanted*), o agente fica feliz. Caso contrário, o agente fica infeliz. Os agentes infelizes irão se mover para as células desocupadas até atingir o estado de felicidade. Se todos os agentes atingirem a felicidade, a simulação é finalizada.

Na simulação, é possível escolher a densidade (quantidade de agentes que serão utilizados) através do slider *density*, a porcentagem de similaridade desejada (*%-similar-wanted*). Como resultado, além da simulação através dos quadrados, também são mostrados 2 gráficos, um que trata da porcentagem média de vizinhos com a mesma cor para cada agente e outro que trata do número de agentes infelizes. Por fim, existem monitores para o número total de agentes, a porcentagem de similares, o número e a porcentagem de agentes infelizes.

Através das simulações, é possível constatar que quanto maior o nível de similaridade desejado, maior a segregação produzida. Para verificar tal constatação, foram realizadas três simulações, utilizando *density* 90% e *%-similar-wanted* em 25, 50 e 75 %. Os resultados são apresentados nas Figura 4 (1), (2) e (3), respectivamente.

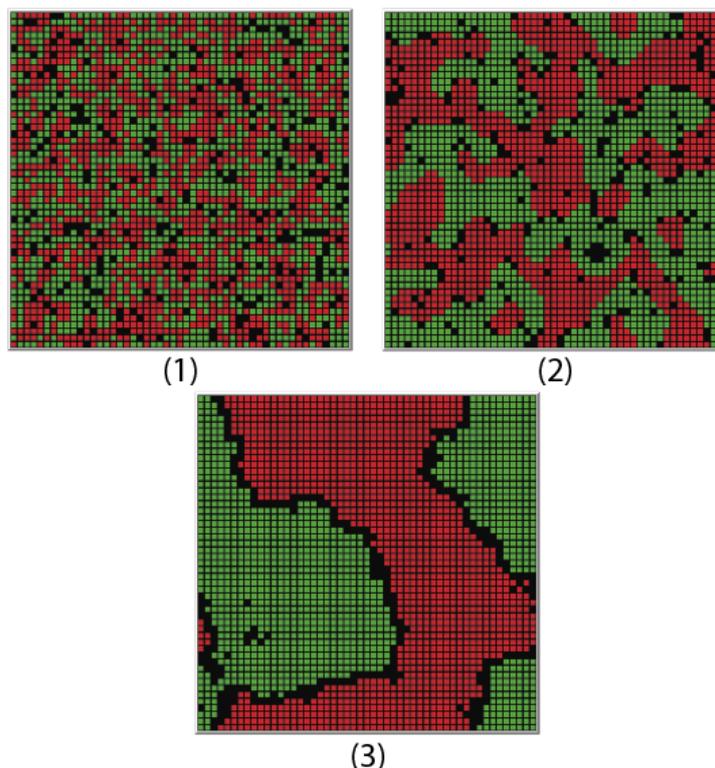


Figura 4. Resultados obtidos no modelo original do NetLogo

Também foi possível observar que se utilizar um grau de densidade muito alto e uma similaridade também alta, fica difícil de encontrar um fim para a execução da simulação, pois a exigência dos agentes fica muito alta, sendo necessário que se desloquem muito para encontrar um ponto que atenda sua exigência. Porém, como a densidade é muito alta, não existe espaço para os agentes se moverem. Se for utilizado valores similares aos anteriores, ao usar densidade 90%, não existe convergência da simulação para valores de similaridade acima de 80%.

3. Extensão do Modelo

No modelo desenvolvido por Wilensky, o principal fator determinante da escolha de onde o indivíduo irá residir é a vizinhança, ou seja, a quantidade de agentes similares ao seu redor. A extensão proposta visa introduzir um novo comportamento dos agentes. Além da sua vizinhança, os agentes também levarão em conta a localização e valorização de onde irão ficar. Esta proposta se baseia no fato de que os centros das grandes cidades são heterogêneos, ou seja, existem pessoas de diversas culturas residindo próximas, por conta da posição destas residências. Um exemplo é o bairro Liberdade na cidade de São Paulo, que é predominante habitado por imigrantes asiáticos. Entretanto, ao se afastar do centro, bairros com pessoas com alguma similaridade começam a ser formados.

Além do centro da cidade, existem outros pontos que podem ter sua localização valorizada, como casas próximas a grandes *shoppings*, aeroportos, dentre outros. Por esse motivo, os pontos de valorização de cada cidade são diferentes.

Ainda existem pontos específicos que são valorizados, como determinada residência que tem um alto valor, tratando de um comportamento de apenas um ponto, e não uma região.

O modelo proposto busca simular o comportamento dos indivíduos na escolha de onde irão viver, levando em consideração a vizinhança (modelo de Schelling) mas também levando em conta a valorização da posição, ou seja, um indivíduo pode acabar optando por morar em um lugar onde há poucos vizinhos similares a ele, se este lugar for bem valorizado.

Em um primeiro momento, o centro do mapa representa o centro de uma cidade, que é o ponto mais desejado e portanto é por onde uma cidade deve começar a ser formada.

Visto que mesmo tendo um valor mais elevado ao centro, algumas sociedades podem valorizar outros pontos da área. No modelo é possível criar outros pontos de valorização no mapa, onde o ponto central é escolhido e automaticamente os pontos a volta também são valorizados. O grau de valorização decai conforme as posições vão ficando mais afastadas do ponto escolhido. Além disso, também é possível escolher um valor aleatório para cada terreno, que pode variar entre zero a outro valor escolhido, possibilitando assim a criação de cenários mais complexos para o estudo.

Como o modelo se trata de uma extensão do modelo da biblioteca do NetLogo de Wilensky (que se baseia no modelo de Schelling), existe uma série de similaridades na interface e no funcionamento. Todos os controles apresentados na interface do modelo do NetLogo estão presentes neste modelo (controle de densidade, porcentagem de similaridade desejada, os gráficos, etc), mas a diferença está no controle das variáveis de valorização dos terrenos.

Um dos itens adicionados a interface é o *good-position*. Esta variável se comporta de maneira similar a similaridade desejada: quanto maior o valor, os agentes serão mais exigentes na escolha posição, da mesma forma que quanto menor o valor, menos exigentes eles serão. Outra diferença desta variável ao controle de similaridade é que este valor decai conforme o tempo passa (mais precisamente conforme o número de ciclos passa). A intensidade deste decaimento é controlada pelo *slider decay*. O gráfico *good-position* apresenta o decaimento da variável *good-position* conforme o tempo.

Outro comando adicionado a interface é o *switch prioritize-location*. Este switch determina o peso dado entre a valorização da posição e os vizinhos na escolha de onde o agente irá ficar. Se este *switch* estiver desativado, os agentes irão dar o mesmo valor para as duas variáveis. Ao ativá-lo, os agentes passarão a dar mais valor para a localização do ponto do que para a quantidade de vizinhos similares.

O *slider position-starting-value* trata da valorização inicial de cada terreno. Este valor é aleatório entre zero até a escolha. Isto serve para que cada posição tenha um valor inicial diferente.

O botão *area-value-increase* serve para criar um ponto de valorização. Quando o usuário clica neste botão e depois em um ponto do *grid*, será criado um círculo de valorização. O centro do círculo terá uma super valorização (determinada pelo *slider area-value-amount*) e os valores a sua volta também serão valorizados. A proporção da valorização decai conforme os pontos vão se distanciando do centro do círculo. O

tamanho do círculo é determinado pelo *slider area-value-increase-area*. A nova interface gráfica do simulador é apresentada na Figura 5.

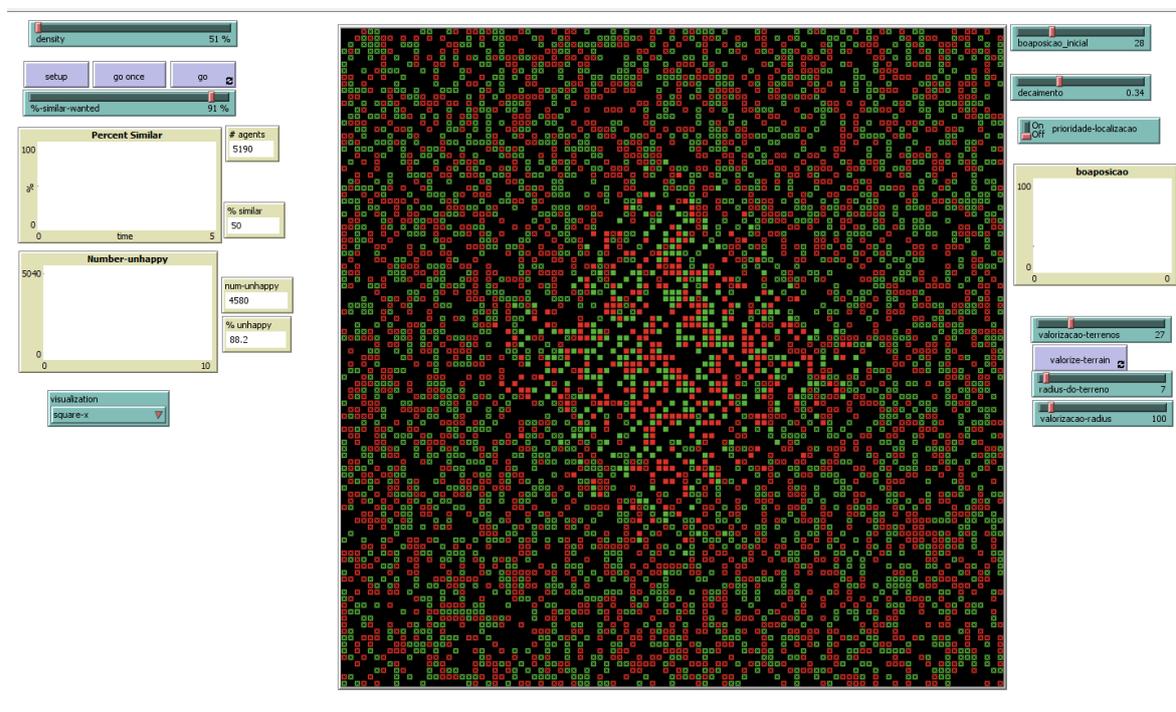


Figura 5. Interface do modelo desenvolvido

4. Análise dos Resultados

De forma a validar a extensão proposta, um conjunto de simulações foi realizado. Em um primeiro momento, foram criadas simulações onde os parâmetros originais foram mantidos iguais (para a simulação em questão foi utilizado densidade 90%, similaridade 90%), além dos novos parâmetros *good-starting-position* (valor 100) e decaimento (0.20). As combinações de alterações das demais variáveis inseridas ao modelo foram testadas e o resultado das segregações obtidas foram analisadas. O primeiro conjunto de testes é formado por cinco cenários:

1. Apenas o centro do grid valorizado;
2. Centro do grid valorizado e valorizações de pontos específicos (gerados aleatoriamente);
3. Centro do grid valorizado e várias zonas de valorização (valor inferior ao centro);
4. Centro do grid valorizado, várias zonas de valorização (raio pequeno e valorização bem inferior ao centro) e valorizações de pontos específicos (gerados aleatoriamente);
5. Centro do grid valorizado, várias zonas de valorização (raio grande e valorização levemente inferior ao centro) e valorizações de pontos específicos (gerados aleatoriamente).

A segregação formada por cada um dos casos é mostrada na Figura 6 e pode-se concluir em cada um dos cenários que:

1. Esta simulação possui apenas a valorização do centro. É possível ver que toda comunidade se concentrou no centro do mapa, formando uma cidade bem clusterizada.
2. Nessa simulação são utilizados valores aleatórios nos imóveis, em conjunto com o valor central da cidade. O comportamento dos agentes se fixando em certos lugares antes da “civilização” alcançá-los é observado.
3. Este caso se baseia no fato de que o centro da cidade é o mais desejável. Entretanto, existem quatro pontos nos extremos do *grid*, com valorização equivalente a metade do valor central. Nessa simulação, o centro ainda assim foi a escolha predominante, porém foram formados quatro novos bairros isolados com cores predominantes em cada um deles.
4. No quarto cenário, além do grande valor central e dos pontos nos extremos vistos nas simulações anteriores, foi adicionado um ruído, na forma de valores adicionais em cada uma das posições. Isto permitiu que certos agentes comesçassem a atingir o estado de felicidade mesmo sem possuir vizinhos similares a ele, ou seja, apenas pela qualidade do lugar. Tal simulação demonstra que quando existe um imóvel com alta valorização este pode ser escolhido, mesmo que seja em um bairro pouco desejado.
5. Nesta última simulação, são atribuídos valores específicos inferiores ao centro, além de valores aleatórios a pontos específicos do mapa. Este caso é basicamente a junção de todas as variáveis criadas. É possível notar que a clusterização se mantém padronizada, tomando apenas o formato que engloba o centro do mapa e seus quatro pontos de supervalorização.

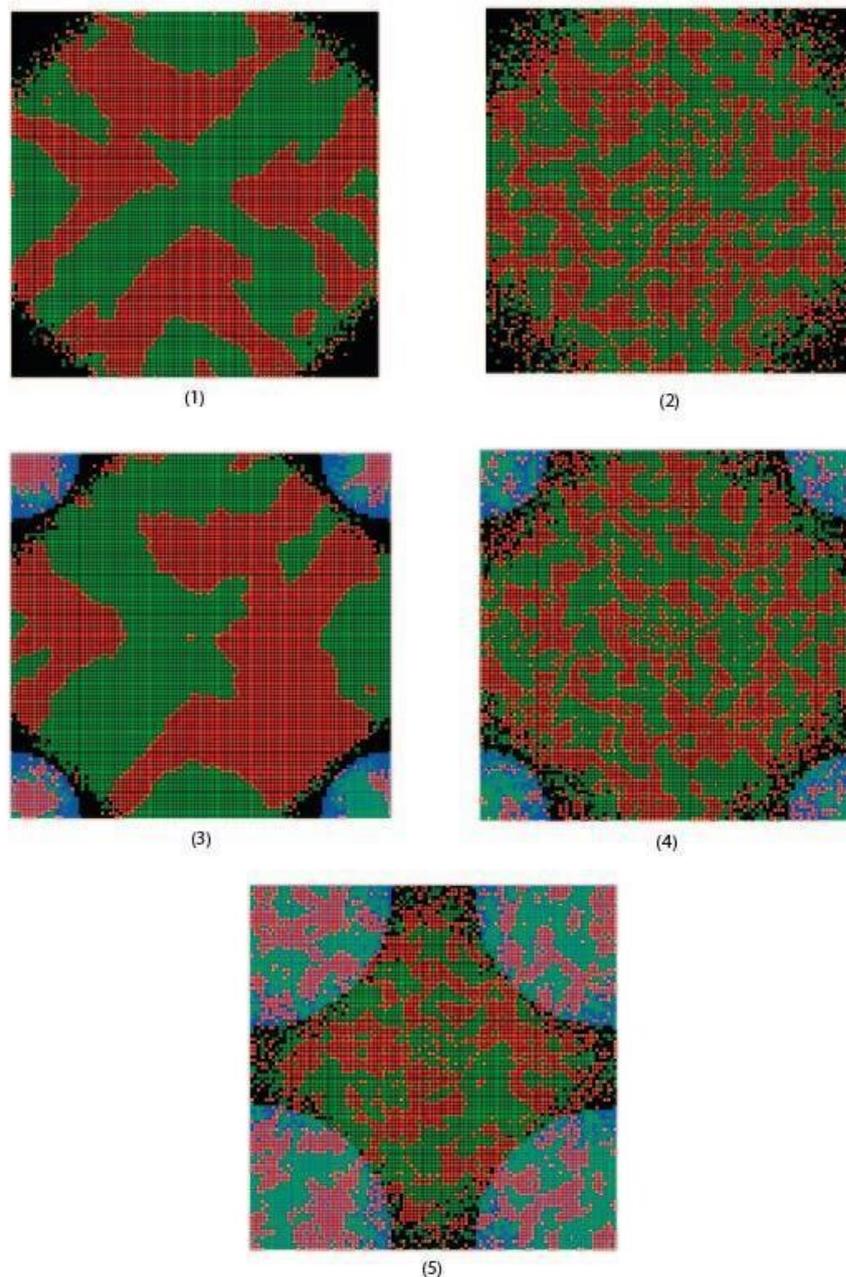


Figura 6. Resultados obtidos no primeiro conjunto de testes

O segundo conjunto de testes foi realizado para averiguar se é possível direcionar o crescimento de uma cidade para determinado ponto através do uso das variáveis criadas.

A Figura 7 apresenta o crescimento progressivo da segregação ao longo da simulação é mostrado, que utiliza apenas o centro da cidade e um círculo de valorização. Para essa simulação, foram utilizados os seguintes valores para as variáveis: densidade 50%, similaridade buscada 90%, *area-value-amount* 80%, *position-starting-value* 25 e *area-value-increase-area* 95 *area-value-amount*. É possível observar que a clusterização, nesta simulação, ocorre do centro do mapa em direção ao centro do círculo.

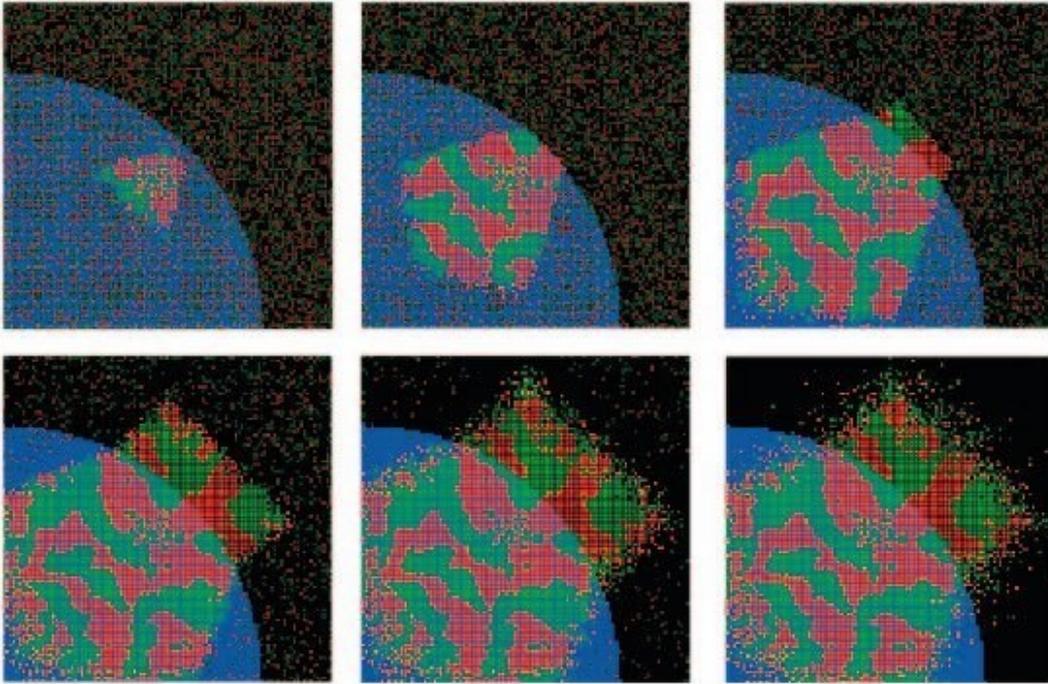


Figura 7. Resultados obtidos no segundo conjunto de testes

Por fim, foi criado um conjunto de teste, similar ao anterior, porém utilizando a valorização do centro do círculo maior do que o centro do mapa. Neste caso, os pontos do círculo passam a se tornar tão bons para os agentes que qualquer residência naquele raio é considerada boa. Assim, o centro do círculo passa a se tornar heterogêneo. Porém, é interessante observar que mesmo o centro sendo heterogêneo, a formação dos bairros (clusterização) começa a se formar conforme os pontos vão se distanciando do centro do círculo. O resultado desta simulação é apresentado na Figura 8.

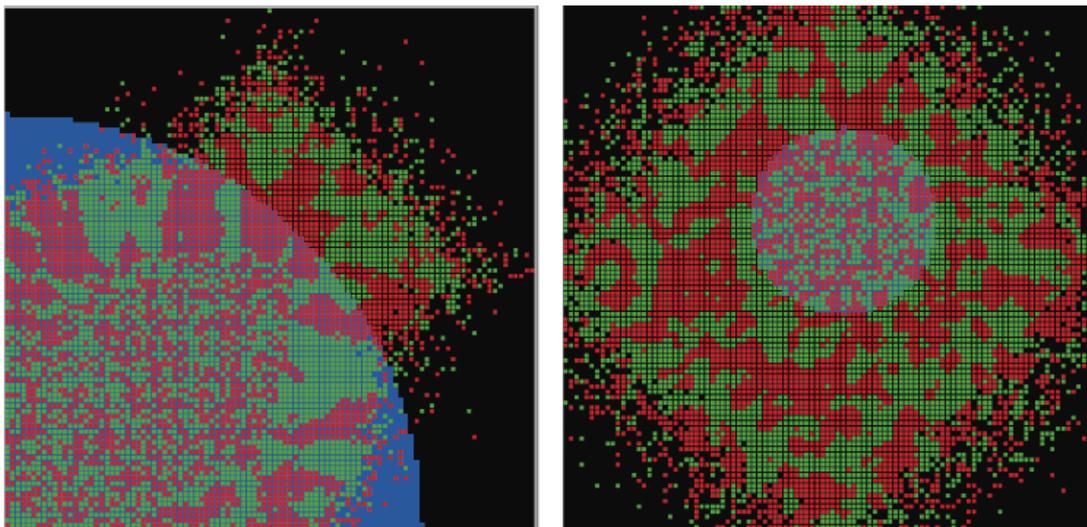


Figura 8. Resultados obtidos no terceiro conjunto de testes

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

O modelo de segregação social de Schelling, ajudou no estudo da segregação residencial de grupos étnicos, ou seja, na forma com que as pessoas escolhem suas moradias nas cidades. Um exemplo real pode ser visto na Figura 1.

Este estudo buscou introduzir um novo comportamento que poderia influenciar na escolha do local de moradia das pessoas/agentes no modelo proposto por Wilensky, baseado no modelo de Schelling. O principal ponto sugerido é que, além das pessoas similares a volta, a valorização da localidade analisada pela pessoa poderia também influenciar em sua escolha.

Para verificar a influência de cada variável inserida no novo modelo, foram realizadas simulações, apresentando e comparando seus resultados. Após analisar as simulações e comparar com mapas de etnias de grandes cidades, é possível notar que o modelo final com localidades super valorizadas acabou se comportando como as cidades reais, em especial a cidade de Chicago, mostrada na Figura 2. Esta cidade tem seu centro com grande diversidade e periferias mais segregadas, mostrando que a localidade e valor atribuído a imóveis é uma grande variável na organização das sociedades atuais. O modelo também mostrou como é possível direcionar o crescimento da segregação das cidades, através do uso de áreas valorizadas por algum ponto central (grandes *shoppings*, aeroportos, dentre outros).

A criação deste modelo no NetLogo fez uso da computação para que fosse possível existir um modelo de fácil entendimento e utilização, aproveitando do poder computacional existente para que seja possível criar inúmeros tipos de simulações com base no modelo.

Para trabalhos futuros, pretende-se incluir áreas de desvalorização do território ao modelo. Estas áreas serão representadas através de um círculo vermelho no mapa, visando permitir criar áreas de difícil acesso ou impróprias para serem habitadas (como morros, lagos, rios e bairros mais perigosos).

Além disso, pretende-se incluir também áreas que são desejadas apenas por um determinado grupo de agentes e é ignorado por outros.

Por fim, como o modelo original trata apenas de dois grupos (modelo binário), outra proposta de expansão do modelo é através da criação de novos grupos, de maneira similar ao que acontece com as diversas raças apresentadas nos infográficos das cidades de NY e Chicago, anteriormente citadas.

Referências

- Rakin, Bill (2009). “Chicago Boundaries”. Disponível em: <<http://www.radicalcartography.net/index.html?chicagodots>>. Acesso em: jan. 2018.
- Schelling, Thomas C. (1981). “The Strategy of Conflict.” Harvard University Press. 309p.
- The New York Times (2015). “Mapping Segregation”. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/interactive/2015/07/08/us/census-race-map.html>>. Acesso em: jan. 2018.

- Wilensky, U. (1997). NetLogo Segregation model. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Segregation>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
- Wilensky, U. (1999). NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.