

# **Modelo de Segregação de Schelling**

Aplicação do modelo a casos de estudo



## **Ciência de Redes Complexas**

Regente: Francisco Correia dos Santos

### **Grupo 11**

Guilherme Rodrigues (102181)

Tiago Silva (98797)

**Mestrado em Engenharia Informática e de Computadores (Alameda)**  
**2021/2022**

**Novembro 2021**

## Resumo

A segregação social é um produto de fatores como cultura, raça, crenças, entre outros. O modelo de Schelling pretende evidenciar como diferentes raças se podem segregar dentro de uma comunidade, tendo por base o fator “felicidade”, com os seus pares. A nossa abordagem incide sobre duas questões principais, relacionando-as com parâmetros do modelo. Estas, por seu turno, são respondidas a partir de casos concretos. São realizadas simulações aos casos de estudo concretos, utilizando: o modelo de Schelling, por nós implementado, e uma interface visual que usa o mesmo modelo para comprovar não só o caso, mas também a sua aplicação. Com este ensaio, comprovámos a existência de uma forte relação entre o rácio populacional, de similaridade, de espaços vazios e a profundidade de análise de nós adjacentes. Ficou provada que a aplicação opera sobre os casos estudados, evidenciando, ainda, a existência de algumas lacunas do modelo original.

## 1 Introdução

A discriminação social de grupos surge porquanto um fenómeno que ocorre espontaneamente em função de diversos fatores, dos quais enumeremos alguns: a raça; a etnia; a religião; a orientação sexual; o estrato social; entre outros.

Esta consequência é utilizada como razão de segregação geográfica e social dos diversos membros componentes de uma comunidade, impondo-se, assim, um desequilíbrio de forças entre o grupo segregado, o elo mais fraco da relação, coagido a deslocar-se e a agrupar-se numa dada circunscrição territorial delimitada, e os seus segregadores, os autores da opressão.

O modelo de segregação de Schelling, introduzido por Thomas C. Schelling (1971) [1] [2], é um dos mais antigos modelos baseados em agentes, para estudar este fenómeno, com especial ênfase na segregação racial entre dois grupos distintos. Este modelo mostra nitidamente em como agentes, de um mesmo grupo, que apresentam preferências de um grau moderado a elevado, como o grau de similaridade dentro do seu grupo, pode dar azos a uma comunidade altamente segregada. Ainda seguindo o mesmo modelo, são observáveis comportamentos de certos agentes, sem fortes preferências, a serem forçados a mudar-se, sem uma manifestação explícita de vontade.

Com base no supramencionado, elegeu-se como motivo de estudo para o presente projeto, o comportamento e interação de raças distintas dentro de uma mesma comunidade de modo a perceber como fatores específicos, em conjunto ou separadamente, podem influenciar a discriminação racial e a consequente segregação geográfica em casos reais previamente analisados.

Para o efeito, foi implantado o modelo de Schelling e procurou desenvolver-se uma componente visual “user-friendly” e dinâmica a fim de poder ser usada por qualquer pessoa, sem muito esforço, para visualizar o modelo e os efeitos de certos parâmetros, bem como a sua interligação, numa comunidade onde se aplica a segregação social.

## 2 Desenvolvimento

Foi desenvolvida uma aplicação em *Python* a fim de expor, de uma forma visual, todas as simulações aplicadas ao modelo bidimensional de Schelling, usando a biblioteca *Streamlit*. A aplicação desenvolvida poderá ser testada através de qualquer dispositivo: [hiperligação](#) [5]. Adicionalmente, fornecemos o código-fonte no nosso repositório do *GitHub* [6] onde se encontram todas as instruções para a sua compilação e execução.

A aplicação apresenta entre 8 a 10 parâmetros, dependendo do número de raças escolhidas, para o estudo de várias influências e fatores. Durante todo o processo de segregação, é possível

visualizar tanto o mapa da comunidade — cujos agentes de raças diferentes encontram-se representados por diversas cores, referindo-se, os espaços em branco, a espaços vazios — como o gráfico do rácio médio de similaridade. A comunidade é percorrida da esquerda para a direita, de cima para baixo, conferindo ordenação.

Como base, é possível simular entre 2 a 4 raças, equiprováveis ou não, sendo possível definir o rácio de cada uma, numa mesma comunidade de tamanho e rácio de espaços vazios variáveis.

Por fim, suplementarmente, é possível ainda mudar o “Similarity Threshold” para estabelecer o índice de felicidade do agente no seio do seu substrato (V.g: se o rácio de vizinhos similares for menor que o Threshold de similaridade, então o agente deslocar-se-á para um espaço vazio; se, pelo contrário, o rácio de vizinhos similares for maior que o Threshold de similaridade, então o agente permanecerá no mesmo local), o “Neighbor Depth”, que permite definir a profundidade de vizinhos a analisar à volta do mesmo e, por último, o número de iterações para a segregação. Estes fatores são facilmente editáveis na ‘interface’ visual da aplicação, atribuindo um genuíno dinamismo à nossa implementação.

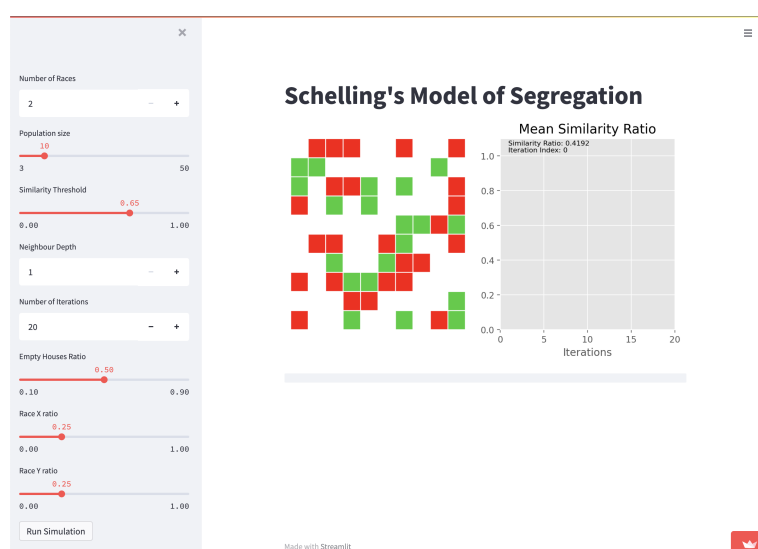


Figura 1: Interface visual da aplicação desenvolvida

### 3 Resultados

Conforme referido supra, de modo a responder às questões propostas, são utilizados exemplos reais onde é aplicado o presente modelo, por fim a ajuizar não só a questão que ora se levanta, mas também a veracidade do exemplo aplicado e, consequente compatibilidade com o Modelo de Schelling (bem como a influência da mudança dos parâmetros).

#### 3.1 Qual a relação existente entre rácios de raças e Threshold de similaridade?

Para os seguintes estudos, usam-se os seguintes valores fixos:

- Tamanho da população: 15x15 - 225 agentes.
- Rácio de Espaços Vazios (casas brancas): 20%;
- Profundidade da vizinhança: 1 e Número máximo de iterações: 20.

### 3.1.1 Duas raças de etnias diferentes, com rácios equiprováveis - a influência do Threshold de Similaridade

**Caso de Estudo 1:** Em 2018, Clark e Fosset mostraram que preferências étnicas são um forte fator de segregação [7], criando grupos organizados divididos pelas várias raças. Pretendemos estudar este caso com o modelo implementado, sendo definidas duas raças equiprováveis, raça A e raça B, com um rácio de 40% cada;

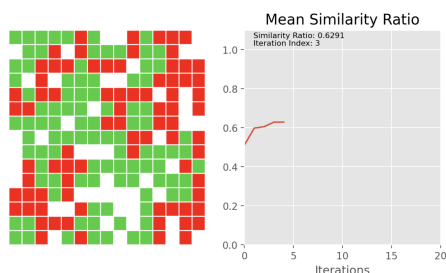


Figura 2: Threshold de semelhança de 30%

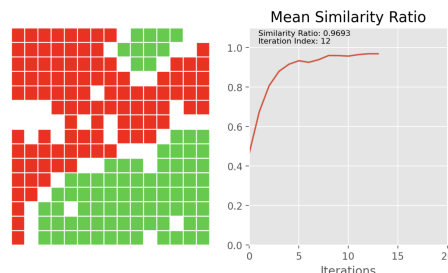


Figura 3: Threshold de semelhança de 60%

Através observação das figuras acima retratadas, torna-se claro ao afirmar que o modelo de Schelling se aplica neste simples caso, onde o fator de preferências étnicas é suficiente, por si só, para criar clusters de raças com diferentes preferências dentro de uma comunidade. Tomando como ponto crítico o Threshold de Semelhança de 50%, temos que valores superiores a 50% serão um forte fator decisivo de preferência étnica e, conseqüente, segregação de raças.

Logo:

- **Figura 2:** O fator de preferência étnico, entre as duas raças, não é visto como um fator decisivo (inferior ao ponto crítico acima descrito): a segregação não é, suficientemente, notória, existindo grupos de raças misturadas dentro da mesma comunidade. O número de iterações é baixo, e a média de rácios de similaridade ronda os 63%;
- **Figura 3:** O fator de preferência étnico entre duas raças é visto como um fator decisivo (superior ao ponto crítico acima descrito): temos patente uma notória segregação, resultante na divisão da comunidade em 3 parcelas, das quais, os agentes da mesma raça encontram-se contíguos. O número de iterações é mais elevado, e a média de rácios de similaridade é de cerca de 97%.

**Resultado do caso de estudo 1:** após análise dos factos supramencionados, comprovamos que, para duas raças equiprováveis no seio da mesma comunidade, torna-se quase decisivo o fator de similaridade no que respeita à segregação, corroborando, por esta via, os resultados obtidos no artigo em análise. Isto é “[de que as] preferências étnicas são um forte fator de segregação, criando grupos organizados divididos pelas várias raças”).

Temos ainda que, para raças equiprováveis, dentro da comunidade analisada, quanto maior o Threshold de semelhança, maior são o número de iterações e média de rácios de similaridade (ou seja, maior a segregação).

### 3.1.2 Uma raça predominante e uma raça minoritária - a influência do Threshold de Similaridade

**Caso de Estudo 2:** Um estudo realizado por Yamashita, Gomez e Dombroski, evidência a segregação da comunidade LGBT [8] (v.g.: “raça minoritária”) face a uma raça não pertencente a

uma comunidade (v.g.: “raça predominante”). Existe um vasto leque de fatores que tornam possíveis a segregação de raças minoritárias, como medo, provocado pela raça predominante que a discrimina (isto é, em que o Threshold de similaridade é elevado). Defina-se a raça X, a verde, como a raça minoritária (rácio de 25%); e a raça Y, a vermelho, como raça predominante (rácio de 55%).

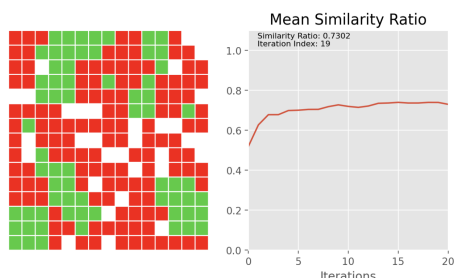


Figura 4: Threshold de semelhança de 25%

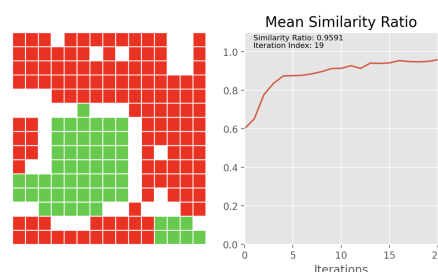


Figura 5: Threshold de semelhança de 55%

Contrariamente ao caso anterior, as simulações correm durante um maior número de iterações, ficando a dever-se ao facto de haver uma comunidade predominante, para o mesmo espaço de casas vazias. Tomado como ponto crítico, o Threshold de Semelhança de 50%, temos que valores superiores a 50% serão um forte valor decisivo de recusa da comunidade minoritária e, natural segregação da mesma. Portanto:

- **Figura 4:** Neste caso temos uma raça que é tolerável a raças minoritárias, podendo ambas coexistir na mesma comunidade, apesar de existir um certo nível de segregação (com cerca de 73% de rácio de similaridade médio).
- **Figura 5:** No sentido diverso, este caso apresenta uma forte segregação, ostentando que a raça predominante não é tolerante à raça minoritária, provocando a sua segregação (desprezando-a). Neste caso, a média de similaridade é de 95%.

**Resultado do caso de estudo 2:** após indagação dos factos supramencionados, comprovamos que, o fator de semelhança é um fator decisivo para a segregação, quando se tratam de raças com rácios diferentes, corroborando os resultados obtidos no artigo em análise. Temos ainda que, quanto maior o Threshold de semelhança, maior o rácio médio de similaridade, apesar da segregação se dar ao mesmo ritmo.

### 3.1.3 Resultado / Resposta à questão 3.1

Existe uma relação entre as duas: o número de iterações e o aumento relativo de uma em função da outra.

- Quanto maior o Threshold de Similaridade, maior a segregação.
- Para o mesmo intervalo de Threshold, raças desproporcionais levam mais tempo a segregar-se, precisando perto do triplo das iterações.
- Para raças equiprováveis, quanto maior o Threshold, maior o número de iterações até todos os agentes estarem segregados.
- O fator de Threshold de semelhança é, portanto, mais forte com raças equiprováveis do que quando comparadas com raças desproporcionais.

### 3.2 Qual a influência do parâmetro de profundidade da vizinhança?

Após a descoberta da [relação do rácio de raças e do Threshold de similaridade](#), pretendemos encontrar a influência da profundidade de análise da vizinhança (*Neighbor Depth* na nossa aplicação). Ambicionamos variar o rácio de raças, de similaridade e da profundidade da vizinhança, de modo a compreender a real influência deste último, no modelo em análise.

Em cada comunidade, cada agente possui outros vizinhos, coabitantes no espaço adjacente. Espera-se que a mudança deste parâmetro influencie diretamente a segregação, uma vez que terá influência no status de felicidade do agente. Para os próximos estudos, usam-se os seguintes valores fixos:

- Tamanho da população: 15x15 - 225 agentes;
- Rácio de Espaços Vazios (casas brancas): 25%;
- Número máximo de iterações: 200 (devido ao maior número de raças);
- 3 raças.

**Caso de estudo 3:** Tratando-se de um caso de estudo hipotético, meramente académico e semelhante para as seguintes simulações, começaremos por introduzi-lo e apresentar os resultados nas seguintes subsecções, cada uma relativa à simulação realizada na subsecção em questão. Pautamo-nos pelo conceito *Friend of a Friend* e a fim de visualizar o que ocorre quando um agente conhece "o amigo do seu amigo", a diferentes níveis de profundidade e como é que isso afetará o seu fator de *happiness* e consequente segregação.

#### 3.2.1 Raças equiprováveis e diferentes rácios de similaridade

Neste cenário, cada uma das 3 raças em análise terá um rácio de 25%. A primeira simulação (Figuras 6 e 7) irá usar um Threshold de semelhança de 30% enquanto que a segunda simulação (Figuras 8 e 9) assentará no valor de 60% para o mesmo.

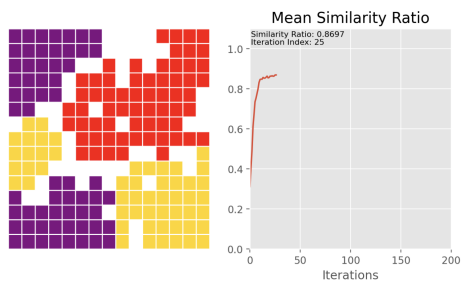


Figura 6: Neighbor Depth de 2, Threshold de semelhança de 30%

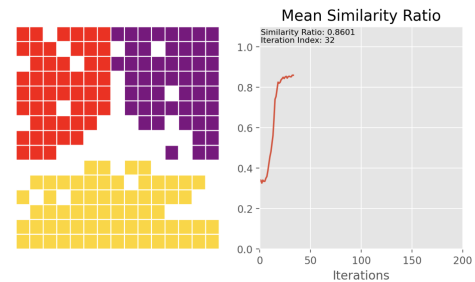


Figura 7: Neighbor Depth de 4, Threshold de semelhança de 30%

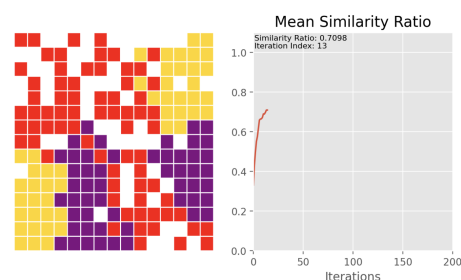


Figura 8: Neighbor Depth de 2, Threshold de semelhança de 60%

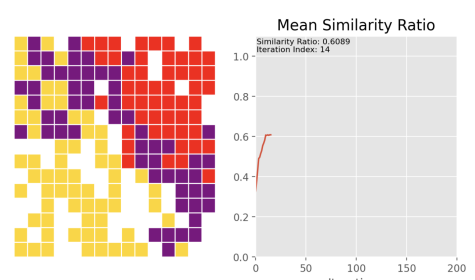


Figura 9: Neighbor Depth de 4, Threshold de semelhança de 60%

**Resultado do caso de estudo 3 aplicado à presente secção:** Para a primeira simulação (Figuras 6 e 7, Threshold de Semelhança de 30%), é possível observar que o fator Neighbor Depth não influencia diretamente a segregação, provocando, apenas, uma variância não significativa no número de iterações. Os rácios de similaridade também são muito semelhantes. Quanto à segunda simulação (Figuras 8 e 9, Threshold de Semelhança de 60%), o número de iterações é idêntico, no entanto, a média do rácio de semelhança é menor e a consequente segregação é mais dispersa.

É possível afirmar que, para valores fortes do Threshold de semelhança, para comunidades com raças equiprováveis, a disparidade de segregação muito mais elevada, em função de quanto maior for o fator Neighbor Depth. Isto deve-se ao facto de serem analisados mais agentes envolventes a um agente principal (isto é, além dos seus primeiros adjacentes).

### 3.2.2 Raças de probabilidades distintas, diferentes rácios de similaridade

Por último: Este cenário, terá uma raça predominante, destacada a amarelo, com 45% de rácio na comunidade; uma segunda raça não tão predominante, delimitada a roxo, com 20% de rácio; e, uma raça minoritária, representada a laranja, com 10% de rácio. A primeira simulação (Figuras 10 e 11) usará um Threshold de semelhança de 30%, enquanto a segunda (Figuras 12 e 13) terá como base 60% de Threshold.

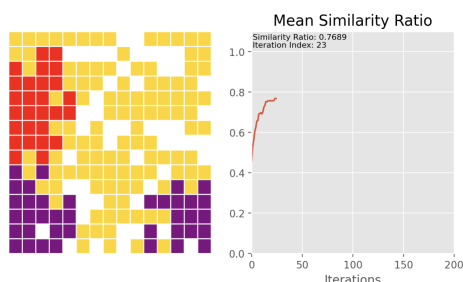


Figura 10: Neighbor Depth de 2, Threshold de semelhança de 30%

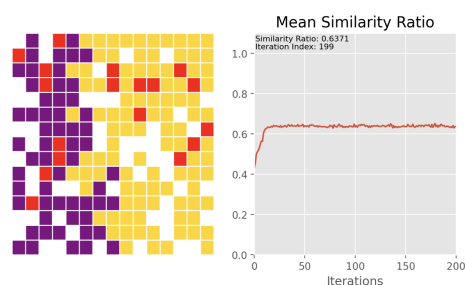


Figura 11: Neighbor Depth de 4, Threshold de semelhança de 30%

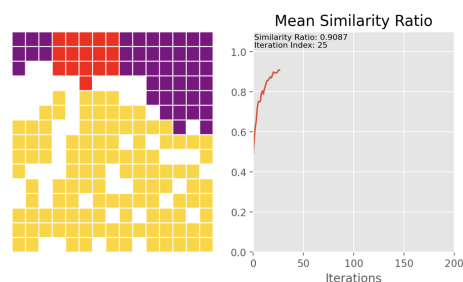


Figura 12: Neighbor Depth de 2, Threshold de semelhança de 60%

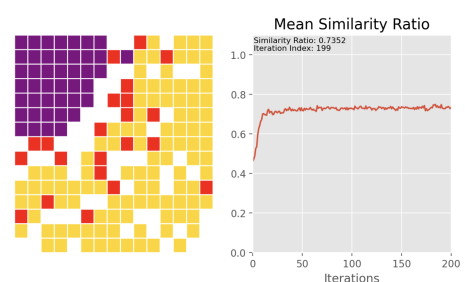


Figura 13: Neighbor Depth de 4, Threshold de semelhança de 60%

**Resultado do caso de estudo 3 aplicado à presente secção:**

Quanto à primeira simulação (Figuras 10 e 11, Threshold de semelhança de 30%), observa-se que, para um maior valor do fator Neighbor Depth, mais difícil será conseguir uma segregação eficiente das raças minoritárias face à raça predominante. De facto, com um Neighbor Depth de 4, 200 iterações não foram suficientes para que todos os agentes ficassem felizes.

Quanto à segunda simulação (Figuras 12 e 13, Threshold de semelhança de 60%), observam-se os mesmos resultados, no entanto, é de destacar o facto, da segunda comunidade com menor rácio, ter-se agrupado de forma praticamente uniforme.

Após esta análise, podemos concluir que, para raças distintas, quanto maior o fator Neighbor Depth, mais difícil se torna a segregação. Note-se que, este resultado é válido para a comunidade em análise e poderá ser ligeiramente diferente para casos onde o rácio de casas vazias seja superior.

**3.2.3 Resultado / Resposta à questão 3.2**

Após análise dos resultados e, recorrendo a uma comparação com os resultados da [questão 1](#), conclui-se que:

- Para comunidades dispare, raças com rácios diferentes e com pouca liberdade de movimento, quanto maior for o fator em análise, menor será a felicidade geral dos agentes e, consequentemente, menor será a segregação, em especial, da raça minoritária.
- Para comunidades uniformes, raças equiprováveis e com o mesmo Threshold de semelhança, um valor elevado do fator analisado contribui para um maior rácio médio de semelhança (observe-se, por exemplo, a Figura 2 e 3, quando comparado às Figuras 6 e 7).
- Em suma, o rácio de semelhança e o fator *Neighbor Depth* apresentam uma forte ligação no que toca à segregação.
- Estes resultados podem ser aplicados a comunidades existentes no mundo real, utilizando, por exemplo, a presença ou ausência de fanatismo por clubes de futebol, pelos quais, os agentes, tenham uma maior ou menor preferência por estar junto dos amigos, amigos dos amigos (e assim em sucessivamente).



## 4 Conclusão

O objetivo principal deste ensaio seria a compreensão de até que ponto é que o modelo de Schelling seria aplicado à vida real. Após a sua implementação, o modelo foi aplicado em casos concretos para comparar a conclusão extraída do modelo, com a conclusão do caso de estudo. Apesar do modelo ser relativamente simples, este pode ser aplicado a situações comuns.

Com as simulações executadas, foi possível corroborar a suspeita inicial: existe uma rede complexa onde os nós representam os agentes e onde as ligações tomam um valor consoante a ligação de preferência. O modelo original relevou, ainda, que a totalidade da segregação ocorre quanto maior o Threshold de similaridade, o tamanho da população e os espaços vazios.

Por observação, é ainda possível concluir que, os grupos de raças são criados nos limites da comunidade, isto devendo-se não só ao modo de implementação do modelo (alvo de uma análise ordenada de agentes), mas também como o facto de cada agente ter um menor número de vizinhos de modo a satisfazer o Threshold de similaridade.

Supletivamente, e para futuras referências, procurou-se fazer uma extensão ao modelo original de Schelling implementado um novo fator, adicional ao já existente fator *Happiness*, que pudesse fornecer ainda mais informações a diversos estudos, influenciando, evidentemente, as dinâmicas da segregação. O objetivo seria implementar uma variável *booleana* que identificasse uma característica do agente, e que tivesse um certo peso na dinâmica de Schelling. Devido à complexidade encontrada durante a implementação, nomeadamente, com a questão dos apontadores para os objetos especiais que representariam estes agentes com características adicionais, optou-se por deixar referência à intenção no relatório, até como forma de ideia para futuros desenvolvimentos na área.

O ponto acima referido, aponta ainda uma falha no modelo de Schelling: uma vez que este não estuda outro tipo de relações que existem entre agentes da mesma raça, nem como outros fatores podem influenciar os mesmos. *Exempli gratia*, dois agentes da mesma raça, dentro da mesma comunidade, podem ter preferências diferentes que os levem a juntar-se com agentes de outras raças, formando um padrão de segregação desigual ao padrão formado com o modelo original.

Seria ainda um bom alvo de estudo, uma implementação em que não houvesse uma análise ordenada dos agentes, mas sim aleatória. Isto, certamente, iria produzir resultados diferentes, no entanto, pelos mesmos motivos que não nos levaram a implementar o fator extra do agente, esta opção não foi implementada.

Queríamos ainda agradecer ao Sr. Professor Doutor Francisco Correia dos Santos, regente da cadeira, por todo o material cedido e por toda a disponibilidade.

## Referências

- [1] McCown, F. Schelling's Model of Segregation. 2014 <http://nifty.stanford.edu/2014/mccown-schelling-model-segregation/>
- [2] Moujahid A. *An Introduction to Agent-based Models: Simulating Segregation with Python*. 2014 <http://adilmoujahid.com/posts/2014/09/schelling-model/>
- [3] Moujahid A. *An Introduction to Agent-based Models: Simulating Segregation with Python*. 2020 <http://adilmoujahid.com/posts/2020/05/streamlit-python-schelling/>
- [4] Liu T. Y. *The Schelling Model of Segregation: Static and Dynamic Equilibrium* 23-28 Março 2021 <https://ytliu0.github.io/schelling/>
- [5] Rodrigues G. Silva T. *Schelling's Model of Segregation*, 2021. Aplicação desenvolvida alojada na cloud da biblioteca *Streamlit* [https://share.streamlit.io/grodrig/schelling\\_model\\_segregation](https://share.streamlit.io/grodrig/schelling_model_segregation)
- [6] Rodrigues G. Silva T. Repositório do projeto na plataforma *GitHub*, 2021. [github.com/GRodrig/schelling\\_model\\_segregation](https://github.com/GRodrig/schelling_model_segregation)
- [7] Hatna E., Benenson I *Migration and Neighborhood Change in Sweden: The Interaction of Ethnic Choice and Income Constraints* 2012 *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 15 (1) 6 DOI: 10.18564/jasss.1873 <https://www.jasss.org/15/1/6.html>
- [8] Yamashita A., Gomez C., Dombroski K *Segregation, exclusion and LGBT people in disaster impacted areas: experiences from the Higashinihon Dai-Shinsai (Great East-Japan Disaster)* 2017 *A Journal of Feminist Geography* Volume 24, 2017 - Issue 1: Sexual and Gender Minorities and Disasters DOI: 10.1080/0966369X.2016.1276887 <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0966369X.2016.1276887>