

# Capítulo 1

## T4 - Análise Bibliométrica sobre Simulação Multiagente do Dilema do Prisioneiro, por João Antonio Desidério de Moraes

### 1 Introducao

### 2 Planejamento do estudo

#### 2.1 O dilema do prisioneiro

De acordo com o verbete em ([PRISONER'S... , 2022](#)), dilema do prisioneiro é um problema bastante conhecido no campo de teoria dos jogos e originalmente discutido por Merrill Flood e Melvin Dresher enquanto trabalhavam na RAND Corporation. Na descrição do dilema, dois participantes devem optar entre a cooperação ou a traição para definir o resultado da rodada. Os retornos são tais que quando ambos decidem cooperar, a recompensa é razoável para ambos; quando ambos decidem trair, a punição que recebem é igual e bem relevante. Quando discordam - um escolhe cooperar e o outro trair - o “vencedor” leva tudo e o “perdedor” tem a maior pena possível. A versão mais conhecida da narrativa do problema enuncia o seguinte:

Dois criminosos cúmplices são flagrados e presos. Após a detenção, os prisioneiros encontram-se isolados, sem possibilidade de comunicação entre si. A polícia admite ter provas para prendê-los por um delito menor mas não pelo crime principal, oferecendo então um tipo de delação premiada aos integrantes da dupla. São possíveis os seguintes resultados:

1. Ambos ficam em silêncio e são condenados a uma pena de 2 anos pelo delito menor;
2. Uma parte delata enquanto a outra fica em silêncio, caso em que o delator será solto e o incriminado recebe pena de 10 anos de prisão;

3. Ambos delatam um ao outro e recebem uma pena de 5 anos.

O formato do problema visa investigar o comportamento de participantes guiados pelos próprios interesses em situações de conflito. Devido a sua temática de cooperação, foi aplicado na modelagem de diversos fenômenos nos campos da política e economia. A própria RAND Corporation, iniciativa onde o experimento foi desenvolvido, estudava teoria de jogos visando possíveis aplicações a estratégia nuclear global. Segundo ([AMADAE, 2016](#)) algumas problemáticas já foram estudadas com apoio do modelo de relações do dilema do prisioneiro: controle de armas, trocas de mercado, utilização de bens públicos, mudança climática, vacinação e várias outras.

## 2.2 A simulação do dilema do prisioneiro no framework MESA

O framework MESA, útil para modelagem e simulação do comportamento de agentes, possui uma demonstração nativa do problema do prisioneiro. A simulação consiste em uma matriz de agentes - cuja configuração inicial pode ser de cooperação ou de traição - que interagem entre si em rodadas. O retorno de cada agente em uma rodada depende das estratégias de seus vizinhos. Após iniciar a simulação, o agente adotará a estratégia do seu vizinho com maior retorno a cada iteração. Dessa forma, veremos um reforço da estratégia mais bem sucedida ao longo de toda a matriz.

Segundo a página GitHub da simulação, esse exemplo demonstra como a cooperação se torna dominante mesmo em cenários com vários agentes inicialmente traidores.

Podemos resumir o problema de interesse apresentado até agora nos seguintes termos: entender o comportamento de agentes humanos e também de agentes simulados em um ambiente de cooperação onde as condições são as mesmas propostas no famoso dilema do prisioneiro.

A simulação apresenta as seguintes variáveis independentes:

- as dimensões do campo de agentes em termos de largura e altura;
- o modo de escalonamento dos agentes;
- os pesos para cada tipo de interação.

São dependentes deles as variáveis:

- a pontuação de cada agente;
- a última estratégia adotada pelo agente.

## 2.3 Questões de pesquisa

Visando uma pesquisa bibliométrica sobre a forma como o dilema do prisioneiro foi aplicado a pesquisas sobre diversas dinâmicas sociais, formulo as seguintes perguntas:

1. Qual a base de conhecimento científico produzida sobre o tema do dilema do prisioneiro aplicado à compreensão de dinâmicas sociais de cooperação?
2. Como o dilema do prisioneiro tem sido usado para estudar a cooperação em fenômenos sociais?
3. Quais os principais termos e conceitos ligados à frente de pesquisa no tema de experimentos com o dilema do prisioneiro?
4. Qual a estrutura social da comunidade que pesquisa aplicações do dilema do prisioneiro com ênfase em métodos experimentais?

## 2.4 O que já existe de pesquisa bibliométrica sobre este tema?

([GLYNATSI; KNIGHT, 2021](#)) já fizeram um estudo bibliométrico sobre o tema. Nele foram apontados os tópicos de pesquisa e o comportamento colaborativo dos autores no campo do dilema do prisioneiro. Sobre os tópicos de pesquisa, cinco foram identificados: pesquisa sobre sujeitos humanos, estudos biológicos, estratégias, dinâmicas evolucionárias em redes e modelagem do dilema do prisioneiro como um jogo. O campo de pesquisa se mostra bastante colaborativo, embora a rede de co-autoria sugira existir poucas conexões diretas entre as comunidades.

## 2.5 Uso do Bibliometrix e Biblioshiny

Serão usadas a ferramenta e o *workflow* proposto pelos autores do pacote Bibliometrix.

# 3 Coleta de dados

Realizou-se coleta de dados usando o Web of Science no dia 10 de dezembro de 2021, acessado por meio do Portal de Periódicos da CAPES.

O acervo do Web of Science consistia nas coleções **Science Citation Index Expanded (SCI -EXPANDED)** e **Social Sciences Citation Index (SSCI)**, que contém registros relativos a vários campos do conhecimento. O SCI-EXPANDED foca mais na área das ciências exatas e naturais, enquanto que o SSCI indexa artigos da área das ciências sociais. Observe que os artigos nessas duas coleções são indexados desde 1945.

Foi usada a *query* de busca ilustrada nas linhas 1 a 9 da listagem [1.1](#).

Listagem de Código 1.1: *query* de busca sobre dilema do prisioneiro com ênfase em métodos experimentais.

```
1 (prisoner or prisoner's)
2 and
3 dilemma
```

```

4 and
5 (model or network or game or simulation)
6 and
7 (experiment* or hypothes* or statist* or empiric* or simulation)
8
9 (Topic)
10
11 2,750 results from
12 Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED),
13 Social Sciences Citation Index (SSCI):

```

### 3.1 Explicação para os termos de busca usados

A busca consistiu de quatro cláusulas disjuntivas, unidas por uma conjunção *and*, aplicadas à busca por tópico.

As buscas com queries mais enxutas retornavam mais resultados. Muitos destes, entretanto, não tinham a relação desejada com o tema de simulações experimentais. Ao adicionar individualmente os outros termos constantes da query final surgiam resultados próximos do tema, mas em pequeno número. Foi preciso adicioná-los nos agrupamentos corretos para obter um número razoável de resultados interessantes à pesquisa.

### 3.2 Resultados obtidos

Os 2750 resultados obtidos na busca com os termos da query acima encontram-se no caminho “exploratory-data-analysis/jooadm94/PesqBibliogr/PrisonerDilemma/WoS-20221210/savedrecs.txt”.

O processo de exportação dos dados ocorreu após a definição da query. O site permitia exportação de até 500 resultados em formato de texto incluindo os dados sobre citações. A pesquisa retornou mais de 2700 resultados, portanto exportou-se seis vezes, cada uma resultando em um arquivo.

A listagem 1.2 apresenta as 112 linhas de um registro no formato RIS, referentes a um artigo recuperado da Web of Science. Cada um dos campos de um registro é marcado por um código de dois caracteres, nas colunas 1 e 2 de cada linha. Se a coluna está em branco repete-se o mesmo campo da linha anterior. O significado de cada campo pode ser visto em (wikipedia\_ris\_2017).

Alguns campos específicos serão comentados a seguir:

**PT - Publication Type** indica o tipo da publicação, no caso específico um artigo de *journal* (J);

**AU - Author** Nome de um autor;

**AF - Author Full Name** Nome completo de um autor;

**TI - Title** Título da publicação;

**SO - Source** Nome da revista;

**DE - Descriptor** Palavras-chave;

**AB - Abstract** Resumo;

**CR - Cited Referente** Cada uma das referências citadas no artigo;

**TC - Times Cited** Quantidade de vezes que esse artigo foi globalmente citado;

**PY - Publication Year** Ano de publicação;

**VL - Volume, IS - Issue** Volume e número onde o artigo foi publicado, na revista;

**BP - Begin page, EP - End page** Páginas inicial e final do artigo dentro do volume e número da revista;

**DI - Digital Object Identifier** Identificador único do artigo no sistema <http://doi.org>;

**DA - Date of Acquisition** Data em que o registro foi obtido da WoS;

**ER - End of Record** Fim do registro.

Listagem de Código 1.2: Exemplo de um registro recuperado no formato RIS, sobre o tema do dilema do prisioneiro observado em redes sociais.

```

1  FN Clarivate Analytics Web of Science
2  VR 1.0
3  PT J
4  AU Cameron, SM
5     Cintron-Arias, A
6  AF Cameron, Sharon M.
7     Cintron-Arias, Ariel
8  TI PRISONER'S DILEMMA ON REAL SOCIAL NETWORKS: REVISITED
9  SO MATHEMATICAL BIOSCIENCES AND ENGINEERING
10 LA English
11 DT Article
12 DE Game theory; social networks; small-world networks; Prisoner's Dilemma
13 ID SMALL-WORLD NETWORKS; EVOLUTIONARY GAMES; COOPERATION; DYNAMICS
14 AB Prisoner's Dilemma is a game theory model used to describe altruistic behavior seen in various populations. This theoretical game is important in
15 C1 [Cameron, Sharon M.] E Tennessee State Univ, Dept Math & Stat, Johnson City, TN 37614 USA.
16 [Cintron-Arias, Ariel] E Tennessee State Univ, Dept Math & Stat, Inst Quantitat Biol, Johnson City, TN 37614 USA.
17 C3 East Tennessee State University; East Tennessee State University
18 RP Cameron, SM (autor correspondente), E Tennessee State Univ, Dept Math & Stat, Box 70663, Johnson City, TN 37614 USA.
19 EM zsmc70@goldmail.etsu.edu; cintronarias@etsu.edu
20 FU Talent Expansion in Quantitative Biology program (National Science
21 Foundation) [DUE-0525447]; ETSU Honors College; East Tennessee State
22 University [E25150]; SAMSI Working Group Dynamics On Networks
23 FX S.M. Cameron was funded by Talent Expansion in Quantitative Biology
24 program (National Science Foundation grant DUE-0525447) to attend a
25 two-day undergraduate workshop held at the Statistical and Applied
26 Mathematical Sciences Institute (SAMSI), October 29-30, 2010. S.M.
27 Cameron also received funding through a Research Discovery position
28 given by ETSU Honors College, Summer 2011. Contributions to this work
29 were made while A. Cintron-Arias was visiting SAMSI, these visits were
30 sponsored by East Tennessee State University Presidential-Grant-in-Aid
31 E25150, and by SAMSI Working Group Dynamics On Networks. Both authors
32 also thank the comments received from O. Patterson, J. Lunsford, J.
33 Angel, and an anonymous referee.
34 CR Abramson G., 2001, PHYS REV E, V63
35 Ahmed E, 2000, INT J MOD PHYS C, V11, P1539, DOI 10.1142/S0129183100001334
36 Axelrod Robert, 2006, EVOLUTION COOPERATIO, DOI DOI 10.2307/3323905
37 Bauch CT, 2003, P NATL ACAD SCI USA, V100, P10564, DOI 10.1073/pnas.1731324100

```

38 Boyd DM, 2007, J COMPUT-MEDIAT COMM, V13, P210, DOI 10.1111/j.1083-6101.2007.00393.x  
39 Cassar A, 2007, GAME ECON BEHAV, V58, P209, DOI 10.1016/j.geb.2006.03.008  
40 Chen F, 2012, J THEOR BIOL, V302, P18, DOI 10.1016/j.jtbi.2012.03.002  
41 Chen XJ, 2008, PHYS REV E, V77, DOI 10.1103/PhysRevE.77.017103  
42 Chen Y, 2008, PHYS REV E, V77, DOI 10.1103/PhysRevE.77.032103  
43 Deng XH, 2010, PHYSICA A, V389, P5173, DOI 10.1016/j.physa.2010.08.004  
44 Dong LR, 2010, COMMUN THEOR PHYS, V54, P578, DOI 10.1088/0253-6102/54/3/37  
45 Du WB, 2009, CHINESE PHYS LETT, V26, DOI 10.1088/0256-307X/26/5/058701  
46 Durrett Richard, 2007, RANDOM GRAPH DYNAMIC  
47 Easley D., 2010, NETWORKS CROWDS MARK  
48 Eguiluz VM, 2005, AM J SOCIOL, V110, P977, DOI 10.1086/428716  
49 Fu F, 2007, EUR PHYS J B, V56, P367, DOI 10.1140/epjb/e2007-00124-5  
50 GRANOVETTER MS, 1973, AM J SOCIOL, V78, P1360, DOI 10.1086/225469  
51 Guan JY, 2006, CHINESE PHYS LETT, V23, P2874, DOI 10.1088/0256-307X/23/10/068  
52 Hauert C, 2005, AM J PHYS, V73, P405, DOI 10.1119/1.1848514  
53 Hauert C, 2012, J THEOR BIOL, V299, P106, DOI 10.1016/j.jtbi.2011.06.010  
54 Kim BJ, 2002, PHYS REV E, V66, DOI 10.1103/PhysRevE.66.021907  
55 Lewis K, 2008, SOC NETWORKS, V30, P330, DOI 10.1016/j.socnet.2008.07.002  
56 Masuda N, 2003, PHYS LETT A, V313, P55, DOI 10.1016/S0375-9601(03)00693-5  
57 Mayer A, 2008, J PUBLIC ECON, V92, P329, DOI 10.1016/j.jpubeco.2007.09.001  
58 Maynard Smith J., 1982, pi  
59 MILGRAM S, 1967, PSYCHOL TODAY, V1, P61  
60 NASH JF, 1950, P NATL ACAD SCI USA, V36, P48, DOI 10.1073/pnas.36.1.48  
61 Newman M.E.J, 2010, NETWORKS INTRO, DOI [DOI 10.1093/ACPROF:OSO/9780199206650.001.0001, 10.1162/artl\_r\_00062]  
62 Nowak M.A., 2011, J SOC POLIT ECON ST, V37, P18, DOI [10.1179/174329510X12798919710671, DOI 10.1179/174329510X12798919710671]  
63 NOWAK MA, 1992, NATURE, V359, P826, DOI 10.1038/359826a0  
64 Nowak MA, 2006, EVOLUTIONARY DYNAMIC  
65 Ohtsuki H, 2006, NATURE, V441, P502, DOI 10.1038/nature04605  
66 Perc M, 2006, NEW J PHYS, V8, DOI 10.1088/1367-2630/8/9/183  
67 Red V, 2011, SIAM REV, V53, P526, DOI 10.1137/080734315  
68 Santos FC, 2006, P NATL ACAD SCI USA, V103, P3490, DOI 10.1073/pnas.0508201103  
69 Shim E, 2011, BMC PUBLIC HEALTH, V11, DOI 10.1186/1471-2458-11-S1-S4  
70 Szabo G, 2004, PHYS REV E, V69, DOI 10.1103/PhysRevE.69.036107  
71 Tang CL, 2006, EUR PHYS J B, V53, P411, DOI 10.1140/epjb/e2006-00395-2  
72 Thibert-Plante X, 2007, COMPLEXITY, V12, P22, DOI 10.1002/cplx.20182  
73 Tomochi M, 2004, SOC NETWORKS, V26, P309, DOI 10.1016/j.socnet.2004.08.003  
74 Torrance G W, 1989, Int J Technol Assess Health Care, V5, P559  
75 Traud AL, 2012, PHYSICA A, V391, P4165, DOI 10.1016/j.physa.2011.12.021  
76 Watts D. J., 1999, SMALL WORLDS DYNAMIC  
77 Watts DJ, 1998, NATURE, V393, P440, DOI 10.1038/30918  
78 WILKINSON GS, 1984, NATURE, V308, P181, DOI 10.1038/308181a0  
79 Wu ZX, 2005, PHYS REV E, V71, DOI 10.1103/PhysRevE.71.037103  
80 Wu ZX, 2006, CHINESE PHYS LETT, V23, P531, DOI 10.1088/0256-307X/23/3/002  
81 Xia QZ, 2010, EPL-EUROPHYS LETT, V92, DOI 10.1209/0295-5075/92/40009  
82 Zhong LX, 2006, EUROPHYS LETT, V76, P724, DOI 10.1209/epl/i2006-10323-2  
83 NR 49  
84 TC 3  
85 Z9 3  
86 U1 1  
87 U2 22  
88 PU AMER INST MATHEMATICAL SCIENCES-AIMS  
89 PI SPRINGFIELD  
90 PA PO BOX 2604, SPRINGFIELD, MO 65801-2604 USA  
91 SN 1547-1063  
92 EI 1551-0018  
93 J9 MATH BIOSCI ENG  
94 JI Math. Biosci. Eng.  
95 PD OCT-DEC  
96 PY 2013  
97 VL 10  
98 IS 5-6  
99 SI SI  
100 BP 1381  
101 EP 1398  
102 DI 10.3934/mbe.2013.10.1381  
103 PG 18  
104 WC Mathematical & Computational Biology  
105 WE Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)  
106 SC Mathematical & Computational Biology  
107 GA 217XV  
108 UT WOS:000324397300009  
109 PM 24245621  
110 OA Bronze, Green Submitted  
111 DA 2022-12-20  
112 ER

## 4 Análise dos dados

### 4.1 Análise descritiva do *dataset* MASSA@joaoadm94

A análise bibliométrica descritiva faz uma descrição inicial do *dataset* Para explicação detalhada de como são calculadas as diversas taxas geradas pelo Bibliometrix veja a documentação do *package* a partir da página <https://cran.r-project.org/web/packages/bibliometrix/index.html>. A análise bibliométrica descritiva é gerada pela função `biblioAnalysis`.

As informações mais gerais sobre o *dataset* MASSA@joaoadm94 são as seguintes:

**Timespan** Os artigos resultantes da busca e filtragem especificadas tem data de publicação entre 1962 e 2023. A base de dados tem data inicial em 1945, portanto não obtivemos resultados entre 1945 e 1961.

**Sources (Journals, Books, etc)** É 552 o número de fontes de informação que publicaram os documentos recuperados no *dataset* MASSA@joaoadm94. Ou seja, em média, cada *scientific journal* publicou  $2198/552 = 3,9$  artigos.<sup>1</sup>

**Average citations per documents** Cada artigo no *dataset* MASSA@joaoadm94 foi citado, em média 31,32 vezes<sup>2</sup>.

**References** O *dataset* MASSA@joaoadm94 contém 42.576 referências citadas (tags CR).

**Keywords Plus (ID)** 2.430 distintas palavras-chave do tipo Keywords Plus (ID)<sup>3</sup> foram encontradas no *dataset* MASSA@joaoadm94.

**Author's Keywords (DE)** 3.365 distintas palavras-chave indicadas pelos autores foram encontradas no *dataset*.

**Authors** 3.902 distintos nomes de autores foram encontrados no *dataset*<sup>4</sup>.

**Authors of single-authored documents** Dentre os 3.902 distintos (nomes de) autores encontrados, 258 deles editaram artigos individualmente, isso é, sem co-autores.

<sup>1</sup>Note que a média, enquanto medida de tendência central, pode não ser a que melhor reflete a tendência a quantidade de artigos publicados por revista.

<sup>2</sup>Note que a média, enquanto medida de tendência central, pode não ser a que melhor reflete a tendência de citações a artigos.

<sup>3</sup>*KeyWords Plus* são “termos de índice gerados automaticamente a partir dos títulos de artigos citados. Os termos do KeyWords Plus devem aparecer mais de uma vez na bibliografia e são ordenados de frases com várias palavras a termos únicos. O KeyWords Plus aumenta o número de resultados tradicional de palavras-chave ou títulos.” Fonte: [https://images.webofknowledge.com/WOKRS410B4/help/pt\\_BR/WOS/hp\\_full\\_record.html](https://images.webofknowledge.com/WOKRS410B4/help/pt_BR/WOS/hp_full_record.html)

<sup>4</sup>Um mesmo autor pode ter uma ou mais diferentes grafias no *dataset*, e serão reconhecidos dois ou mais autores diferentes, embora de fato sejam apenas um. Isso significa que a quantidade de **nomes de autores** equivale à quantidade de **autores**. Adicionalmente, é possível que distintos autores sejam reconhecidos com o mesmo nome, isso é, que sejam homônimos. Ou seja, o *dataset* em geral conterà erros de contagem na quantidade de autores reais.

Figura 1.1: Evolução da produção científica no *dataset* MASSA@joaoadm94.

***Authors of multi-authored documents*** Dentre os 19.410 distintos (nomes de) autores encontrados, 3.644 deles editaram artigos com um ou mais co-autores"

***Single-authored documents*** Dentre os 2.198 documentos presentes no *dataset* MASSA@joaoadm94, 309 foram escritos por um único autor, e os restantes foram elaborados em co-autoria.

## 4.2 Evolução da Produção Científica

A figura 1.1 apresenta a evolução da produção científica mundial no tema de interesse, segundo o *dataset* MASSA@joaoadm94. A curva mostra uma tendência de crescimento aproximadamente exponencial da quantidade de publicações a partir da década de 1990. Antes disso, a produção existe porém de forma mais tímida.

O *Annual Growth Rate* do *dataset* é de 4,01%, próxima da taxa média de crescimento da publicação científica mundial, de cerca de 3,3% anuais, em 2016, como ilustra o estudo em [https://www.researchgate.net/publication/333972683\\_Dynamics\\_of\\_scientific\\_production\\_in\\_the\\_world\\_in\\_Europe\\_and\\_in\\_France\\_2000-2016](https://www.researchgate.net/publication/333972683_Dynamics_of_scientific_production_in_the_world_in_Europe_and_in_France_2000-2016), página 23.

## 4.3 Interpretação do Crescimento

O acréscimo de artigos tem tendência gradual e sólida, resultando num gráfico de formato exponencial. Segundo os dados obtidos, há um pico de produção científica no ano de 2018, quando observa-se 183 artigos publicados na área. A maior taxa de crescimento do *dataset* MASSA@joaoadm94, bem como o seu grande volume, sugerem um crescente interesse no assunto nos últimos 30 anos.

## 4.4 Evolução das Citações

A figura 1.2 apresenta a evolução da média de citações aos 2.198 artigos no *dataset* MASSA@joaoadm94. Nota-se variações ao longo do tempo na média anual de citações. Os artigos publicados até os anos 1990 concentram um número bem baixo de citações. Entre os anos 1990 e 2010, os artigos publicados recebem entre 2 e 6 citações por ano, período de maior efervescência dessa métrica. A partir da década de 2010, a média fica mais próxima de 2 citações. O pico que aparece no ano de 1998 deve-se, possivelmente, à presença de um artigo do *dataset*, publicado em 1998, que possui um número surpreendente grande de citações.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup>Note que o cálculo do número médio de citações, nesse caso, utiliza os valores computados no tag "TC (Times Cited)", já presentes no *dataset* obtido. Ou seja, o gráfico baseia-se no número de citações globais (externas ao *dataset* MASSA@joaoadm94), e não no número de citações locais (citações a um artigo do *dataset* feitas por alguns dos outros artigos dentro do próprio *dataset*).



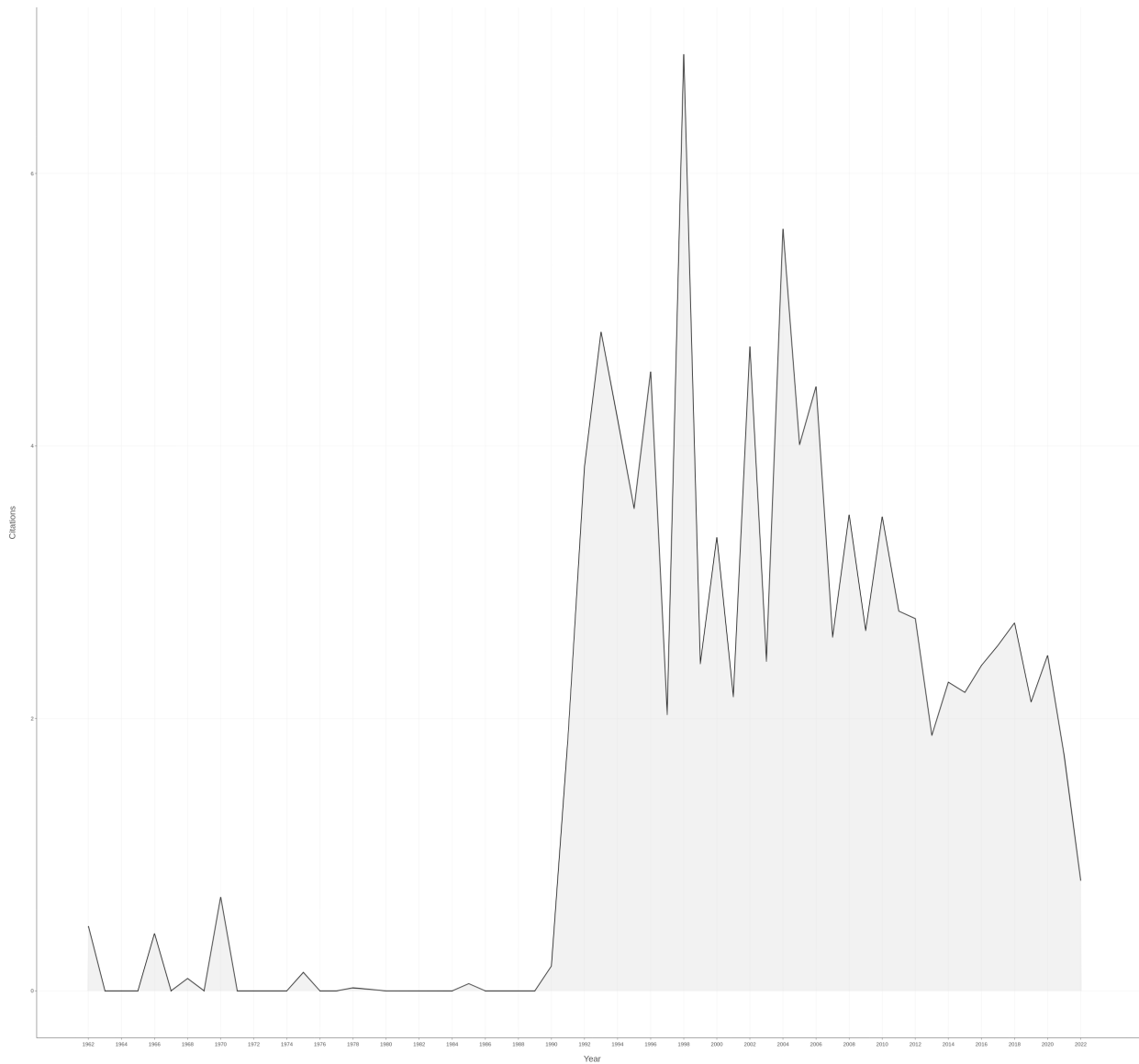


Figura 1.2: Evolução das citações ao *dataset* MASSA@joaoadm94.

## 4.5 Interpretação das Citações

Ao contrário do volume de publicações, o número de citações demonstra irregularidades ao longo dos anos. Isso pode sugerir que esse tema não provoque tanto interesse em cientistas de outras áreas, visto que as citações globais não acompanham o crescimento das publicações dentro do campo. Essa métrica parece sugerir que o tema possui mais relevância dentro de um nicho intelectual, carecendo ainda de aplicações úteis em outras áreas.

## 4.6 *Three-Field Plots (Sankey diagram)*

As *Three-Field Plots (Sankey diagram)* (plotagens do tipo “Três Campos”) apresentam afinidades entre três conjuntos de atributos agregados que ocorrem no *dataset*. Uma plotagem do tipo Sankey busca mostrar os principais fluxos entre diferentes conjuntos de itens.<sup>6</sup>

A figura 1.3 apresenta a plotagem do tipo “Três Campos” do *dataset* MASSA@joaoadm94, vinculando, ao centro, os 20 Autores mais proeminentes (AU), à esquerda, as 20 Citações mais frequentes (CR - Cited Records), e à direita, as 20 Palavras-Chave mais frequentes empregadas pelos autores.

## 4.7 Interpretação da figura 1.3

Os vinte autores mais relevantes, citados pelos artigos do *dataset* MASSA, e as palavras-chave mais relevantes são aparentemente de origem asiática, mais especificamente chinesa, com base nos sobrenomes. De outra forma, a mesma origem chinesa parece não se aplicar aos trabalhos mais citados, aparentemente europeus ou norte-americanos. Isso sugere estar ocorrendo uma migração recente da produção científica, do ocidente para o oriente.

Adicionalmente, dentre as palavras-chave (DE) não relacionadas diretamente aos termos de busca, emergem os termos **cooperation**, **evolutionary**, **game theory** e **public goods**. Isso sugere um interesse dos autores em temas

Ainda sobre a interpretação da plotagem da figura 1.3, observa-se que os artigos mais citados encontram-se publicados há no mínimo mais de 13 anos atrás, sugerindo que não houve, nos últimos 13 anos, nenhum trabalho que tenha produzido uma mudança de paradigma no tema. A fim de melhor evidenciar as citações mais relevantes segundo o peso dos autores e palavras-chave, o gráfico da figura 1.4 plota apenas as 10 referências citadas, para 20 autores e palavras-chave mais proeminentes.

### 4.7.1 Autores mais relevantes

Breves comentários sobre cada um dos trabalhos mais citados serão apresentados a seguir.

---

<sup>6</sup>Para uma introdução ver [https://en.wikipedia.org/wiki/Sankey\\_diagram](https://en.wikipedia.org/wiki/Sankey_diagram). Para obter detalhes sobre a forma de geração e utilização desse gráfico, inclusive de forma interativa, veja o vídeo em <https://www.youtube.com/watch?v=jBb1iha6-sg>.

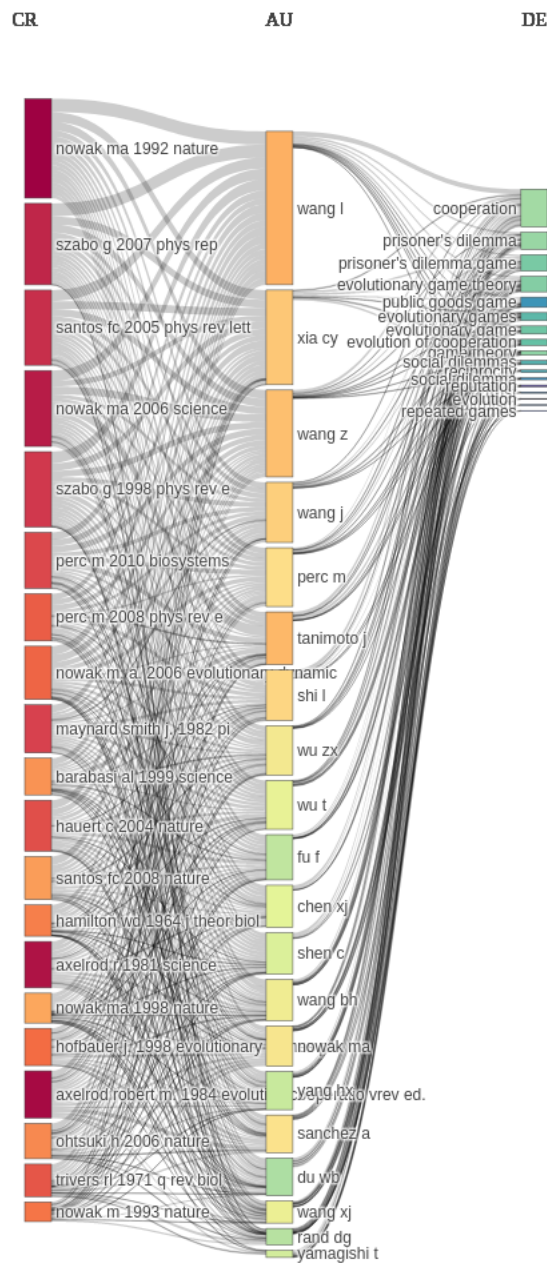


Figura 1.3: Plotagem “Três Campos” (Sankey plot) do *dataset* MASSA@joaoadm94: 20 Autores, Citações e Palavras-Chave mais proeminentes.

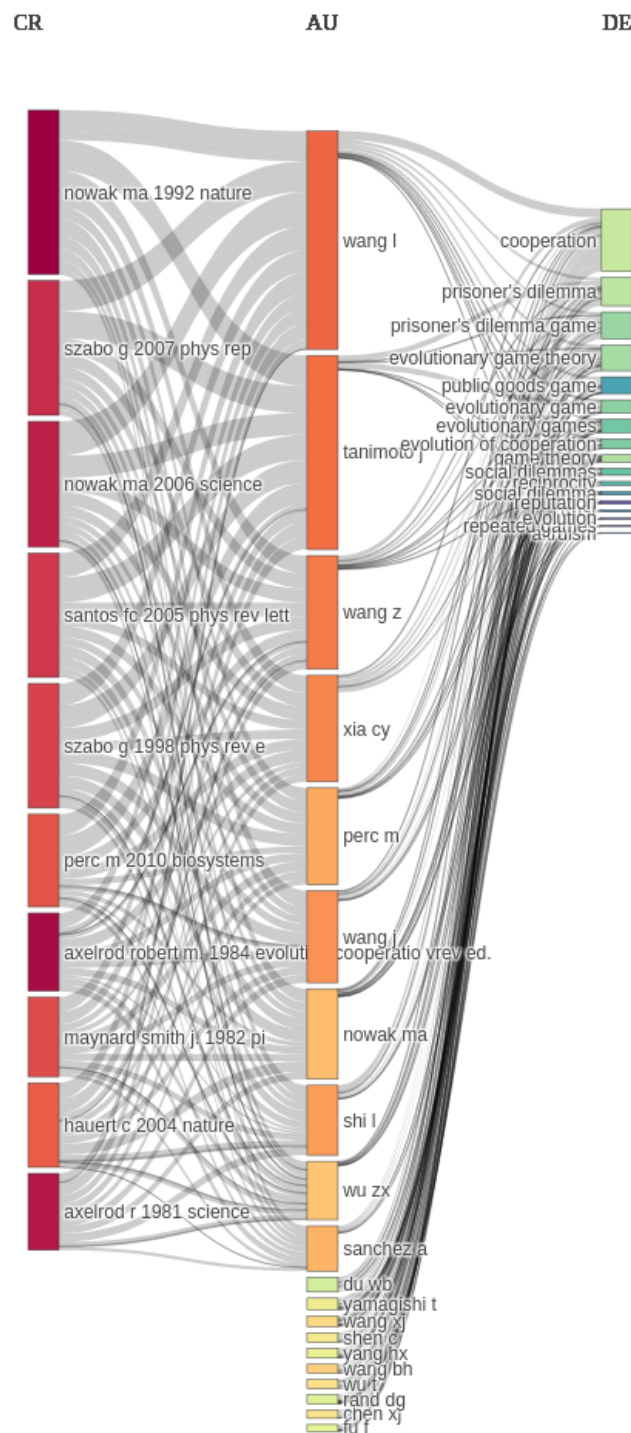


Figura 1.4: Plotagem “Três Campos” (Sankey plot) do *dataset* MASSA@joaoadm94: 10 Autores, 20 Citações e Palavras-Chave mais proeminentes.

- (NOWAK; MAY, 1992) explora os desdobramentos de uma simulação do dilema do prisioneiro considerando apenas dois tipos de agentes: os que sempre cooperam e os que sempre desertam;
- (NOWAK, 2006) discute cinco mecanismos necessários à evolução da cooperação no contexto naturalmente competitivo da seleção natural biológica;
- (SZABO; FATH, 2006) oferece uma apresentação voltada a físicos do tema da teoria de jogos em sua forma evolucionária;
- (SANTOS; PACHECO, 2005) estuda a evolução da cooperação no arcabouço da teoria dos jogos evolucionária, adotando os dilema do prisioneiro e do amontoado de neve como metáforas de cooperação;
- (SZABÓ; TÓKE, 1998) experimenta com um jogo simplificado de dilema do prisioneiro usando simulações Monte Carlo e técnicas de cluster dinâmico, observando as dinâmicas emergentes da variação do valor da tentação de desertar;
- (PERC; SZOLNOKI, 2009) revisa os trabalhos recentes no tema de jogos evolucionários com incorporação de regras coevolucionárias; assim como esboça direções para estudos futuros na área;
- (GREENE, 1984) explora um modelo baseado em dilema do prisioneiro com estratégia evolucionária estável para estudar como a cooperação surge em um mundo não social, como floresce mesmo interagindo com outras estratégias e como resiste a invasão após se estabelecer; e
- (TRIVERS, 1971) argumenta pela existência de comportamento altruísta em populações de ratos apresentando evidências para tal achado. O objetivo do estudo é propor as populações de ratos como modelo alternativo para o estudo de altruísmo e cooperação.

## 4.8 Medidas bibliométricas

As medidas bibliométricas propriamente ditas, relativas ao *dataset* MASSA@joaoadm94, serão exploradas nesta subseção, e são organizadas em três conjuntos:

**Relativas às Fontes de Informação** Uma vez que foram consideradas apenas as publicações em revistas, todas as fontes de informação mensuradas serão revistas científicas, ou *journals*. As principais medidas são de impacto das fontes, mensuradas com base no número de citações que os artigos publicados nas revistas obtiveram de outras publicações, possivelmente feitas em outras fontes de informação, como outras revistas, seções de livros, artigos de conferência etc. As citações são registradas pelas organizações que fazem indexação de artigos, como a Web of Science e SCOPUS;

**Relativas aos Autores** Sempre que um artigo publicado por um ou mais autores e também indexado por uma organização (Web of Science, SCOPUS etc), é citado em um outro artigo também indexado por essa mesma organização, então é feita a anotação de uma citação ao mesmo, e o impacto potencial desse autor sobre a ciência é atestado pelo valor mais alto da citação do conjunto de seus artigos indexados. Várias métricas (índice H, G, M etc) podem ser derivadas dessa medida (quantidade de citações), e são exploradas tanto em relação aos autores como em relação às revistas onde esses artigos foram publicados;

**Relativas aos Documentos** Cada citação adicional a um documento (artigo de revista, de conferência, livro, ou capítulo de livro) é um indicador do impacto do documento em si, que evidencia a sua importância. Além das citações, a ocorrência de palavras dentro dos documentos, inclusive ordenada pelo tempo, também produz indicadores numéricos (métricas) relevantes para analisar a importância do documento em relação a outros.

Essas medidas serão apresentadas a seguir.

#### 4.8.1 Bibliometrias aplicadas aos documentos (Artigos científicos) no *dataset*

**4.8.1.1 Citações globais aos artigos no *dataset*** Cada registro recuperado no *dataset* apresenta um conjunto de informações, dentre as quais pode constar a quantidade de vezes que uma citação ao mesmo foi registrada no índice do WoS, desde que no momento da extração seja feita essa solicitação (*TC - Times Cited*). A tabela 1.1 apresenta a lista dos 25 artigos do *dataset*, que foram mais citados, ordenados de forma decrescente pelo número global de citações do artigo, nos índices da WoS. Para cada artigo é apresentada a referência abreviada, o DOI e a quantidade de vezes que ele foi citado globalmente (no índice do WoS). Para recuperar a página do artigo deve-se abrir uma url prefixada com <http://doi.org/>, e informar o valor do DOI indicado, por exemplo <http://doi.org/10.1257/jel.47.2.448> levará à página do artigo mais citado, cujo título é “Gender Differences in Preferences”.

Após a visitação do resumo do texto de vários dos documentos citados, percebe-se que não refletem bem o foco do *dataset*, o que se justifica pelo fato de que esses documentos são os de maior citação global. Isso significa que e não necessariamente os que tem maior citação local ao *dataset*. Dessa forma, procede-se à próxima análise.

**4.8.1.2 Citações locais aos artigos no *dataset*** Cada registro recuperado no *dataset* apresenta um conjunto de informações, dentre as quais consta a lista das citações feitas a outros documentos, na seção bibliografia. O Bibliometrix computa de forma aproximada a quantidade de vezes que cada artigo do *dataset* foi citado por outros artigos do mesmo *dataset*, construindo uma tabela das maiores citações locais, que provavelmente apontará para artigos com afinidade bem maior à busca efetuada.

A lista dos artigos retornados pelo critério de citação local retornou textos bastante pertinentes ao tema da simulação multiagente de fenômenos sociais, conforme os 10 títulos a seguir listados, seguindo a ordem apresentada na tabela:

#	Artigo (Referência Abreviada)	DOI (Digital Object Identifier)	Tot.Cit.
1	CROSON R, 2009, J ECON LIT	10.1257/jel.47.2.448	2369
2	SZABO G, 2007, PHYS REP	10.1016/j.physrep.2007.04.004	2013
3	OSTROM E, 1998, AM POLIT SCI REV	10.2307/2585925	1596
4	KOGUT B, 1996, ORGAN SCI	10.1287/orsc.7.5.502	1571
5	NOWAK MA, 1998, NATURE	10.1038/31225	1529
6	YAMAGISHI T, 1994, MOTIV EMOTION	10.1007/BF02249397	1192
7	SZABO G, 1998, PHYS REV E	10.1103/PhysRevE.58.69	1086
8	FALK A, 2006, GAME ECON BEHAV	10.1016/j.geb.2005.03.001	1083
9	HAUERT C, 2004, NATURE	10.1038/nature02360	1061
10	OSTROM E, 1992, AM POLIT SCI REV	10.2307/1964229	1039
11	NOWAK M, 1993, NATURE	10.1038/364056a0	1022
12	MCCULLOUGH ME, 1998, J PERS SOC PSYCHOL	10.1037/0022-3514.75.6.1586	1022
13	ANDREONI J, 2002, ECONOMETRICA	10.1111/1468-0262.00302	803
14	PERC M, 2017, PHYS REP	10.1016/j.physrep.2017.05.004	801
15	FEHR E, 2002, HUM NATURE-INT BIOS	10.1007/s12110-002-1012-7	656
16	STOKES SC, 2005, AM POLIT SCI REV	10.1017/S0003055405051683	629
17	SALLY D, 1995, RATION SOC	10.1177/1043463195007001004	612
18	FISCHBACHER U, 2010, AM ECON REV	10.1257/aer.100.1.541	607
19	DOEBELI M, 2005, ECOL LETT	10.1111/j.1461-0248.2005.00773.x	562
20	HENRICH J, 2004, J ECON BEHAV ORGAN	10.1016/S0167-2681(03)00094-5	528
21	ROCA CP, 2009, PHYS LIFE REV	10.1016/j.plrev.2009.08.001	525
22	SZABO G, 2005, PHYS REV E	10.1103/PhysRevE.72.047107	393
23	KESER C, 2000, SCAND J ECON	10.1111/1467-9442.00182	375
24	TRAULSEN A, 2006, PHYS REV E	10.1103/PhysRevE.74.011909	359

Tabela 1.1: 25 artigos mais citados globalmente no *dataset* MASSA@joaoadm94.

#	Artigo (Referência Abreviada)	DOI	L.Cit	G.Cit
1	SZABO G, 2007, PHYS REP	10.1016/j.physrep.2007.04.004	496	2013
2	SZABO G, 1998, PHYS REV E	10.1103/PhysRevE.58.69	407	1086
3	HAUERT C, 2004, NATURE	10.1038/nature02360	337	1061
4	NOWAK M, 1993, NATURE	10.1038/364056a0	307	1022
5	NOWAK MA, 1998, NATURE	10.1038/31225	230	1529
6	DOEBELI M, 2005, ECOL LETT	10.1111/j.1461-0248.2005.00773.x	200	562
7	PERC M, 2017, PHYS REP	10.1016/j.physrep.2017.05.004	169	801
8	ROCA CP, 2009, PHYS LIFE REV	10.1016/j.plrev.2009.08.001	165	525
9	SZABO G, 2005, PHYS REV E	10.1103/PhysRevE.72.047107	164	393
10	CHEN XJ, 2008, PHYS REV E	10.1103/PhysRevE.77.017103	112	270
11	SZOLNOKI A, 2008, PHYSICA A	10.1016/j.physa.2007.11.021	110	228
12	SZABO G, 2002, PHYS REV E	10.1103/PhysRevE.66.062903	96	208
13	MACY MW, 2002, P NATL ACAD SCI USA	10.1073/pnas.092080099	96	340
14	DAL BO P, 2005, AM ECON REV		93	301
15	GRACIA-LAZARO C, 2012, P NATL ACAD SCI USA	10.1073/pnas.1206681109	92	231
16	COOPER R, 1996, GAME ECON BEHAV	10.1006/game.1996.0013	90	210
17	WANG Z, 2015, PHYS LIFE REV	10.1016/j.plrev.2015.04.033	86	312
18	SALLY D, 1995, RATION SOC	10.1177/1043463195007001004	79	612
19	REN J, 2007, PHYS REV E	10.1103/PhysRevE.75.045101	68	149
20	TRAULSEN A, 2010, P NATL ACAD SCI USA	10.1073/pnas.0912515107	67	259
21	FU F, 2009, PHYS REV E	10.1103/PhysRevE.79.036101	64	168
22	GRUJIC J, 2010, PLOS ONE	10.1371/journal.pone.0013749	62	155
23	HUBERMAN BA, 1993, P NATL ACAD SCI USA	10.1073/pnas.90.16.7716	58	336
24	ROCA CP, 2009, PHYS REV E	10.1103/PhysRevE.80.046106	58	149
25	NAKAMARU M, 1997, J THEOR BIOL	10.1006/jtbi.1996.0243	57	246

Tabela 1.2: 25 artigos mais citados localmente no *dataset* MASSA@joaoadm94.



1. “Evolutionary games on graphs” oferece uma apresentação voltada a físicos do tema da teoria de jogos em sua forma evolucionária;
2. “Evolutionary prisoner’s dilemma game on a square lattice” explora os desdobramentos de uma simulação do dilema do prisioneiro considerando apenas dois tipos de agentes: os que sempre cooperam e os que sempre desertam;
3. “Spatial structure often inhibits the evolution of cooperation in the snowdrift game” estuda o impacto da estrutura espacial na evolução da estratégia cooperativa em simulações do modelo snowdrift;
4. “A strategy of win-stay, lose-shift that outperforms tit-for-tat in the Prisoner’s Dilemma game” avalia o sucesso de estratégias alternativas ao toma-lá-dá-cá em simulações do dilema do prisioneiro;
5. “Evolution of indirect reciprocity by image scoring” tenta demonstrar a estabilidade da reciprocidade indireta como mecanismo evolutivo em simulações de cenários de competitividade ;
6. “Models of cooperation based on the Prisoner’s Dilemma and the Snowdrift game” examina o impacto de extensões e modificações nas variáveis independentes dos modelos "dilema do prisioneiro" e pelo "jogo do amontoado de neve";
7. “Statistical physics of human cooperation” compara as estatísticas obtidas em modelos tradicionais de interação entre partículas com aqueles obtidos em modelos de interação social como o dilema do prisioneiro;
8. “Evolutionary game theory: Temporal and spatial effects beyond replicator dynamics” explora os limites explicativos da equação replicadora aplicada a modelos de teoria dos jogos no contexto de outras disciplinas;
9. “Phase diagrams for an evolutionary prisoner’s dilemma game on two-dimensional lattices” experimenta com um jogo simplificado de dilema do prisioneiro usando simulações Monte Carlo e técnicas de cluster dinâmico, observando as dinâmicas emergentes da variação do valor da tentação de desertar;
10. “Promotion of cooperation induced by appropriate payoff aspirations in a small-world networked game” investiga a contribuição do fator aspiracional para o surgimento e manutenção da cooperação em dinâmicas sociais;
11. “Towards effective payoffs in the prisoner’s dilemma game on scale-free networks” pesquisa técnicas de normalização dos prêmios do dilema do prisioneiro em redes de agentes livres de escala ;



# Bibliografia

- AMADAE, S. M. *Prisoners of reason: game theory and neoliberal political economy*. New York, NY: Cambridge University Press, 2016. ISBN 978-1-107-06403-4 978-1-107-67119-5. Citado na p. 2.
- GLYNATSI, Nikoleta E.; KNIGHT, Vincent A. A bibliometric study of research topics, collaboration, and centrality in the iterated prisoner's dilemma. en. *Humanities and Social Sciences Communications*, v. 8, n. 1, p. 45, fev. 2021. ISSN 2662-9992. DOI: [10.1057/s41599-021-00718-9](https://doi.org/10.1057/s41599-021-00718-9). Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41599-021-00718-9>. Acesso em: 20 dez. 2022. Citado na p. 3.
- GREENE, R. B. Review: The Evolution of Cooperation, by R. Axelrod. *Journal of Policy Analysis and Management*, p. 140–140, 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3323905>. Acesso em: 4 dez. 2022. Citado na p. 13.
- NOWAK, Martin A. Five Rules for the Evolution of Cooperation. en. *Science*, v. 314, n. 5805, p. 1560–1563, dez. 2006. ISSN 0036-8075, 1095-9203. DOI: [10.1126/science.1133755](https://doi.org/10.1126/science.1133755). Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1133755>. Acesso em: 29 jan. 2023. Citado na p. 13.
- NOWAK, Martin A.; MAY, Robert M. Evolutionary games and spatial chaos. en. *Nature*, v. 359, n. 6398, p. 826–829, out. 1992. ISSN 0028-0836, 1476-4687. DOI: [10.1038/359826a0](https://doi.org/10.1038/359826a0). Disponível em: <http://www.nature.com/articles/359826a0>. Acesso em: 29 jan. 2023. Citado na p. 13.
- PERC, Matjaz; SZOLNOKI, Attila. Coevolutionary games - a mini review, 2009. Publisher: arXiv Version Number: 1. DOI: [10.48550/ARXIV.0910.0826](https://doi.org/10.48550/ARXIV.0910.0826). Disponível em: <https://arxiv.org/abs/0910.0826>. Acesso em: 29 jan. 2023. Citado na p. 13.
- PRISONER'S Dilemma. Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Prisoner%27s\\_dilemma](https://en.wikipedia.org/wiki/Prisoner%27s_dilemma). Acesso em: 3 dez. 2022. Citado na p. 1.
- SANTOS, F. C.; PACHECO, J. M. Scale-Free Networks Provide a Unifying Framework for the Emergence of Cooperation. en. *Physical Review Letters*, v. 95, n. 9, p. 098104, ago. 2005. ISSN 0031-9007, 1079-7114. DOI: [10.1103/PhysRevLett.95.098104](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.95.098104). Disponível em: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.95.098104>. Acesso em: 29 jan. 2023. Citado na p. 13.

- SZABO, Gyorgy; FATH, Gabor. Evolutionary games on graphs, 2006. Publisher: arXiv Version Number: 3. DOI: [10.48550/ARXIV.COND-MAT/0607344](https://arxiv.org/abs/cond-mat/0607344). Disponível em: <https://arxiv.org/abs/cond-mat/0607344>>. Acesso em: 29 jan. 2023. Citado na p. 13.
- SZABÓ, György; TÓKE, Csaba. Evolutionary prisoner's dilemma game on a square lattice. en. *Physical Review E*, v. 58, n. 1, p. 69–73, jul. 1998. ISSN 1063-651X, 1095-3787. DOI: [10.1103/PhysRevE.58.69](https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.58.69). Disponível em: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.58.69>>. Acesso em: 29 jan. 2023. Citado na p. 13.
- TRIVERS, Robert. The Evolution of Reciprocal Altruism. *The Quarterly Review of Biology*, 1971. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/406755>>. Acesso em: 4 dez. 2022. Citado na p. 13.