



UnB

CIC0203 - Computação Experimental - TA - 2022.2 - Tarefa T4 - Análise Bibliométrica

URL Read-only Overleaf: <https://www.overleaf.com/read/cytswcjsxxqh>

Substitua a URL acima pela URL de visualização compartilhada de sua cópia inicial deste documento (share->Turno on link sharing -> read link, e depois remova esta linha de orientação.

Remova ou comente todas as linhas que não sejam a que tem o seu nome e
username

Arthur Barreiros de Oliveira Mota (BarreirosM)

Gabriel Pinheiro da Conceição (pinheirogh)

Breno Ribeiro Corrêa (brenoZ)

João Victor de Souza Calassio (jvcalassio)

Matheus Barbosa Santos (MatBSa)

Edgar Sampaio de Barros (edgarsamp)

Felipe Gomes Paradas (fparadas)

Marcelo Aiache Postiglione (marcelo3101)

Paulo Alvim Alvarenga (alvimpaulo)
Marco Antônio Souza de Athayde (masathayde)
João Antonio Desidério de Moraes (joaoadm94)
Gabriel da Silva Corvino Nogueira (nosgueira)
Thiago Masera Tokarski (Toskosz)
Erick Rodrigues Fraga (mutenesss)
André Cássio Barros de Souza (andreloff)
Lucas de Oliveira Silva (LuscasOSilva)
João Pedro de Sousa Soares Martins (jpssm)
Isaque Augusto da Silva Santos (seraphritt)
Gustavo Rodrigues Gualberto (GustavoRGYGO)
André Fioravante Nicolodi Durante Júnior (AndreDuranteJr)
Cláudio Roberto Oliveira Peres de Barros (ClaudioBarros)
Fernando Ferreira Cordeiro (FernandoCordeiro)
Paulo Mauricio Costa Lopes (RequiemDosVivos)
Bruno Abreu Kamienski (brunosabreu)
Gabriel Teixeira Ribeiro

Brasília, 2022-12-14 17:09:50Z

Lista de tarefas pendentes

Sumário

I	Preparação	3
1	Orientações Iniciais (Este capítulo não deve estar presente no documento de entrega da tarefa). Comente a correspondente linha de input	5
1.1	Importância deste documento	5
1.2	Conteúdo do seu documento Overleaf	6
1.3	Geração dos documentos correspondentes às tarefas	6
1.4	Uso sincronizado de Repositório no Github e Overleaf: Repositório origin . . .	7
II	Pesquisa Bibliométrica	9
2	T4 - Análise Bibliométrica sobre Simulação Multiagente e Fenômenos Sociais, por Jorge Fernandes	11
2.1	Planejamento do estudo	11
2.1.1	O que já existe de pesquisa bibliométrica sobre esse tema?	11
2.1.2	Uso do Bibliometrix e Biblioshiny	12
2.1.3	Limitações	12
2.2	Coleta de dados	12
2.2.1	Query de Busca	12
2.2.1.1	Explicação para os termos de busca usados	13
2.2.2	Registros recuperados	13
2.3	Análise dos dados	16
2.3.1	Filtragem de registros	16
2.3.2	Análise descritiva do <i>dataset</i> MASSA@jhcfc	16
2.3.3	Evolução da Produção Científica	18
2.3.4	Interpretação do Crescimento	18
2.3.5	Evolução das Citações	19
2.3.6	Interpretação das Citações	19
2.3.7	<i>Three-Field Plots (Sankey diagram)</i>	20
2.3.8	Interpretação da figura 2.3	20
2.3.8.1	Autores mais relevantes	21
2.4	Refinamento da Coleta de Dados	23

SUMÁRIO

2.5	Nova Análise dos Dados	25
2.5.1	Nova filtragem de registros	25
2.5.2	Análise descritiva do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc	25
2.5.2.1	Dados Sumários Gerais	25
2.5.2.2	Evolução anual da produção científica	26
2.5.2.3	Média de citações anuais por artigo	26
2.5.2.4	Diagramas de Sankey (<i>three fields plots</i>)	27
2.5.3	Medidas biométricas	35
2.5.3.1	Bibliometrias aplicadas aos documentos (Artigos científicos) no <i>dataset</i>	36
2.5.3.1.1	Citações globais aos artigos no <i>dataset</i>	36
2.5.3.1.2	Citações locais aos artigos no <i>dataset</i>	36
2.5.3.1.3	Referências a outros documentos (artigos, capítulos de livros etc) citados pelos artigos no <i>dataset</i>	44
2.5.3.1.4	Espectroscopia das referências	47
2.5.3.1.5	Uso de palavras dentro dos artigos no <i>dataset</i>	47
2.5.4	Métricas para Autores	53
2.5.4.1	Autores mais produtivos no <i>dataset</i>	53
2.5.4.2	Autores mais relevantes localmente citados	53
2.5.4.3	Variação da produtividade dos autores ao longo do tempo	54
2.5.4.4	Lei de Lotka	56
2.5.4.5	Medidas de Impacto dos Autores	56
2.5.4.6	Filiações dos autores às instituições de P&D	57
2.5.4.7	Filiações dos autores aos Países	61
2.5.4.7.1	Países dos autores principais dos artigos	61
2.5.5	Métricas para Fontes de Informação	61
2.5.5.1	Fontes mais relevantes, conforme número de artigos publicados sobre o tema	61
2.5.5.2	Fontes mais relevantes, conforme o número de citações globais	61
2.5.5.3	Fontes mais relevantes, conforme o número de citações na lista de referências locais	61
2.5.5.4	Lei de Bradford	61
2.5.5.5	Medidas de Impacto das fontes	61
2.5.5.5.1	Índice H	61
2.5.5.5.2	Índice G	61
2.5.5.5.3	Índice M	61
2.5.5.6	Dinâmica de publicação nas fontes	68
2.5.6	Mapas de Acoplamento	68
2.5.7	Estrutura Conceitual do Conhecimento	68
2.5.7.1	Métricas aplicadas a grafos (redes)	69
2.5.7.1.1	Redes de Coocorrências	69

SUMÁRIO

2.5.7.1.2	Mapas Temáticos	74
2.5.7.1.3	Evolução Temática	74
2.5.7.2	Métricas de redução da dimensionalidade (Análise Fatorial) . .	74
2.5.8	Estrutura Intelectual do Conhecimento	74
2.5.8.1	Redes de Co-Citação	76
2.5.8.2	Historiografia	76
2.5.9	Estrutura Social do Conhecimento	76
2.5.9.1	Rede de Colaboração	76
2.6	Análises	76
2.7	Conclusões	79
2.7.1	Base de conhecimentos	83
2.7.2	Fenômenos sociais	83
2.7.3	Termos e conceitos centrais	83
2.7.4	Estrutura Social da Comunidade	83
	Bibliografia	85

SUMÁRIO

Listas de Figuras

2.1	Evolução da produção científica no <i>dataset</i> MASSA@jhcfc	18
2.2	Evolução das citações ao <i>dataset</i> MASSA@jhcfc	19
2.3	Plotagem “Três Campos” (Sankey plot) do <i>dataset</i> MASSA@jhcfc: 20 Autores, Citações e Palavras-Chave mais proeminentes	20
2.4	Plotagem “Três Campos” (Sankey plot) do <i>dataset</i> MASSA@jhcfc: 10 Autores, 20 Citações e Palavras-Chave mais proeminentes	21
2.5	Rede de co-ocorrência de palavras, com 150 termos, aplicada ao <i>dataset</i> MASSA@jhcfc .	23
2.6	Evolução da Produção Científica Anual, segundo o <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc . .	26
2.7	Média de citações para cada artigo do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc, conforme o ano de publicação	27
2.8	Diagrama Sankey, relacionando as afinidades mais evidentes entre Autores (centro), Palavras-chave (direita) e Referências citadas (esquerda).	30
2.9	Diagrama Sankey, relacionando as afinidades mais evidentes entre revistas (esquerda), palavras-chave (centro) e instituição de filiação dos autores (direita). .	32
2.10	Espectroscopia (RPYS) completa das referências do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc . .	47
2.11	Espectroscopia (RPYS) das referências do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc, entre 1901 e 1970.	48
2.12	Espectroscopia (RPYS) das referências do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc, entre 1971 e 2019.	48
2.13	Nuvem dos 100 termos mais frequentes do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc	49
2.14	<i>Tree Map</i> dos 50 termos mais frequentes do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc	51
2.15	Dinâmica de uso ao longo do tempo, dos 20 termos mais frequentes do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc.	51
2.16	<i>Trending Topics</i> do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc, WF = 15, WPY=7.	52
2.17	Variação da produção dos autores de maior impacto, do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc.	55
2.18	Variação da produção dos autores de maior impacto, do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc.	63
2.19	Revistas mais relevantes no <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc.	64
2.20	Revistas mais relevantes no <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc, conforme a soma de citações aos artigos publicados.	64
2.21	Revistas mais relevantes no <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc, conforme a soma de citações aos artigos no <i>dataset</i>	65

LISTA DE FIGURAS

2.22 Revistas mais relevantes no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f , conforme a Lei de Bradford.	65
2.23 Revistas de maior impacto no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f , conforme o índice H.	66
2.24 Revistas de maior impacto no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f , conforme o índice G.	66
2.25 Revistas de maior impacto no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f , conforme o índice M.	67
2.26 Revistas com maior volume de publicações no tema no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f , ao longo do tempo.	67
2.27 Palavras-chave mais evidentes que surgem nos clusters formados pelo Acoplamento bibliográfico entre documentos, no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f	68
2.28 50 palavras-chave mais evidentes, clusterizadas pela coocorrência em documentos, no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f	69
2.29 Detalhamento do cluster 1, na rede das 50 palavras-chave mais evidentes, clusterizadas pela coocorrência em documentos, no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f	70
2.30 Detalhamento do cluster 2, na rede das 50 palavras-chave mais evidentes, clusterizadas pela coocorrência em documentos, no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f	71
2.31 Detalhamento do cluster 3, na rede das 50 palavras-chave mais evidentes, clusterizadas pela coocorrência em documentos, no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f	72
2.32 Mapa temático do <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f	73
2.33 Evolução temática do <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f	74
2.34 Dimensões de variabilidade mais relevantes, nas palavras-chave do <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f .	75
2.35 Dendograma das dimensões de variabilidade mais relevantes, nas palavras-chave do <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f	76
2.36 Documentos que mais contribuíram para determinar das dimensões de variabilidade mais relevantes, nas palavras-chave do <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f	77
2.37 Rede de cocitação entre as 50 referências mais presentes no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f .	78
2.38 Mapa histórico das citações diretas entre os documentos mais evidentes no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f	79
2.39 Rede de colaboração entre as 150 instituições mais evidentes, no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f .	80
2.40 Rede de colaboração entre os 150 autores mais evidentes, no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f .	81
2.41 Rede de colaboração entre os 150 países, no <i>dataset</i> MASSA2@jhc ^f	82

Listas de Tabelas

2.1	Principais dados descritivos do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc.	25
2.2	Dados parciais de citação anual para os artigos do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc.	28
2.3	25 artigos mais citados globalmente no <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc.	37
2.4	25 artigos mais citados localmente no <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc.	38
2.5	25 referências (artigos, capítulos de livros etc) mais citadas localmente no <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc.	44
2.6	40 palavras (termos) mais frequentes no <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc.	50
2.7	20 autores com mais artigos no <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc.	53
2.8	20 autores com mais artigos citados por outros artigos no <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc.	54
2.9	Comparação do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc com a formulação geral da Lei de Lotka.	56
2.10	10 autores de maior impacto no <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc, conforme o índice H.	57
2.11	10 autores de maior impacto no <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc, conforme o índice G.	57
2.12	25 autores de maior impacto no <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc, conforme o índice M.	58
2.13	25 autores de maior impacto no <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc, conforme a quantidade de vezes que seus artigos foram globalmente citados.	59
2.14	40 Instituições mais produtivas no tema do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc, conforme a quantidade de artigos publicados por pessoas a elas filiadas.	60
2.15	40 países com maior impacto de citações no tema do <i>dataset</i> MASSA2@jhcfc.	62

Resumo

Este documento contém o produto da tarefa especificada no título deste documento, conforme as orientações em <https://www.overleaf.com/read/cytswcjsxxqh>.

Parte I

Preparação

Capítulo 1

Orientações Iniciais (Este capítulo não deve estar presente no documento de entrega da tarefa). Comente a correspondente linha de input

Leia atentamente as orientações a seguir, tendo em vista que lhe auxiliarão no melhor desempenho neste curso-disciplina.

1.1 Importância deste documento

Faça um clone deste documento na sua conta overleaf (comando *copy*), e ele doravante será chamado **seu documento Overleaf**, e conterá o registro de todas as suas evidências de aprendizagem na disciplina-turma de Computação Experimental, a partir da tarefa T4.

Trate o seu **seu documento Overleaf** como um ambiente experimental, de laboratório, e considere que a organização regular do laboratório será essencial para o seu bom desempenho.

Desse modo, quando for editar **seu documento Overleaf** tome cuidado para sempre deixá-lo em plena condição compilável, sem Erros, e com um mínimo de *warnings*, os quais podem prejudicar a avaliação das suas atividades.

O documento a ser clonado para a criação do seu **seu documento Overleaf** atualmente contém apenas um *warnings*, e nenhum erro.

Antes de encerrar seu trabalho na realização das tarefas da disciplina resolva qualquer Erro ou *warning* causados pela sua edição, com especial atenção para duplicidade de rótulos. A introdução de qualquer erro ou *warning* que prejudicar o seu trabalho poderá implicar em penalização das tarefas.

O Professor deve ter acesso à URL que permite a edição do **seu documento Overleaf**. Todos os demais colegas da disciplina terão acesso de leitura a este documento, mas não de gravação. Dessa forma. sempre observe a **Lista de Tarefas Pendentes**, no início do

documento, para verificar se há alguma pendência associada ao seu usuário, que pode ter sido inserida pelo professor.

1.2 Conteúdo do seu documento Overleaf

Toda e qualquer inserção de texto, programa de computador, dados, enfim, qualquer documento, feito por estudante no **seu documento Overleaf**, deve ocorrer em um dos seguintes pontos:

1. Dentro de um subdiretório **estudantes** correspondente à tarefa em execução;
2. Dentro do diretório *exploratory-data-analysis* do estudante, onde o nome do diretório é o seu github username (veja, por exemplo, o professor, que tem como github username: `jhcfc`);
3. No arquivo “`packages-estudantes.tex`”, onde eventualmente podem ser inseridos novos pacotes para apoiar o uso de algum recurso específico; e
4. Na substituição do arquivo `RESIC.bib` por outro mais recente, obtido pela exportação completa da biblioteca RESIC que se encontra na plataforma Zotero, na url <https://www.zotero.org/groups/2465026/resic>.

Cada um dos arquivos correspondentes às tarefas que você realizará neste “laboratório” deverá ser acessível por um arquivo `LATEX` no formato:

`main-<NúmeroDaTarefa>-<NomeDaTarefa>.tex`

Este arquivo deve estar no diretório raiz do **seu documento Overleaf**, onde `<NúmeroDaTarefa>` e `<NomeDaTarefa>` são, respectivamente, o número e o nome da tarefa, conforme informado no título do capítulo que descreve a tarefa, por exemplo **T4 e Análise-Bibliométrica**, resultando no nome do arquivo como a seguir:

`main-T4-Análise-Bibliométrica.tex`

1.3 Geração dos documentos correspondentes às tarefas

Uma vez que tenha desenvolvido e compilado a tarefa no **seu documento Overleaf**, baixe o arquivo do documento correspondente à tarefa, em formato PDF, contendo o texto do capítulo e a sua correspondente bibliografia, e renomeie o arquivo para a forma:

`main-<NúmeroDaTarefa>-<NomeDaTarefa>-<githubusername>.pdf`
, onde `<githubusername>` é o seu username no github.

Por exemplo, se **T4 e Análise-Bibliométrica** representam a tarefa a ser entregue, e `jhcfc` é o seu username, o nome do arquivo com o PDF da tarefa deve ser, como a seguir.

`T4-Análise-Bibliométrica-jhcfc.pdf`

1.4 Uso sincronizado de Repositório no Github e Overleaf: Repositório origin

O repositório origin da disciplina está na url:

<https://github.com/jhcf/Comput-Experim-20222>.

Estando de posse do arquivo PDF correspondente à tarefa a ser entregue, faça o que se pede:

1. Clone, se ainda não fez, o Repositório git **origin** em seu computador, em um diretório apropriado;

```
git clone https://github.com/jhcf/Comput-Experim-20222.git
```

2. Sempre atualize o repositório local (seu clone), com o comando `git pull`, antes de editar o arquivo `main.tex`;
3. Mova o arquivo PDF correspondente à tarefa para a área de depósito no diretório **estudantes** correspondente à tarefa;
4. Atualize o arquivo `main.tex` no mesmo diretório de entrega da tarefa, para que o seu documento seja inserido na compilação, usando o comando a seguir, onde `<diretório>` é o diretório da especificação da tarefa, e o número e nome da tarefa, juntamente com o `githubusername` são conforme indicados anteriormente:

```
\includepdf[pages=-]{<diretório>/estudantes/main-<NúmeroDaTarefa>-<NomeDaTarefa>-<githubusername>.pdf}
```

5. Adicione ao repositório local o arquivo correspondente à execução da tarefa (comando `git add`) e faça o commit (comando `git commit`), registrando a mensagem no *commit* conforme as instruções contidas no capítulo de especificação da tarefa;
6. Envie as atualizações para o repositório origin (comando `git push`), e resolva qualquer problema de merge que possa a vir ocorrer; e
7. Uma vez resolvido qualquer problema de merge, informe na tarefa no aprender.unb.br, o número do commit do repositório origin.

Parte II

Pesquisa Bibliométrica

Capítulo 2

T4 - Análise Bibliométrica sobre Simulação Multiagente e Fenômenos Sociais, por Jorge Fernandes

2.1 Planejamento do estudo

O planejamento o desenho do estudo deve descrever as motivações, questões de interesse, escopo, limitações e objetivos do trabalho.

O planejamento do estudo deve motivar o tema escolhido e o interesse do autor.

No caso do meu trabalho, as perguntas que o nortearam foram:

- Qual a base de conhecimentos científicos produzida em torno do tema simulação multiagente voltada à compreensão de fenômenos sociais, com ênfase em métodos experimentais?
- Como a simulação multiagente tem sido usada para compreender fenômenos sociais, com ênfase em métodos experimentais?
- Quais os principais termos e conceitos ligados à frente de pesquisa no tema simulação multiagente de fenômenos sociais, com ênfase em métodos experimentais?
- Qual a estrutura social da comunidade, se é que existe, que pesquisa sobre o tema simulação multiagente de fenômenos sociais, com ênfase em métodos experimentais?

2.1.1 O que já existe de pesquisa bibliométrica sobre esse tema?

([GORE; DIALLO; PADILLA, 2016](#)) fizeram uma pesquisa que visava aprofundar a questão da simulação multiagente em relação à computação experimental.

A pesquisa é base para um posterior aprofundamento no campo da Cientometria, como fez ([CHAVALARIAS, 2017](#)).

2.1.2 Uso do Bibliometrix e Biblioshiny

Serão usadas a ferramenta e o *workflow* proposto pelos autores do pacote Bibliometrix, conforme indica a figura ??.

2.1.3 Limitações

O exercício relatado foi feito em uma semana, envolvendo entre 5 a 10 horas de trabalho de cada autor.

Outros aspectos a reforçar:

- Deve-se fazer buscas na base de dados WoS ou SCOPUS;
- é obrigatório declarar um conjunto de perguntas de pesquisa.
- é preciso declarar o objetivo da pesquisa, que no caso da aqui relatada foi exercitar inicialmente, e relatar, o uso da técnica de análise bibliométrica, para fins didáticos.

2.2 Coleta de dados

A coleta de dados feita usando o WoS no dia 03 de agosto de 2021, acessado por meio do Portal de Periódicos da CAPES.

Foram feitas buscas nas coleções **Science Citation Index Expanded (SCI -EXPANDED)** e **Social Sciences Citation Index (SSCI)**, que contém registros relativos a vários campos do conhecimento, no qual 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.

2.2.1 Query de Busca

Foi usada a *query* de busca ilustrada nas linhas 1 a 9 da listagem 2.1.

Listagem de Código 2.1: *query* de busca sobre simulação multiagente de fenômenos sociais, com ênfase em métodos experimentais.

```

1      (experimental or numeric* or statist*
2          or hypothes* or empiric* or inferen*)
3 and
4     simul*
5 and
6     (agent or multiagent or multi-agent
7         or (multi and agent))
8 and
9     (social or society or group or behavi*)
```

10

11 (Topic)

2.2.1.1 Explicação para os termos de busca usados

A busca consistiu de quatro cláusulas disjuntivas, unidas por uma conjunção *and*, aplicadas à busca por tópico (O termo de busca pode aparecer no Título, no Abstract, na Author Keywords, ou nas Keywords Plus da referência)

Os termos **experimental**, **numeric***, **statist***, **hypothes***, **empiric*** e **inferen** (linhas 1 e 2 da query) foram usados na primeira cláusula da *query* para recuperar artigos que tenham em seu título, palavras-chave e resumo, termos relacionados a métodos experimentais, métodos numéricos, métodos estatísticos, teste de hipóteses, métodos empíricos e métodos inferenciais.

O termo / cláusula **simul***, na linha 4, foi usado em conjunção com os demais para recuperar apenas trabalhos que explicitem o uso da simulação. Foi usado um único termo devido à forte adesão ao termo simulação por parte dos pesquisadores que usam simulação. Não existem outros sinônimos frequentes para esse uso.

A cláusula nas linhas 6 e 7 faz união entre o uso dos termos **agent** e **multiagent**, **multi-agent**, e também **multi and agent**, para cobrir as variadas formas de escrita do conceito.

A 4^a cláusula, linha 9, usou os termos **social** e **society** para recuperar artigos que tratem de temas ligados à sociedade. Os termos **group** e **behavi*** visam recuperar estudos que tratam de questões comportamentais e grupais.

2.2.2 Registros recuperados

Os 8.115 registros obtidos como resultado da busca encontram-se em <https://github.com/jhcf/Comput-Experim-20212-Overleaf2/exploratory-data-analysis/jhcf/PesqBibliogr/SimulacaoMultiagente/WoS-20210803/classico-mais-citacoes/8115recs.txt>.

Foram utilizadas as opções *Exportar registros para arquivo de texto sem formatação* e *export full record / Gravar Conteúdo: Seleção personalizada, com todos os 29 campos disponíveis, inclusive referências citadas* no WoS, para que as citações também fosse usadas em análises da citações (estrutura intelectual do conhecimento). Os 8115 registros foram recuperados em nove blocos de até 1.000 registros por vez (1-1000, 1001-2000, 2001-3000, ..., 8001-8115).

A listagem 2.2 apresenta as 127 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, 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 2.2: Exemplo de um registro recuperado no formato RIS, sobre o tema simulação multiagente de fenômenos sociais.

```

1 PT J
2 AU Matthews, RB
3   Gilbert, NG
4   Roach, A
5   Polhill, JG
6   Gotts, NM
7 AF Matthews, Robin B.
8   Gilbert, Nigel G.
9   Roach, Alan
10  Polhill, J. Gary
11  Gotts, Nick M.
12 TI Agent-based land-use models: a review of applications
13 SO LANDSCAPE ECOLOGY
14 LA English
15 DT Article
16 DE agent-based modelling; land-use; complexity; policy analysis;
17   interactions; decision-making
18 ID DECISION-SUPPORT-SYSTEMS; MULTIAGENT SYSTEM; ECOLOGICAL THEORY;
19   SIMULATION; MANAGEMENT; LANDSCAPE; COMPLEXITY; VIETNAM; GAME
20 AB Agent-based modelling is an approach that has been receiving attention by the land use modelling community in recent years, mainly be
21 C1 Macaulay Land Use Res Inst, Integrated Land Use Syst Grp, Aberdeen AB15 8QH, Scotland.
22   Univ Surrey, Dept Sociol, Guildford GU2 7XH, Surrey, England.
23 RP Matthews, RB (corresponding author), Macaulay Land Use Res Inst, Integrated Land Use Syst Grp, Aberdeen AB15 8QH, Scotland.
24 EM r.matthews@macaulay.ac.uk

```

- 25 RI Gilbert, Nigel/N-1085-2019; Gilbert, Nigel/B-9761-2009; Polhill,
 26 Gary/S-5400-2016; Matthews, Robin B/E-7975-2013
- 27 OI Polhill, Gary/0000-0002-8596-0590; Gilbert, Nigel/0000-0002-5937-2410
- 28 CR An L, 2005, ANN ASSOC AM GEOGR, V95, P54, DOI 10.1111/j.1467-8306.2005.00450.x
- 29 Axelrod R, 1997, PRINCETON STUDIES CO
- 30 Balmann A, 2002, COMPLEXITY AND ECOSYSTEM MANAGEMENT, P127
- 31 Balmann A, 1997, EUR REV AGRIC ECON, V24, P85, DOI 10.1093/erae/24.1.85
- 32 Barreteau O, 2001, JASSS-J ARTIF SOC S, V4
- 33 Barreteau O, 2000, ANN OPER RES, V94, P139, DOI 10.1023/A:1018908931155
- 34 Becu N, 2003, ECOL MODEL, V170, P319, DOI 10.1016/S0304-3800(03)00236-9
- 35 Berger T., 2002, Quarterly Journal of International Agriculture, V41, P119
- 36 Berger T, 2001, AGR ECON-BLACKWELL, V25, P245, DOI 10.1111/j.1574-0862.2001.tb00205.x
- 37 Boero R, 2005, JASSS-J ARTIF SOC S, V8
- 38 Boissau S, 2004, MT RES DEV, V24, P101, DOI 10.1659/0276-4741(2004)024[0101:TSRPGI]2.0.CO;2
- 39 Bousquet F, 2004, ECOL MODEL, V176, P313, DOI 10.1016/j.ecolmodel.2004.01.011
- 40 Bousquet F, 2002, COMPLEXITY AND ECOSYSTEM MANAGEMENT, P248
- 41 Brown DG, 2004, ENVIRON MODELL SOFTW, V19, P1097, DOI 10.1016/j.envsoft.2003.11.012
- 42 Carpenter SR, 2002, SCOPE SER, V60, P51
- 43 Castella JC, 2005, ECOL SOC, V10
- 44 Colfer C. J. P., 2003, SMALL SCALE EC MANAG, V2, P135
- 45 D'Aquino P, 2003, JASSS-J ARTIF SOC S, V6
- 46 Deadman P, 2004, ENVIRON PLANN B, V31, P693, DOI 10.1068/b3098
- 47 Dean JS, 2000, SPI STU SCI, P179
- 48 Deffuant G, 2002, COMPLEXITY AND ECOSYSTEM MANAGEMENT, P158
- 49 Epstein J.M., 1996, GROWING ARTIFICIAL S
- 50 Etienne M, 2003, JASSS-J ARTIF SOC S, V6, P2
- 51 Evans TP, 2004, J ENVIRON MANAGE, V72, P57, DOI 10.1016/j.jenvman.2004.02.008
- 52 Ferber J., 1999, MULTIAGENT SYSTEMS I
- 53 Gotts NM, 2003, ARTIF INTELL REV, V19, P3, DOI 10.1023/A:1022120928602
- 54 Gotts NM, 2003, CYBERNET SYST, V34, P663, DOI [10.1080/716100277, 10.1080/01969720390241566]
- 55 Grimm V, 1999, ECOL MODEL, V115, P275, DOI 10.1016/S0304-3800(98)00186-0
- 56 Happe K., 2004, STUDIES AGR FOOD SEC, V30
- 57 Hare M, 2004, MATH COMPUT SIMULAT, V64, P25, DOI 10.1016/S0378-4754(03)00118-6
- 58 Hoffmann M, 2002, COMPLEXITY AND ECOSYSTEM MANAGEMENT, P218
- 59 Huigen MGA, 2004, J ENVIRON MANAGE, V72, P5, DOI 10.1016/j.jenvman.2004.01.010
- 60 Huston M, 1988, BIOSCIENCE, V38, P682, DOI 10.2307/1310870
- 61 Izquierdo LR, 2004, JASSS-J ARTIF SOC S, V7
- 62 IZQUIERDO LR, 2003, FRAMING LAND USE DYN, P163
- 63 Janssen MA, 2000, ECOL MODEL, V131, P249, DOI 10.1016/S0304-3800(00)00256-8
- 64 Janssen MA, 2001, ECOL MODEL, V140, P111, DOI 10.1016/S0304-3800(01)00260-5
- 65 Kohler T. A., 2000, DYNAMICS HUMAN PRIMA, P1
- 66 LANSING JS, 1993, AM ANTHROPOL, V95, P97, DOI 10.1525/aa.1993.95.1.02a00050
- 67 Lempert R, 2002, P NATL ACAD SCI USA, V99, P7195, DOI 10.1073/pnas.072079399
- 68 Ligtenberg A, 2004, J ENVIRON MANAGE, V72, P43, DOI 10.1016/j.jenvman.2004.02.007
- 69 Loibl W, 2003, ENVIRON MODELL SOFTW, V18, P553, DOI 10.1016/S1364-8152(03)00030-6
- 70 Lynn T, 2002, COMPLEXITY AND ECOSYSTEM MANAGEMENT, P188
- 71 Manson SM, 2005, AGR ECOSYST ENVIRON, V111, P47, DOI 10.1016/j.agee.2005.04.024
- 72 MANSON SM, 2004, INTEGRATED LAND CHAN
- 73 Manson S, 2006, COMPUT ENVIRON URBAN, V30, P230, DOI 10.1016/j.compenvurbsys.2005.01.009
- 74 Matthews R, 2006, ECOL MODEL, V194, P329, DOI 10.1016/j.ecolmodel.2005.10.032
- 75 Matthews RB, 2005, AGR ECOSYST ENVIRON, V111, P119, DOI 10.1016/j.agee.2005.06.016
- 76 MATTHEWS RB, 2002, CROP SOIL SIMULATION
- 77 Matthews R, 2006, J AGR ECON, V57, P199, DOI 10.1111/j.1477-9552.2006.00047.x
- 78 McCown RL, 2002, AGR SYST, V74, P179, DOI 10.1016/S0308-521X(02)00026-4
- 79 McCown RL, 2002, AGR SYST, V74, P11, DOI 10.1016/S0308-521X(02)00020-3
- 80 Milner-Gulland EJ, 2006, ECOL COMPLEX, V3, P23, DOI 10.1016/j.ecocom.2005.05.004
- 81 Mohring M, 2001, JASSS-J ARTIF SOC S, V4, P1
- 82 Moss S., 2001, INTEGRATED ASSESSMEN, V2, P17, DOI DOI 10.1023/A:1011527523183
- 83 OTTER HS, 2001, JASSS-J ARTIF SOC S, V4, P2
- 84 Parker DC, 2004, AGR ECOSYST ENVIRON, V101, P233, DOI 10.1016/j.agee.2003.09.007
- 85 Parker DC, 2003, ANN ASSOC AM GEOGR, V93, P314, DOI 10.1111/1467-8306.9302004
- 86 Polhill JG, 2001, CYBERNET SYST, V32, P285, DOI 10.1080/019697201300001885
- 87 Prabhu R, 2003, SMALL SCALE FOREST M, V2, P185
- 88 Rajan KS, 2001, P 22 AS C REM SENS
- 89 RAMANATH AM, 2004, JASSS-J ARTIF SOC S, V7, P1
- 90 Sanders L, 1997, ENVIRON PLANN B, V24, P287, DOI 10.1068/b240287
- 91 Scheffer M, 2003, TRENDS ECOL EVOL, V18, P648, DOI 10.1016/j.tree.2003.09.002
- 92 Sengupta R, 2005, ENVIRON PLANN B, V32, P821, DOI 10.1068/b31193
- 93 Sinclair TR, 1996, AGRON J, V88, P698, DOI 10.2134/agronj1996.00021962008800050004x
- 94 Stephens William, 2002, P129, DOI 10.1079/9780851995632.0129
- 95 TORRENS PM, 2002, AGENT BASED MODELS L, P72
- 96 VANDERBILT M, 2004, MEDIATED MODELLING S
- 97 Verburg PH, 2006, LANDSCAPE ECOL, V21, P1171, DOI 10.1007/s10980-006-0029-4
- 98 Weisbuch G, 2000, ECOL ECON, V35, P381, DOI 10.1016/S0921-8009(00)00219-6
- 99 Weisbuch G, 1999, ADV COMPLEX SYST, V02, P11, DOI DOI 10.1142/S0219525999000035
- 100 Wu JG, 2002, LANDSCAPE ECOL, V17, P355, DOI 10.1023/A:1020561630963
- 101 NR 73
- 102 TC 465
- 103 Z9 485
- 104 U1 10
- 105 U2 289
- 106 PU SPRINGER
- 107 PI DORDRECHT
- 108 PA VAN GODEWIJCKSTRAAT 30, 3311 GZ DORDRECHT, NETHERLANDS
- 109 SN 0921-2973

```

110 EI 1572-9761
111 J9 LANDSCAPE ECOL
112 JI Landsc. Ecol.
113 PD DEC
114 PY 2007
115 VL 22
116 IS 10
117 BP 1447
118 EP 1459
119 DI 10.1007/s10980-007-9135-1
120 PG 13
121 WC Ecology; Geography, Physical; Geosciences, Multidisciplinary
122 SC Environmental Sciences & Ecology; Physical Geography; Geology
123 GA 227BL
124 UT WOS:000250632100005
125 OA Green Accepted
126 DA 2021-08-04
127 ER

```

2.3 Análise dos dados

2.3.1 Filtragem de registros

Antes da análise, é possível aplicar filtros sobre os registros obtidos.

Foi aplicado um filtro ao *dataset* inicial, com 8.115 registros, que continham pŕeias de artigos, artigos de conferência, capítulos de livro etc. Foram mantidos apenas os registros de artigos publicados em revistas científicas¹. Após a aplicação desse filtro, 5.787 registros foram mantidos no *dataset*, que será doravante chamado MultiAgentSimulationSociety/Artigos, ou MASSA@jhcf.

2.3.2 Análise descritiva do *dataset* MASSA@jhcf

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@jhcf são as seguintes:

Timespan Os artigos que atenderam aos critérios de busca e filtragem foram publicados a partir de 1990, até 2021. Ou seja, não foram encontrados registros entre 1945 e 1989.

Sources (Journals, Books, etc) São 2.319 fontes de informação que publicaram os documentos recuperados no *dataset* MASSA@jhcf. Ou seja, em média, cada *scientific journal* publicou $5.787/2.319 = 2,5$ artigos.²

Average years from publication A média do tempo de publicação dos artigos no *dataset* MASSA@jhcf é de 7,36 anos.

¹A suposição é que o conhecimento de maior qualidade sobre o tema está nas publicações em revistas.

²Note que a média, enquanto medida de tendência central, pode não ser a que melhor reflete a tendência a quantidade de artigos publicados por revista.

Average citations per documents Cada artigo no *dataset* MASSA@jhcfo foi citado, em média 20,7 vezes³.

Average citations per year per doc Após publicado, cada um dos 5.787 artigos do *dataset* MASSA@jhcfo foi citado 2,262 vezes por ano, em média.

References O *dataset* MASSA@jhcfo contém 201.464 referências citadas (tags CR).

Keywords Plus (ID) 13.735 distintas palavras-chave do tipo Keywords Plus (ID)⁴ foram encontradas no *dataset* MASSA@jhcfo.

Author's Keywords (DE) 15.704 distintas palavras-chave indicadas pelos autores foram encontradas no *dataset*.

Authors 19.410 distintos nomes de autores foram encontrados no *dataset*⁵.

Author Appearances Os 19.410 distintos (nomes de) autores foram encontrados 23.470 vezes, como autores de artigos.

Authors of single-authored documents Dentre os 19.410 distintos (nomes de) autores encontrados, 375 deles editaram artigos individualmente, isso é, sem co-autores.

Authors of multi-authored documents Dentre os 19.410 distintos (nomes de) autores encontrados, 19.035 deles editaram artigos com um ou mais co-autores"

Single-authored documents Dentre os 5.787 documentos presentes no *dataset* MASSA, 409 foram escritos por um único autor, e os 5.378 restantes foram elaborados em co-autoria.

Documents per Author Dentre os 19.410 distintos (nomes de) autores, cada um publicou em média 0,298 artigos.

Authors per Document Cada um dos 5.787 documentos presentes no *dataset* MASSA foi autorado com 3,35 autores em média ($19.410 / 5.787 = 3,35$).

³Note que a média, enquanto medida de tendência central, pode não ser a que melhor reflete a tendência de citações a artigos.

⁴KeyWords 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

⁵Um 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 conterá erros de contagem na quantidade de autores reais.

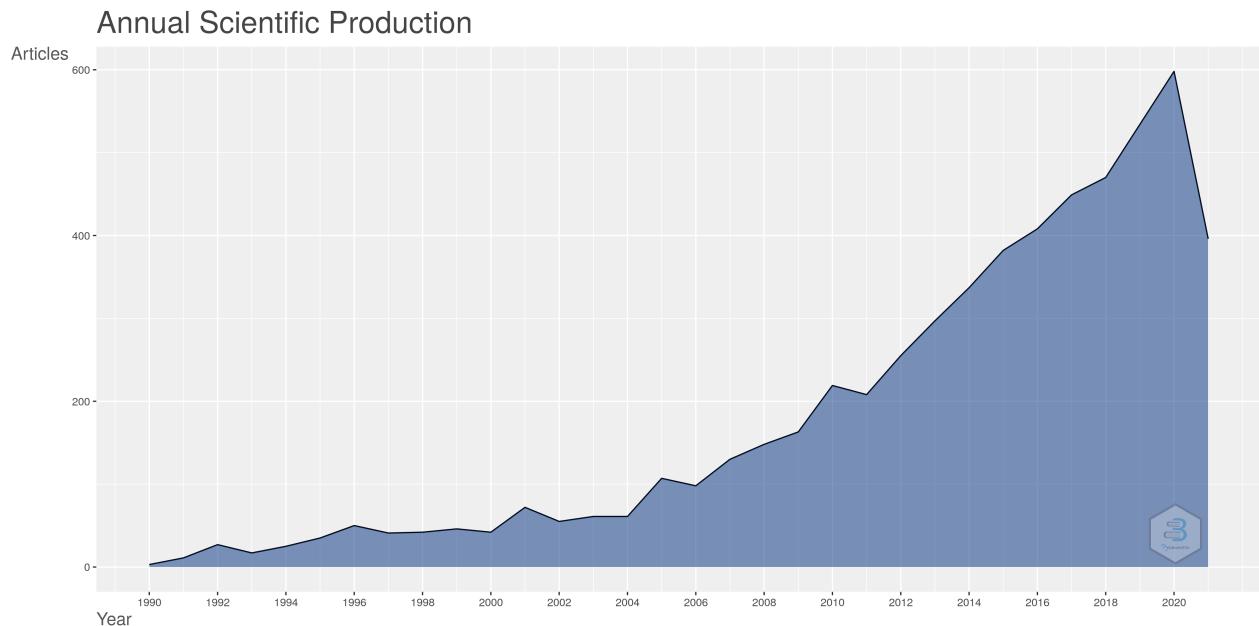


Figura 2.1: Evolução da produção científica no *dataset* MASSA@jhcfc.

Co-Authors per Documents As 23.470 aparições de (nomes de) autores (“Author Appearances”), sem distribuem, em média 4,06 vezes para os 5.787 documentos do *dataset* MASSA@jhcfc.

Collaboration Index Os 19.035 (nomes de) autores que editaram artigos com um ou mais co-autores, colaboraram em media 3,54 vezes para editar os 5.378 artigos elaborados em co-autoria, gerando, assim, um índice de colaboração 3,54.

2.3.3 Evolução da Produção Científica

A figura 2.1 apresenta a evolução da produção científica mundial no tema de interesse, segundo o *dataset* MASSA@jhcfc. A curva mostra uma tendência de crescimento aproximadamente exponencial da quantidade de publicações, desde a primeira identificada em 1990.

O *Annual Growth Rate* do *dataset* é de 17,06%, bem maior que a 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, página 23.

2.3.4 Interpretação do Crescimento

A maior taxa de crescimento do *dataset* MASSA@jhcfc, bem como o seu grande volume, sugerem que o assunto em pauta desperta intenso interesse, inclusive de ordem econômica.

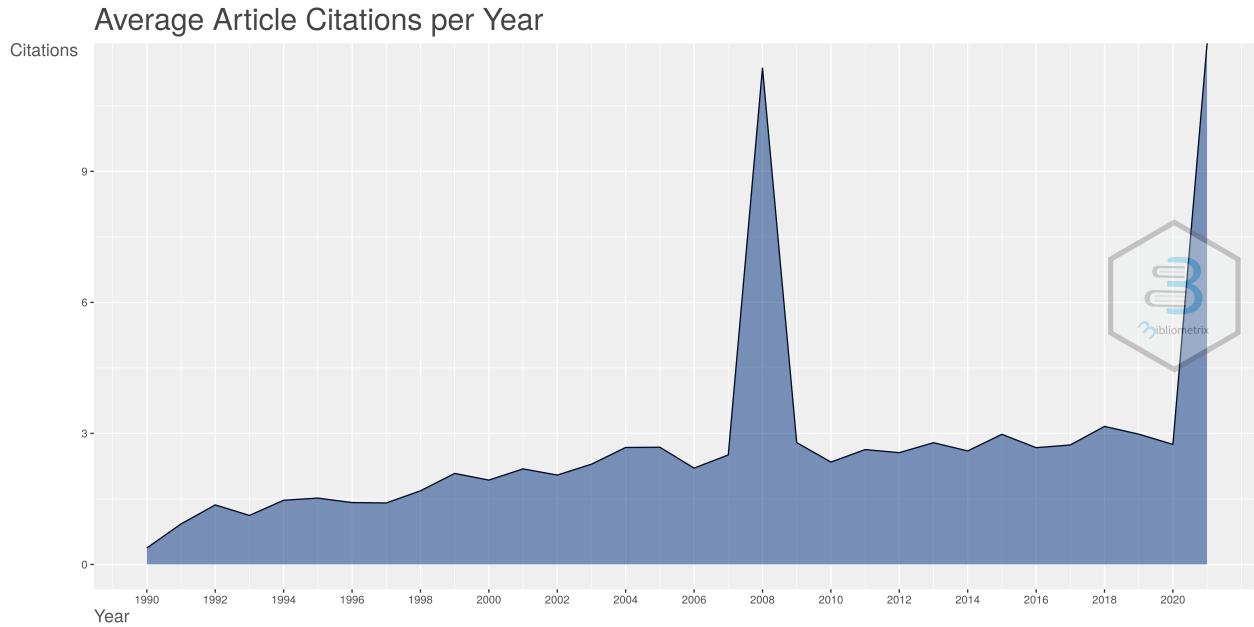


Figura 2.2: Evolução das citações ao *dataset* MASSA@jhcfc.

2.3.5 Evolução das Citações

A figura 2.2 apresenta a evolução da média de citações aos 5.787 artigos no *dataset* MASSA@jhcfc. Nota-se grande estabilidade na média anual de citações, onde os artigos publicados em 1992 possuem cerca de 2 citações médias, e em 2015 (17 anos depois) o valou alterou-se apenas para três. O pico que aparece no ano de 2008 deve-se, possivelmente, à presença de um artigo do *dataset*, publicado em 2008, que possui um número surpreendente grande de citações.⁶.

2.3.6 Interpretação das Citações

Mesmo perante um crescimento aproximadamente exponencial no volume de publicações, a ocorrência de um crescimento nas citações médias ao longo dos anos sugere que os artigos do *dataset* possuem uma tendência de crescimento no tamanho da bibliografia citada, bem como também despertam grande interesse dos cientistas nas demais áreas do conhecimento (já que se trata de citações globais).

⁶Note 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@jhcfc), e não no número de citações locais (citações a um artigo do *dataset* feitas por alguns dos outros artigos dentro do próprio *dataset*).

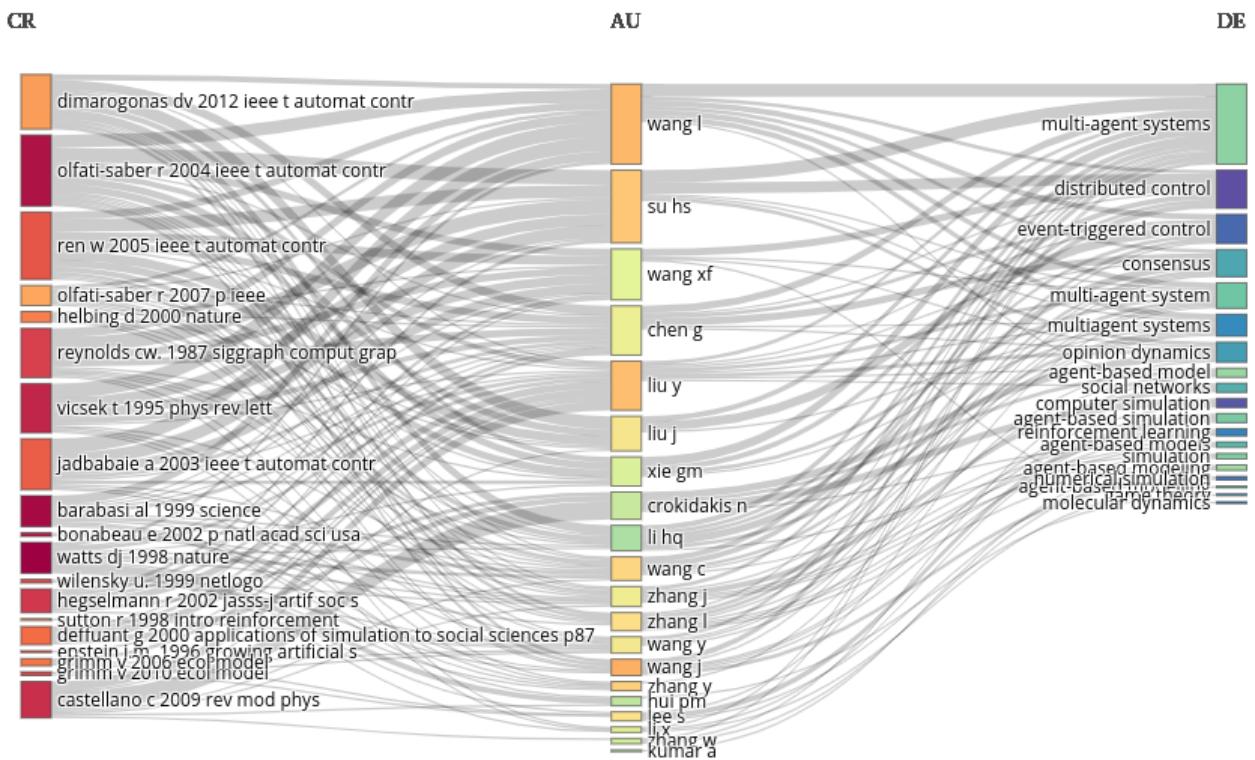


Figura 2.3: Plotagem “Três Campos” (Sankey plot) do *dataset* MASSA@jhcfc: 20 Autores, Citações e Palavras-Chave mais proeminentes.

2.3.7 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.⁷

A figura 2.3 apresenta a plotagem do tipo “Três Campos” do *dataset* MASSA@jhcfc, 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.

2.3.8 Interpretação da figura 2.3

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

⁷Para uma introdução ver 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>.

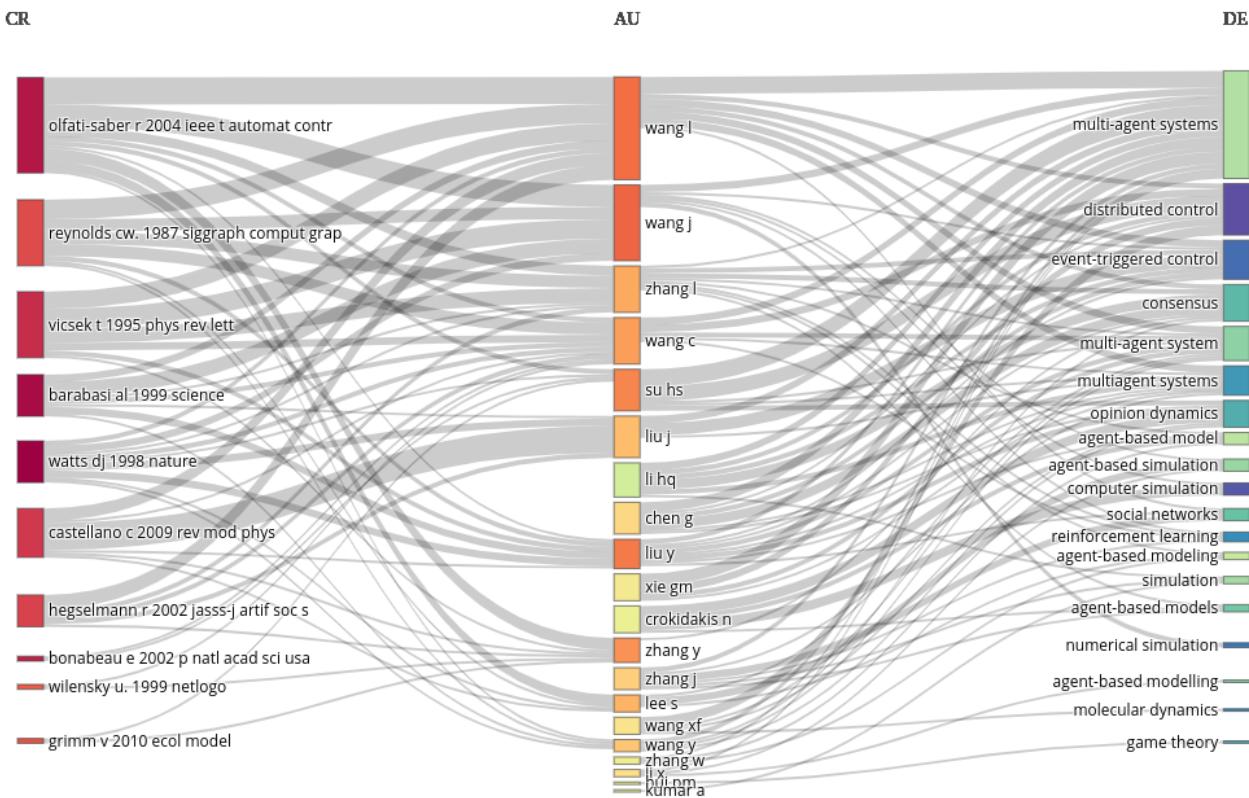


Figura 2.4: Plotagem “Três Campos” (Sankey plot) do dataset MASSA@jhcfc: 10 Autores, 20 Citações e Palavras-Chave mais proeminentes.

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 **distributed control**, **event-triggered control**, **consensus** e **opinion dynamics**. Isso sugere foco das pesquisas por autores de origem chinesa no uso de simulação multiagente voltada à compreensão dos fenômenos de controle social distribuído, formação de consenso e dinâmica da opinião (pública?).

Ainda sobre a interpretação da plotagem da figura 2.3, observa-se que os artigos mais citados encontram-se publicados pelo menos 10 anos atrás, sugerindo que não houve, nos últimos 10 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 2.4 plota apenas as 10 referências citadas, para 20 autores e palavras-chave mais proeminentes.

2.3.8.1 Autores mais relevantes

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

- ([OLFATI-SABER; MURRAY, 2004](#)) descrevem as propriedades algorítmicas fundamentais do “problema do consenso” entre agentes em redes com topologias fixas e móveis;
- ([REYNOLDS, 1987](#)) apresenta modelos multi-agentes para simulação gráfica do movimento de rebanhos ou agregados de animais;
- ([VICSEK et al., 1995](#)) analisam a emergência de um novo fenômeno de transição de fase em simulações de partículas com comportamento autônomo com interação biologicamente motivada, usando modelos analíticos e numéricos com uma regra de comportamento bastante simples;
- ([BARABÁSI; ALBERT, 1999](#)) investigam como ocorre a emergência da distribuição livre de escala (*scale-free*, uma propriedade emergente em sistemas interativos complexos ⁸), em redes que evoluem com base em ligação preferencial;
- ([WATTS; STROGATZ, 1998](#)) exploram a emergência do fenômeno “mundo pequeno” (*small world*⁹) formado a partir da reorganização aleatória de redes biológicas, genéticas e outras formas de redes auto-organizadas;
- ([CASTELLANO; FORTUNATO; LORETO, 2009](#)) exploram de que forma as técnicas de análise e simulação já usadas na física-estatística podem ser usadas para explicar vários fenômenos sociais, tais como comportamento de multidões, dispersão social, comportamento de multidões etc. Eles apresentam as afinidades entre os dados gerados pelos modelos simulados e dados empíricos obtidos junto a sistemas sociais reais;
- ([HEGSELMANN; KRAUSE, 2002](#)) exploram a emergência de fenômenos de consenso, polarização e fragmentação da opinião na simulação de sociedades artificiais, descrevendo um *framework* unificado para a modelagem baseada em agentes, apresentando definições matemáticas, ferramentas e teoremas;
- ([BONABEAU, 2002](#)) descreve os fundamentos da modelagem baseada em agentes para simular sistemas humanos, apresentando aplicações práticas voltadas a quatro tipos de aplicações no mundo real: *“flow simulation, organizational simulation, market simulation, and diffusion simulation”*;
- ([WILENSKY, 1999](#)) apresentam a linguagem e ambiente de simulação NetLogo; e
- ([GRIMM; BERGER; DEANGELIS et al., 2010](#)) apresenta uma revisão do protocolo ODD, proposto para padronizar a descrição de modelos de simulação multiagente.

Nenhum desses 10 documentos citados está contido no *dataset* recuperado.

⁸Ver introdução em https://en.wikipedia.org/wiki/Scale-free_network.

⁹Ver introdução em https://en.wikipedia.org/wiki/Small-world_network.

2.4 Refinamento da Coleta de Dados

No dia 03 de fevereiro de 2022, no decorrer das análises mais refinadas do *dataset* MASSA@jhc, identificou-se um grupo de artigos que não se encaixavam no tema de interesse, e que eram voltados para pesquisas no campo da biologia experimental e nanotecnologia. Isso sugeriu que a *query* de busca precisaria ser reformulada, para excluir artigos que não se enquadravam na temática desejada. O conjunto das palavras-chave que refletia essa dissonância ficou evidente na análise da estrutura intelectual do conhecimento, do tipo **Rede de Co-ocorrências de Palavras-chave**, ilustrada no cluster em roxo, à esquerda da figura 2.5.

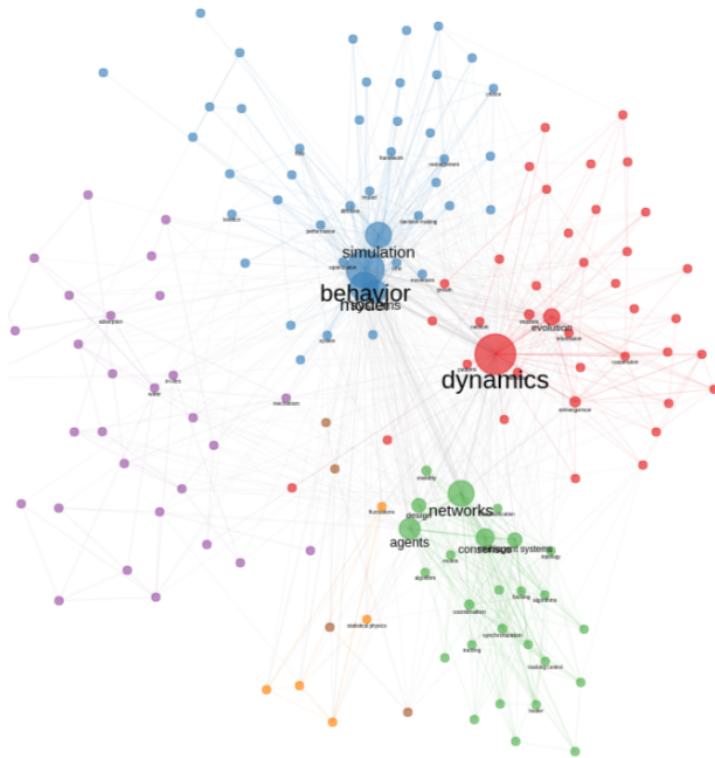


Figura 2.5: Rede de co-ocorrência de palavras, com 150 termos, aplicada ao *dataset* MASSA@jhc.

As seguintes 30 palavras foram identificadas nesse *cluster*: in-vitro, adsorption, mechanism, water, force-field, molecular-dynamics, binding, simulations, nanoparticles, bubbles, derivatives, temperature, in-vivo, mathematical-model, oscillations, scattering, cancer, contrast agents, expression, protein, activation, delivery, surface, removal, acid, agent, reduction, aqueous-solution, degradation, expectations.

Ficou evidente, pela interpretação do significado da maioria desses termos, que tais artigos não tratavam de simulação de fenômenos sociais. Isso sugere que a query está com problemas

de precisão, isso é, muitos registros recuperados não atendem à necessidade de informação do pesquisador.

Algumas dessas palavras foram então escolhidas para servir como indicativas de artigos fora do escopo, e introduzidas a partir da *query* original, gerando uma nova *query*, aprimorada e ilustrada nas linhas 1 a 13 da listagem 2.3.

Listagem de Código 2.3: *query* de busca sobre simulação multiagente de fenômenos sociais, com ênfase em métodos experimentais, com escopo negativo de artigos que tratam de experimentos biológicos em vitro.

```
1      (experimental or numeric* or statist*
2          or hypothes* or empiric* or inferen*)
3 and
4     simul*
5 and
6     (agent or multiagent or multi-agent
7         or (multi and agent))
8 and
9     (social or society or group or behavi*)
10 not (
11     adsoption or molecular -dynamics or force -field
12     or in -vitro or nanopartic* or in -vivo
13     or aqueous -solution or protein or surface)
14
15 (Topic)
```

Além das justificativas para os termos usados entre as linhas 1 a 9, já descritas em 2.2.1.1, justifica-se na listagem 2.3, a inclusão da cláusula *not* (*adsoption or molecular-dynamics or force-field or in-vitro or nanopartic* or in-vivo or aqueous-solution or protein or surface*), entre as linhas 10 e 13 da *query*, pois elas irão remover artigos não se enquadram no escopo da busca desejada, por usarem uma ou mais desses termos no título, resumo ou palavras-chave do artigo.

Usando a nova *query* de busca, foram recuperados, em todas as edições do Web of Science¹⁰, 6.935 documentos, que se encontram em

```
exploratory-data-analysis/ jhcf /PesqBibliogr
/SimulacaoMultiagente / WoS-20220203 /wos6935recs.txt
```

Comparado ao tamanho do *dataset* anterior, isso sugere que aproximadamente 1.000 registros não se enquadram na necessidade de busca. Uma nova análise dos dados recuperados é apresentada a seguir.

¹⁰SCI-EXPANDED, SSCI, AHCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI

2.5 Nova Análise dos Dados

2.5.1 Nova filtragem de registros

Sobre os 6.935 documentos recuperados, foram aplicados os seguintes filtros:

- Remoção dos registros de documentos que não são artigos *full paper*, isso é, artigos completos publicados em revistas;

Após os filtros aplicados (apenas um) obteve-se um total de 4.647 registros, que doravante serão chamados de forma coletiva, de *dataset MASSA2@jhcfc*.

2.5.2 Análise descritiva do *dataset MASSA2@jhcfc*

2.5.2.1 Dados Sumários Gerais

Description	Results
MAIN INFORMATION ABOUT DATA	
Timespan	1991:2022
Documents	4647
Average years from publication	7,8
Average citations per documents	21,77
Average citations per year per doc	2,183
References	157507
DOCUMENT TYPES	
article	4647
DOCUMENT CONTENTS	
Keywords Plus (ID)	9956
Author's Keywords (DE)	13046
AUTHORS	
Authors	14229
Author Appearances	17327
Authors of single-authored documents	358
Authors of multi-authored documents	13871
AUTHORS COLLABORATION	
Single-authored documents	390
Documents per Author	0,327
Authors per Document	3,06
Co-Authors per Documents	3,73
Collaboration Index	3,26

Tabela 2.1: Principais dados descritivos do *dataset MASSA2@jhcfc*.

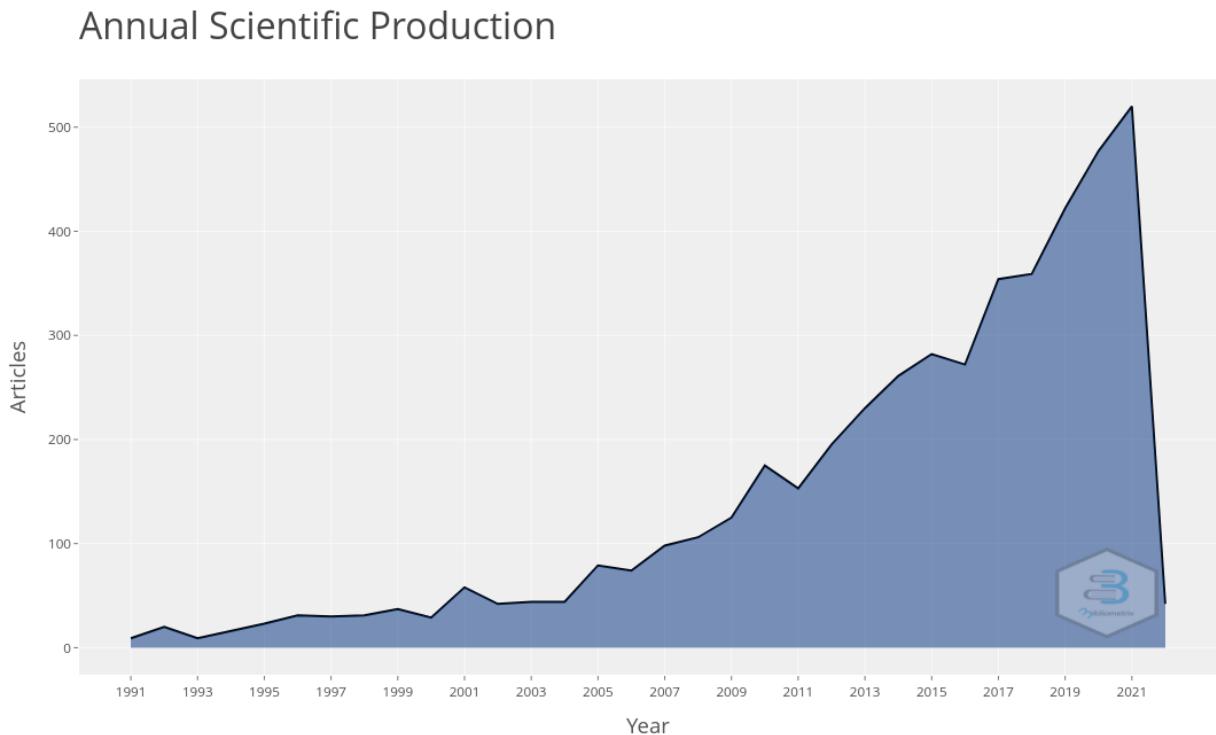


Figura 2.6: Evolução da Produção Científica Anual, segundo o *dataset* MASSA2@jhcfc.

Nota-se, com os resultados da tabela 2.1, que o *dataset* abrange um período de 32 anos de publicações (1991 a 2022), evidenciando a publicação dos 4.647 artigos em 1.910 revistas distintas. Esses artigos tem idade média de publicação de 7.8.

Adicionalmente, o *dataset* apresenta 157.507 referências citadas, com uma média de $(157.507 / 4.647) = ?$ 33,89 referências citadas por artigo.

14.229 autores distintos produziram os artigos, com uma média de 3,73 autores por documento.

2.5.2.2 Evolução anual da produção científica

No tema de simulação multiagente de fenômenos sociais, a evolução anual da produção científica mundial é sumarizada no gráfico da figura 2.6.

Entre 1991 e 2005 o crescimento de publicações era quase linear. As publicações mostram-se em ascendência forte a partir dos últimos seis anos (2015). Esse crescimento tem sido visto em várias outras áreas de conhecimento.

2.5.2.3 Média de citações anuais por artigo

O gráfico da figura 2.7 apresenta a evolução das citações anuais médias, para os artigos do *dataset* MASSA2@jhcfc. Observa-se que há um crescimento discreto da média, onde os artigos

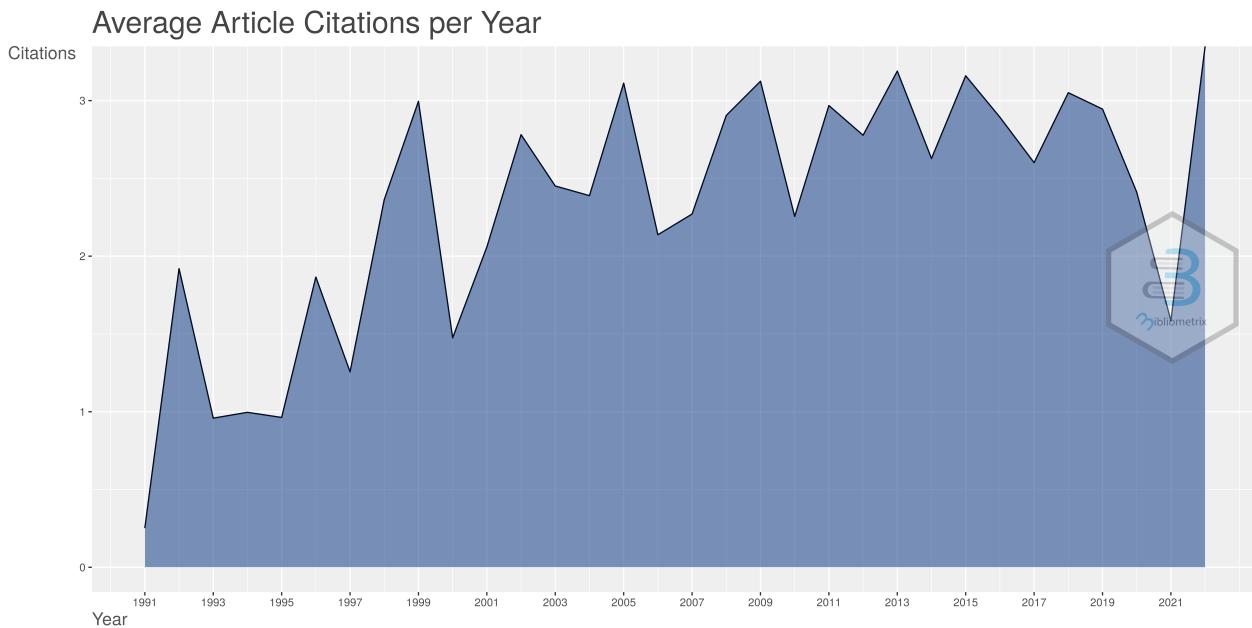


Figura 2.7: Média de citações para cada artigo do *dataset* MASSA2@jhc, conforme o ano de publicação

mais recentes tendem a ser mais citados, como esperado. A redução da média no ano de 2021 deve-se, provavelmente, à insuficiência de indexação e de citação para os artigos mais recentes, tendo em vista que p ano de 2021 foi encerrado há menos de dois meses.

Para que melhor se compreenda como foi produzido o gráfico, a tabela 2.2 apresenta parcialmente os dados de citação anual para os artigos do *dataset* MASSA2@jhc. A título de exemplo, nota-se que no *dataset* foram encontrados 9 artigos publicados no ano de 1991, tendo sido cada artigo citado, em média, aproximadamente 31,4 vezes. Dado que esses artigos já tem 31 anos citáveis, obtém-se uma média de 1,01 citações anuais, aproximadamente.

2.5.2.4 Diagramas de Sankey (*three fields plots*)

A fim de apresentar mais alguns dados sumários gerais sobre o *dataset*, as figuras 2.8 e 2.9 apresentam plotagens do tipo *three fields plots*, também conhecidas pelo nome de Diagramas de Sankey (RIEHMANN; HANFLER; FROELICH, 2005), que possibilitam várias combinações de afinidades mais evidentes entre as diversas colunas dos registros do *dataset*.

A primeira plotagem, figura 2.8, apresenta as afinidades mais evidentes entre 15 Autores (centro), 15 Palavras-chave (direita) e 15 Referências citadas (esquerda). Ao centro, observa-se que os autores mais evidentes, segundo a técnica apresentada, tem origem asiática, a julgar pelos nomes.

As 15 palavras-chave mais evidentes sugerem que o *dataset* possui artigos que refletem a busca sobre o tema desejado, mas que há muitas palavras distintas que representam o mesmo

Year	N	MeanTCperArt	MeanTCperYear	CitableYears
1991	9	31,44444444444444	1,01433691756272	31
1992	20	44,25	1,475	30
1993	9	23,44444444444444	0,808429118773946	29
1994	16	27,5	0,982142857142857	28
1995	23	37,7391304347826	1,39774557165862	27
1996	31	39,6774193548387	1,52605459057072	26
1997	30	32,73333333333333	1,309333333333333	25
1998	31	33,7096774193548	1,40456989247312	24
1999	37	46,4054054054054	2,01762632197415	23
2000	29	28,7586206896552	1,30721003134796	22
2001	58	39,9827586206897	1,90394088669951	21
2002	42	43,7857142857143	2,18928571428571	20
2003	44	44,1363636363636	2,32296650717703	19
2004	44	40,75	2,26388888888889	18
2005	79	50,0506329113924	2,94415487714073	17
2006	74	33,1351351351351	2,07094594594595	16
2007	98	31,9183673469388	2,12789115646259	15
2008	106	203,009433962264	14,5006738544474	14
2009	125	36,16	2,78153846153846	13
2010	175	25,0571428571429	2,08809523809524	12

Tabela 2.2: Dados parciais de citação anual para os artigos do *dataset MASSA2@jhcfc*.

conceito, como as a seguir listadas:

1. multi-agent systems;
2. multiagent system;
3. multiagent system;
4. agent-based model;
5. agent-based models;
6. agent-based modeling;
7. agent-based simulation;

As cinco palavras a seguir sugerem, o que pode ser comprovado com o aprofundamento desse estudo bibliográfico, que o estado da arte no tema busca atualmente respostas, ou possui fundamentos nas seguintes questões:

event-triggered control Como eventos disparadores exercem controle sobre o comportamento (coletivo) de grupos sociais?

consensus Como usar simulação multi-agente para entender o surgimento de consenso em grupos sociais?

opinion dynamics Como usar simulação multi-agente para entender a dinâmica de opiniões que se formam em grupos sociais?

social networks Como os métodos da análise de redes sociais podem ser usados no tema da simulação multiagente?

reinforcement learning Como usar os métodos e técnicas de aprendizagem por reforço em simulação multiagente?

game theory Como usar os métodos e técnicas da teoria dos jogos em simulação multia- gente?

Algumas das referências citadas, apresentadas à esquerda do gráfico, devem evidenciar a pertinência das questões acima sugeridas, a ser comprovado até o final do estudo.

A segunda plotagem, figura 2.9, apresenta as afinidades mais evidentes entre 15 revistas (esquerda), 15 palavras-chave (centro) e 15 instituições de filiação dos autores (direita). Com base na técnica usada, fica evidente a proeminência dos seguintes *journals* sobre os demais, sendo apresentado um breve trecho do foco de cada revista, extraído da página online da revista:

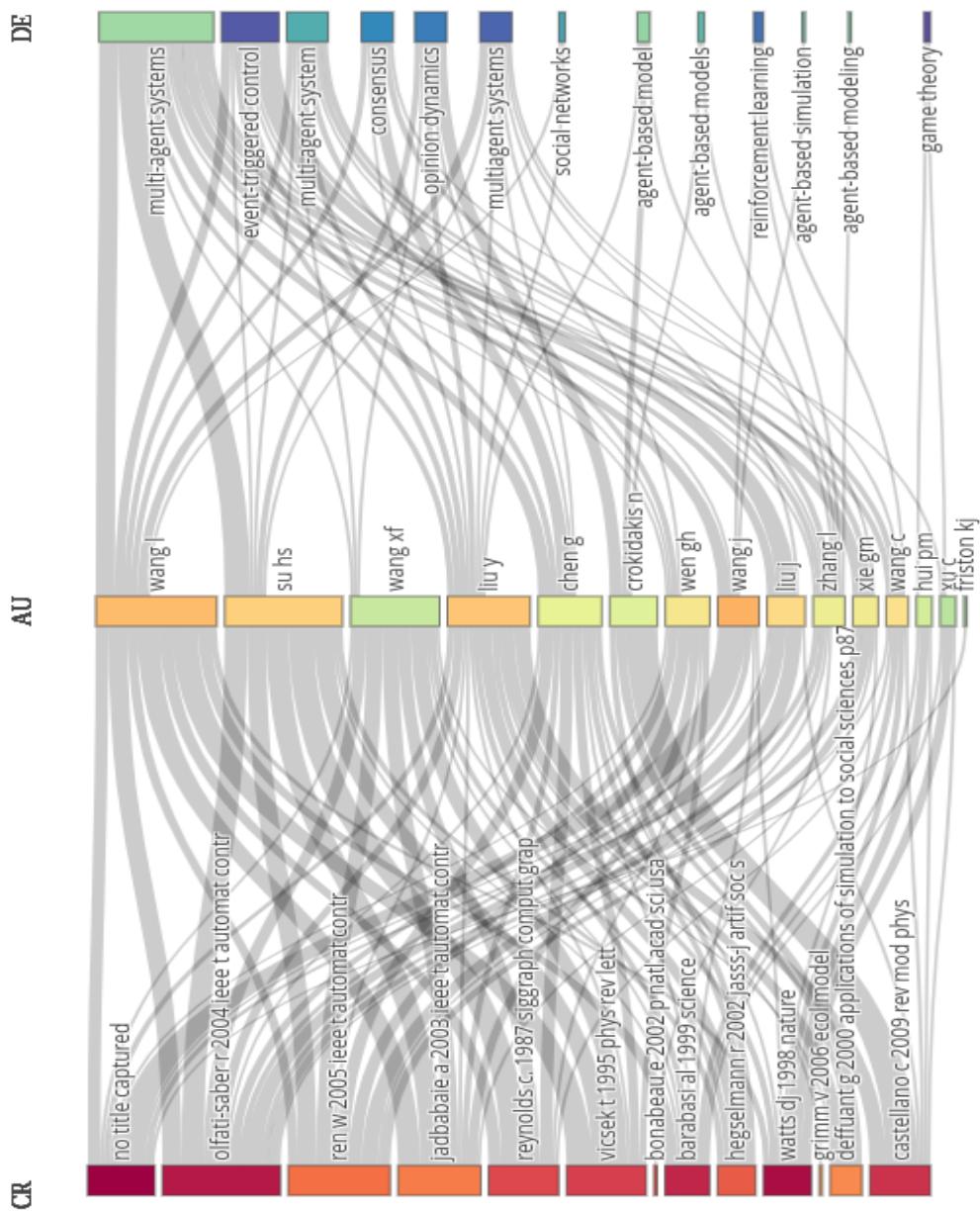


Figura 2.8: Diagrama Sankey, relacionando as afinidades mais evidentes entre Autores (centro), Palavras-chave (direita) e Referências citadas (esquerda).

- JASSS: The Journal of Artificial Societies and Social Simulation. *is an interdisciplinary journal for the exploration and understanding of social processes by means of computer simulation. Since its first issue in 1998, it has been a world-wide leading reference for readers interested in social simulation and the application of computer simulation in the social sciences..* Fonte <https://www.jasss.org/admin/about.html>;
- PHYSICA A-STATISTICAL MECHANICS AND ITS APPLICATIONS. ... *publishes research in the field of statistical mechanics and its applications. Statistical mechanics sets out to explain the behaviour of macroscopic systems, or the large scale, by studying the statistical properties of the microscopic or nanoscopic constituents. Applications of the concepts and techniques of statistical mechanics include: applications to physical and physiochemical systems such as solids, liquids and gases, interfaces, glasses, colloids, complex fluids, polymers, complex networks, applications to economic and social systems (e.g. socio-economic networks, financial time series, agent based models, systemic risk, market dynamics, computational social science, science of science, evolutionary game theory, cultural and political complexity), and traffic and transportation (e.g. vehicular traffic, pedestrian and evacuation dynamics, network traffic, swarms and other forms of collective transport in biology, models of intracellular transport, self-driven particles), as well as biological systems (biological signalling and noise, biological fluctuations, cellular systems and biophysics); and other interdisciplinary applications such as artificial intelligence (e.g. deep learning, genetic algorithms or links between theory of information and thermodynamics/statistical physics.)..* Fonte: <https://www.journals.elsevier.com/physica-a-statistical-mechanics-and-its-applications>;
- IEEE ACCESS. ... *is a multidisciplinary, all-electronic archival journal, continuously presenting the results of original research or development across all IEEE's fields of interest. Supported by article processing charges (APC), its hallmarks are a rapid peer review and publication process of 4 to 6 weeks, with open access to all readers..* Fonte: <https://ieeeaccess.ieee.org/about-ieee-access/learn-more-about-ieee-access/>

Observa-se, com base no escopo declarado de cada uma das revistas, que a revista JASSS é bem enquadrada no escopo da busca, enquanto que a revista IEEE Access não tem relação direta com o tema. Já a revista Physica A aborda o tema de forma mais ampla do que o buscado, com ênfase em métodos da mecânica estatística, que não são os únicos possíveis de serem empregados. Os nomes das demais 8 revistas, apresentadas no diagrama, são os seguintes:

1. NEUROCOMPUTING ... *welcomes theoretical contributions aimed at winning further understanding of neural networks and learning systems, including, but not restricted to, architectures, learning methods, analysis of network dynamics, theories of learning, self-organization, biological neural network modelling, sensorimotor transformations and interdisciplinary topics with artificial intelligence, artificial life, cognitive science, computational learning theory, fuzzy logic, genetic algorithms, information theory, machine learning, neurobiology and pattern recognition..* Fonte: <https://www.journals.elsevier.com/neurocomputing>;

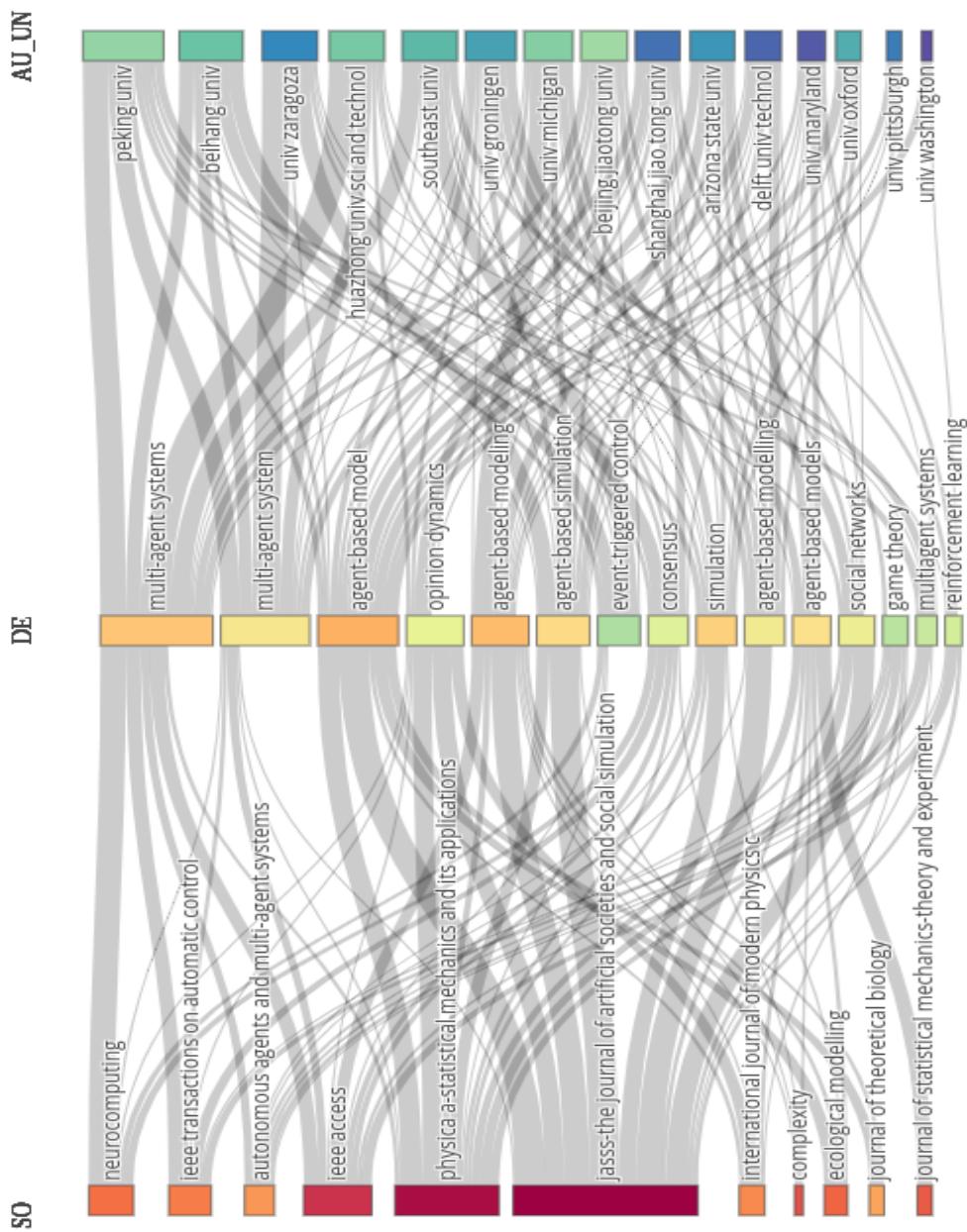


Figura 2.9: Diagrama Sankey, relacionando as afinidades mais evidentes entre revistas (esquerda), palavras-chave (centro) e instituição de filiação dos autores (direita).

2. IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL publishes *high-quality papers on the theory, design, and applications of control engineering*. Two types of contributions are regularly considered: 1) Papers: Presentation of significant research, development, or application of control concepts. 2) Technical Notes and Correspondence: Brief technical notes, comments on published areas or established control topics, corrections to papers and notes published in the Transactions. In addition, special papers (tutorials, surveys, and perspectives on the theory and applications of control systems topics) are solicited. . Fonte: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/aboutJournal.jsp?punumber=9>;
3. AUTONOMOUS AGENTS AND MULTI-AGENT SYSTEMS is the official journal of the International Foundation for Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. It provides a leading forum for disseminating significant original research results in the foundations, theory, development, analysis, and applications of autonomous agents and multi-agent systems. Coverage in Autonomous Agents and Multi-Agent Systems includes, but is not limited to: Agent decision-making architectures and their evaluation, including: cognitive models; knowledge representation; logics for agency; ontological reasoning; planning (single and multi-agent); reasoning (single and multi-agent) Cooperation and teamwork, including: distributed problem solving; human-robot/agent interaction; multi-user/multi-virtual-agent interaction; coalition formation; coordination Agent communication languages, including: their semantics, pragmatics, and implementation; agent communication protocols and conversations; agent commitments; speech act theory Ontologies for agent systems, agents and the semantic web, agents and semantic web services, Grid-based systems, and service-oriented computing Agent societies and societal issues, including: artificial social systems; environments, organizations and institutions; ethical and legal issues; privacy, safety and security; trust, reliability and reputation Agent-based system development, including: agent development techniques, tools and environments; agent programming languages; agent specification or validation languages Agent-based simulation, including: emergent behavior; participatory simulation; simulation techniques, tools and environments; social simulation Agreement technologies, including: argumentation; collective decision making; judgment aggregation and belief merging; negotiation; norms Economic paradigms, including: auction and mechanism design; bargaining and negotiation; economically-motivated agents; game theory (cooperative and non-cooperative); social choice and voting Learning agents, including: computational architectures for learning agents; evolution, adaptation; multi-agent learning. Robotic agents, including: integrated perception, cognition, and action; cognitive robotics; robot planning (including action and motion planning); multi-robot systems. Virtual agents, including: agents in games and virtual environments; companion and coaching agents; modeling personality, emotions; multimodal interaction; verbal and non-verbal expressiveness Significant, novel applications of agent technology Comprehensive reviews and authoritative tutorials of research and practice in agent systems Comprehensive and authoritative reviews of books dealing with agents and multi-agent systems. Official journal of the International Foundation for Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. Covers the foundations, theory, development, analysis, and applications of autonomous agents and multi-agent systems. Presents comprehensive reviews and authoritative tutorials of research and practice

in agent systems.. Fonte: <https://www.springer.com/journal/10458>;

4. INTERNATIONAL JOURNAL OF MODERN PHYSICS C *is a journal dedicated to Computational Physics and aims at publishing both review and research articles on the use of computers to advance knowledge in physical sciences and the use of physical analogies in computation. Topics covered include: algorithms; computational biophysics; computational fluid dynamics; statistical physics; complex systems; computer and information science; condensed matter physics, materials science; socio- and econophysics; data analysis and computation in experimental physics; environmental physics; traffic modelling; physical computation including neural nets, cellular automata and genetic algorithms..* Fonte: <https://www.worldscientific.com/page/ijmpc/aims-scope>;
5. COMPLEXITY *The purpose of Complexity is to report important advances in the scientific study of complex systems. Complex systems are characterized by interactions between their components that produce new information — present in neither the initial nor boundary conditions — which limit their predictability. Given the amount of information processing required to study complexity, the use of computers has been central to complex systems research. Concepts relevant to Complexity include: Adaptability, robustness, and resilience; Complex networks; Criticality; Evolution and emergent behaviour; Nonlinear dynamics; Pattern formation; Self-organization. Methods used within the scientific study of complex systems frequently include: Agent-based modelling; Analytical methods; Cellular automata; Computational methods; Data science; Game theory; Machine learning; Statistical mechanics. Applications of complex systems may be related to the following disciplines, among others: Computational social science; Digital epidemiology; Ecology; Economics; Engineering; Socio-technical systems; Statistical linguistics; Systems biology; Urban systems..* Fonte: <https://www.hindawi.com/journals/complexity/about/>;
6. ECOLOGICAL MODELLING *publishes new mathematical models and systems analysis for describing ecological processes, and novel applications of models for environmental management. We welcome research on process-based models embedded in theory with explicit causative agents and innovative applications of existing models. And because applications can help refine models and propose new directions for research, the journal publishes both to help foster reproducibility and utility. Human activity and well-being are dependent on and integrated with the functioning of ecosystems and the services they provide. We aim to understand these basic ecosystem functions using mathematical and conceptual modelling, systems analysis, thermodynamics, computer simulations, and ecological theory, and look to a wide spectrum of applications ranging from basic ecology to human ecology to socio-ecological systems. The journal welcomes original research articles, review articles, viewpoint articles and short communications..* Fonte: <https://www.journals.elsevier.com/ecological-modelling>;
7. JOURNAL OF THEORETICAL BIOLOGY *is the leading forum for theoretical perspectives that give insight into biological processes. It covers a very wide range of topics and is of interest to biologists in many areas of research, including: Brain and Neuroscience; Cancer*

Growth and Treatment; Cell Biology; Developmental Biology; Ecology; Evolution; Immunology; Infectious and non-infectious Diseases; Mathematical, Computational, Biophysical and Statistical Modeling; Microbiology, Molecular Biology, and Biochemistry; Networks and Complex Systems; Physiology; Pharmacodynamics; Animal Behavior and Game Theory. Fonte: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-theoretical-biology>;

8. JOURNAL OF STATISTICAL MECHANICS-THEORY AND EXPERIMENT *is targeted to a broad community interested in different aspects of statistical physics, which are roughly defined by the fields represented in the conferences called 'Statistical Physics'. Submissions from experimentalists working on all the topics which have some 'connection to statistical physics are also strongly encouraged. The journal covers different topics which correspond to the following keyword sections: Quantum statistical physics, condensed matter, integrable systems; Classical statistical mechanics, equilibrium and non-equilibrium; Disordered systems, classical and quantum; Interdisciplinary statistical mechanics; Biological modelling and information.* Fonte: https://iopscience.iop.org/journal/1742-5468/page/about_the_journal.

Considerando a possibilidade de pertinência da questão ecológica ao tema dos sistemas multiagentes, todos os *journals* identificados apresentam pertinência às perguntas de pesquisa formuladas.

Acerca das instituições de filiação dos autores, nota-se que 1/3 delas é localizada na china, 1/3 nos EUA, e o restante na Europa e Austrália. É provável que muitos pesquisadores de origem chinesa trabalhem em universidades fora da china, no tema do *dataset*.

2.5.3 Medidas bibliométricas

As medidas bibliométricas propriamente ditas, relativas ao *dataset* MASSA2@jhc, 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.

2.5.3.1 Bibliometrias aplicadas aos documentos (Artigos científicos) no *dataset*

2.5.3.1.1 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 2.3 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/10.1109/TAC.2008.2010897> levará à página do artigo mais citado, cujo título é “Flocking of Multi-Agents With a Virtual Leader”.

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, e não necessariamente os que tem maior citação local ao *dataset*. Dessa forma, procede-se à próxima análise.

2.5.3.1.2 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, nas 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 25 títulos a seguir listados, seguindo a ordem apresentada na tabela:

1. “Flocking of Multi-Agents With a Virtual Leader”, trabalha com simulação numérica do vôo coletivo de agentes móveis¹¹;

¹¹ All agents being informed and the virtual leader traveling at a constant velocity are the two critical assumptions seen in the recent literature on flocking in multi-agent systems. Under these assumptions, Olfati-Saber in a recent IEEE Transactions on Automatic Control paper proposed a flocking algorithm which by incorporating a navigational feedback enables a group of agents to track a virtual leader.... Numerical simulation

#	Artigo (Referência Abreviada)	DOI (Digital Object Identifier)	Tot.Cit.
1	SU HS, 2009, IEEE T AUTOMAT CONTR	10.1109/TAC.2008.2010897	623
2	GOURINCHAS PO, 2002, ECONOMETRICA	10.1111/1468-0262.00269	548
3	XU XZ, 2013, ACS APPL MATER INTER	10.1021/am302624t	502
4	BRICARD A, 2013, NATURE	10.1038/nature12673	494
5	MATTHEWS RB, 2007, LANDSCAPE ECOL	10.1007/s10980-007-9135-1	485
6	ERDEM T, 1996, MARKET SCI	10.1287/mksc.15.1.1	444
7	LEBARON B, 1999, J ECON DYN CONTROL	10.1016/S0165-1889(98)00081-5	358
8	LI HQ, 2015, IEEE T AUTOMAT CONTR	10.1109/TAC.2014.2365073	354
9	FRISTON KJ, 2010, BIOL CYBERN	10.1007/s00422-010-0364-z	350
10	FUCHS T, 2009, PHENOMENOL COGN SCI	10.1007/s11097-009-9136-4	331
11	BARNER-KOWOLLIK C, 2001, MACROMOLECULES	10.1021/ma010349m	311
12	BALA V, 1998, REV ECON STUD	10.1111/1467-937X.00059	303
13	WAINFAN E, 1992, CANCER RES	NA	292
14	NORENZAYAN A, 2016, BEHAV BRAIN SCI	10.1017/S0140525X14001356	283
15	LAKOBA TI, 2005, SIMUL-T SOC MOD SIM	10.1177/0037549705052772	240
16	LAMBIOTTE R, 2008, PHYSICA A	10.1016/j.physa.2008.05.014	239
17	RAND W, 2011, INT J RES MARK	10.1016/j.ijresmar.2011.04.002	238
18	KURZBAN R, 2005, P NATL ACAD SCI USA	10.1073/pnas.0408759102	235
19	EL-NASR MS, 2000, AUTON AGENT MULTI-AG	10.1023/A:1010030809960	233
20	ZUO ZY, 2014, INT J CONTROL	10.1080/00207179.2013.834484	233
21	FRISTON KJ, 2012, FRONT PSYCHOL	10.3389/fpsyg.2012.00151	230
22	MICELLI F, 2004, CONSTR BUILD MATER	10.1016/j.conbuildmat.2004.04.012	220
23	CASEY DE, 2003, PSYCHOPHARMACOLOGY	10.1007/s00213-002-1344-3	218
24	YANG P, 2008, IEEE T AUTOMAT CONTR	10.1109/TAC.2008.2006925	211
25	SU HS, 2010, SYST CONTROL LETT	10.1016/j.sysconle.2010.03.006	205

Tabela 2.3: 25 artigos mais citados globalmente no *dataset MASSA2@jhcfc*.

#	Artigo (Referência Abreviada)	DOI	L.Cit	G.Cit
1	SU HS, 2009, IEEE T AUTOMAT CONTR	10.1109/TAC.2008.2010897	32	623
2	MATTHEWS RB, 2007, LANDSCAPE ECOL	10.1007/s10980-007-9135-1	29	485
3	MULLER B, 2013, ENVIRON MODELL SOFTW	10.1016/j.envsoft.2013.06.003	29	203
4	LI HQ, 2015, IEEE T AUTOMAT CONTR	10.1109/TAC.2014.2365073	29	354
5	MOSS S, 2008, JASSS-J ARTIF SOC S		22	103
6	RAND W, 2011, INT J RES MARK	10.1016/j.ijresmar.2011.04.002	22	238
7	LEBARON B, 1999, J ECON DYN CONTROL	10.1016/S0165-1889(98)00081-5	21	358
8	SMAJGL A, 2011, ENVIRON MODELL SOFTW	10.1016/j.envsoft.2011.02.011	20	133
9	BOERO R, 2005, JASSS-J ARTIF SOC S		19	128
10	SCHWARZ N, 2009, TECHNOL FORECAST SOC	10.1016/j.techfore.2008.03.024	18	170
11	CASTELLA JC, 2005, ECOL SOC		13	162
12	SHI H, 2006, PHYSICA D	10.1016/j.physd.2005.10.012	13	141
13	MOSS S, 2005, AM J SOCIOl	10.1086/427320	12	104
14	HAPPE K, 2006, ECOL SOC		12	139
15	FENG L, 2012, P NATL ACAD SCI USA	10.1073/pnas.1205013109	12	99
16	LORENZ J, 2010, COMPLEXITY	10.1002/cplx.20295	11	93
17	BILLARI FC, 2007, DEMOGR RES	10.4054/DemRes.2007.17.3	10	53
18	JOO J, 2013, SIMUL MODEL PRACT TH	10.1016/j.simpact.2012.12.007	10	78
19	ZHU JD, 2013, IEEE T CIRCUITS-I	10.1109/TCASI.2012.2215715	10	119
20	FORTUNATO S, 2004, INT J MOD PHYS C	10.1142/S0129183104006728	9	68
21	KNIVETON D, 2011, GLOBAL ENVIRON CHANG	10.1016/j.gloenvcha.2011.09.006	9	104
22	FANG W, 2012, INT J MOD PHYS C	10.1142/S0129183112500234	9	55
23	SUN ZL, 2013, ENVIRON MODELL SOFTW	10.1016/j.envsoft.2012.06.007	9	86
24	ZHANG ZQ, 2014, INT J CONTROL	10.1080/00207179.2013.873952	9	106
25	GE XH, 2018, IEEE T IND ELECTRON	10.1109/TIE.2017.2752148	9	170

Tabela 2.4: 25 artigos mais citados localmente no *dataset MASSA2@jhcfc*.

2. “Agent-based land-use models: a review of applications” traça importantes direcionamentos sobre o uso de simulações multiagente para resolver problemas com o uso da terra ¹²;
3. “Describing human decisions in agent-based models – ODD + D, an extension of the ODD protocol” apresenta um formato descritivo para a explanação do desenvolvimento e uso de simulações multiagentes ¹³;
4. “Event-Triggering Sampling Based Leader-Following Consensus in Second-Order Multi-Agent Systems” aprofunda a exploração de questões similares à do primeiro artigo desta lista, sobre o problema do consenso e da importância do líder no direcionamento de um bando de agentes ¹⁴;
5. MOSS S, 2008, JASSS-J ARTIF SOC S;
6. “Agent-based modeling in marketing: Guidelines for rigor” propõe uma orientação metodologicamente rigorosa para o desenvolvimento de modelagem de sistemas baseados em agentes para a área de *marketing*, buscando melhorar a aceitação de estudos em revistas científicas dessa outra área¹⁵;

demonstrates that a very small group of the informed agents can cause most of the agents to move with the desired velocity and the larger the informed group is the bigger portion of agents will move with the desired velocity.

¹²*In this paper, we review applications of agent-based land use models under the headings of (a) policy analysis and planning, (b) participatory modelling, (c) explaining spatial patterns of land use or settlement, (d) testing social science concepts and (e) explaining land use functions. The greatest use of such models so far has been by the research community as tools for organising knowledge from empirical studies, and for exploring theoretical aspects of particular systems. However, there is a need to demonstrate that such models are able to solve problems in the real world better than traditional modelling approaches. It is concluded that in terms of decision support, agent-based land-use models are probably more useful as research tools to develop an underlying knowledge base which can then be developed together with end-users into simple rules-of-thumb, rather than as operational decision support tools.*

¹³*We expand the ODD protocol to describe human decisions in ABMs. We exemplify the new ODD + D (ODD + Decision) with a social-ecological ABM on water use. ODD + D facilitates communication and comparison of models.*

¹⁴*In this note, the problem of second-order leader-following consensus by a novel distributed event-triggered sampling scheme in which agents exchange information via a limited communication medium is studied. Event-based distributed sampling rules are designed, where each agent decides when to measure its own state value and requests its neighbor agents broadcast their state values across the network when a locally-computed measurement error exceeds a state-dependent threshold.*

¹⁵*Some useful examples of agent-based modeling have been published in marketing journals, but widespread acceptance of the agent-based modeling method and publication of this method in the highest-level marketing journals have been slowed by the lack of widely accepted standards of how to do agent-based modeling rigorously. We address this need by proposing guidelines for rigorous agent-based modeling. We demonstrate these guidelines, and the value of agent-based modeling for marketing research, through the use of an example. We use an agent-based modeling approach to replicate the Bass model of the diffusion of innovations, illustrating the use of the proposed guidelines to ensure the rigor of the analysis. We also show how extensions of the Bass model that would be difficult to carry out using traditional marketing research techniques are possible to*

7. “Time series properties of an artificial stock market” desenvolve um modelo de simulação de um mercado financeiro, e compara os resultados do modelo com dados empíricos reais desse mercado ¹⁶;
8. “Empirical characterisation of agent behaviours in socio-ecological systems” investiga uma abordagem para desenvolvimento e validação empírica de modelos baseados em agentes para a modelagem de tomada de decisão em processos sócio-ecológicos ¹⁷;
9. BOERO R, 2005, JASSS-J ARTIF SOC S;
10. “Agent-based modeling of the diffusion of environmental innovations — An empirical approach” desenvolve e faz uma validação empírica de um modelo baseado em agentes para investigar a difusão de inovações relacionadas à economia no uso de água, calibrado com dados de uma região do sul da Alemanha ¹⁸;

implement using a rigorous agent-based approach.

¹⁶ *This paper presents results from an experimental computer simulated stock market. In this market artificial intelligence algorithms take on the role of traders. They make predictions about the future, and buy and sell stock as indicated by their expectations of future risk and return. Prices are set endogenously to clear the market. Time series from this market are analyzed from the standpoint of well-known empirical features in real markets. The simulated market is able to replicate several of these phenomenon, including fundamental and technical predictability, volatility persistence, and leptokurtosis. Moreover, agent behavior is shown to be consistent with these features, in that they condition on the variables that are found to be significant in the time series tests. Agents are also able to collectively learn a homogeneous rational expectations equilibrium for certain parameters giving both time series and individual forecast values consistent with the equilibrium parameter values.*

¹⁷ *Agent-based modelling has become an important tool to investigate socio-ecological processes. Its use is partially driven by increasing demand from decision makers to provide support for understanding the potential implications of decisions in complex situations. While one of the advantages of agent-based modelling is the ability to simulate the implications of human decision-making processes explicitly, methods for providing empirical support for the representation of the behaviour of human agents have not been structured systematically. This paper develops a framework for the parameterisation of human behaviour in agent-based models and develops twelve distinct sequences for the characterisation and parameterisation of human behaviours. Examples are provided to illustrate the most important sequences. This framework is a first step towards a guide for parameterisation of human behaviour in ABM. A structured discussion within the agent-based community is needed to achieve a more definitive guideline.*

¹⁸ *This paper presents an agent-based model of the diffusion of water-saving innovations. The empirical foundation of this model is a study, which was carried out for that specific purpose. As an example case, the diffusion of three water-related innovations in Southern Germany was chosen. The model represents a real geographic area and simulates the diffusion of showerheads, toilet flushes, and rain-harvesting systems. Agents are households of certain lifestyles, as represented by the Sinus-Milieus® from commercial marketing. Agents use two different kinds of decision rules to decide upon adoption or rejection of the modeled innovations: A cognitively demanding deliberate decision rule and a very simple decision heuristic. Thus, the model integrates concepts of bounded rationality. The overall framework for decision-making is the Theory of Planned Behavior, which has been elaborated using innovation characteristics from diffusion research. The model was calibrated with empirical data stemming from a questionnaire survey and validated against independent data. Scenarios for the nearer future show that water-saving innovations will diffuse even without further promotion, and different promotion strategies that relate specifically to both innovations and lifestyles can be pointed out.*

11. HAPPE K, 2006, ECOL SOC;
12. “Linking agent-based models and stochastic models of financial markets” desenvolve e valida, de forma simulada, analítica, e fundamentada em dados empíricos (Standard & Poor 500 Index), como e por que emergem dois comportamentos típicos no coletivo dos agentes do mercado de ativos financeiros, sugerindo abordagens que poderiam alterar a ocorrência desses fenômenos ¹⁹;
13. “Heterogeneous bounds of confidence: Meet, discuss and find consensus!” investiga por métodos computacionais de simulação multiagente e análise numérica, de que forma são corroborados alguns modelos teóricos de produção de consenso em situações de confiança limitada, já existentes na literatura ²⁰;
14. “The "Wedding-Ring": An agent-based marriage model based on social interaction” desenvolve e valida um modelo de simulação baseado em agentes para corroborar modelos teóricos de micro-sociológicos acerca da idade em que ocorre o casamento entre pessoas. ²¹;
15. “Agent-based simulation of affordance-based human behaviors in emergency evacuation”

¹⁹It is well-known that financial asset returns exhibit fat-tailed distributions and long-term memory. These empirical features are the main objectives of modeling efforts using (i) stochastic processes to quantitatively reproduce these features and (ii) agent-based simulations to understand the underlying microscopic interactions. After reviewing selected empirical and theoretical evidence documenting the behavior of traders, we construct an agent-based model to quantitatively demonstrate that “fat” tails in return distributions arise when traders share similar technical trading strategies and decisions. Extending our behavioral model to a stochastic model, we derive and explain a set of quantitative scaling relations of long-term memory from the empirical behavior of individual market participants. Our analysis provides a behavioral interpretation of the long-term memory of absolute and squared price returns: They are directly linked to the way investors evaluate their investments by applying technical strategies at different investment horizons, and this quantitative relationship is in agreement with empirical findings. Our approach provides a possible behavioral explanation for stochastic models for financial systems in general and provides a method to parameterize such models from market data rather than from statistical fitting.

²⁰Models of continuous opinion dynamics under bounded confidence show a sharp transition between a consensus and a polarization phase at a critical global bound of confidence. In this paper, heterogeneous bounds of confidence are studied. The surprising result is that a society of agents with two different bounds of confidence (open- and closed-minded agents) can find consensus even when both bounds of confidence are significantly below the critical bound of confidence of a homogeneous society. The phenomenon is shown by examples of agent-based simulation and by numerical computation of the time evolution of the agents density. The result holds for the bounded confidence model of Deffuant, Weisbuch, and others (Weisbuch et al., Complexity 2002, 7, 55–63), as well as for the model of Hegselmann and Krause (Hegselmann and Krause, Journal of Artificial Societies and Social Simulation 2002, 5, 2).

²¹In this paper we develop an agent-based marriage model based on social interaction. We build an population of interacting agents whose chances of marrying depend on the availability of partners, and whose willingness to marry depends on the share of relevant others in their social network who are already married. We then let the typical aggregate age pattern of marriage emerge from the bottom-up. The results of our simulation show that micro-level hypotheses founded on existing theory and evidence on social interaction can reproduce age-at-marriage patterns with both realistic shape and realistic micro-level dynamics.

investiga o uso de modelos baseados em agentes para simular o comportamento de pessoas em situação de evacuações de emergência de incêndio ²²;

- 16. “Flocking of Multi-Agent Non-Holonomic Systems With Proximity Graphs” desenvolve modelos de simulação multiagente para investigação do comportamento de voo coletivo em sistemas multi-agente ²³;
- 17. “UNIVERSALITY OF THE THRESHOLD FOR COMPLETE CONSENSUS FOR THE OPINION DYNAMICS OF DEFFUANT et al.” investiga e propõe uma regra para desenvolvimento de modelos de simulação multiagente para a questão da formação de consenso e dinâmica de opiniões em sistemas multi-agente;
- 18. “Agent-based model simulations of future changes in migration flows for Burkina Faso” investiga e valida empiricamente, por meio de modelos de simulação baseados em agente, a estrutura dos fluxos migratórios em Burkina Faso ²⁴;
- 19. “STATISTICAL PROPERTIES AND MULTIFRACTAL BEHAVIORS OF MARKET

²² ical rule-based model, (2) a statistical model, or (3) an analytical predictive model. Predicting human behaviors in complex and uncertain environments like emergency evacuation is considered almost impossible (at least NP hard) in systems theory. In this paper, we explore simulating human behaviors using affordance-based finite state automata (FSA) modeling, based on the ecological concept of affordance theory. To this end, we introduce the conceptual and generic framework of affordance-based human behavior simulation developed through our previous work. Following the generic framework, formal simulation models of affordance-based human behaviors are developed, especially for emergency evacuation, to mimic perception-based dynamic human actions interacting with emergent environmental changes, such as fire. A “warehouse fire evacuation” case is used to demonstrate the applicability of the proposed framework. The human action planning algorithms in the simulation model are developed and implemented using the Adjusted Floor Field Indicators, which represent not only the evacuee’s prior knowledge of the floor layout but the perceivable information about dynamic environmental changes. The results of our simulation study verify that the proposed framework accurately simulates human fire evacuation behavior.

²³ A multi-agent system is composed of many agents interconnected by a communication network. This paper aims to further investigate the flocking and preserving connectedness in multi-agent nonholonomic systems with proximity graphs, in which the positions and the relative distances are not available to the distributed controllers. Several sufficient conditions are derived to resolve the above problem based on the kinematic model and the dynamic model, respectively.

²⁴ agent-based modelling offers a robust method to simulate the autonomous decision making process relating to environmental migration. The Theory of Planned Behaviour provides a basis that can be used to effectively break down the reasoning process relating to the development of a behavioural intention. By developing an agent-based model of environmental migration for Burkina Faso from the basis of a combination of such theoretical developments and data analysis we further investigate the role of the environment in the decision to migrate using scenarios of future demographic, economic, social, political, and climate change in a dryland context. We find that in terms of climate change, it can be seen that that change to a drier environment produces the largest total and international migration fluxes when combined with changes to inclusive and connected social and political governance. While the lowest international migration flows are produced under a wetter climate with exclusive and diverse governance scenarios. In summary this paper illustrates how agent-based models incorporating the Theory of Planned Behaviour can be used to project evidence based future changes in migration in response to future demographic, economic social and climate change.

RETURNS BY ISING DYNAMIC SYSTEMS” investiga como a simulação baseada em agente pode ser usada para modelar a formação de preços em mercados de capitais ²⁵;

20. “A framework for modeling payments for ecosystem services with agent-based models, Bayesian belief networks and opinion dynamics models” desenvolve um framework para modelagem de sistemas baseados em agentes para investigar fenômenos ligados ao uso de incentivos financeiros para melhoria da sustentabilidade ambiental ²⁶.

Após essa breve análise dos 25 artigos mais citados do *dataset* ganhou-se uma confiança de que os dados são de boa qualidade quanto à representatividade do uso de simulações multiagentes para modelagem de fenômenos sociais. Os principais fenômenos sociais investigados nesses artigos são relacionados com as ideias de:

1. Formação de consenso em coletivos;
2. Influência da liderança na formação de consensos;
3. Gestão coletiva no uso da terra, em interfaces ecológico-sociais;
4. Modelagem do comportamento de *traders* no mercado financeiro, especialmente formação de preços;
5. Comportamento das pessoas em situações de desastre, especialmente incêndio;
6. Difusão de inovações em comunidades, especialmente agrícolas;
7. Migração de populações;

²⁵ An interacting-agent model of speculative activity explaining price formation in financial markets is considered in the present paper, which based on the stochastic Ising model and the mean field theory. The model describes the interaction strength among the agents as well as an external field, and the corresponding random logarithmic price return process is investigated. According to the empirical research of the model, the time series formed by this Ising model exhibits the bursting typical of volatility clustering, the fat-tail phenomenon, the power-law distribution tails and the long-time memory. The statistical properties of the returns of Hushen 300 Index, Shanghai Stock Exchange (SSE) Composite Index and Shenzhen Stock Exchange (SZSE) Component Index are also studied for comparison between the real time series and the simulated ones. Further, the multifractal detrended fluctuation analysis is applied to investigate the time series returns simulated by Ising model have the distribution multifractality as well as the correlation multifractality.

²⁶ We present an integrated modeling framework for simulating land-use decision making under the influence of payments for ecosystem services. The model combines agent-based modeling (ABM) with Bayesian belief networks (BBNs) and opinion dynamics models (ODM). The model endows agents with the ability to make land-use decisions at the household and plot levels. The decision-making process is captured with the BBNs that were constructed and calibrated with both qualitative and quantitative information, i.e., knowledge gained from group discussions with stakeholders and empirical survey data. To represent interpersonal interactions within social networks, the decision process is further modulated by the opinion dynamics model. The goals of the model are to improve the ability of ABM to emulate land-use decision making and thus provide a better understanding of the potential impacts of payments for ecosystem services on land use and household livelihoods.

- 8. Idade em que as pessoas casam; e
- 9. Modelagem de marketing (uma espécie de fenômeno de difusão de inovações em rede).

2.5.3.1.3 Referências a outros documentos (artigos, capítulos de livros etc) citados pelos artigos no dataset Cada registro do dataset MASSA2@jhcfc contém o conjunto das referências citadas, no campo CR. A tabelas 2.5 apresentada de forma sumária quais foram as 25 citações mais frequentes, sugerindo os principais documentos que contém o conhecimento mais basilar usado pelos pesquisadores nesse campo do conhecimento da simulação multiagente de fenômenos sociais. Note que os registros de muitos desses documentos poderão não estar presentes no dataset MASSA2@jhcfc.

#	Artigo Citado	DOI	Tot.Cit.
1	WATTS DJ, 1998, NATURE, V393, P440	10.1038/30918	155
2	OLFATI-SABER R, 2004, IEEE T AUTOMAT CONTR, V49, P1520	10.1109/TAC.2004.834113	144
3	BARABASI AL, 1999, SCIENCE, V286, P509	10.1126/SCIENCE.286.5439.509	140
4	CASTELLANO C, 2009, REV MOD PHYS, V81, P591	10.1103/REVMODPHYS.81.591	109
5	VICSEK T, 1995, PHYS REV LETT, V75, P1226	10.1103/PHYSREVLETT.75.1226	109
6	REYNOLDS C., 1987, SIGGRAPH COMPUT GRAP, V21, P25	10.1145/37402.37406	105
7	BONABEAU E, 2002, P NATL ACAD SCI USA, V99, P7280	10.1073/PNAS.082080899	101
8	HEGSELMANN R, 2002, JASSS-J ARTIF SOC S, V5		100
9	GRIMM V, 2010, ECOL MODEL, V221, P2760	10.1016/J.ECOLMODEL.2010.08.019	96
10	REN W, 2005, IEEE T AUTOMAT CONTR, V50, P655	10.1109/TAC.2005.846556	95
11	JADBABAIE A, 2003, IEEE T AUTOMAT CONTR, V48, P988	10.1109/TAC.2003.812781	86
12	DEFFUANT G, 2000, APPLICATIONS OF SIMULATION TO SOCIAL SCIENCES, P87	10.1142/S0219525900000078	83
13	WILENSKY U., 1999, NETLOGO		82
14	GRIMM V, 2006, ECOL MODEL, V198, P115	10.1016/J.ECOLMODEL.2006.04.023	75
15	EPSTEIN J.M., 1996, GROWING ARTIFICIAL S		73
16	OLFATI-SABER R, 2006, IEEE T AUTOMAT CONTR, V51, P401	10.1109/TAC.2005.864190	73
17	HELBLING D, 2000, NATURE, V407, P487	10.1038/35035023	72
18	DIMAROGONAS DV, 2012, IEEE T AUTOMAT CONTR, V57, P1291	10.1109/TAC.2011.2174666	71
19	OLFATI-SABER R, 2007, P IEEE, V95, P215	10.1109/JPROC.2006.887293	66
20	SZNAJD-WERON K, 2000, INT J MOD PHYS C, V11, P1157	10.1142/S0129183100000936	65
21	SUTTON RICHARD S., 2011, REINFORCEMENT LEARNI		64
22	MCPHERSON M, 2001, ANNU REV SOCIOLO, V27, P415	10.1146/ANNUREV.SOC.27.1.415	62
23	HELBLING D, 1995, PHYS REV E, V51, P4282	10.1103/PHYSREVE.51.4282	60
24	ALBERT R, 2002, REV MOD PHYS, V74, P47	10.1103/REVMODPHYS.74.47	56
25	AXELROD R, 1997, J CONFLICT RESOLUT, V41, P203	10.1177/0022002797041002001	55

Tabela 2.5: 25 referências (artigos, capítulos de livros etc) mais citadas localmente no dataset MASSA2@jhcfc.

Alguns desses registros serão brevemente comentados a seguir, acrescentando-se que os dez mais citados já foram descritos na plotagem Sankey em 2.3.8.1.

1. *Collective dynamics of ‘small-world networks’* (WATTS; STROGATZ, 1998), já descrito na plotagem Sankey em 2.3.8.1 tem 25136 citações globais;

2. *Consensus problems in networks of agents with switching topology and time-delays* ([OLFATI-SABER; MURRAY, 2004](#)), já descrito na plotagem Sankey em [2.3.8.1](#), possui 8465 citações globais;
3. *Emergence of Scaling in Random Networks* ([BARABÁSI; ALBERT, 1999](#)), já descrito na plotagem Sankey em [2.3.8.1](#);
4. *Statistical physics of social dynamics* ([CASTELLANO; FORTUNATO; LORETO, 2009](#)), já descrito na plotagem Sankey em [2.3.8.1](#);
5. *Novel Type of Phase Transition in a System of Self-Driven Particles* ([VICSEK et al., 1995](#)), já descrito na plotagem Sankey em [2.3.8.1](#);
6. *Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model* ([REYNOLDS, 1987](#)), já descrito na plotagem Sankey em [2.3.8.1](#);
7. *Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems* ([BONABEAU, 2002](#)), já descrito na plotagem Sankey em [2.3.8.1](#);
8. *Opinion dynamics and bounded confidence: models, analysis and simulation* ([HEGSELMANN; KRAUSE, 2002](#)), já descrito na plotagem Sankey em [2.3.8.1](#);
9. *The ODD protocol: A review and first update* ([GRIMM; BERGER; DEANGELIS et al., 2010](#)), já descrito na plotagem Sankey em [2.3.8.1](#);
10. *Consensus seeking in multiagent systems under dynamically changing interaction topologies* ([REN; BEARD, 2005](#)) explora novas propriedades da formação de consenso em redes de múltiplos agentes com topologia variável;
11. *Coordination of groups of mobile autonomous agents using nearest neighbor rules* ([JADBABAIE; JIE LIN; MORSE, 2003](#)) apresenta modelos teóricos que embasam o já citado trabalho de simulação feito por [Vicsek et al. \(1995\)](#).
12. *Mixing beliefs among interacting agents* ([DEFFUANT et al., 2000](#)) descreve um modelo de dinâmica de opinião em grupos de agentes;
13. *NetLogo (and NetLogo User Manual)* ([WILENSKY, 1999](#)) é uma página web que hospeda a descrição da linguagem de simulação multiagente chamada NetLogo;
14. *A standard protocol for describing individual-based and agent-based models* ([GRIMM; BERGER; BASTIANSEN et al., 2006](#)) introduz o protocolo ODD, para descrição de simulações multia-agentes;
15. *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up* ([EPSTEIN; AXTEL, 1996](#)) é um livro que descreve o uso de um simulador de sistemas multi-agentes chamado Sugarscape, explorando propriedades de sistemas sociais complexos, como acumulação de riqueza e formação de cultura;

16. *Flocking for multi-agent dynamic systems: algorithms and theory* ([OLFATI-SABER, 2006](#)) apresenta um arcabouço para o projeto e análise de algoritmos de simulação voo/nado de pássaros/peixes;
17. *Simulating dynamical features of escape panic* ([HELBING; FARKAS; VICSEK, 2000](#)) apresentam estudos de simulação multiagente do comportamento de multidões em situação de pânico;
18. *Distributed Event-Triggered Control for Multi-Agent Systems* ([DIMAROGONAS; FRAZZOLI; JOHANSSON, 2012](#)) investigam propriedades de simulações de coordenação de ações em sistemas multiagentes, baseadas no processamento distribuído de eventos;
19. *Consensus and Cooperation in Networked Multi-Agent Systems* ([OLFATI-SABER; FAX; MURRAY, 2007](#)) apresenta um arcabouço teórico para análise de algoritmos de formação de consenso em sistemas multiagente;
20. *Opinion evolution in closed community* ([SZNAJD-WERON; SZNAJD, 2000](#)) emprega simulações de um modelo magnético de física do estado sólido (Ising spin model) para analisar propriedades da formação de opiniões em comunidades sintéticas “democráticas” ou “ditoriais” (sistemas multiagentes);
21. *Reinforcement Learning: An Introduction* ([SUTTON; BARTO, 2014](#)) é um livro que apresenta as principais ideias e algoritmos da aprendizagem por reforço;
22. *Birds of a Feather: Homophily in Social Networks* ([MCPPERSON; SMITH-LOVIN; COOK, 2001](#)) apresenta, sobre uma perspectiva sociológica, o conceito-chave da homofilia, usado em análise de redes sociais;
23. *Social force model for pedestrian dynamics* ([HELBING; MOLNÁR, 1995](#)) emprega modelos analíticos físicos e simulações computacionais, para descrever fenômenos típicos da movimentação de pedestres em espaços urbanos;
24. *Statistical mechanics of complex networks* ([ALBERT; BARABÁSI, 2002](#)) apresenta uma ampla compilação de propriedades físicas, matemáticas, estatísticas e algorítmicas de grafos que representam redes complexas de relações entre entidades que ocorrem na natureza, em sistemas físicos, biológicos, humanos e tecnológicos;
25. *The Dissemination of Culture: A Model with Local Convergence and Global Polarization* ([AXELROD, 1997](#)) utiliza modelos de simulação baseados em agentes para esclarecer de que modo surgem heterogeneidades e homogeneidades culturais em sociedades artificiais geograficamente dispersas, que interagem por meio de múltiplos traços culturais.

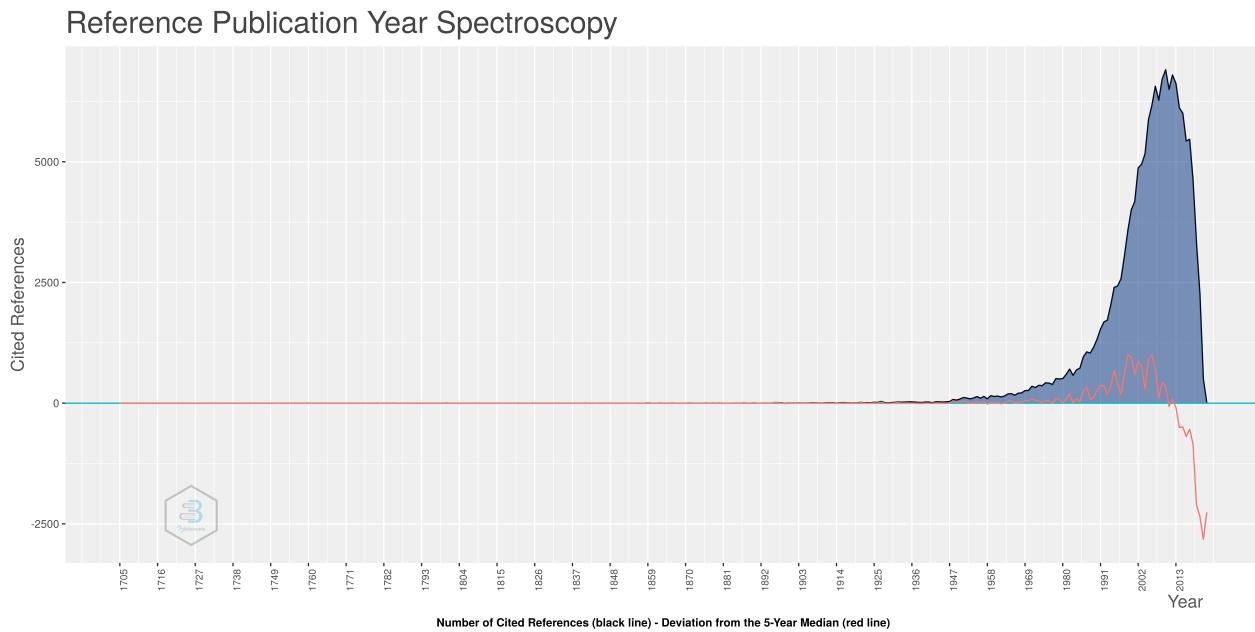


Figura 2.10: Espectroscopia (RPYS) completa das referências do *dataset* MASSA2@jhcfc.

2.5.3.1.4 Espectroscopia das referências A técnica de espectroscopia das referências bibliográficas (“reference publication year spectroscopy” (RPYS)) de um *dataset* ([MARX et al., 2014](#)) possibilita identificar as raízes históricas de um campo de conhecimento.

A figura 2.10 apresenta, distribuída ao longo do tempo, a quantidade de referências citadas no *dataset* para cada ano, bem como os desvios dessa quantidade em relação à média (em vermelho). A mais antiga das referências usadas é do ano de 1705, e não se detectam evidentes picos isolados de referências em anos específicos, que indicariam surgimento de publicações mais importantes que as sucederam. Há, entretanto, uma oscilação dos desvios na quantidade de citações, em períodos de aproximadamente seis anos, especialmente entre 1970 e 2013 (linha vermelha).

Se observamos a espectroscopia do mesmo *dataset* apenas entre os anos de 1901 a 1970, como na figura 2.11, pode-se perceber um ponto de inflexão na curva, a partir do ano de 1946, que foi o período após o término da Segunda Guerra Mundial, quando o conhecimento científico que havia sido produzido sob sigilo no período da guerra começou a se disseminar pelo mundo.

Se observamos a espectroscopia do mesmo *dataset* apenas entre os anos de 1971 a 2019, como na figura 2.12, pode-se perceber um ponto de declínio no volume de citações a partir do ano de 2010, sugerindo que esse campo de conhecimento atingiu sua maturidade cerca de 10 anos atrás.

2.5.3.1.5 Uso de palavras dentro dos artigos no *dataset* As últimas das métricas aplicadas a documentos, disponíveis para aplicação no Bibliometrix é baseada na ocorrência

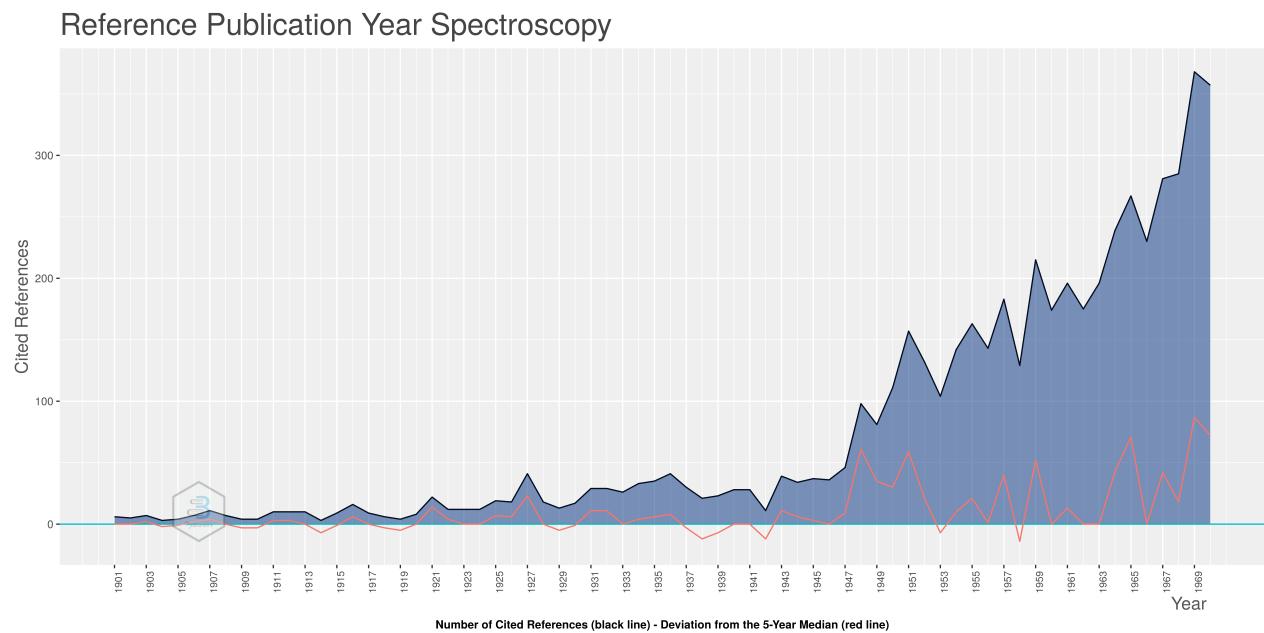


Figura 2.11: Espectroscopia (RPYS) das referências do *dataset* MASSA2@jhc, entre 1901 e 1970.

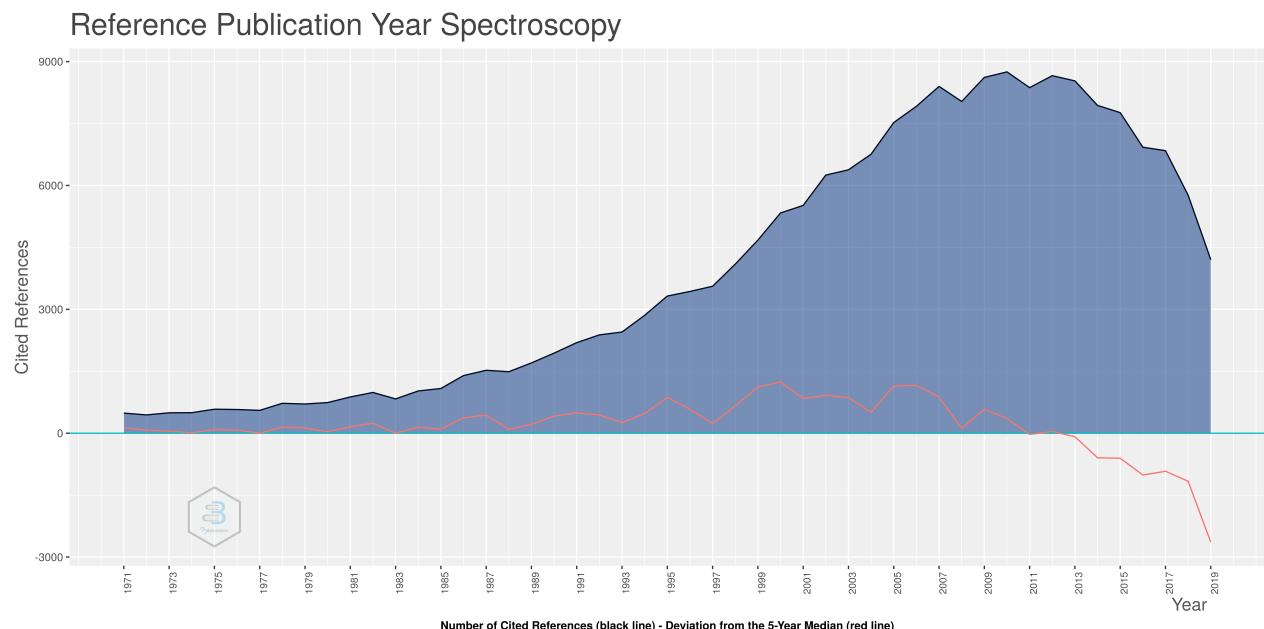


Figura 2.12: Espectroscopia (RPYS) das referências do *dataset* MASSA2@jhc, entre 1971 e 2019.

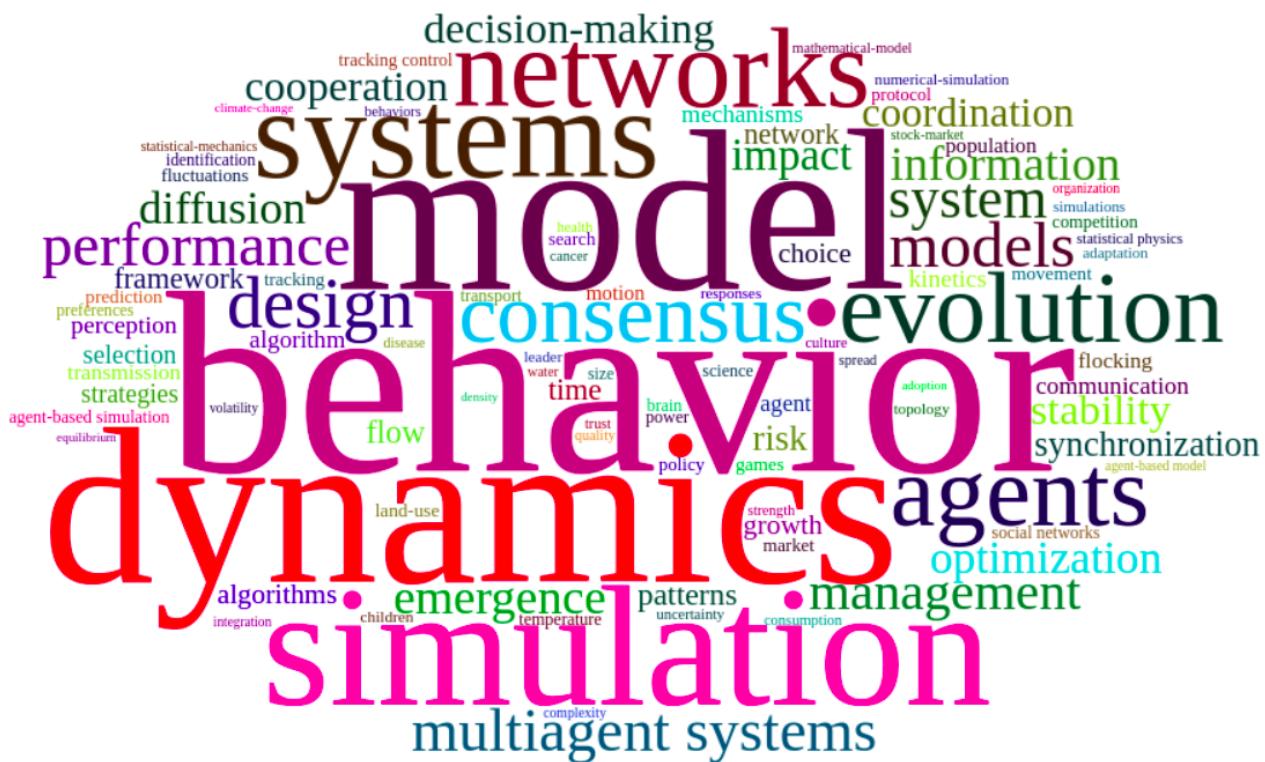


Figura 2.13: Nuvem dos 100 termos mais frequentes do *dataset* MASSA2@jhcF.

de termos no texto dos documentos. A mais comum delas é baseada na simples contagem de frequência das palavras, como ilustra a tabela 2.6, com os 40 termos mais frequentes em uso.

Outras formas de apresentação alternativas são apresentadas nas duas figuras a seguir, que ilustram de forma diferente a mesma informação, como em:

Word Cloud Uma nuvem de palavras, na figura 2.13, com evidencias para as 100 palavras mais frequentes;

Tree Map Um mapa em árvore, na figura 2.14, com evidências para as 50 palavras mais frequentes:

Por fim, o Bibliometrix permite apresentar o uso dos termos ordenado temporalmente, como nas duas figuras a seguir:

Word Growth / Word Dynamics que mostra o crescimento de uso das palavras mais frequentes, como na figura 2.15;

Trending topics que mostra as tendências para uso de determinadas palavras em determinadas faixas de tempo, como em 2.16. Para obtenção do gráfico foram determinados os seguintes valores para os parâmetros: frequência mínima de ocorrência para que um termo seja considerado = 15, quantidade máxima de tópicos por ano = 7.

#	Palavra (termo)	Frequência
1	behavior	373
2	dynamics	351
3	model	316
4	simulation	234
5	systems	190
6	networks	182
7	evolution	153
8	agents	149
9	consensus	139
10	design	110
11	multiagent systems	101
12	models	90
13	performance	80
14	system	78
15	information	71
16	coordination	70
17	diffusion	70
18	management	70
19	stability	69
20	cooperation	66
21	emergence	66
22	optimization	66
23	decision-making	65
24	synchronization	59
25	impact	58
26	patterns	49
27	framework	48
28	algorithms	47
29	flow	45
30	network	45
31	risk	45
32	algorithm	41
33	choice	40
34	time	40
35	selection	39
36	flocking	38
37	perception	37
38	transmission	35
39	communication	34
40	growth	34

Tabela 2.6: 40 palavras (termos) mais frequentes no *dataset MASSA2@jhcfc*.

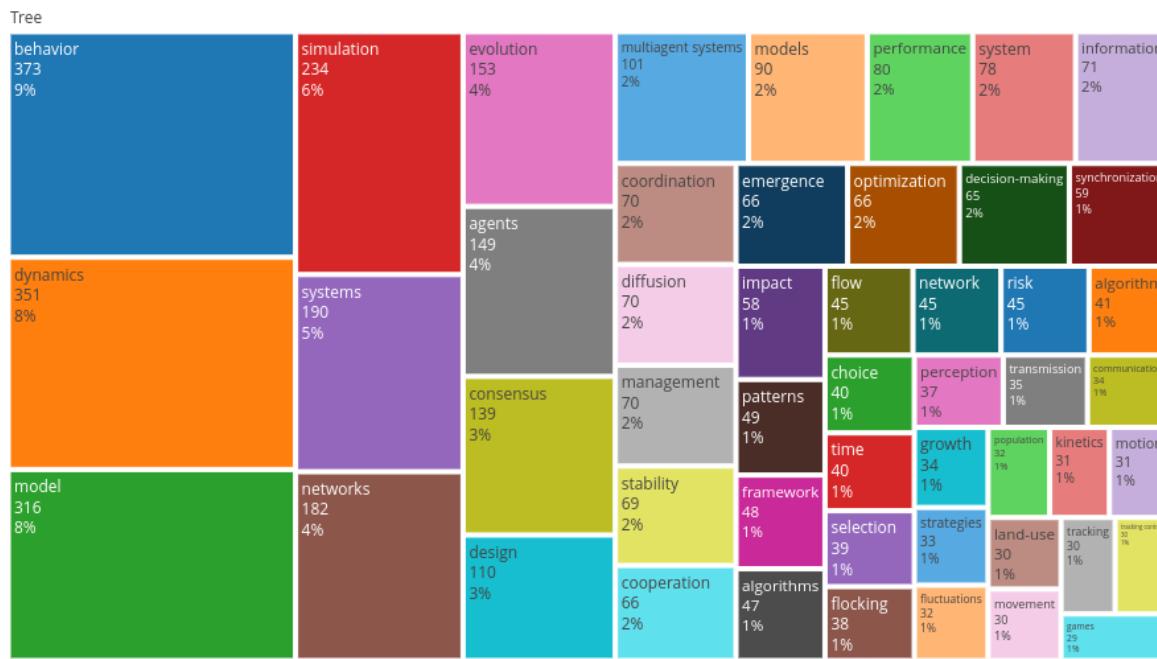


Figura 2.14: *Tree Map* dos 50 termos mais frequentes do *dataset* MASSA2@jhc.

Word Growth

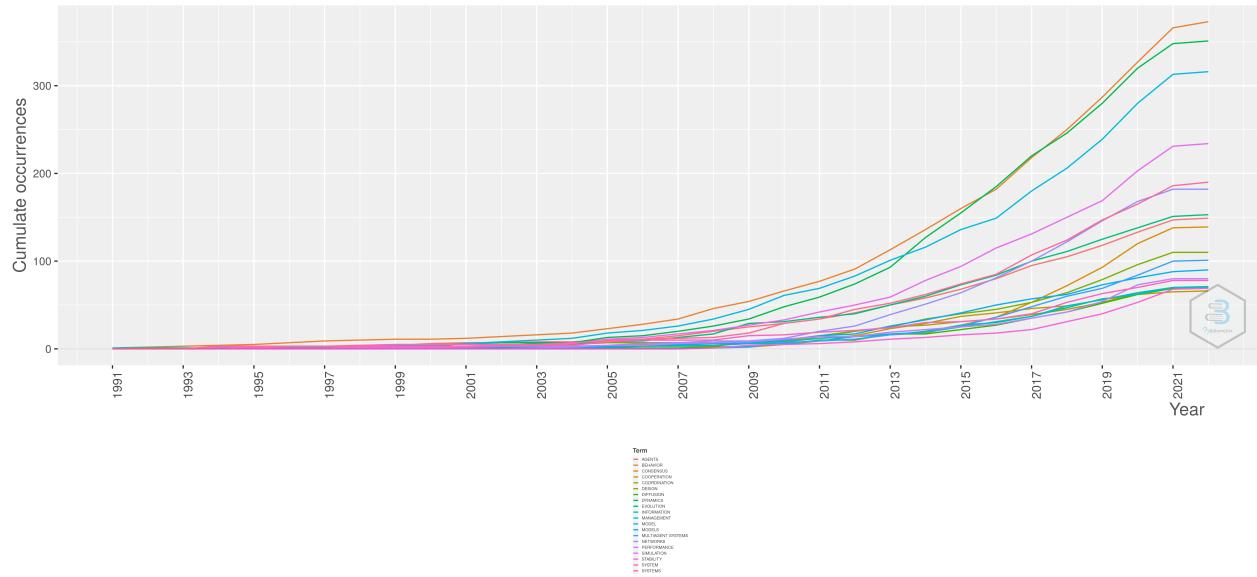


Figura 2.15: Dinâmica de uso ao longo do tempo, dos 20 termos mais frequentes do *dataset* MASSA2@jhc.

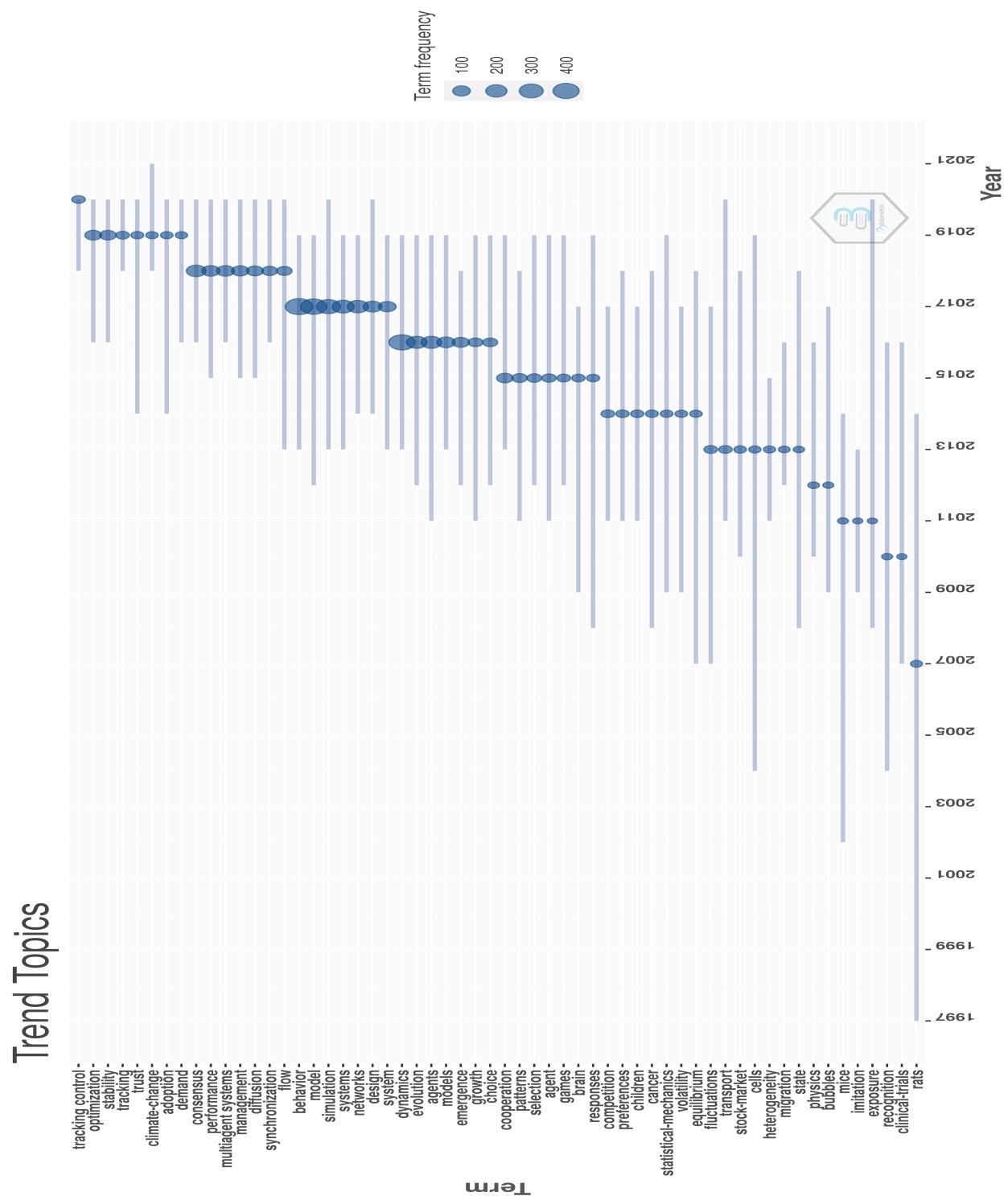


Figura 2.16: *Trending Topics* do dataset MASSA2@jhcfc, WF = 15, WPY=7.

2.5.4 Métricas para Autores

Um autor escreve um documento científico, que eventualmente é publicado. Ao escrever esse documento cita outros, e eventualmente o trabalho do autor também é citado. Se é citado, é porque é relevante, e daí infere-se que teve impacto. Com base na medica bruta da citação, várias métricas podem ser criadas. Algumas delas são aplicadas a seguir.

2.5.4.1 Autores mais produtivos no *dataset*

A tabela 2.7 apresenta a lista ordenada e decrescente dos autores com maior número de artigos no *dataset*. A coluna mais à direita divide esse primeiro valor pelo número de autores nos artigos.

#	Autor	Qtd. de artigos	Qtd. Proporcional
1	WANG J	35	11.68
2	WANG L	29	8.23
3	LIU Y	24	8.38
4	SU HS	21	5.25
5	WANG C	16	4.30
6	LIU J	15	3.50
7	XIE GM	13	3.73
8	ZHANG Y	13	3.31
9	LEE S	12	4.32
10	WANG XF	12	3.53
11	WEN GH	12	2.80
12	ZHANG L	12	3.24
13	CHEN G	11	3.79
14	CROKIDAKIS N	11	6.83
15	HUI PM	11	3.37
16	LI HQ	11	2.91
17	LI X	11	3.45
18	LIU B	11	2.35
19	WANG Y	11	2.97
20	XU C	11	3.18

Tabela 2.7: 20 autores com mais artigos no *dataset* MASSA2@jhcfc.

2.5.4.2 Autores mais relevantes localmente citados

A tabela 2.8 apresenta a lista ordenada e decrescente dos autores com maior número de artigos citados por outros artigos no *dataset*. Esses são, possivelmente, os autores mais impactantes para o estado da arte no *dataset* MASSA2@jhcfc.

Uma busca na aba Filter, do Bibliometrix, permite explorar os artigos mais citados desses autores, alguns tem seus títulos listados a seguir:

#	Autor	Qtd artigos
1	SCHWARZ N	58
2	SU HS	58
3	WANG XF	52
4	LIAO XF	48
5	WANG L	48
6	LI HQ	43
7	GOTTS NM	42
8	POLHILL JG	40
9	HUANG TW	39
10	MOSS S	38
11	LIN ZL	36
12	WANG J	36
13	XIE GM	36
14	WEISE H	35
15	ZHU W	35
16	BOHN F	34
17	DRESSLER G	34
18	GILBERT NG	34
19	GROENEVELD J	34
20	KLASSERT C	34

Tabela 2.8: 20 autores com mais artigos citados por outros artigos no *dataset MASSA2@jhcfc*.

SCHWARZ N • DESCRIBING HUMAN DECISIONS IN AGENT-BASED MODELS - ODD PLUS D, AN EXTENSION OF THE ODD PROTOCOL;

- AGENT-BASED MODELING OF THE DIFFUSION OF ENVIRONMENTAL INNOVATIONS - AN EMPIRICAL APPROACH;

SU HS, WANG XF • FLOCKING OF MULTI-AGENTS WITH A VIRTUAL LEADER;

- AGENT-BASED MODELING OF THE DIFFUSION OF ENVIRONMENTAL INNOVATIONS - AN EMPIRICAL APPROACH;

LIAO XF • EVENT-TRIGGERING SAMPLING BASED LEADER-FOLLOWING CONSENSUS IN SECOND-ORDER MULTI-AGENT SYSTEMS;

2.5.4.3 Variação da produtividade dos autores ao longo do tempo

Os cientistas são seres humanos, que também tem um ciclo de vida de iniciante, muito produtivo, menos produtivo, e não produtivo. Diagramas como o da figura 2.17 apresentam esse ciclo de vida, em relação ao *dataset MASSA2@jhcfc*.

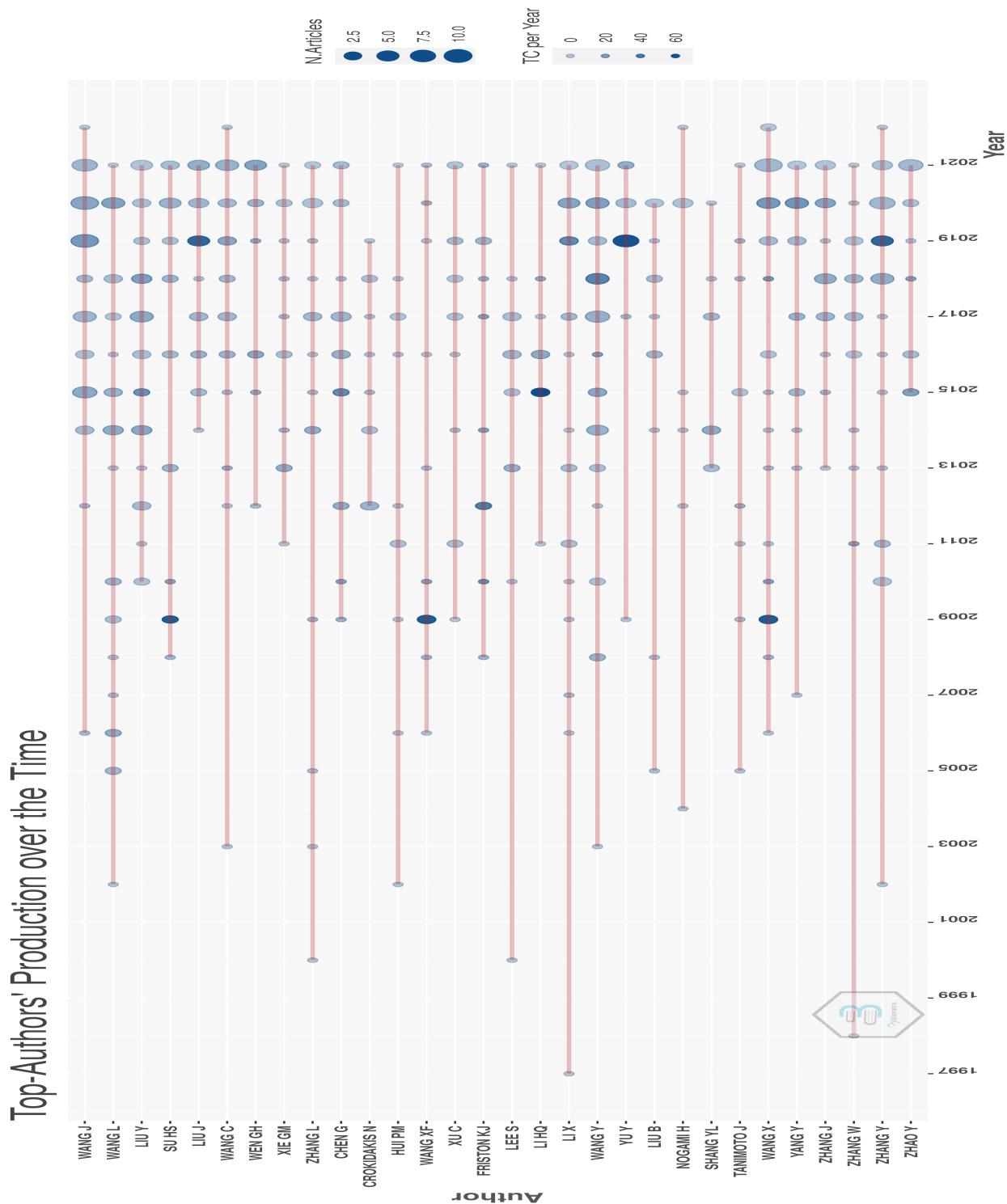


Figura 2.17: Variação da produção dos autores de maior impacto, do dataset MASSA2@jhcfc.

2.5.4.4 Lei de Lotka

A Lei de Lotka (ver https://en.wikipedia.org/wiki/Lotka%27s_law) estabelece uma distribuição de frequência aproximadamente inversamente quadrática ou cúbica, para o número de artigos publicados pelos autores de qualquer área do conhecimento. Isso é, se 1000 pessoas publicam ao longo de sua contribuição para o campo de conhecimento apenas um documento, então entre $1000/x^2$ a $1000/x^3$ publicam x documentos. Ou seja, entre $1000/2^2$ a $1000/2^3$ pessoas publicam dois documentos, $1000/3^2$ a $1000/3^3$ pessoas publicam três documentos etc.

Se os dados empíricos do *dataset* são alinhados à essas curvas, então é correto supor que o *dataset* é bem formado. Será que isso ocorre com a tabela 2.9, criada para o *dataset* MASSA2@jhcfc?

#	Qtd Autores	Qtd artigos	Lotka 2	Lotka 3
1	8654	1	8654	8654
2	932	2	2164	1082
3	252	3	962	321
4	88	4	541	135
5	36	5	346	69
6	23	6	240	40
7	13	7	177	25
8	10	8	135	17
9	10	9	107	12
10	6	10	87	9
11	5	11	72	7
12	3	12	60	5
13	1	14	44	3
14	1	15	38	3
15	1	20	22	1
16	1	21	20	1
17	1	26	13	0
18	1	33	8	0

Tabela 2.9: Comparação do *dataset* MASSA2@jhcfc com a formulação geral da Lei de Lotka.

2.5.4.5 Medidas de Impacto dos Autores

A partir da medida básica de citações (TC) podem ser criados vários índices, sendo os mais conhecidos os índices H (Ver <https://en.wikipedia.org/wiki/H-index>), G (Ver <https://en.wikipedia.org/wiki/G-index>) e M (ver https://en.wikipedia.org/wiki/Author-level_metrics#m-index).

As tabelas 2.10, 2.11, 2.12 e 2.13 mostram os autores mais proeminentes do *dataset* ordenados com base em um desses índices ou com o simples volume total de publicação, em comparação aos demais índices.

Além dos índices e da quantidade total de citações (coluna TC), apresenta-se o volume de publicações (NP) e o ano de primeira publicação do autor (PY Start).

Observe que os índices H e G tendem a valorizar os autores mais estabilizados, enquanto que o índice M mostra os autores mais recentes, que tem menos anos de publicação.

Observe, adicionalmente, que a base para cálculo desses índices é o número total de citações, que tem alcance global, enquanto que o número de artigos publicados é o valor local.

#	Autor	Índice H	Índice G	Índice M	TC	NP	PY Start
1	WANG L	12	25	0,571	872	25	2002
2	LIU Y	10	16	0,769	272	20	2010
3	SU HS	10	15	0,667	1267	15	2008
4	FRISTON KJ	9	10	0,600	1224	10	2008
5	WANG J	9	18	0,529	373	30	2006
6	WANG XF	9	11	0,529	1174	11	2006
7	WEN GH	9	11	0,818	376	11	2012
8	CROKIDAKIS N	8	11	0,727	179	11	2012
9	SHANG YL	8	9	0,800	218	9	2013
10	CHEN G	7	10	0,636	304	10	2012

Tabela 2.10: 10 autores de maior impacto no *dataset* MASSA2@jhcfc, conforme o índice H.

#	Autor	Índice H	Índice G	Índice M	TC	NP	PY Start
1	WANG L	12	25	0,571	872	25	2002
2	WANG J	9	18	0,529	373	30	2006
3	LIU Y	10	16	0,769	272	20	2010
4	SU HS	10	15	0,667	1267	15	2008
5	CROKIDAKIS N	8	11	0,727	179	11	2012
6	LIU J	7	11	0,875	318	11	2015
7	WANG C	7	11	0,636	238	11	2012
8	WANG XF	9	11	0,529	1174	11	2006
9	WEN GH	9	11	0,818	376	11	2012
10	CHEN G	7	10	0,636	304	10	2012

Tabela 2.11: 10 autores de maior impacto no *dataset* MASSA2@jhcfc, conforme o índice G.

2.5.4.6 Filiações dos autores às instituições de P&D

Os autores de documentos científicos são filiados como estudantes ou empregados em universidades e centros de pesquisa, e quando os publicam colocam o nome de suas filiações, criando a possibilidade de produção de *rankings* para essas instituições. A tabela 2.14 apresenta as 40 instituições com maior produtividade, conforme o volume de artigos publicados presentes no *dataset*. Ou seja, é nas instituições listadas na tabela onde possivelmente está mais avançado o conhecimento nesse tema.

#	Autor	Índice H	Índice G	Índice M	TC	NP	PY Start
1	COTFAS LA	6	6	1,500	61	6	2019
2	DELCEA C	6	6	1,500	61	6	2019
3	YU Y	7	8	1,167	265	8	2017
4	AUSBAND DE	1	1	1,000	1	1	2022
5	CRACIUN L	4	4	1,000	43	4	2019
6	EMLEN DJ	1	1	1,000	1	1	2022
7	FUCHISE K	2	2	1,000	5	2	2021
8	GUDE JA	1	1	1,000	1	1	2022
9	HESP C	2	2	1,000	28	2	2021
10	IGARASHI M	2	2	1,000	5	2	2021
11	LI B	5	6	1,000	114	6	2018
12	LIU H	4	6	1,000	58	6	2019
13	LUIS AD	1	1	1,000	1	1	2022
14	MILNE RJ	4	4	1,000	38	4	2019
15	MITCHELL MS	1	1	1,000	1	1	2022
16	MOLANESCU AG	4	4	1,000	43	4	2019
17	PARR T	4	4	1,000	49	4	2019
18	PODRUZNY KM	1	1	1,000	1	1	2022
19	RAHMANI A	4	4	1,000	57	4	2019
20	SELLS SN	1	1	1,000	1	1	2022
21	SHI KB	4	4	1,000	64	4	2019
22	SUN CY	6	6	1,000	232	6	2017
23	SUN J	4	4	1,000	90	4	2019
24	YU YG	4	5	1,000	39	5	2019
25	LIU J	7	11	0,875	318	11	2015

Tabela 2.12: 25 autores de maior impacto no dataset MASSA2@jhcfc, conforme o índice M.

#	Autor	Índice H	Índice G	Índice M	TC	NP	PY Start
1	SU HS	10	15	0,667	1267	15	2008
2	FRISTON KJ	9	10	0,600	1224	10	2008
3	WANG XF	9	11	0,529	1174	11	2006
4	WANG L	12	25	0,571	872	25	2002
5	LIN ZL	6	6	0,429	711	6	2009
6	LI HQ	6	9	0,500	656	9	2011
7	LIAO XF	6	6	0,667	646	6	2014
8	HUANG TW	6	7	0,750	590	7	2015
9	GOURINCHAS PO	1	1	0,048	548	1	2002
10	PARKER JA	1	1	0,048	548	1	2002
11	CHEN GR	6	6	0,429	539	6	2009
12	LIU F	3	5	0,300	517	5	2013
13	POLHILL JG	4	4	0,250	509	4	2007
14	HAAGENSON D	1	1	0,100	502	1	2013
15	JIANG L	1	1	0,100	502	1	2013
16	WIESENBORNE DP	1	1	0,100	502	1	2013
17	XU XZ	1	1	0,100	502	1	2013
18	ZHU JY	1	1	0,100	502	1	2013
19	DAUNIZEAU J	2	2	0,154	501	2	2010
20	GOTTS NM	3	3	0,188	496	3	2007
21	BARTOLO D	1	1	0,100	494	1	2013
22	BRICARD A	1	1	0,100	494	1	2013
23	CAUSSIN JB	1	1	0,100	494	1	2013
24	DAUCHOT O	1	1	0,100	494	1	2013
25	DESREUMAUX N	1	1	0,100	494	1	2013

Tabela 2.13: 25 autores de maior impacto no *dataset* MASSA2@jhc, conforme a quantidade de vezes que seus artigos foram globalmente citados.

#	Instituição de filiação	Qtd de artigos publicados
1	BEIJING JIAOTONG UNIV	57
2	PEKING UNIV	51
3	BEIHANG UNIV	48
4	SOUTHEAST UNIV	46
5	HUAZHONG UNIV SCI AND TECHNOL	45
6	UNIV MICHIGAN	43
7	UNIV GRONINGEN	41
8	SHANGHAI JIAO TONG UNIV	36
9	UNIV ZARAGOZA	36
10	ARIZONA STATE UNIV	33
11	TONGJI UNIV	33
12	UNIV OXFORD	33
13	DELFT UNIV TECHNOL	32
14	UNIV PITTSBURGH	31
15	HARVARD UNIV	30
16	UNIV MARYLAND	30
17	UNIV WASHINGTON	30
18	CARNEGIE MELLON UNIV	29
19	CHONGQING UNIV POSTS AND TELECOMMUN	29
20	STANFORD UNIV	29
21	UNIV MINNESOTA	28
22	TSINGHUA UNIV	27
23	UNIV PENN	27
24	PRINCETON UNIV	26
25	TOHOKU UNIV	26
26	UNIV CALIF LOS ANGELES	26
27	UNIV EDINBURGH	26
28	UNIV ELECT SCI AND TECHNOL CHINA	26
29	UNIV N CAROLINA	26
30	NANYANG TECHNOL UNIV	25
31	UNIV ILLINOIS	25
32	UNIV SAO PAULO	25
33	ZHEJIANG UNIV	25
34	CHINESE UNIV HONG KONG	24
35	UNIV AMSTERDAM	24
36	NORTHEASTERN UNIV	23
37	UNIV SUSSEX	23
38	DUKE UNIV	22
39	UNIV VIRGINIA	22
40	UNIV YORK	22

Tabela 2.14: 40 Instituições mais produtivas no tema do dataset MASSA2@jhcfc, conforme a quantidade de artigos publicados por pessoas a elas filiadas.

2.5.4.7 Filiações dos autores aos Países

As instituições às quais são filiados os autores são sediadas em países, o que permite estimar a produtividade e (ou) impacto dos países em um tema de conhecimento específico, como ilustra a tabela 2.15, que mostra a quantidade de citações obtidas pelos artigos das instituições sediadas nesses países.

2.5.4.7.1 Países dos autores principais dos artigos Cada artigo escrito por mais de um autor tem um autor responsável por receber as correspondências relativas ao artigo. Esse é o *wordthor*. A figura 2.18 apresenta, em ordem do maior para o menor volume de correspondentes por artigo, o volume publicado por cada país. SCP são as publicações cujos autores são todos do mesmo país. MCP envolve autores de mais de um país. Note que países como Japão, Índia e Irã, no *dataset* em pauta, não parecem colaborar muito, de forma internacional.

2.5.5 Métricas para Fontes de Informação

As métricas para fontes de informação permitem avaliar a qualidade das revistas, conferências, em relação ao impacto de publicações em determinado tema. Valem a maioria das medidas já vistas para autores.

2.5.5.1 Fontes mais relevantes, conforme número de artigos publicados sobre o tema

2.5.5.2 Fontes mais relevantes, conforme o número de citações globais

2.5.5.3 Fontes mais relevantes, conforme o número de citações na lista de referências locais

2.5.5.4 Lei de Bradford

2.5.5.5 Medidas de Impacto das fontes

2.5.5.5.1 Índice H

2.5.5.5.2 Índice G

2.5.5.5.3 Índice M

#	País de Filiação	Qtd. Citações	Média de Citação por Artigo
1	USA	19823	27,04
2	CHINA	12836	16,46
3	UNITED KINGDOM	5051	23,94
4	GERMANY	4288	25,08
5	ITALY	2503	16,47
6	CANADA	2449	26,05
7	AUSTRALIA	2418	25,19
8	FRANCE	2008	18,42
9	NETHERLANDS	1683	18,29
10	SPAIN	1639	15,46
11	JAPAN	1192	10,74
12	SWITZERLAND	1081	26,37
13	SINGAPORE	777	25,06
14	BRAZIL	683	9,36
15	IRAN	580	14,87
16	ARGENTINA	578	18,65
17	INDIA	531	12,95
18	KOREA	529	8,97
19	BELGIUM	506	25,30
20	MEXICO	461	13,97
21	ISRAEL	406	15,04
22	PORTUGAL	356	15,48
23	FINLAND	354	22,12
24	SWEDEN	307	18,06
25	IRELAND	287	35,88
26	POLAND	274	7,61
27	SLOVENIA	262	29,11
28	AUSTRIA	255	12,75
29	NORWAY	228	13,41
30	TURKEY	211	11,11
31	GREECE	201	12,56
32	VENEZUELA	175	87,50
33	ROMANIA	161	13,42
34	SAUDI ARABIA	154	14,00
35	DENMARK	120	8,00
36	CZECH REPUBLIC	108	7,71
37	SOUTH AFRICA	101	25,25
38	THAILAND	84	16,80
39	COLOMBIA	76	8,44
40	HUNGARY	75	7,50

Tabela 2.15: 40 países com maior impacto de citações no tema do dataset MASSA2@jhcfc.

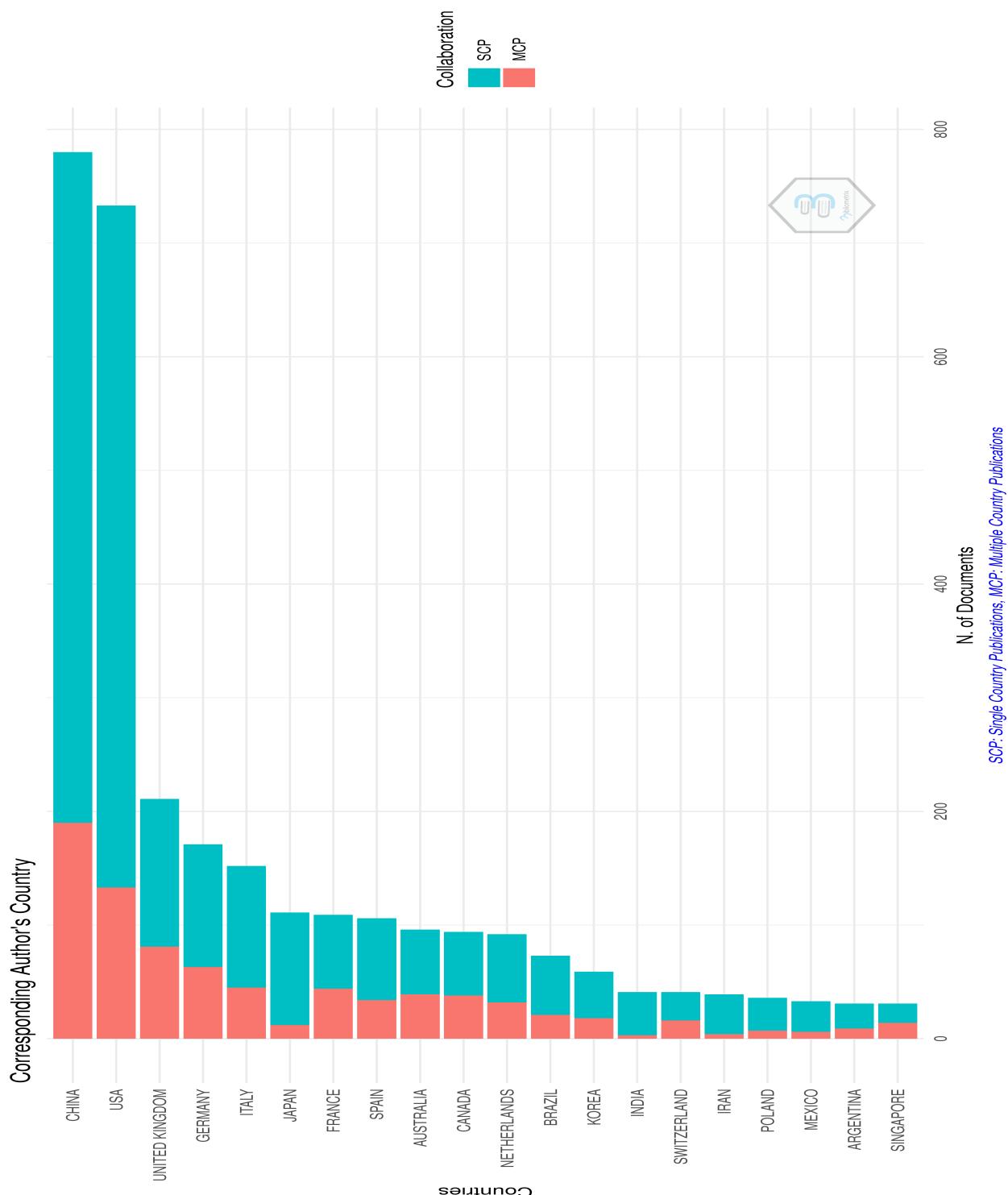


Figura 2.18: Variação da produção dos autores de maior impacto, do dataset MASSA2@jhcfc.

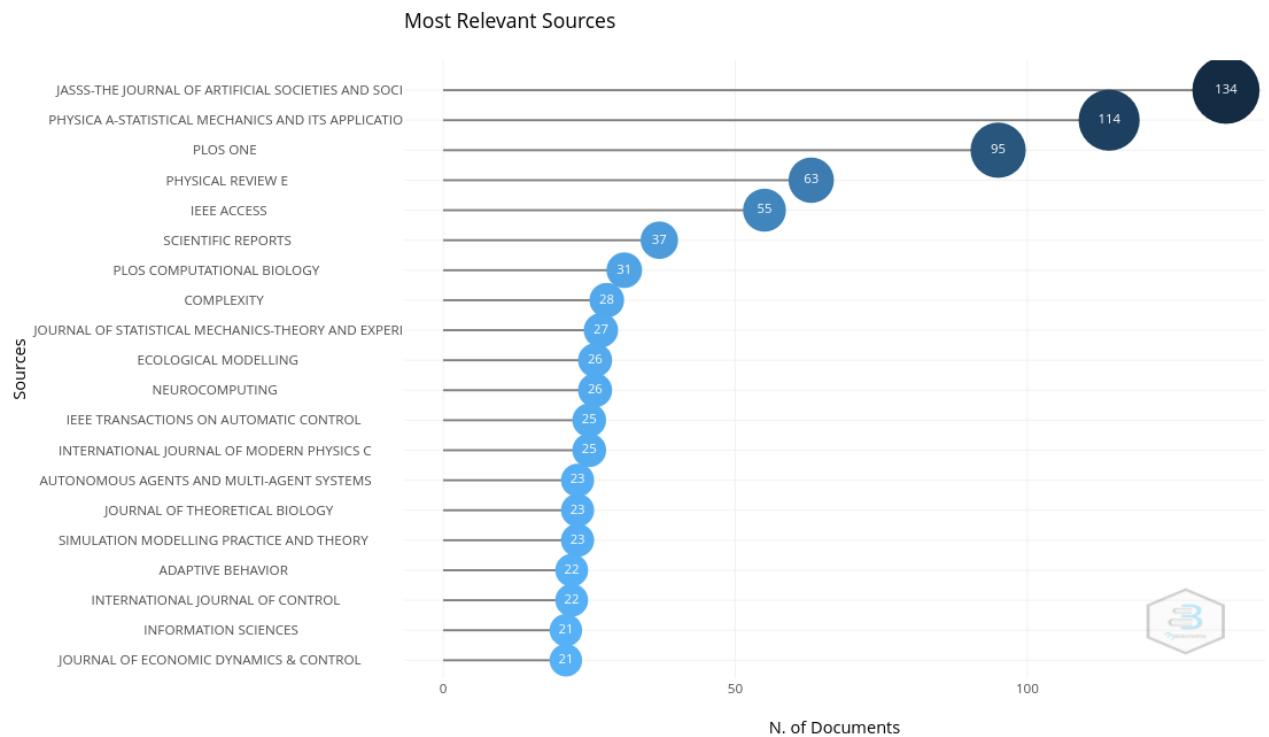


Figura 2.19: Revistas mais relevantes no *dataset MASSA2@jhcfc*.

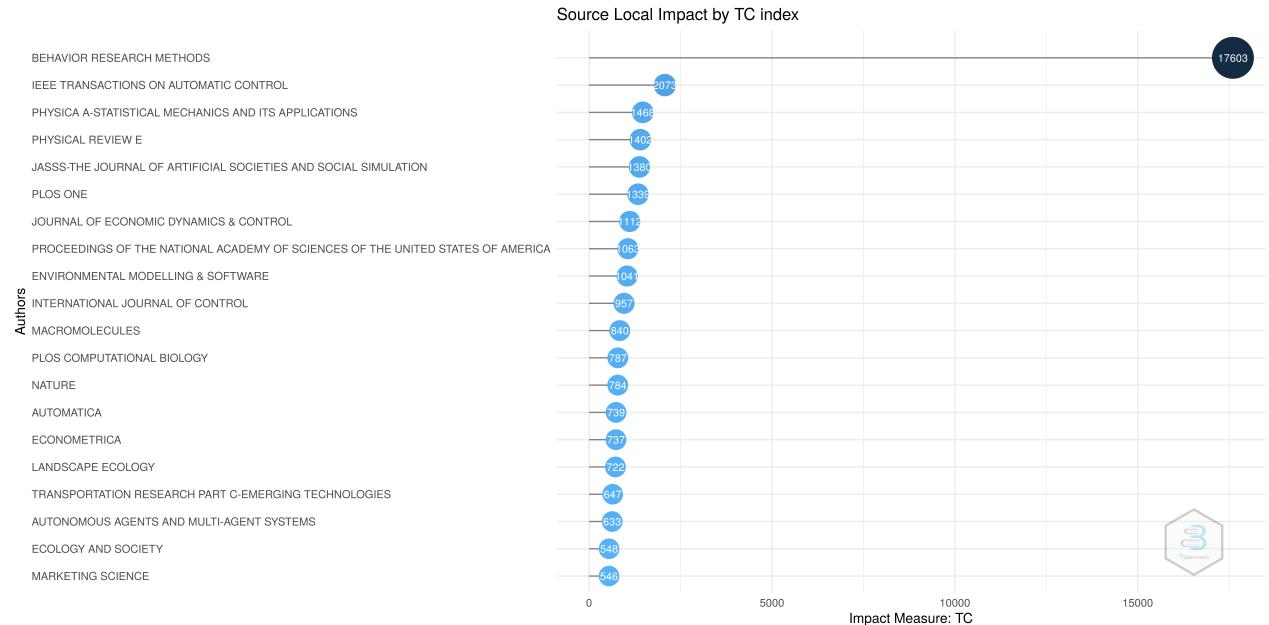


Figura 2.20: Revistas mais relevantes no *dataset MASSA2@jhcfc*, conforme a soma de citações aos artigos publicados.

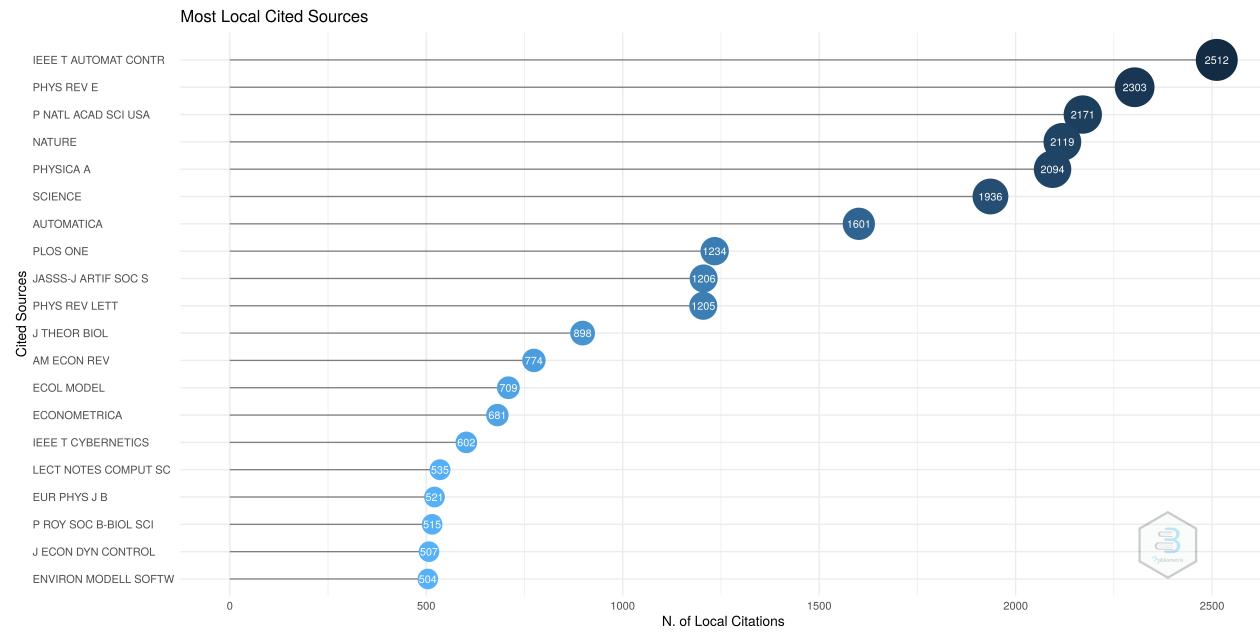


Figura 2.21: Revistas mais relevantes no *dataset* MASSA2@jhcfc, conforme a soma de citações aos artigos no *dataset*.

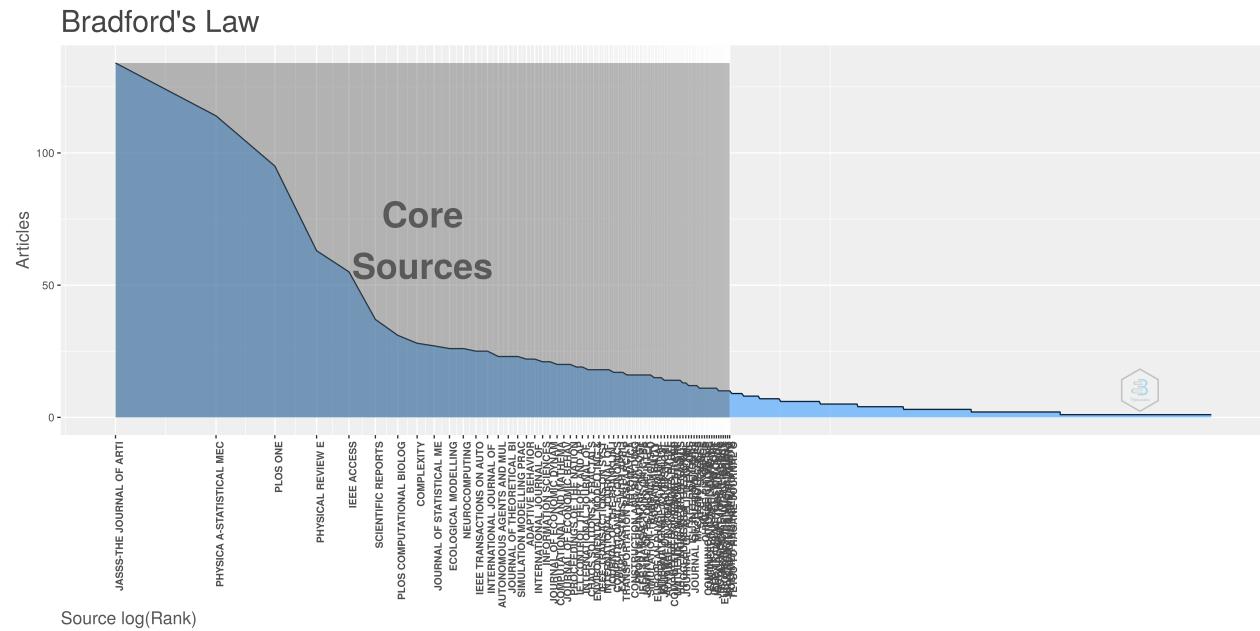


Figura 2.22: Revistas mais relevantes no *dataset* MASSA2@jhcfc, conforme a Lei de Bradford.

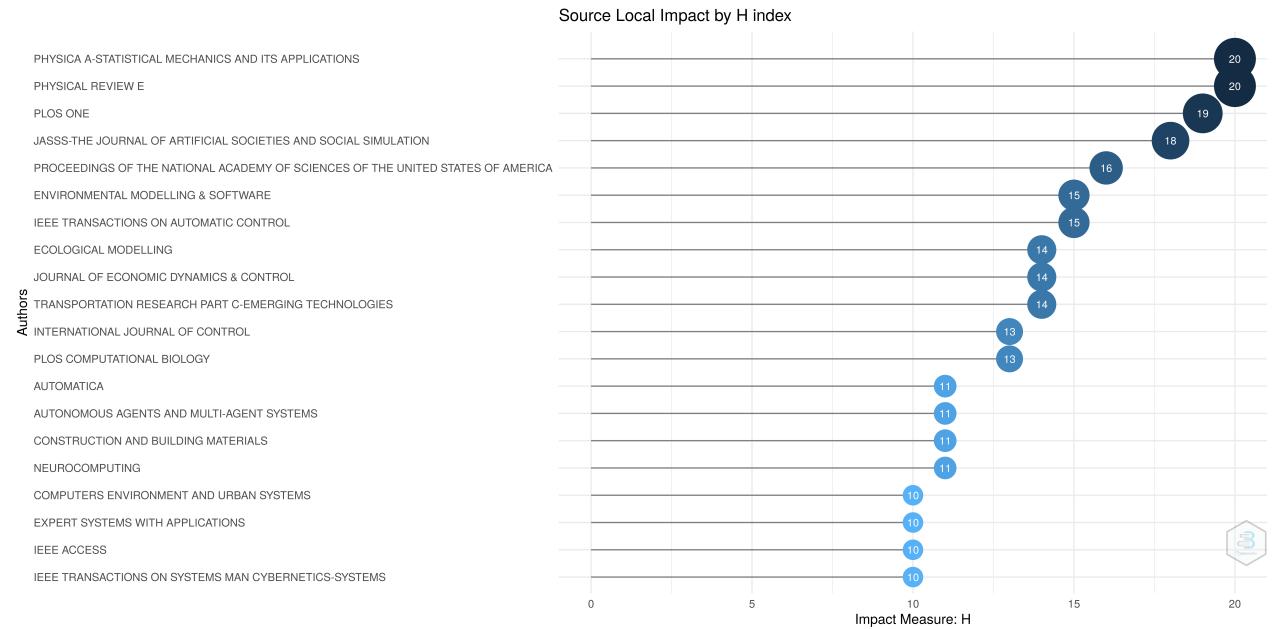


Figura 2.23: Revistas de maior impacto no *dataset* MASSA2@jhcf, conforme o índice H.

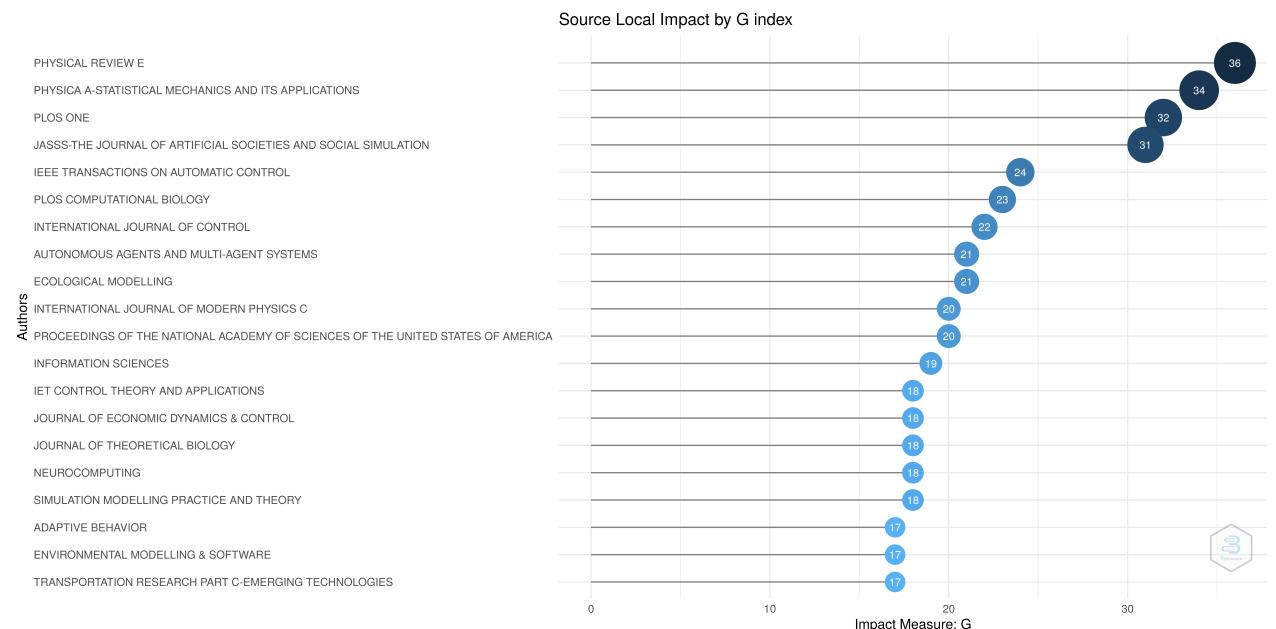


Figura 2.24: Revistas de maior impacto no *dataset* MASSA2@jhcf, conforme o índice G.

2.5. NOVA ANÁLISE DOS DADOS

CAPÍTULO 2. T4 - ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE SIMULAÇÃO MULTIAGENTE E FENÔMENOS SOCIAIS, POR JORGE FERNANDES

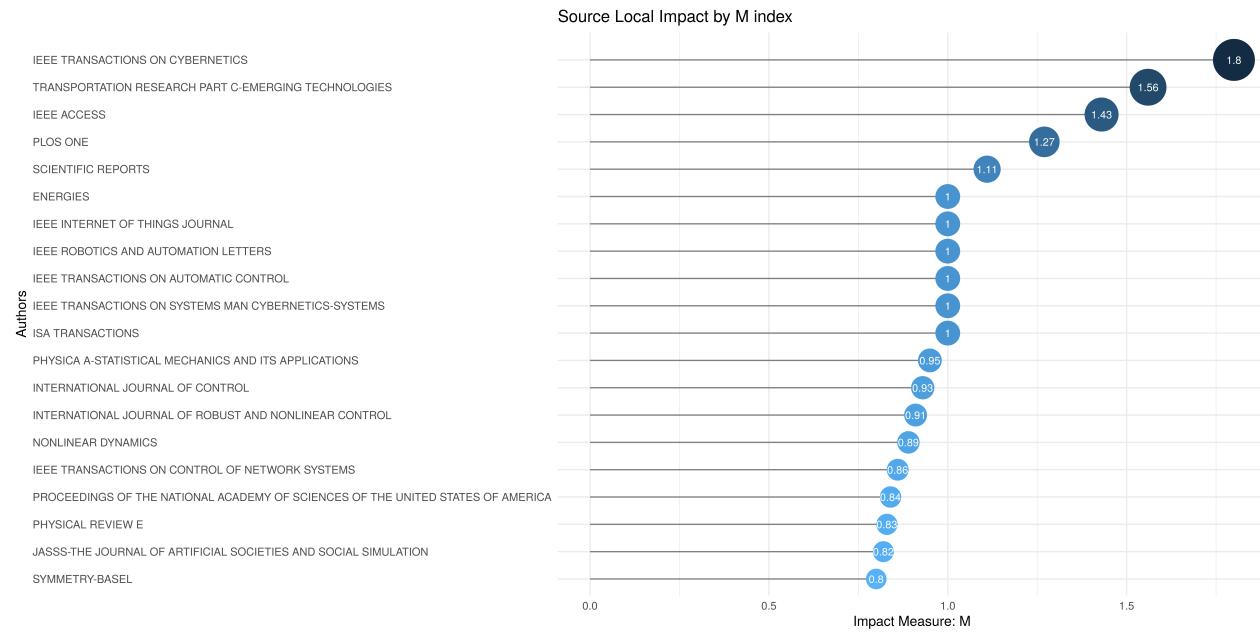


Figura 2.25: Revistas de maior impacto no dataset MASSA2@jhc, conforme o índice M.

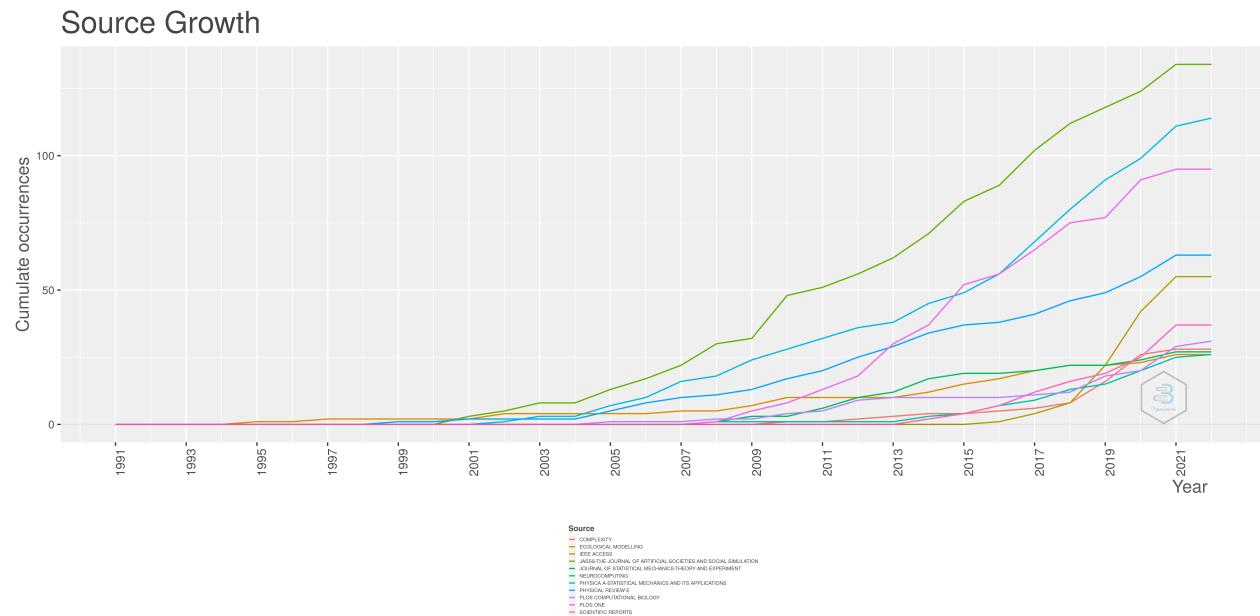


Figura 2.26: Revistas com maior volume de publicações no tema no *dataset* MASSA2@jhc, ao longo do tempo.

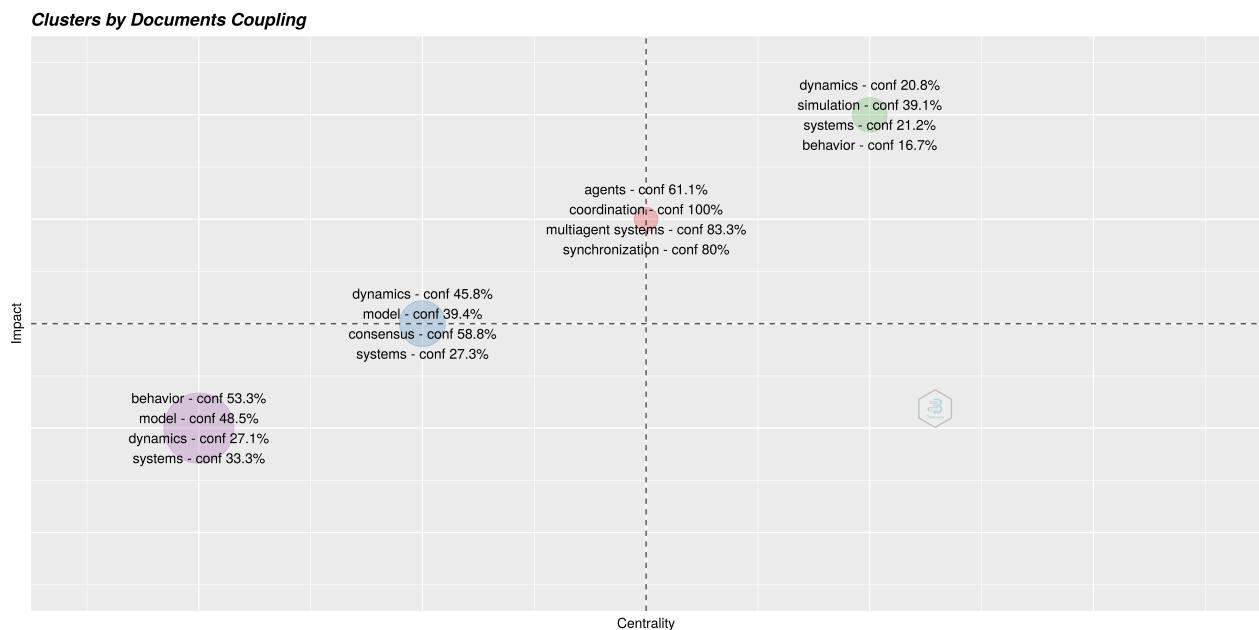


Figura 2.27: Palavras-chave mais evidentes que surgem nos clusters formados pelo Acoplamento bibliográfico entre documentos, no *dataset* MASSA2@jhcf.

2.5.5.6 Dinâmica de publicação nas fontes

2.5.6 Mapas de Acoplamento

2.5.7 Estrutura Conceitual do Conhecimento

O Conhecimento científico é um fenômeno complexo que emerge a partir da agregação memética de termos e palavras, que representam conceitos e ideias, que se organizam em tópicos, temas, e que evoluem ao longo do tempo (ver <https://en.wikipedia.org/wiki/Memetics>).

A estrutura conceitual do conhecimento pode ser produzida pela análise de relacionamento estabelecidos entre esses termos. O bibliometrix apresenta um conjunto de técnicas para evidenciar essa estrutura conceitual, e que se organizam em dois grupos:

Métricas em rede que usam grafos para representar relacionamentos entre termos, evidenciando, por meio de métricas de análise de redes sociais, como o conhecimento conceitualmente se organiza.

Análise Fatorial Que emprega métricas de redução da dimensionalidade, para explorar, usualmente em mapas bidimensionais, como os termos e palavras se relacionam.

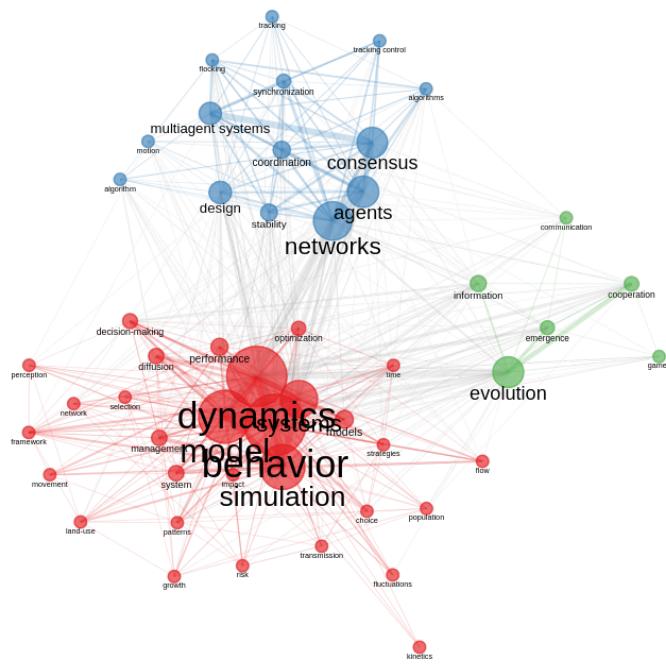


Figura 2.28: 50 palavras-chave mais evidentes, clusterizadas pela coocorrência em documentos, no *dataset MASSA2@jhcf*.

2.5.7.1 Métricas aplicadas a grafos (redes)

2.5.7.1.1 Redes de Coocorrências As redes de coocorrências apresentam importantes padrões que se formam nas publicações, e podem revelar a estrutura conceitual de uma área do conhecimento.

No Bibl shiny três tipos de redes podem ser geradas baseadas em coocorrência:

- Rede de palavras-chave, revelando quais são as palavras-chave mais comumente usadas simultaneamente em um documento, revelando os grupos de conceitos-chave. As palavras-chave podem ser as originalmente usadas pelos autores (mais variáveis) ou as usadas durante a indexação (mais padronizadas);
- Redes de palavras (ngramas) usadas de forma simultânea nos títulos dos artigos;
- Redes de palavras (ngramas) usadas de forma simultânea nos resumos dos artigos.

A figura 2.28 apresenta as 50 palavras-chave padronizadas (Keyword Plus) mais evidentes, clusterizadas pela coocorrência em documentos, no *dataset MASSA2@jhcf*.

A fim de compreender como essas palavras ocorrem em conjunto, cada cluster podem ser analisado individualmente, como evidenciam as figuras 2.29, 2.30 e 2.31.

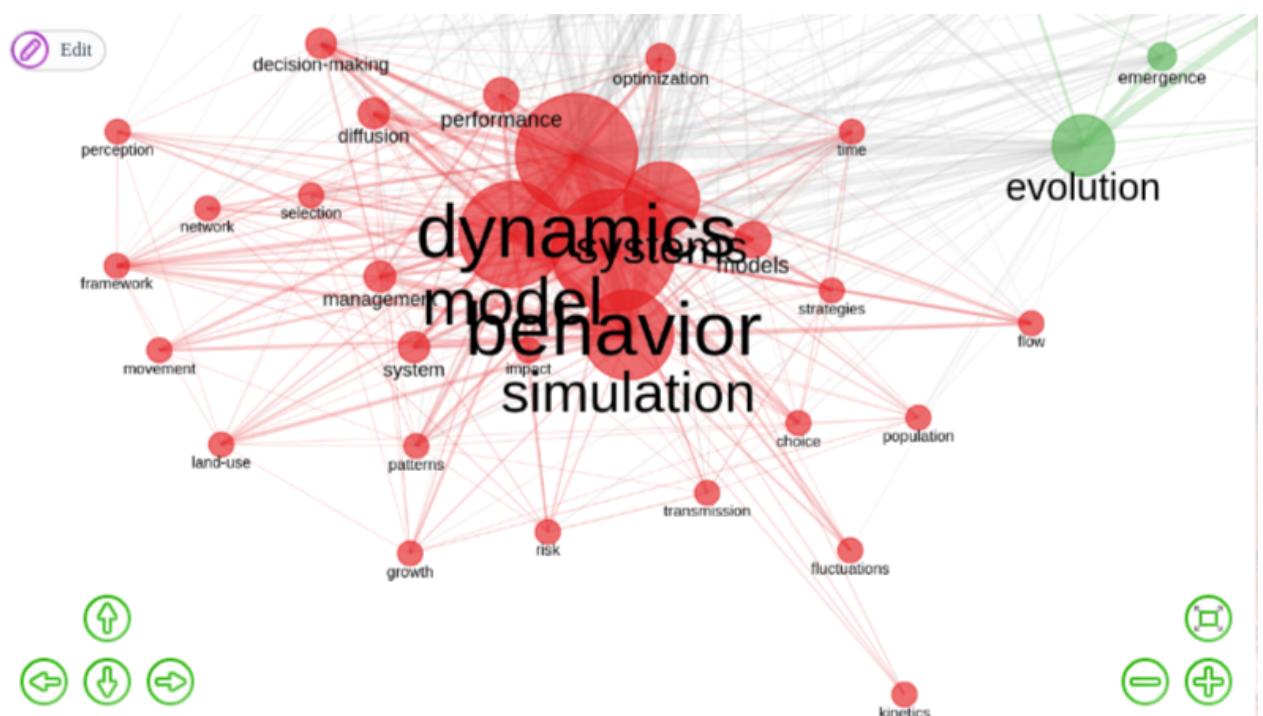


Figura 2.29: Detalhamento do cluster 1, na rede das 50 palavras-chave mais evidentes, clusterizadas pela coocorrência em documentos, no *dataset MASSA2@jhcfc*.

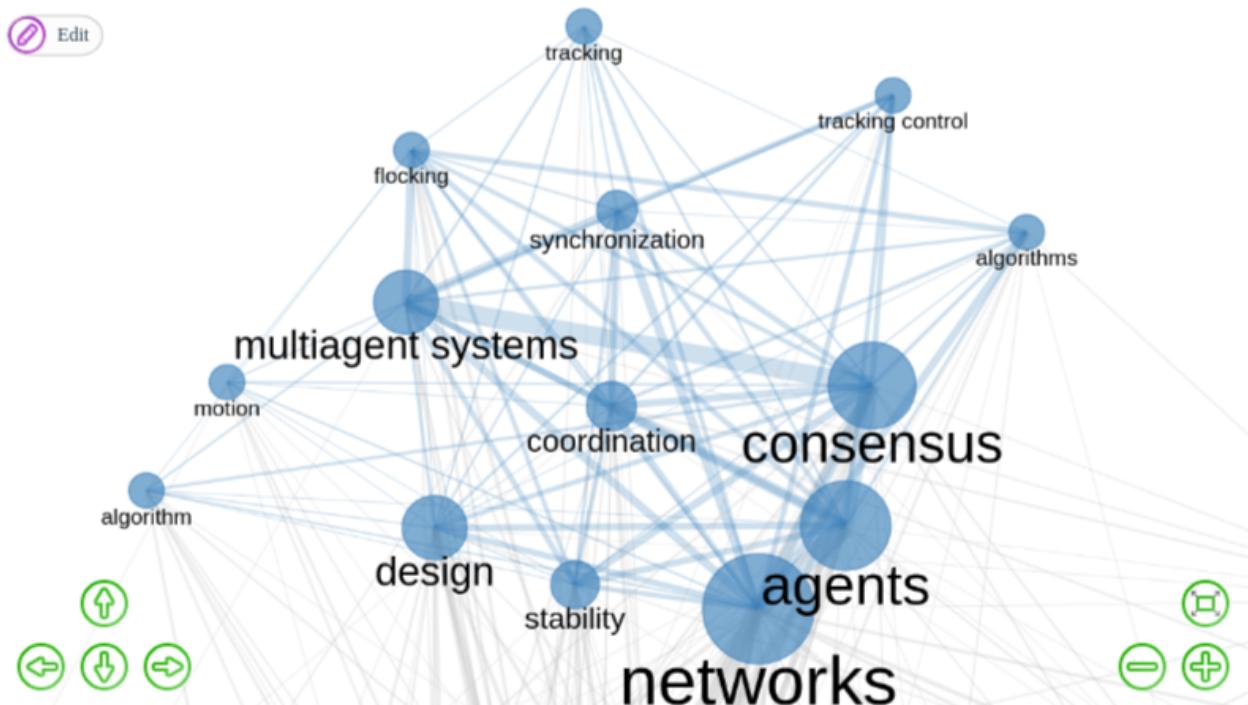


Figura 2.30: Detalhamento do cluster 2, na rede das 50 palavras-chave mais evidentes, clusterizadas pela coocorrência em documentos, no *dataset MASSA2@jhcfc*.

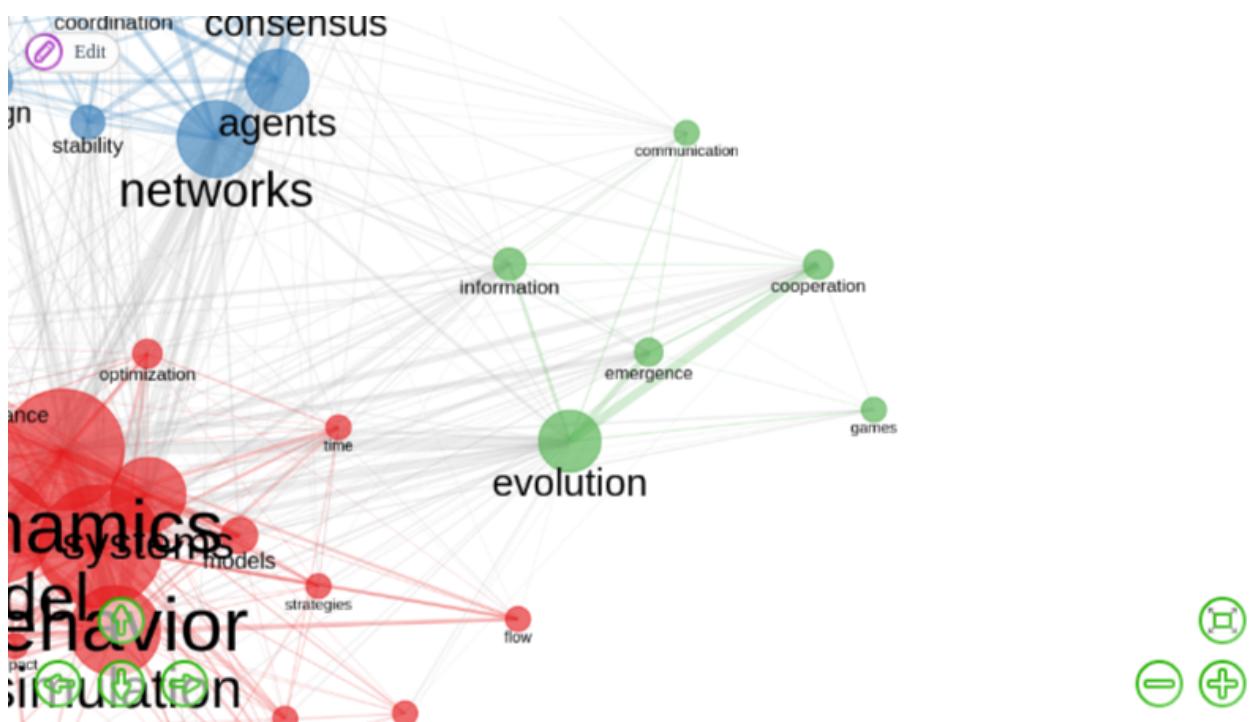


Figura 2.31: Detalhamento do cluster 3, na rede das 50 palavras-chave mais evidentes, clusterizadas pela coocorrência em documentos, no *dataset MASSA2@jhcfc*.

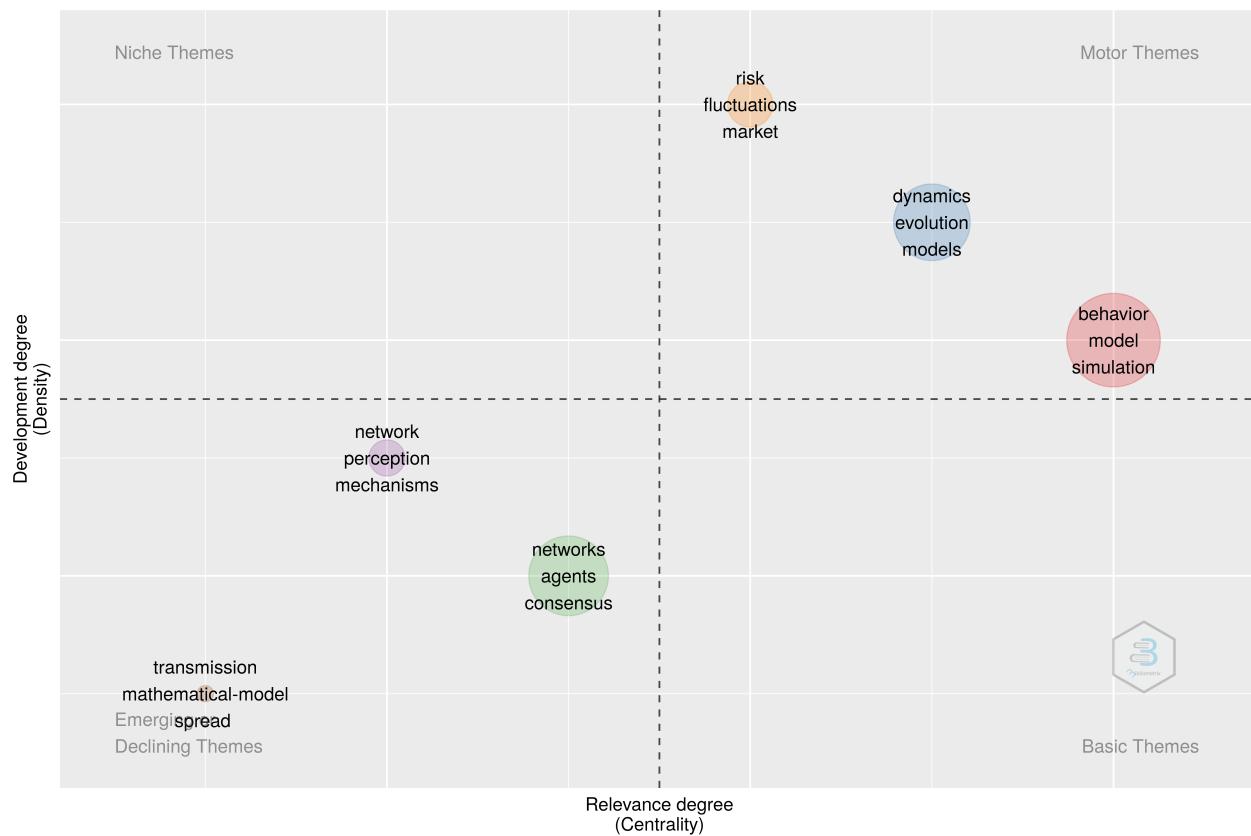


Figura 2.32: Mapa temático do *dataset* MASSA2@jhc.

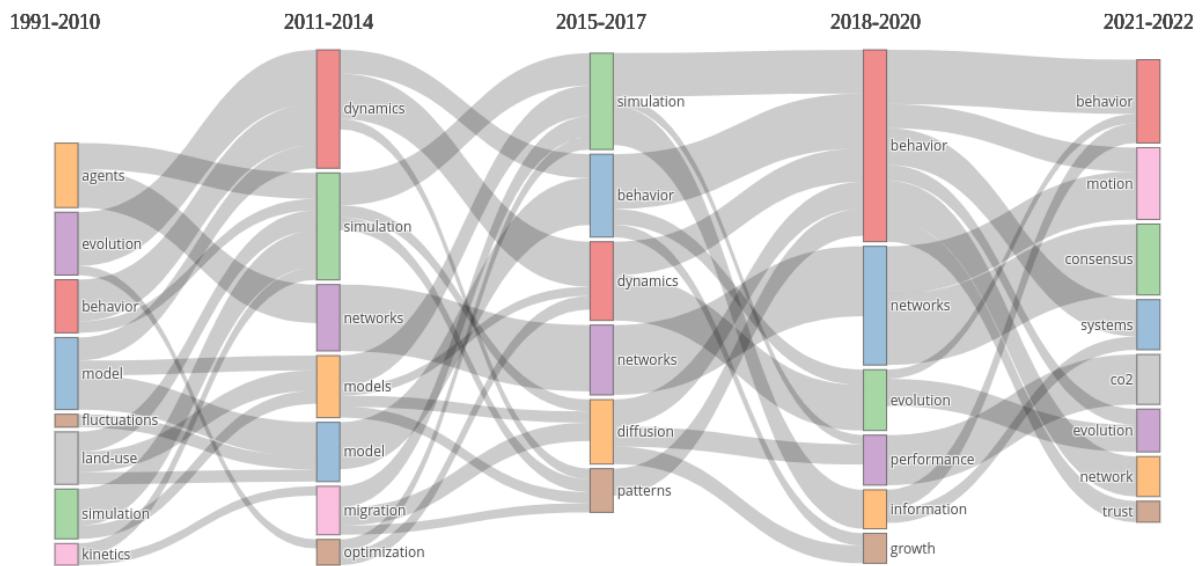


Figura 2.33: Evolução temática do *dataset MASSA2@jhcfc*.

2.5.7.1.2 Mapas Temáticos

2.5.7.1.3 Evolução Temática

2.5.7.2 Métricas de redução da dimensionalidade (Análise Fatorial)

2.5.8 Estrutura Intelectual do Conhecimento

Conhecimento científico é produzido por processos intelectuais onde autores de trabalho escolhem deliberadamente referenciar trabalhos de outros, por meio de documentos publicados, que são encaminhados para publicações em fontes de informação de sua escolha, e que evoluem ao longo do tempo.

O Bibliometrix permite exploração da estrutura intelectual do conhecimento, usando basicamente duas abordagens:

- Redes de Co-Citação, abordagem bastante comum;
- Historiografia, abordagem pouco usual.

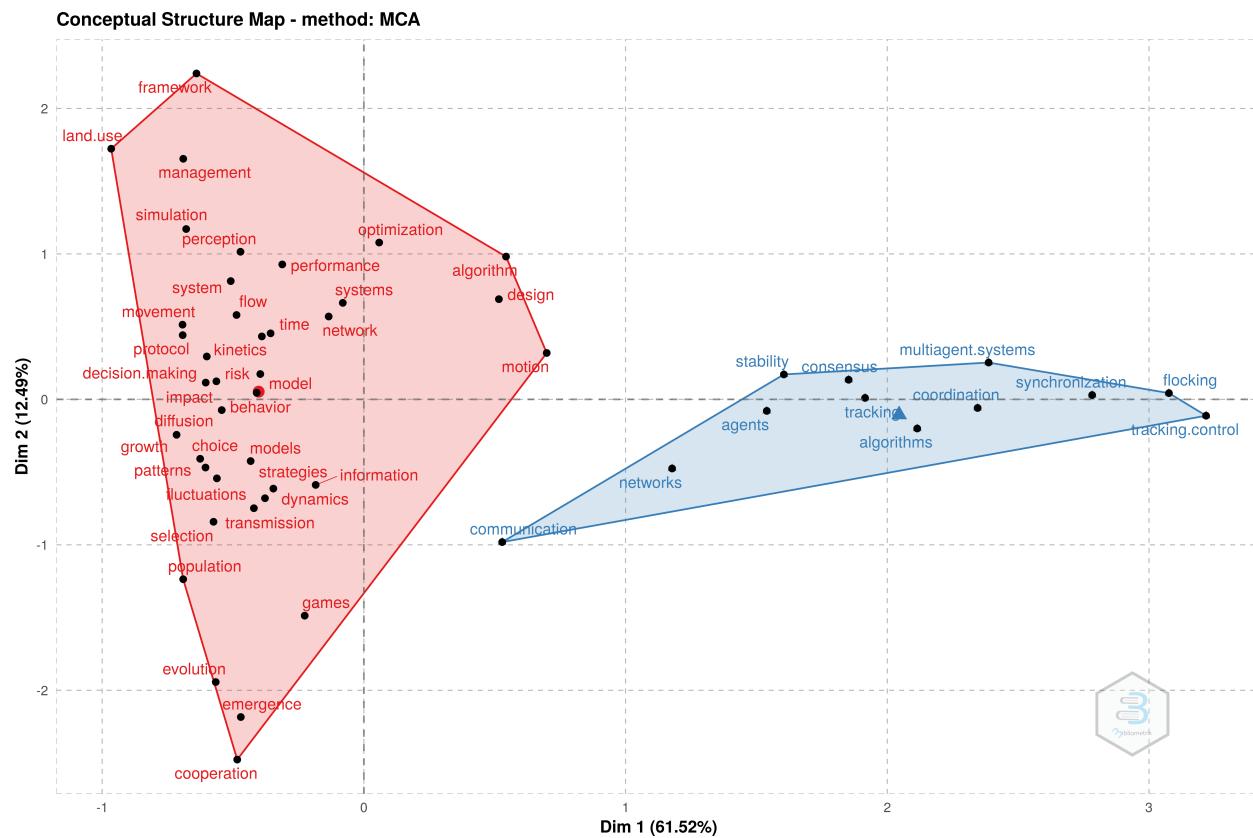


Figura 2.34: Dimensões de variabilidade mais relevantes, nas palavras-chave do *dataset* MASSA2@jhcf.

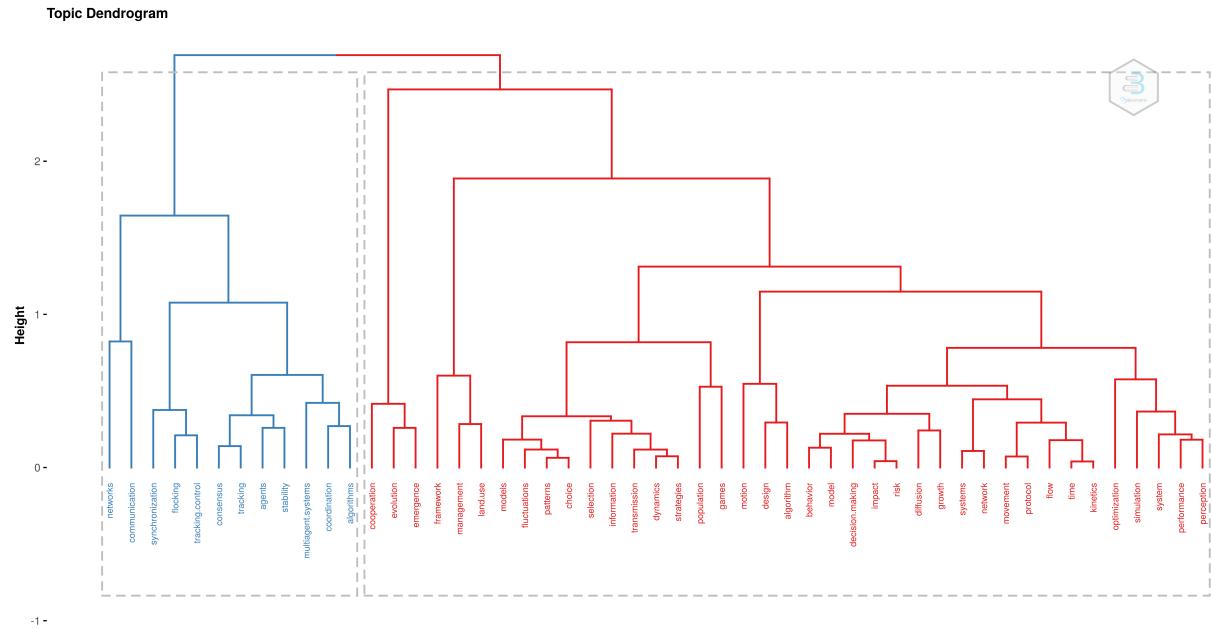


Figura 2.35: Dendograma das dimensões de variabilidade mais relevantes, nas palavras-chave do *dataset* MASSA2@jhc.

2.5.8.1 Redes de Co-Citação

2.5.8.2 Historiografia

2.5.9 Estrutura Social do Conhecimento

Conhecimento científico é produzido socialmente, por meio de autores trabalhando em conjunto, e uma estrutura de filiações a organizações permanentes ou periódicas, que realizam ou promovem pesquisas, nelas incluídos os centros de pesquisa, universidades, departamentos, institutos, faculdades, eventos, revistas, conferências, e que evoluem ao longo do tempo. A análise da estrutura social do conhecimento evidencia esses relacionamentos, que iniciam no plano pessoal, e evoluem para outros escopos.

2.5.9.1 Rede de Colaboração

2.6 Análises

A pesquisa mundial no tema da simulação multiagente de fenômenos sociais é pontuada por dois grandes temas, ilustrados de forma bastante clara no mapa de estrutura conceitual da figura 2.34, na página 75:

- (Em azul no mapa) um grupo de pesquisadores que estuda questões ligadas a sistemas de controle, em busca de compreender fenômenos de sincronização, consenso, rastre-

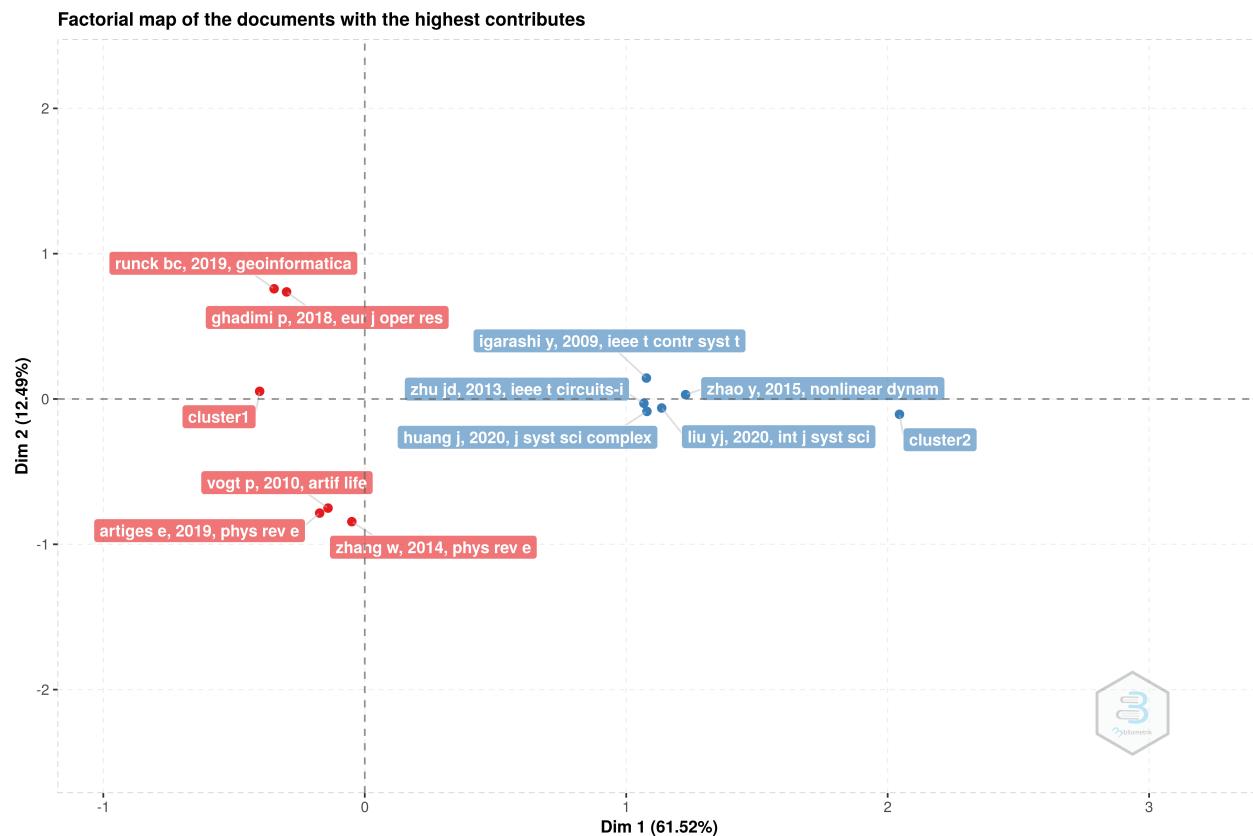


Figura 2.36: Documentos que mais contribuíram para determinar das dimensões de variabilidade mais relevantes, nas palavras-chave do *dataset* MASSA2@jhcfc.

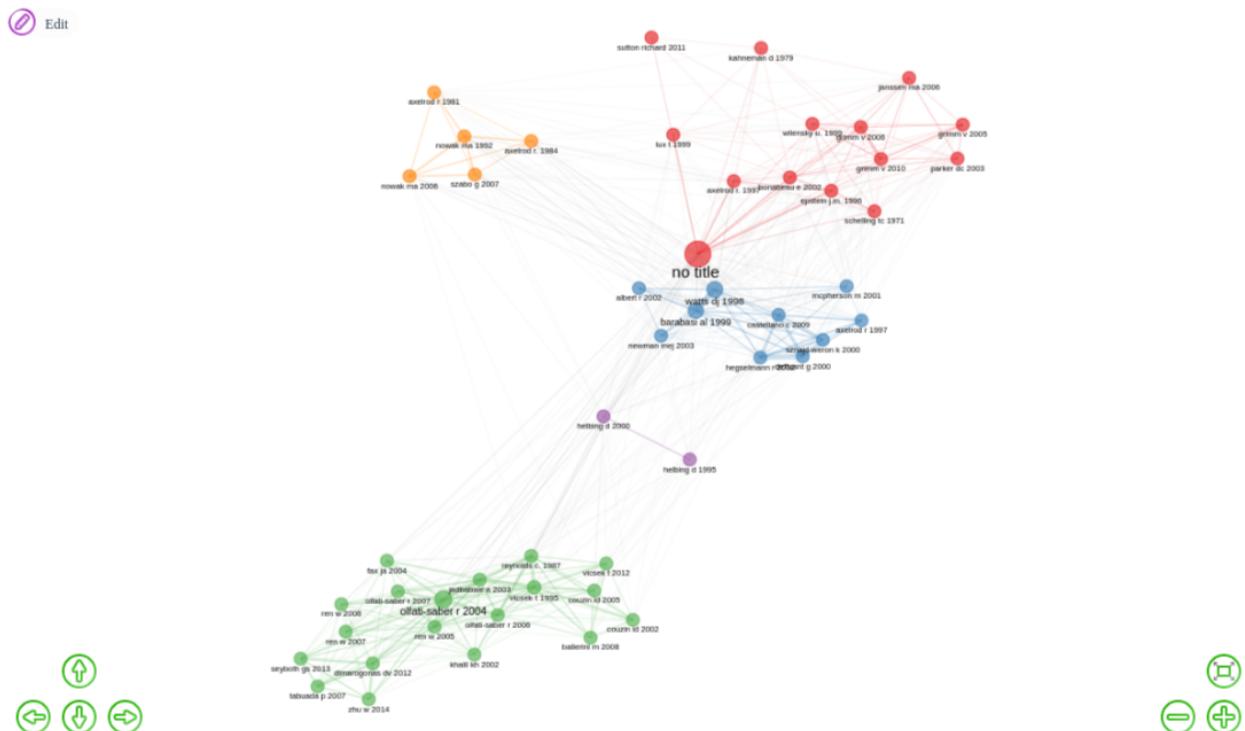


Figura 2.37: Rede de cocitação entre as 50 referências mais presentes no dataset MASSA2@jhcfc.

Historical Direct Citation Network

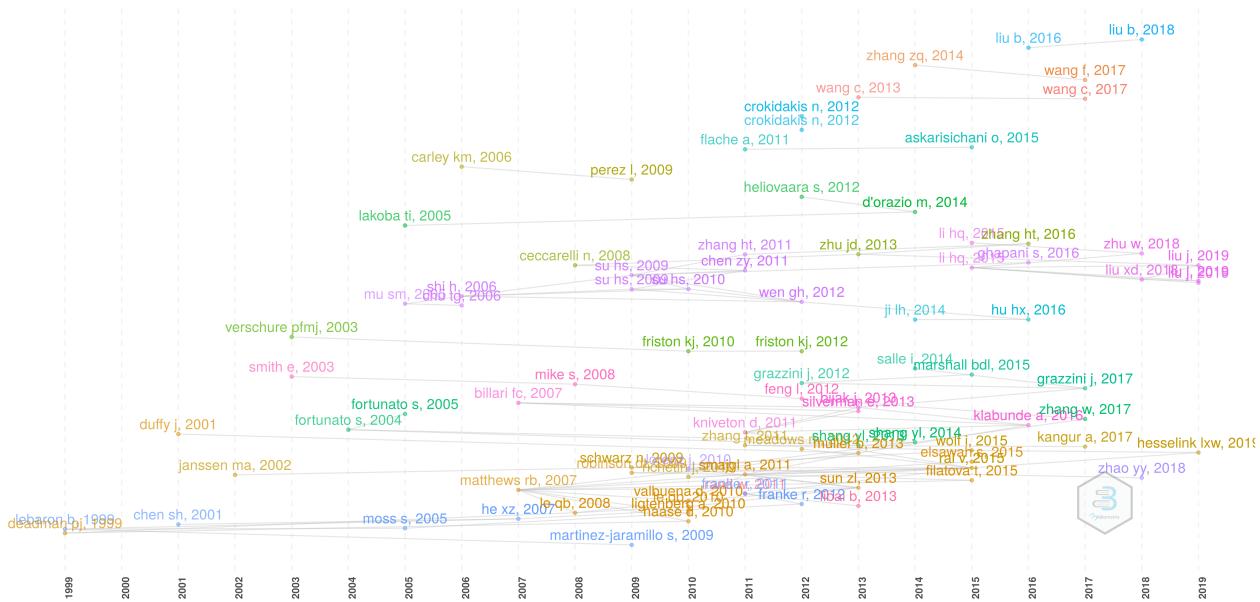


Figura 2.38: Mapa histórico das citações diretas entre os documentos mais evidentes no *dataset* MASSA2@jhcfc.

abilidade, coordenação, rastreamento de agentes artificiais, voando ou navegando em bando e se comunicando em redes com topologia variável. Parecem estar em busca de uma inteligência artificial distribuída e robotizada;

- (em vermelho no mapa) um grupo mais difuso de pesquisadores, que busca compreender a emergência de fenômenos de natureza bem mais variada, inclusive os que ocorrem em grupos sociais humanos. Esses fenômenos pode ser de cooperação, evolução, participação em jogos, crescimento, difusão de inovações, escolhas, tomadas de decisão, percepção, gerenciamento e uso da terra (no sentido geográfico), formação de preços de ativos financeiros etc. Parecem estar em busca das aplicações das leis gerais dos sistemas complexos adaptativos, bem como na investigação de novos fenômenos que expliquem a dinâmica das sociedades humanas e biológicas.

2.7 Conclusões

Este trabalho está incompleto, mas apresenta o arcabouço geral de informações que possibilitam responder às questões formuladas no início da pesquisa, em 2.1, para a qual serão apresentadas breves respostas preliminares:

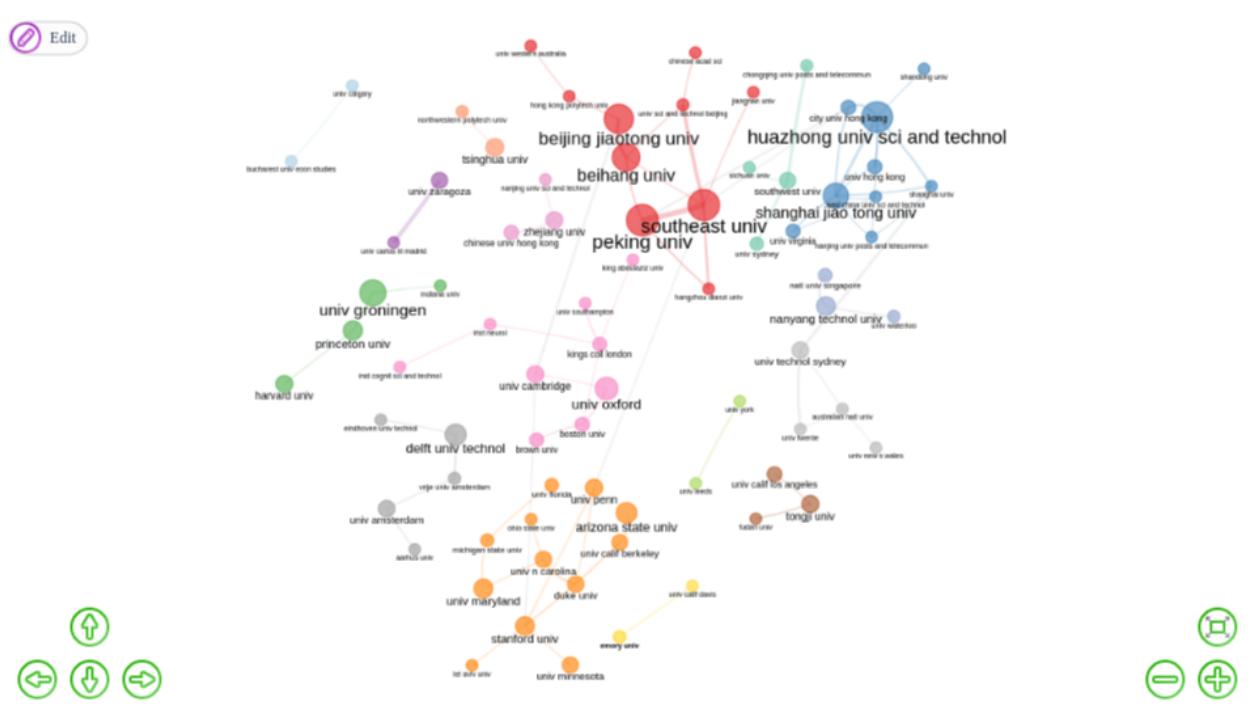


Figura 2.39: Rede de colaboração entre as 150 instituições mais evidentes, no dataset MASSA2@jhcf.

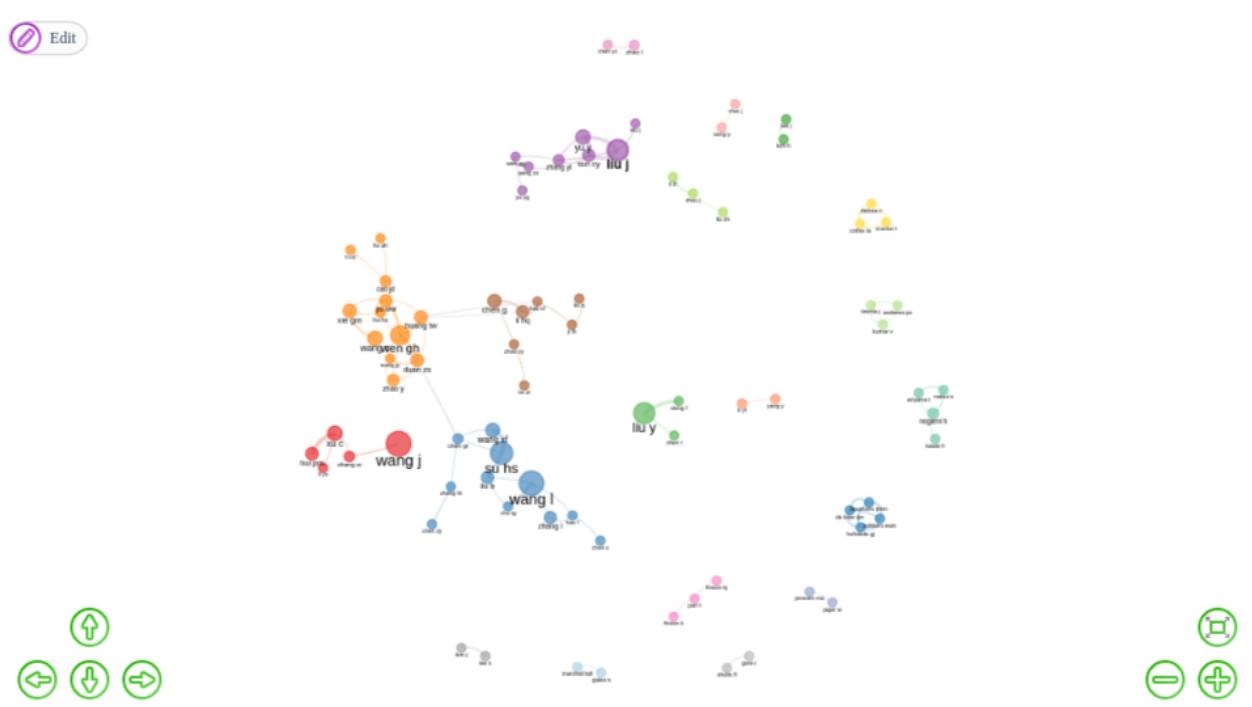


Figura 2.40: Rede de colaboração entre os 150 autores mais evidentes, no dataset MASSA2@jhcf.

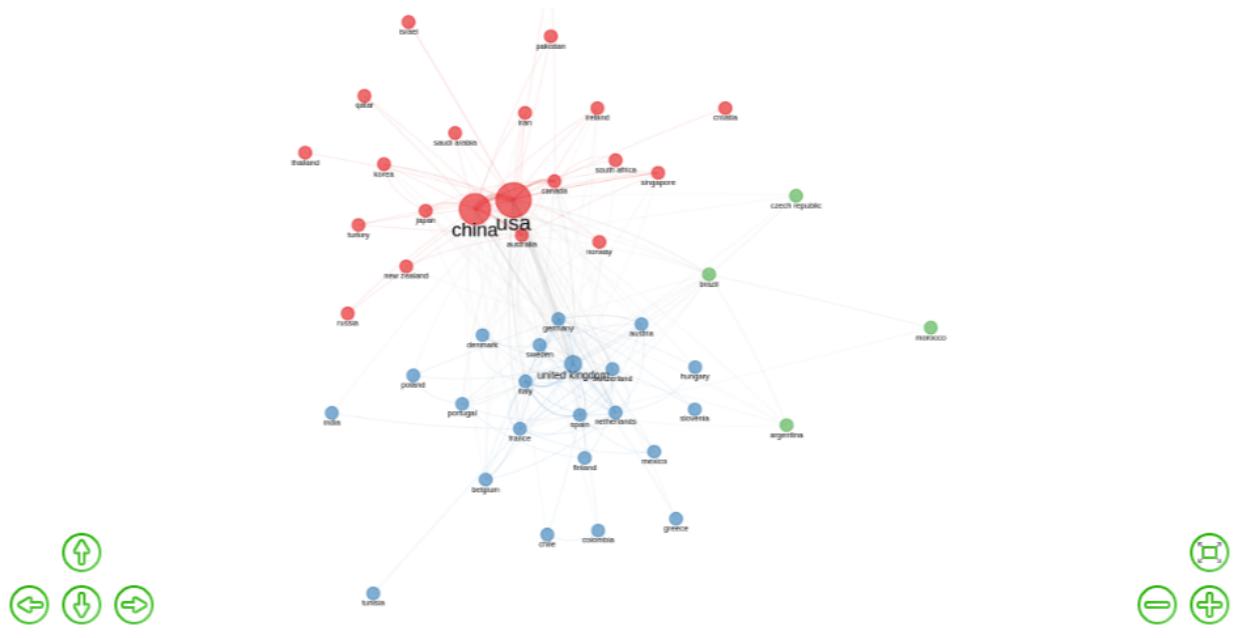


Figura 2.41: Rede de colaboração entre os 150 países, no *dataset MASSA2@jhcfc*.

2.7.1 Base de conhecimentos

Qual a base de conhecimentos científicos produzida em torno do tema simulação multiagente voltada à compreensão de fenômenos sociais, com ênfase em métodos experimentais?

Resposta: Ver, em [2.6](#), que ela se estrutura em dois grupos principais: um voltado para a inteligência artificial distribuída, baseada em agentes artificiais, como drones, possivelmente com aplicações no campo militar. O outro grupo é mais abrangente, voltado para a compreensão de fenômenos na sociedade humana, e fundamentado nos fenômenos emergentes. Tomando-se também por base os mapas [2.28](#) e seus detalhamentos em [2.29](#), [2.30](#), percebe-se que esse último grupo pode ser subdividido em dois: um de ordem mais teórica, representado pelo cluster em [2.31](#), fundamentado na evolução, possivelmente compreendida como um fenômeno emergente, e um mais aplicado, pesadamente lastreado em simulação, construção de modelos para várias áreas de aplicação.

Nota-se, com base na análise da espectroscopia mais recente das referências bibliográficas do *dataset*, summarizada em [2.12](#) entre os anos de 1971 e 2019, que a área parece atingir sua maturidade por volta do ano de 2011.

2.7.2 Fenômenos sociais

Como a simulação multiagente tem sido usada para compreender fenômenos sociais, com ênfase em métodos experimentais?

Resposta: Ver [2.6](#).

2.7.3 Termos e conceitos centrais

Quais os principais termos e conceitos ligados à frente de pesquisa no tema simulação multiagente de fenômenos sociais, com ênfase em métodos experimentais?

Resposta: Ver e explorar os mapas das figuras [2.28](#), [2.32](#), entre outros.

2.7.4 Estrutura Social da Comunidade

Qual a estrutura social da comunidade, se é que existe, que pesquisa sobre o tema simulação multiagente de fenômenos sociais, com ênfase em métodos experimentais?

Resposta: Ver e analisar os mapas das figuras [2.40](#), [2.39](#) e ??.

A rede de cocitação

Bibliografia

- ALBERT, Réka; BARABÁSI, Albert-László. Statistical mechanics of complex networks. en. *Rev. Mod. Phys.*, v. 74, n. 1, p. 47–97, jan. 2002. ISSN 0034-6861, 1539-0756. DOI: [10.1103/RevModPhys.74.47](https://doi.org/10.1103/RevModPhys.74.47). Disponível em: <<https://link.aps.org/doi/10.1103/RevModPhys.74.47>>. Acesso em: 9 fev. 2022. Citado na p. 46.
- AXELROD, Robert. The Dissemination of Culture: A Model with Local Convergence and Global Polarization. en. *Journal of Conflict Resolution*, v. 41, n. 2, p. 203–226, abr. 1997. ISSN 0022-0027, 1552-8766. DOI: [10.1177/0022002797041002001](https://doi.org/10.1177/0022002797041002001). Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0022002797041002001>>. Acesso em: 9 fev. 2022. Citado na p. 46.
- BARABÁSI, Albert-László; ALBERT, Réka. Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*, v. 286, n. 5439, p. 509, out. 1999. DOI: [10.1126/science.286.5439.509](https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509). Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/286/5439/509.abstract>>. Citado nas pp. 22, 45.
- BONABEAU, Eric. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the national academy of sciences*, v. 99, suppl_3, p. 7280–7287, 2002. Publisher: National Acad Sciences. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.082080899>. Disponível em: <<https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.082080899>>. Acesso em: 9 out. 2022. Citado nas pp. 22, 45.
- CASTELLANO, Claudio; FORTUNATO, Santo; LORETO, Vittorio. Statistical physics of social dynamics. *Rev. Mod. Phys.*, v. 81, n. 2, p. 591–646, mai. 2009. Publisher: American Physical Society. DOI: [10.1103/RevModPhys.81.591](https://doi.org/10.1103/RevModPhys.81.591). Disponível em: <<https://link.aps.org/doi/10.1103/RevModPhys.81.591>>. Citado nas pp. 22, 45.
- CHAVALARIAS, David. What's wrong with Science? *Scientometrics*, v. 110, n. 1, p. 481–503, jan. 2017. ISSN 1588-2861. DOI: [10.1007/s11192-016-2109-9](https://doi.org/10.1007/s11192-016-2109-9). Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11192-016-2109-9>>. Citado na p. 11.
- DEFFUANT, Guillaume et al. Mixing beliefs among interacting agents. en. *Adv. Complex Syst.*, v. 03, 01n04, p. 87–98, jan. 2000. ISSN 0219-5259, 1793-6802. DOI: [10.1142/S0219525900000078](https://doi.org/10.1142/S0219525900000078). Disponível em: <<https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0219525900000078>>. Acesso em: 9 fev. 2022. Citado na p. 45.

- DIMAROGONAS, D. V.; FRAZZOLI, E.; JOHANSSON, K. H. Distributed Event-Triggered Control for Multi-Agent Systems. *IEEE Trans. Automat. Contr.*, v. 57, n. 5, p. 1291–1297, mai. 2012. ISSN 0018-9286, 1558-2523. DOI: [10.1109/TAC.2011.2174666](https://doi.org/10.1109/TAC.2011.2174666). Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6068223/>>. Acesso em: 9 fev. 2022. Citado na p. 46.
- EPSTEIN, Joshua M.; AXTEL, Robert. *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*. Brookings Institution Press & Mit Press, 1996. Citado na p. 45.
- GORE, Ross; DIALLO, Saikou; PADILLA, Jose. Classifying modeling and simulation as a scientific discipline. *Scientometrics*, v. 109, n. 2, p. 615–628, nov. 2016. ISSN 1588-2861. DOI: [10.1007/s11192-016-2050-y](https://doi.org/10.1007/s11192-016-2050-y). Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11192-016-2050-y>>. Citado na p. 11.
- GRIMM, Volker; BERGER, Uta; BASTIANSEN, Finn et al. A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. *Ecological Modelling*, v. 198, n. 1, p. 115–126, set. 2006. ISSN 0304-3800. DOI: [10.1016/j.ecolmodel.2006.04.023](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.04.023). Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380006002043>>. Citado na p. 45.
- GRIMM, Volker; BERGER, Uta; DEANGELIS, Donald L. et al. The ODD protocol: A review and first update. en. *Ecological Modelling*, v. 221, n. 23, p. 2760–2768, nov. 2010. ISSN 03043800. DOI: [10.1016/j.ecolmodel.2010.08.019](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.08.019). Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030438001000414X>>. Acesso em: 9 fev. 2022. Citado nas pp. 22, 45.
- HEGSELMANN, Rainer; KRAUSE, Ulrich. Opinion dynamics and bounded confidence: models, analysis and simulation. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, v. 5, n. 3, jun. 2002. ISSN 1460-7425. Disponível em: <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/5/3/2.html>>. Citado nas pp. 22, 45.
- HELBING, Dirk; FARKAS, Illés; VICSEK, Tamás. Simulating dynamical features of escape panic. en. *Nature*, v. 407, n. 6803, p. 487–490, set. 2000. ISSN 0028-0836, 1476-4687. DOI: [10.1038/35035023](https://doi.org/10.1038/35035023). Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/35035023>>. Acesso em: 9 fev. 2022. Citado na p. 46.
- HELBING, Dirk; MOLNÁR, Péter. Social force model for pedestrian dynamics. en. *Phys. Rev. E*, v. 51, n. 5, p. 4282–4286, mai. 1995. ISSN 1063-651X, 1095-3787. DOI: [10.1103/PhysRevE.51.4282](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.51.4282). Disponível em: <<https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevE.51.4282>>. Acesso em: 9 fev. 2022. Citado na p. 46.
- JADBABAIE, A.; JIE LIN; MORSE, A.S. Coordination of groups of mobile autonomous agents using nearest neighbor rules. en. *IEEE Trans. Automat. Contr.*, v. 48, n. 6, p. 988–1001, jun. 2003. ISSN 0018-9286. DOI: [10.1109/TAC.2003.812781](https://doi.org/10.1109/TAC.2003.812781). Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1205192/>>. Acesso em: 9 fev. 2022. Citado na p. 45.

- MARX, Werner et al. Detecting the historical roots of research fields by reference publication year spectroscopy (RPYS). *Journal of the Association for Information Science and Technology*, v. 65, n. 4, p. 751–764, abr. 2014. Publisher: John Wiley & Sons, Ltd. ISSN 2330-1635. DOI: [10.1002/asi.23089](https://doi.org/10.1002/asi.23089). Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/asi.23089>>. Acesso em: 9 fev. 2022. Citado na p. 47.
- MCPHERSON, Miller; SMITH-LOVIN, Lynn; COOK, James M. Birds of a Feather: Homophily in Social Networks. en. *Annu. Rev. Sociol.*, v. 27, n. 1, p. 415–444, ago. 2001. ISSN 0360-0572, 1545-2115. DOI: [10.1146/annurev.soc.27.1.415](https://doi.org/10.1146/annurev.soc.27.1.415). Disponível em: <<https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.soc.27.1.415>>. Acesso em: 9 fev. 2022. Citado na p. 46.
- OLFATI-SABER, R. Flocking for Multi-Agent Dynamic Systems: Algorithms and Theory. en. *IEEE Trans. Automat. Contr.*, v. 51, n. 3, p. 401–420, mar. 2006. ISSN 0018-9286. DOI: [10.1109/TAC.2005.864190](https://doi.org/10.1109/TAC.2005.864190). Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1605401/>>. Acesso em: 9 fev. 2022. Citado na p. 46.
- OLFATI-SABER, R.; MURRAY, R.M. Consensus problems in networks of agents with switching topology and time-delays. *IEEE Transactions on Automatic Control*, v. 49, n. 9, p. 1520–1533, 2004. DOI: [10.1109/TAC.2004.834113](https://doi.org/10.1109/TAC.2004.834113). Citado nas pp. 22, 45.
- OLFATI-SABER, Reza; FAX, J. Alex; MURRAY, Richard M. Consensus and Cooperation in Networked Multi-Agent Systems. *Proc. IEEE*, v. 95, n. 1, p. 215–233, jan. 2007. ISSN 0018-9219. DOI: [10.1109/JPROC.2006.887293](https://doi.org/10.1109/JPROC.2006.887293). Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/4118472/>>. Acesso em: 9 fev. 2022. Citado na p. 46.
- REN, Wei; BEARD, R.W. Consensus seeking in multiagent systems under dynamically changing interaction topologies. *IEEE Trans. Automat. Contr.*, v. 50, n. 5, p. 655–661, mai. 2005. ISSN 0018-9286. DOI: [10.1109/TAC.2005.846556](https://doi.org/10.1109/TAC.2005.846556). Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1431045/>>. Acesso em: 9 fev. 2022. Citado na p. 45.
- REYNOLDS, Craig W. Flocks, Herds and Schools: A Distributed Behavioral Model. In: PROCEEDINGS of the 14th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 1987. (SIGGRAPH '87), p. 25–34. ISBN 0-89791-227-6. DOI: [10.1145/37401.37406](https://doi.org/10.1145/37401.37406). Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/37401.37406>>. Citado nas pp. 22, 45.
- RIEHMANN, P.; HANFLER, M.; FROEHLICH, B. Interactive Sankey diagrams. In: IEEE Symposium on Information Visualization, 2005. INFOVIS 2005. Out. 2005. P. 233–240. ISSN: 1522-404X. DOI: [10.1109/INFVIS.2005.1532152](https://doi.org/10.1109/INFVIS.2005.1532152). Citado na p. 27.
- SUTTON, Richard S.; BARTO, Andrew G. *Reinforcement Learning: An Introduction*. USA: Random House Publishing Group, 2014. Disponível em: <<https://web.stanford.edu/class/psych209/Readings/SuttonBartoIPRLBook2ndEd.pdf>>. Citado na p. 46.

- SZNAJD-WERON, Katarzyna; SZNAJD, Józef. Opinion evolution in closed community. en. *Int. J. Mod. Phys. C*, v. 11, n. 06, p. 1157–1165, set. 2000. ISSN 0129-1831, 1793-6586. DOI: [10.1142/S0129183100000936](https://doi.org/10.1142/S0129183100000936). Disponível em: <<https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0129183100000936>>. Acesso em: 9 fev. 2022. Citado na p. 46.
- VICSEK, Tamás et al. Novel Type of Phase Transition in a System of Self-Driven Particles. *Phys. Rev. Lett.*, v. 75, n. 6, p. 1226–1229, ago. 1995. Publisher: American Physical Society. DOI: [10.1103/PhysRevLett.75.1226](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.75.1226). Disponível em: <<https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.75.1226>>. Citado nas pp. 22, 45.
- WATTS, Duncan J.; STROGATZ, Steven H. Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature*, v. 393, n. 6684, p. 440–442, jun. 1998. ISSN 1476-4687. DOI: [10.1038/30918](https://doi.org/10.1038/30918). Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/30918>>. Citado nas pp. 22, 44.
- WIKIPEDIA. *RIS (file_format)*. English. Nov. 2017. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/RIS_\(file_format\)](https://en.wikipedia.org/wiki/RIS_(file_format))>. Acesso em: 23 nov. 2017. Citado na p. 13.
- WILENSKY, Uri. *NetLogo (and NetLogo User Manual)*. en. Center for Connected Learning e Computer-Based Modeling, Northwestern University, 1999. Disponível em: <<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>>. Citado nas pp. 22, 45.