

“System dynamics”: um estudo bibliométrico a partir de artigos disponíveis na base de dados *Web of Science*

Glauco Oliveira Rodrigues
Doutorando em Administração – PPGA - UFSM
glaucop10@redes.ufsm.br

Daniele Medianeira Rizzetti
Mestre em Getão de Organizações Públicas - UFSM
danieadm83@gmail.com

Daniel Visentini de Barcelos
Técnico em Tecnologia da Informação - UFSM
danielvisentini@ufsm

Gabrielle Fagundes Postiglioni
Mestranda do PPGAP - UFSM

Roni Storti de Barros
Doutorando em Administração – PPGA - UFSM
ronistt@gmail.com

Marcos Morgental Falkembach
Mestre em Administração de Empresas

Resumo

Este trabalho apresenta uma análise das principais informações das publicações, do tipo documental artigo, relacionadas ao tema “Dinâmica de Sistemas” – “System Dynamics”, nos últimos 10 anos. Para tanto, realizou-se uma pesquisa na base de dados *Web of Science*, portal que oferta acesso por assinatura a vários bancos de dados, disponibilizando informações diversificadas de citações para áreas acadêmicas variadas. Tal base de dados foi originalmente produzida pelo *Institute for Scientific Informantion* (ISI) e atualmente é mantida pela *Clarivate Analytics*, organização que possui e opera uma coleção de serviços disponíveis por assinatura, focando nas análises de pesquisa científica e acadêmica, nas patentes, nos padrões regulatórios, na proteção de marcas comerciais e de domínio, na inteligência farmacêutica e de biotecnologia e no gerenciamento de propriedade intelectual. O presente estudo identificou e compilou as principais informações referentes às publicações do tipo documental artigo, contendo as palavras-chave “System Dynamics” no título, durante o período decorrido entre os anos 2010 até o presente momento (2020); categorizando-as da seguinte maneira: categorias e áreas de conhecimento, autores, títulos das fontes, anos das publicações, países/regiões, organizações e idiomas destas publicações. Além disso, relacionou as publicações mais citadas com os autores que mais publicaram sobre a temática pesquisada. Sendo assim, como resultado do estudo, obteve-se um portfólio bibliográfico relevante, com critérios definidos objetivamente, e uma análise bibliométrica, com levantamento estatístico consistente, em um conjunto definido de artigos, auxiliando na gestão da informação e do conhecimento científico a respeito do tema pesquisado.

Palavras-chave: System Dynamics. Pesquisa Bibliométrica. Web of Science.

“System dynamics”: a bibliometric study from articles available in the Web of Science database

Abstract

This work presents an analysis of key information from publications, such as the article related to the topic "System Dynamics", over the past 10 years. To this end, a survey was carried out in the Web of Science database, a portal that provides subscription access to multiple databases, making available diversified information from citations to diverse academic areas. Such a database originally produced by the Institute for Scientific Information (ISI) and currently maintained by Clarivate Analytics, an organization that owns and operates a collection of services available by subscription, focusing on scientific and academic research analyzes, patents, regulatory standards, trademark and domain protection, pharmaceutical and biotechnology intelligence, and intellectual property management. The present study identified and compiled the main Information for publications of the article type, containing the keywords "System Dynamics" in the title, during the period from 2010 to now (2020); categorizing them as follows: categories and areas of knowledge, authors, source titles, years of publications, countries/regions, organizations, and languages of these publications. In addition, it listed the most cited publications with the authors who published most about the research topic. So, as a result of the study, a relevant bibliographic portfolio was obtained, with objectively defined criteria, and a bibliometric analysis, with consistent statistical survey, in a defined set of articles, assisting in the management of information and scientific knowledge about the theme being looked up.

Keywords: System Dynamics. Bibliometric Research. Web of Science

1 INTRODUÇÃO

Os conceitos empregados às palavras “dinâmica” e “sistemas” podem ser variados quando se leva em conta a área de aplicação, adicionado a isto, se considerada a expressão “dinâmica de sistemas”, a mesma também pode ser utilizada em várias áreas da ciência.

Este contexto vem ao encontro da área de aplicação com enfoque no estudo de sistemas dinâmicos sóciotecnológico-econômicos, isto é, sistemas constituídos por componentes humanos, técnicos e econômicos. Esta área ficou conhecida como dinâmica de sistemas e originou-se a partir da adaptação da engenharia de controle clássica, do Professor Jay W. Forrester do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), que, nos anos 50, interessou-se em estudar processos de negócio dinâmicos e seus impactos no sucesso ou fracasso das organizações.

Com base em sua experiência na área de controle e realimentação, o Prof. Forrester evidenciou que diversos fenômenos de realimentação dos sistemas de controle físicos, também eram encontrados em problemas de produção e operações, especialmente no que se refere à realimentação de informações para o ajuste e balanceamento do sistema de produção (STERMAN et al., 2015).

Como resultado de seus estudos, o Prof. Forrester publicou um artigo em 1958, com resultados e aceitação positivos, de tal forma que, anos mais tarde, ele publicou

um livro, intitulado “*Industrial Dynamics*”, no qual explicava com detalhes cada uma das fases do modelo de cadeia de suprimentos que foi implantada na *General Electric* (FORRESTER, 1958; 1961).

Após a publicação de tal obra, a área, que originalmente denominou-se “*Industrial Dynamics*”, passou por uma evolução, objetivando englobar outros tipos de sistemas e problemas sócio-tecnoeconômicos, além daqueles contidos no ambiente industrial tais como: problemas ambientais, problemas de planejamento urbano e econômicos. Tal evolução ocasionou a alteração da nomenclatura, passando a se chamar “*System Dynamics*” ou dinâmica de sistemas.

Desde então, a aplicação de Dinâmica de Sistemas cresceu substancialmente, abrangendo soluções a problemas de gestão de negócios e economia, indo até ecologia, fenômenos sociais e de educação. Todavia, a sua utilização ainda não é massiva na área de gestão em geral, inclusive no Brasil. A razão, está relacionada à pouca disseminação do campo nos canais de publicação científicos no País (VAZ, C.R.; MALDONADO, M.U., 2016)

Dessa forma, o presente artigo buscou responder a seguinte problemática: Quais são as principais informações das publicações, do tipo documental artigo, relacionadas ao tema “Dinâmica de Sistemas” – “*System Dynamics*”, nos últimos 10 anos? Para responder ao problema supracitado, foi definido o seguinte objetivo geral: identificar e compilar as principais informações referentes às publicações do tipo documental artigo, contendo as palavras-chave “*System Dynamics*” no título, durante o período decorrido entre os anos 2010 até o presente momento (2020).

Para o alcance do objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos para o desenvolvimento da pesquisa: a) seleção das palavras-chave adequadas; b) seleção das bases de dados; c) busca de artigos alinhados ao tema; d) identificação e categorização dos artigos da amostra selecionada em: categorias e áreas de conhecimento; autores; títulos das fontes; anos das publicações; países/regiões, organizações e idiomas destas publicações; e e) relação das publicações mais citadas com os autores que mais publicaram sobre a temática pesquisada.

O método adotado gerou como resultados, ao final do presente estudo, um portfólio bibliográfico relevante, com critérios definidos objetivamente, e uma análise bibliométrica, com levantamento estatístico consistente de um conjunto definido de artigos, para a gestão da informação e do conhecimento científico a respeito do tema de pesquisa.

Sendo assim, nos próximos capítulos deste artigo apresenta-se: um referencial teórico sobre o tema Sistemas Dinâmicos – “*System Dinamics*”, trazendo conceitos e abordando o modelamento qualitativo e quantitativo; a metodologia adotada; a análise e discussão dos resultados; as considerações finais e as referencias utilizadas para embasamento teórico do mesmo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste item é apresentado o embasamento teórico que norteou o desenvolvimento do presente estudo.

2.1 DINÂMICA DE SISTEMAS

Para Geum, Lee e Park (2014) dinâmica de sistemas é a combinação de teorias, métodos e filosofias, objetivando a análise do comportamento dos sistemas. Já, para Bueno (2013) a dinâmica de sistemas consiste num método desenvolvido para a análise das relações de causa e efeito de determinadas variáveis de um sistema, sendo ele organizacional ou social.

De acordo com Bueno (2013) a adição de informações ocasiona ações (fluxos), alterando o estado (nível) de um sistema, quando decorrido um período de tempo, gerando dois tipos de ciclos de *feedback*: o negativo (ou de equilíbrio) – no qual ocorre uma reação do sistema frente as mudanças, compensando-as; e o positivo (ou de autorreforço) – no qual o sistema amplia eventuais perturbações.

Para Vaz e Maldonado (2016) a principal premissa da dinâmica de sistemas refere-se à importância da estrutura do sistema, ou seja, dos elementos físicos, das regras de decisão e de suas inter-relações, para explicar o comportamento do sistema em estudo.

A segunda premissa da dinâmica de sistemas, de acordo com os autores anteriormente citados, está relacionada com as respostas do sistema às ações dos tomadores de decisão apresentando-se na forma da acumulação ou da redução (de matéria, energia ou informação).

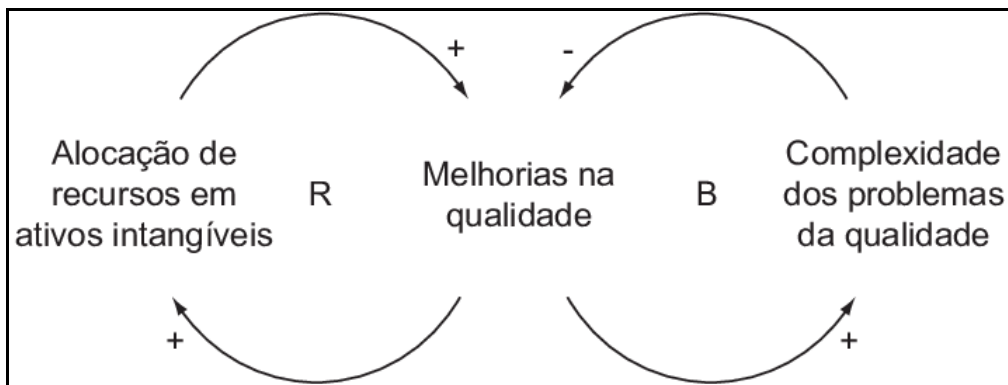
Por outro lado, conforme defendem Vaz e Maldonado (2016), a dinâmica de sistemas assume que existem vários estoques dentro de sistemas sócio-teco-econômicos, influenciando-os uns aos outros por meio dos seus fluxos e de forma dinâmica, tal afirmação refere-se à terceira premissa da dinâmica de sistemas: os processos de realimentação ou *feedback*, isto é, toda ação ou decisão eventualmente produz uma reação do sistema, alterando, portanto, o estado do sistema em estudo, sendo que os sistemas sócio-teco-econômicos são formados por mais de uma malha de realimentação, tanto positivas quanto negativas.

Por fim, a quarta e última premissa da dinâmica de sistemas, para Vaz e Maldonado (2016), diz respeito ao efeito da defasagem temporal, ou *delay*, quer dizer, a existência de uma defasagem entre as decisões e os respectivos resultados gerados pelas mesmas, influenciando de maneira dinâmica o comportamento do sistema.

2.2 MODELAMENTO QUALITATIVO E QUANTITATIVO

Segundo Vaz e Maldonado (2016) a dinâmica de sistemas auxilia na identificação das principais causas sistêmicas dos comportamentos indesejados relacionados a algum problema em estudo. Neste sentido e a partir das quatro premissas supracitadas, a dinâmica de sistemas possibilita duas formas de modelamento para compreender a estrutura física e institucional de um sistema em estudo: uma qualitativa, denominada como Diagramas de Enlace Causal ou *Causal Loop Diagrams* – CLD; e uma quantitativa, conhecida como Diagramas de Estoque e Fluxo ou *Stock And Flow Diagrams* – SFD.

Os CLD são utilizados na descrição de malhas (ou ciclos) de realimentação de um sistema e objetivam a identificação das principais malhas, negativas e/ou positivas, que alteram o comportamento. Para tanto, fazem uso de uma notação específica, que representa as relações de causa e efeito entre os elementos ou variáveis do sistema, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Exemplo de Diagrama de Enlace Causal

Fonte: Adaptado de Senge (2009).

Porém, os diagramas de enlace causal podem ficar extremamente complexos, detalhando várias inter-relações entre malhas negativas e positivas, impossibilitando prever o comportamento do sistema, devido ao número e à influência específica de cada uma das malhas de realimentação. É neste caso que se faz necessária a utilização de ferramentas de análises quantitativas, ou seja, os Diagramas de Estoque e Fluxo – SFD.

Para Vaz e Maldonado (2016) os Diagramas de Estoque e Fluxo (SFD) baseiam-se na matemática diferencial e na construção de sistemas de equações diferenciais resolvidos com o auxílio de softwares específicos para este fim, tais como: o STELLA/iThink® da *Isee Systems* e o Vensim® da *Ventana Systems*.

Tais sistemas de equações, que são resolvidos pelos softwares por meio de métodos numéricos, são compostos por variáveis de nível (estoques), de taxas (fluxos) e de tempo e suas relações, gerando o comportamento dinâmico e não linear do sistema.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente estudo é apresentada sob um prisma de sete dimensões, sendo elas: natureza do objetivo; natureza da pesquisa; coleta de dados; abordagem do problema; resultados; população e amostra; e instrumento de intervenção.

Quanto à natureza do objetivo, esta pesquisa classifica-se como exploratória, pois se constitui em um levantamento sobre o tema em estudo. Para Gonçalves (2014) a pesquisa exploratória busca a descoberta, o achado, a elucidação de fenômenos ou a explicação daqueles que não eram aceitos apesar de evidentes e, atualmente, sua utilização pode ser um importante diferencial competitivo frente à concorrência.

Ainda, pode-se classificar este estudo como descritivo, pois descreve os procedimentos seguidos e resultados obtidos. Neste tipo de estudo é normal os pesquisadores possuírem um amplo conhecimento do objeto de estudo, com base em resultados de outras pesquisas (GIL, 1999; CERVO; BERVIAN, 2002).

Em relação à natureza da pesquisa, pode-se classificar o referido trabalho como levantamento teórico/ilustrativo, pois busca a reflexão sobre o problema, além de apresentar uma aplicação prática com base em um processo estruturado.

Sobre a coleta de dados, o presente estudo é realizado por meio de pesquisas em dados secundários, que se constituem em artigos científicos disponibilizados gratuitamente nas bases de dados indexadas ao Portal *Web of Science*.

Já, em relação à abordagem do problema, a pesquisa pode ser classificada como qualitativa, no que se refere à estrutura de coleta de dados secundários e sua respectiva análise quanto à permanência ou não no portfólio bibliográfico. Assim como, quantitativa, quando se trata da análise bibliométrica do conjunto de artigos obtidos.

Quanto aos resultados obtidos, a pesquisa é denominada como aplicada, pois os dados são coletados por meio de procedimentos estruturados e analisados seguindo também uma metodologia estruturada.

Ainda, é considerada como população da presente pesquisa, toda publicação científica do tipo documental “artigo”, que abarque o tópico pesquisado, disponível no Portal *Web of Science*. Sendo que, a amostra do referido estudo é composta pelas publicações do tipo documental “artigo”, classificadas nas dez primeiras posições, por ordem decrescente de contagem de registros, disponibilizadas na Coleção Principal, do *Web of Science*.

Por fim, quanto ao instrumento de coleta de dados, esta pesquisa utiliza a metodologia ProKnow-C (*Knowledge Development Process – Constructivist*) proposta pelo LabMCDA (Laboratório de Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão), composta por quatro fases: 1) seleção do portfólio bibliográfico; 2) análise bibliométrica; 3) análise sistêmica; e 4) alcance dos objetivos da pesquisa.

Para Vaz e Maldonado (2016), a seleção do portfólio bibliográfico, que proporcionará a revisão de literatura, é composta por uma sequência de procedimentos, que vão desde a definição dos mecanismos de busca de artigos científicos até a filtragem dos mesmos.

Neste sentido, tal sequência pode ser resumida nas seguintes fases:

a) Definição dos eixos de pesquisa: estabelecimento do tema que determinará o estudo.

b) Determinação das palavras-chave: palavras representativas do tema em estudo, que serão utilizadas nos mecanismos de busca, para obtenção dos artigos científicos. De acordo com Vaz e Maldonado (2016) essa pode não ser um atividade corriqueira, já que é por meio dela que se definem os artigos que serão escolhidos para análise e os que serão excluídos. Sendo que, nas próximas fases, o pesquisador verificará se as palavras escolhidas, de fato, conseguiram selecionar os artigos científicos relevantes. Caso não se obtenha sucesso, o processo deverá ser refeito, por meio da seleção de novas palavras-chave.

c) Inserção das palavras-chave selecionadas nas ferramentas de busca de publicações científicas: essa etapa poderá ser feita de maneira isolada ou combinada, sendo necessário escolher quais bases de dados utilizar, pois existem diversas, armazenando os periódicos. Esta seleção será feita pelo pesquisador, por meio da avaliação de quais bases possuem publicações mais consistentes a respeito do tema em estudo. Caso o pesquisador não consiga determinar quais as melhores bases de dados, ele poderá realizar a busca em diversas e observar as que apresentam maior representatividade, isto é, as que ofertam maior quantitativo de publicações na área de interesse. E, então, optar pelas bases de dados que serão utilizadas no estudo.

d) Obtenção dos resultados: os resultados obtidos poderão ser exportados para um software de gerenciamento bibliográfico, facilitando a manipulação das informações e a padronização no formato de apresentação.

Sendo assim, com a obtenção desses resultados, a seleção do portfólio bibliográfico estará cumprida, gerando a revisão de literatura e o conteúdo necessário para a análise bibliométrica, que segundo Ensslin et al (2010) objetiva evidenciar informações por meio da análise e quantificação de suas características, a análise sistêmica e o atingimento dos objetivos propostos nesta pesquisa.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para identificar e compilar as principais informações referentes às publicações do tipo documental artigo, contendo as palavras-chave “*System Dynamics*” no título, durante o período decorrido entre os anos 2010 até o presente momento (2020), objetivo geral que norteou o presente estudo, os seguintes objetivos específicos foram satisfeitos: a) seleção das palavras-chave adequadas para a pesquisa; b) seleção das bases de dados relativas ao tema de pesquisa; c) busca de artigos alinhados ao tema pesquisado; d) identificação e categorização dos artigos da amostra selecionada em: categorias e áreas de conhecimento; autores; títulos das fontes; anos das publicações; países/regiões, organizações e idiomas destas publicações; e e) relação das publicações mais citadas com os autores que mais publicaram sobre a temática pesquisada.

Dessa forma, a seguir, apresentam-se os resultados do presente estudo, que além de alcançarem todos os objetivos propostos, também responderam ao problema da pesquisa – Quais são as principais informações das publicações, do tipo documental artigo, relacionadas ao tema “Dinâmica de Sistemas” – “*System Dynamics*”, nos últimos 10 anos? Tais resultados foram analisados, discutidos e organizados por meio das etapas que serão apresentadas nas próximas seções.

4.1 SELEÇÃO DAS PALAVRAS-CHAVE

Para realizar a presente pesquisa foram definidas as seguintes palavras-chave: *System Dynamics*, escritas entre aspas, para retornar a expressão exata. Além disso, a busca foi realizada por meio do campo “título”, que traz todas as publicações de periódicos, conferências, livros ou capítulos de livro, que contenham tais palavras em seus títulos. Como resultado de tal busca foram apresentadas 3.700 publicações, no intervalo de tempo estipulado entre os anos 2000 a 2020.

4.2 SELEÇÃO DAS BASES DE DADOS

A base de dados utilizada para o presente estudo foi a *Web of Science*, Coleção Principal, da *Clarivate Analytics*. Tal base permite acesso a referências e resumos em todas as áreas do conhecimento, disponibilizando ferramentas para análise de citações, referências, índice h e possibilitando a realização de análises bibliométricas. A Coleção Principal oferece a possibilidade de consulta a cinco coleções, são elas: *Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)*, disponível desde 1945 até o presente; *Social Sciences Citation Index (SSCI)*, disponível desde 1956 até o presente; *Arts & Humanities Citation Index (A&HCI)*, disponível desde 1975 até o presente; *Conference Proceedings Citation Index- Science (CPCI-S)*, disponível desde 1991 até o presente; e *Conference*

Proceedings Citation Index - Social Science & Humanities (CPCI-SSH), disponível desde 1991 até o presente; totalizando aproximadamente 12.000 periódicos.

4.3 BUSCA DE ARTIGOS ALINHADOS AO TEMA PESQUISADO

Conforme o estabelecido no problema e nos objetivos desta pesquisa, as publicações analisadas são do tipo documental artigo. Para isto, foi definido no campo “Tipos de documento” o tipo “ARTICLE”, gerando um resultado de 2.038 publicações que foram classificadas como artigos.

4.3.1 Identificação e categorização dos artigos da amostra selecionada

Os 2.038 artigos selecionados foram considerados como a população do presente estudo, tais publicações foram agrupadas e classificadas, gerando um conjunto de dados que possibilitou a extração das principais informações das mesmas. Essas informações foram categorizadas da seguinte maneira: categorias e áreas de conhecimento; autores; títulos das fontes; anos das publicações; e países/regiões, organizações e idiomas destas publicações.

Logo após, foi definida a amostra da presente pesquisa, que se constitui nos dez primeiros artigos classificados, em ordem decrescente de contagem de registros, sendo que, a contagem mínima de registros considerados foi igual a um registro.

4.3.2 Categorias e Áreas de Conhecimento do Web Of Science

A todos os periódicos e livros cobertos pela principal coleção do *Web of Science* são atribuídas pelo menos uma categoria de assunto. Neste sentido, como resultado da presente pesquisa obteve-se as categorias conforme demonstra o Quadro 2. Ao analisar tal quadro percebe-se que as categorias com maior destaque são: Ciências Ambientais e Gestão. Estes resultados são ratificados pelas áreas de conhecimento que obtiveram destaque no ranking, abordando a temática “*System Dynamics*”, que são: Engenharias, Economia/Negócios e Ciências Ambientais/Ecologia, de acordo com a Tabela 2.

Ressalta-se que nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os dez primeiros classificados, por ordem decrescente de contagem de registros e que a contagem mínima de registros considerada foi igual a um registro.

Tabela 1 – Categorias do Web of Science

Campo: Categorias do Web of Science	Contagem do Registro	% de 2.038
<i>ENVIRONMENTAL SCIENCES</i>	318	15,604%
<i>MANAGEMENT</i>	301	14,769%
<i>OPERATIONS RESEARCH MANAGEMENT SCIENCE</i>	148	7,262%
<i>ENGINEERING ENVIRONMENTAL</i>	133	6,526%
<i>GREEN SUSTAINABLE SCIENCE TECHNOLOGY</i>	130	6,379%
<i>ENERGY FUELS</i>	111	5,447%
<i>WATER RESOURCES</i>	110	5,397%
<i>ENGINEERING CIVIL</i>	107	5,250%
<i>COMPUTER SCIENCE INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS</i>	103	5,054%
<i>ENVIRONMENTAL STUDIES</i>	103	5,054%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2 – Áreas de Conhecimento

Campo: Áreas	Contagem do Registro	% de 2.038
ENGINEERING	612	30,029%
BUSINESS ECONOMICS	398	19,529%
ENVIRONMENTAL SCIENCES ECOLOGY	374	18,351%
COMPUTER SCIENCE	216	10,599%
SCIENCE TECHNOLOGY OTHER TOPICS	190	9,323%
OPERATIONS RESEARCH MANAGEMENT SCIENCE	148	7,262%
ENERGY FUELS	111	5,447%
WATER RESOURCES	110	5,397%
MATHEMATICAL METHODS IN SOCIAL SCIENCES	103	5,054%
PHYSICS	95	4,661%

Fonte: Elaborado pelos autores

4.3.3 Autores

A Tabela 3 apresenta os dez autores que mais publicaram sobre o tema “*System Dynamics*”, desconsiderando as publicações não assinadas. Nota-se uma multiplicidade e diversidade quanto à autoria dos trabalhos, já que uma grande quantidade de autores publicou um número pequeno de artigos sobre a temática. O autor classificado em primeiro lugar tem 13 publicações relacionadas ao tema pesquisado, e faz uso das seguintes denominações: *Li, Ying; Li Ying-Qiu; e Li Yingqiu*. Tal autor faz parte da organização *Chinese Academy of Engineering Physics*.

Tabela 3 – Autores

Campo: Autores	Contagem do Registro	% de 2.038
LI Y	13	0,638%
WOO TH	11	0,540%
GROSSLER A	10	0,491%
BRENT AC	9	0,442%
KOPAINSKY B	9	0,442%
MUSANGO JK	9	0,442%
SIMONOVIC SP	9	0,442%
WANG J	9	0,442%
BLUMBERGA A	8	0,393%
CIEPAL I	8	0,393%

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3.4 Títulos das Fontes

A Tabela 4 apresenta as principais fontes de publicações de artigos relacionados à temática “*System Dynamics*”. Ao analisar tais informações, nota-se que a maior parte dos estudos referentes ao tema em questão foi publicada nos periódicos: *System Dynamics Review*, *System Research and Behavioral Science* e *Journal of Cleaner Production*.

Tabela 4 – Títulos das Fontes

Campo: Títulos das Fontes	Contagem do Registro	% de 2.038
<i>SYSTEM DYNAMICS REVIEW</i>	100	4,907%
<i>SYSTEMS RESEARCH AND BEHAVIORAL SCIENCE</i>	56	2,748%
<i>JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION</i>	52	2,552%
<i>SUSTAINABILITY</i>	38	1,865%
<i>ENERGY POLICY</i>	25	1,227%
<i>PHYSICAL REVIEW A</i>	22	1,079%
<i>KYBERNETES</i>	21	1,030%
<i>ENERGY</i>	20	0,981%
<i>WATER RESOURCES MANAGEMENT</i>	19	0,932%
<i>INTERNATIONAL JOURNAL OF SYSTEM DYNAMICS APPLICATIONS</i>	18	0,883%

Fonte: Elaborado pelo autores.

4.3.5 Ano das publicações

No período compreendido entre 2010 a 2020, constatou-se que o quantitativo de artigos publicados aumentou gradativamente. A Tabela 5 apresenta a evolução dos trabalhos publicados por ano, contendo as palavras-chave “*System Dinamics*” em seus títulos, tal evolução demonstra que o estudo sobre a referida temática é emergente tendo em vista a busca por soluções a problemas que vão desde a gestão de negócios e economia, até a ecologia, fenômenos sociais e de educação, por exemplo.

Tabela 5 – Anos das Publicações

Campo: Ano	Contagem do Registro	% de 2.038
2019	287	14,082%
2018	259	12,709%
2017	215	10,550%
2015	172	8,440%
2016	166	8,145%
2014	119	5,839%
2013	117	5,741%
2012	92	4,514%
2011	73	3,582%
2010	70	3,435%

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3.6 Países/Regiões, Organizações e Idiomas das Publicações

A Tabela 6 explicita a liderança no ranking de publicações por parte dos Estados Unidos da América, seguidos pela República da China e pela Inglaterra. Dessa forma, constata-se também que a maioria das Organizações que possuem pesquisas relacionadas à temática “*System Dinamics*” encontra-se nesses países, conforme demonstrado pela Tabela 7. Além disso, corroborando com os países que mais publicaram sobre a temática, o idioma inglês se sobressai com 2.014 publicações, totalizando 98,8% do total dos estudos publicados, de acordo com o exposto na Tabela 8.

Tabela 6 – Países/Regiões das Publicações

Campo: Países/Regiões	Contagem do Registro	% de 2.038
EUA	462	22,669%
CHINA	413	20,265%
INGLATERRA	163	7,998%
CANADÁ	115	5,643%
ALEMANHA	110	5,397%
IRÃ	110	5,397%
AUSTRÁLIA	96	4,711%
CORÉIA DO SUL	80	3,925%
ITALIA	77	3,778%
TAIWAN	60	2,944%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 7 – Organizações

Campo: Organizações	Contagem do Registro	% de 2.038
<i>CHINESE ACADEMY SCIENCE</i>	30	1,472%
<i>NORTH CHINA ELECT POWER UNIVERSITY</i>	27	1,325%
<i>SEOUL NATL UNIVERSITY</i>	27	1,325%
<i>MIT</i>	26	1,276%
<i>UNIVENSITY BERGEN</i>	23	1,129%
<i>UNIVERSITY TEHRAN</i>	20	0,981%
<i>BEIJING NORMAL UNIVERSITY</i>	18	0,883%
<i>IRAN UNIVERSITY SCIENCE TECHNOLOGY</i>	18	0,883%
<i>TEXAS A M UNIVERSITY</i>	18	0,883%
<i>UNIVERSITY ILLINOIS</i>	18	0,883%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 8 – Idiomas

Campo: Idiomas	Contagem do Registro	% de 2.038
INGLÊS	2.014	98,822%
ESPAÑHOL	9	0,442%
PORTUGUÊS	5	0,245%
COREANO	4	0,196%
RUSSO	2	0,098%
CROATA	1	0,049%
TCHECO	1	0,049%
ALEMÃO	1	0,049%
MALAIO	1	0,049%
POLONÊS	1	0,049%

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3.7 Publicações mais Citadas

A Tabelas 9 e o Quadro 1 apresentam os dez artigos mais citados em pesquisas sobre “*System Dynamics*”, organizados por ordem decrescente de contagem de registros e a contagem mínima de registros considerada foi igual a um registro. Além

do total geral de citações que cada publicação obteve durante o período de dez anos, também é possível identificar, por meio de tais quadros, a média de citação por ano, assim como, o quantitativo de citações por cada ano. Além disso, são apresentados os autores, as fontes e os anos de tais publicações. Neste sentido, os artigos que se destacaram foram os seguintes: 1) Modelo geral para representar turbinas eólicas de velocidade variável em simulações de dinâmica de sistemas de potência; 2) Modelagem de dinâmica de sistemas para saúde pública: antecedentes e oportunidades; 3) Modelagem de dinâmica de sistemas: ferramentas para aprender em um mundo complexo; 4) Desembaraço e descoerência pela dinâmica do sistema aberto; 5) Previsão da geração de resíduos sólidos municipais em uma região urbana de rápido crescimento com modelagem de dinâmica de sistemas; 6) Avaliação da morte radicular e da dinâmica do sistema radicular em um estudo de poda de copa de uva; 7) Modelagem de dinâmica de sistemas para consumo de energia urbana e emissões de CO₂: um estudo de caso de Pequim, China; 8) Um modelo de dinâmica de sistema para o planejamento dinâmico da capacidade de remanufatura em cadeias de suprimentos de circuito fechado; 9) Um modelo de dinâmica de sistema para facilitar o entendimento público das opções de gerenciamento de água em Las Vegas, Nevada; e 10) Uma abordagem de dinâmica de sistemas para planejamento e gerenciamento ambiental regional: um estudo para a Bacia do Lago Erhai.

Tabela 9 – Publicações mais Citadas: Total Geral

Artigo/Título	Autores	Título da Fonte	Ano da Publicação	Total de Citações	Média por Ano
1) <i>General model for representing variable speed wind turbines in power system dynamics simulations</i>	Slootweg, JG; de Haan, SWH; Polinder, H; Kling, WL	<i>IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS</i>	2003	494	27,44
2) <i>System dynamics modeling for public health: Background and opportunities</i>	Homer, JB; Hirsch, GB	<i>AMERICAN JOURNAL OF PUBLIC HEALTH</i>	2006	368	24,53
3) <i>System dynamics modeling: Tools for learning in a complex world</i>	Sterman, JD	<i>CALIFORNIA MANAGEMENT REVIEW</i>	2001	364	18,2
4) <i>Disentanglement and decoherence by open system dynamics</i>	Dodd, PJ; Halliwell, JJ	<i>PHYSICAL REVIEW A</i>	2004	242	14,24
5) <i>Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling</i>	Dyson, B; Chang, NB	<i>WASTE MANAGEMENT</i>	2005	209	13,06
6) <i>Assessing root death and root system dynamics in a study of grape canopy pruning</i>	Comas, LH; Eissenstat, DM; Lakso, AN	<i>NEW PHYTOLOGIST</i>	2000	194	9,24
7) <i>System dynamics modeling for urban energy consumption and CO2 emissions: A case study of Beijing, China</i>	Feng, Y. Y.; Chen, S. Q.; Zhang, L. X.	<i>ECOLOGICAL MODELLING</i>	2013	190	23,75

8) <i>A system dynamics model for dynamic capacity planning of remanufacturing in closed-loop supply chains</i>	Vlachos, Dimitrios; Georgiadis, Patroklos; Iakovou, Eleftherios	<i>COMPUTERS & OPERATIONS RESEARCH</i>	2007	186	13,29
9) <i>A system dynamics model to facilitate public understanding of water management options in Las Vegas, Nevada</i>	Stave, KA	<i>JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT</i>	2003	181	10,06
10) <i>A system dynamics approach for regional environmental planning and management: A study for the Lake Erhai Basin</i>	Guo, HC; Liu, L; Huang, GH; Fuller, GA; Zou, R; Yin, YY	<i>JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT</i>	2001	181	9,05

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 1 – Publicações mais Citadas: Total por Ano

Título	Ano Pub.	Total Cit.	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	2003	494	0	0	0	1	2	7	9	20	16	23	32	39	34	45	45	39	62	59	39	17	5
2	2006	368	0	0	0	0	0	0	1	8	10	9	29	21	27	24	34	29	41	41	45	42	7
3	2001	364	0	0	0	1	4	4	7	10	8	12	15	11	18	21	34	33	27	49	45	51	14
4	2004	242	0	0	0	0	3	4	16	21	27	37	36	22	12	16	9	8	11	7	8	4	1
5	2005	209	0	0	0	0	0	0	0	4	9	9	12	15	9	18	19	17	22	19	29	24	3
6	2000	194	1	4	6	6	4	9	5	5	14	10	13	15	9	9	14	10	13	11	11	21	4
7	2013	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	15	29	24	34	33	42	10
8	2007	186	0	0	0	0	0	0	1	3	6	8	13	4	13	16	22	19	15	24	19	19	4
9	2003	181	0	0	0	0	4	1	3	4	8	12	9	14	11	21	12	14	11	24	17	16	0
10	2001	181	0	0	2	4	3	4	4	7	15	8	10	13	18	12	10	17	12	14	12	13	3

Fonte: Elaborado pelos autores

4.3.8 Relação: Publicações mais citadas e autores que mais publicaram

Tendo por base a pesquisa sobre os artigos que possuem as palavras-chave “*System Dynamics*” em seus títulos realizada na base *Web of Science*, foram selecionadas as dez publicações mais citadas e relacionadas com os dez autores com maior número de publicações (apresentados na Tabela 3). Dessa forma, pode-se constatar, a partir da Tabela 9 e do Quadro 1, a relação dos artigos mais citados com os autores que mais publicaram durante o período compreendido entre os anos 2010 e 2020. A análise dos três quadros citados anteriormente demonstrou a inexistência dos autores com maior número de publicações entre os autores dos dez trabalhos científicos mais citados sobre a temática em questão. Sendo assim, pode-se concluir que os artigos mais citados, que possivelmente são referências na temática pesquisada, não pertencem aos autores que mais publicam sobre o assunto em estudo. Então, fica evidente que os autores com um alto número de publicações podem não ser aqueles que produzem os estudos mais relevantes e impactantes da área.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou a resposta ao seguinte problema de pesquisa: Quais são as principais informações das publicações, do tipo documental artigo, relacionadas ao tema “Dinâmica de Sistemas” – “*System Dynamics*”, nos últimos 10 anos? A resposta para tal problemática foi obtida por meio do objetivo geral: identificar e compilar as principais informações referentes às publicações do tipo documental artigo, contendo as palavras-chave “*System Dynamics*” no título, durante o período decorrido entre os anos 2010 até o presente momento (2020). A fim de suportar este objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: a) seleção das palavras-chave adequadas para a pesquisa; b) seleção das bases de dados relativas ao tema de pesquisa; c) busca de artigos alinhados ao tema pesquisado; d) identificação e categorização dos artigos da amostra selecionada em: categorias e áreas de conhecimento; autores; títulos das fontes; anos das publicações; países/regiões, organizações e idiomas destas publicações; e e) relação das publicações mais citadas com os autores que mais publicaram sobre a temática pesquisada.

A metodologia adotada para a execução deste artigo se mostrou efetiva na seleção de conteúdo, direcionando a pesquisadora de modo objetivo, buscando conceber informação de qualidade e respaldo e diminuir a aleatoriedade na escolha do referencial teórico.

Conforme exposto ao longo da presente pesquisa, a Dinâmica de Sistemas, como campo de conhecimento, tem evoluído notoriamente desde a sua origem na década de 1950. Como fatores importantes para este crescimento pode-se apontar o seguinte: aplicação em nível operacional, sistêmico e estratégico; e a representação qualitativa e quantitativa do efeito de variáveis pouco tangíveis, ajudando na explicação ‘sistêmica’ dos resultados alcançados.

Ainda, o referencial teórico evidenciou a aplicação da Dinâmica de Sistemas em áreas mais diversas, que vão desde a gestão e economia até a área da sustentabilidade e do comportamento humano. Tal diversidade deve-se à própria diversidade da comunidade de pesquisadores e praticantes na dinâmica de sistemas.

Dessa forma, por meio do presente estudo constatou-se que a produção científica relacionada ao tema aumentou gradativamente ao longo dos dez anos analisados. Sendo que a maior parte desses estudos foi publicado nos periódicos: *System Dynamics Review*, *System Resercha and Behavioral Science* e *Journal of Cleaner Production*. Ainda, verificou-se

que os Estados Unidos da América lideram o ranking dos países com maior quantitativo de publicações sobre o tema em questão e que o idioma inglês é o predominante.

Já, referente à relação entre os autores com maior quantitativo de publicações e os artigos com número mais elevado de citações, constatou-se que as publicações mais citadas, vistas como referências na área, não são obras dos autores com maior número de publicações sobre o tema.

Por fim, aponta-se como limitação deste estudo, a utilização de apenas uma base de dados específica. Sendo assim, sugere-se a realização de estudos futuros desta natureza, com maior amplitude.

REFERÊNCIAS

BUENO, N. P. Identificando mudanças de regimes sistêmicos em processos econômicos: um procedimento baseado na abordagem de dinâmica de sistemas. **Economia e Sociedade**, v. 22, n. 1, p. 77-106, 2013.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; LACERDA, RTO; TASCA, J. E. **ProKnow-C, Knowledge Development Process–Constructivist**: processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil, 2010.

FORRESTER, J. W. Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers. **Harvard Business Review**, v. 26, n. 4, p. 37-66, 1958.

_____. **Industrial Dynamics**. Cambridge MA: Productivity Press, 1961.

GEUM, Y. LEE, S.; PARK, Y. Combining technology roadmap and system dynamics simulation to support scenario-planning: a case of carsharing service. **Computers & Industrial Engineering**, v.71, p. 37-49, 2014.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GONÇALVES, H. A. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. 2 ed. Editora: Editora Avercamp, 2014.

STERMAN, J. D. *et al.* System dynamics perspectives and modeling opportunities for research in operations management. **Journal of Operations Management**, v. 39-40, November, p. 1-5, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2015.07.001> Acesso em 11 mar. 2020.

VAZ, C. R.; MALDONADO, M. U. O que é a Dinâmica de Sistemas? Reflexões sobre sua evolução e sobre as oportunidades de aplicação na gestão de operações, 2016. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/305222914_O_que_e_a_Dinamica_de_Sistemas_Reflexoes_sobre_sua_evolucao_e_sobre_as_oportunidades_de_aplicacao_na_gestao_de_operacoes , Acesso em 29 mar. 2020.

SENGE, P. M. **A quinta disciplina**: arte e prática da organização que aprende. 25. ed. Best Seller, 2009.