
Artigos Originais

SUSTENTABILIDADE E TEORIA GERAL DOS SISTEMAS: UM LEVANTAMENTO TEMPORAL DE FRENTES DE PESQUISA NA LITERATURA CIENTÍFICA

AKIM, Érica Kushihara* - Mestranda em Gestão de Organizações e Sistemas Públicos, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar); FONSECA, Sérgio Azevedo.- Professor Adjunto na Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista (FCLAR/UNESP); CARON, Monica Filomena. - Professora Associada no Departamento de Geografia, Turismo e Humanidades, Universidade Federal de São Carlos (DGTH-So/UFSCar); FARIA, Luiz Carlos de. Professor Adjunto no Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos (DCA-So/UFSCar).

*Autor para correspondência e-mail: ericakim@ufscar.br

Recebido em: 10/05/2017
Aprovação final em: 20/09/2017

RESUMO

Diante dos desafios impostos pela complexidade crescente dos problemas contemporâneos, a literatura acadêmica tem abordado e interligado, com frequência crescente, os temas da sustentabilidade e da Teoria Geral dos Sistemas. Este artigo realiza uma revisão de parcela importante dessa literatura, nacional e internacional e, por meio de pesquisa bibliométrica, busca identificar os momentos de explosão e as palavras-chave com alto grau de centralidade de intermediação. Fazendo uso do programa CiteSpace II (CHEN, 2006), na base *Web Of Science* (WoS) no período de 1980 a 2016, a pesquisa revelou que a literatura que interliga os temas estudados teve um crescimento expressivo a partir da segunda metade da década de 1990, com a importante constatação do progressivo abandono de abordagens disciplinares em prol de tratamentos multidisciplinares.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade; Teoria Geral dos Sistemas; Cientometria; CiteSpace.

SUSTAINABILITY AND GENERAL SYSTEMS THEORY: A TEMPORAL SURVEY OF THE SCIENTIFIC RESEARCH FRONT

ABSTRACT

Dealing with the complexity of contemporary problems, the academic literature has increasingly addressed and linked the themes of sustainability and General Systems Theory. This paper aims to review an important portion of national and international literature and, through a bibliometric research, seeks to identify the moments of explosion of the keywords with high level of centrality and intermediation. By means of the use of the CiteSpace II (CHEN, 2006) program, in the Web Of Science (WoS) base between 1980 and 2016, the research revealed that the literature which links the referred topics had an expressive growth in the second half of the nineties, with an important finding of the progressive abandon of disciplinary approaches in favor of multidisciplinary perspectives.

KEYWORDS: Sustainability; General Systems Theory; scientometrics; CiteSpace.

INTRODUÇÃO

A abordagem contemporânea, pela literatura afim, dos temas ambientais vem demandando, de forma crescente, tratamentos apoiados na visão sistêmica (LIEBER, 1998). Tal postura decorre do reconhecimento, pela ciência, “da complexidade inerente ao homem e suas sociedades” (NAVEIRA, 1998, p.5) e da percepção de que a solução de problemas complexos exige um enfoque sistêmico e multidisciplinar (PINHEIRO, 2000). Para Leff (2011), trata-se do surgimento de um campo que, por meio de um “método interdisciplinar”, é capaz de reintegrar o conhecimento para apreender a realidade complexa.

Dentre as perspectivas distintas sobre qual deve ser a unidade organizacional de análise das práticas científicas (HOCHMAN, 1994), a noção de campo científico a ser adotada, neste estudo, parte do enfoque de Bourdieu, que o define como um campo de lutas em busca do crédito científico (BOURDIEU, 1975). Hochman (1994) caracteriza essa luta como desigual, em que os agentes possuem capacidades desiguais de impor seus produtos e de se apropriarem do resultado do trabalho científico produzido pelos pares ou concorrentes.

Já a concepção adotada sobre a realidade complexa aproxima-se do enfoque de Edgard Morin, que aponta os limites do paradigma hegemônico da ciência clássica centrada em disciplinas, que ignora o que existe “entre” e “além” de suas fronteiras (ALVARENGA et al., 2011, p.19).

É justamente nesse último contexto epistêmico que o biólogo vienense Ludwig Von Bertalanffy e outros conceberam Teoria Geral dos Sistemas (TGS), visando a unidade da ciência (SIEGEL, 1971). Para aprimorar essa teoria contribuíram, além da biologia, a matemática, a engenharia, as ciências físicas e as ciências sociais.

A interdisciplinaridade encontra-se igualmente presente no conceito de sustentabilidade, tratado por Buter e Van Raan (2013) como um tema complexo e multifacetado, que engloba aspectos políticos, ambientais, econômicos e sociológicos. Sendo assim, lidar com velhos problemas sociais e novos desafios inerentes à sustentabilidade exige

uma abordagem integrada (JERNECK et al., 2011).

Discorrendo sobre o princípio do conceito de sustentabilidade, Boff (2012) afirma que a origem é a Alemanha do século XVI, embora a grande maioria estime que o conceito possua origem recente, mais exatamente a partir das reuniões organizadas pela Organização das Nações Unidas (ONU) nos anos 70 do século XX.

Transcorridas quatro décadas da popularização dos termos sustentabilidade e da Teoria Geral dos Sistemas, torna-se relevante entender a emergência desses temas, compreendendo as trajetórias percorridas na literatura científica. Nesse aspecto, a identificação de áreas de pesquisa é um tema relevante na informetria e com contribuições, especificamente nos domínios inter e multidisciplinares, para a identificação de pontos de ruptura (CHEN & GUAN, 2011).

Diante de tais colocações, a questão que se apresenta é a de “quando” emergiram pesquisas integrando os temas sustentabilidade e Teoria Geral dos Sistemas.

Para responder a essa questão, identificamos os momentos de explosão e as palavras-chave com alto grau de centralidade de intermediação, por meio do programa CiteSpace II (CHEN, 2006), cujo método empregado e as etapas do presente estudo serão apresentados na seção seguinte.

Este artigo, além desta introdução é constituído pelas seções: 2) Método de pesquisa; 3) Resultados da pesquisa; 4) Análise e discussão dos resultados; 5) Considerações finais e pesquisas futuras.

MÉTODO DE PESQUISA

A identificação da trajetória percorrida por pesquisas integrando os temas sustentabilidade e Teoria Geral dos Sistemas foi realizada mediante o levantamento das centralidades e das explosões de temas emergentes. Para tanto, foi realizado o levantamento das duas palavras-chave em artigos da base de dados *Web Of Science* (WOS) com a utilização do programa CiteSpace II (CHEN, 2006).

A escolha da WOS deve-se ao fato dessa base ser utilizada para a geração de indicadores internacionais

de produção científica, com a possibilidade de exportação dos dados automaticamente e por englobar, desde janeiro de 2014, a *SciELO Citation Index*, integrando a América Latina, Espanha, Portugal, Caribe e África do Sul, contando com atualizações semanais a partir da *SciELO Brasil* (REUTERS, 2016).

Já o programa cientométrico CiteSpace II (CHEN, 2006) permite a visualização de padrões de relacionamento entre tópicos, possibilitando a identificação de momentos de explosão de temas e da evolução de frentes de pesquisa (NOVO et al., 2013; NIAZI, 2011).

A etapa inicial consistiu na busca por artigos com os termos *sustainab** AND *system** AND *general* AND *theory* em todas as bases de dados da *Web of Science* (Thomson-Reuters) no período de 1980 a 2016. O símbolo (*) garante que sejam consideradas quaisquer variações dos termos. A busca a partir do atributo “Tópico” (*Topic*) foi realizada em agosto de 2016, selecionando-se apenas os artigos (*document types*) em inglês, português ou espanhol, resultando em 1.339 artigos.

Em seguida, os resultados foram exportados em formato *plaintext* para o levantamento de indicadores de frequência, de explosão (*burst*, no CiteSpace II) e de centralidade de intermediação (*betweenness centrality*, no CiteSpace II), além da visualização dessa evolução temporal.

De acordo com Chen (2006), por meio da centralidade é possível detectar os pontos de viragem intelectual, quando o conhecimento abre espaço para novidades científicas. Já as explosões indicam os momentos em que há um aumento significativo de publicações de artigos sobre o mesmo tema.

As palavras-chave processadas no CiteSpace II foram padronizadas para a eliminação de duplicidades que interferem no levantamento dos indicadores, que são apresentados e discutidos na seção seguinte.

RESULTADOS DA PESQUISA E DISCUSSÃO

Foram identificadas 1.445 palavras-chave nos

artigos recuperados da WoS, que estão sintetizados por período na Tabela 1. Devido ao grande número de termos, optou-se por apresentar os termos com *burst* (explosão) ou centralidade acima de 0.05. Destaca-se que nove termos apresentaram *burst* (0,62%), enquanto 150 (10,38%) apresentaram centralidade de intermediação, cujo grau no Citespace II é normalizado para o intervalo [0,1] (CHEN, 2014).

A evolução temporal das citações recebidas pelas palavras-chave é ilustrada na Figura 1, na qual os anéis representam a frequência dos termos. Para facilitar a identificação das palavras-chave mais relevantes organizadas na Tabela 1 foram utilizadas legendas em numeral, que podem ser consultadas na parte inferior do grafo.

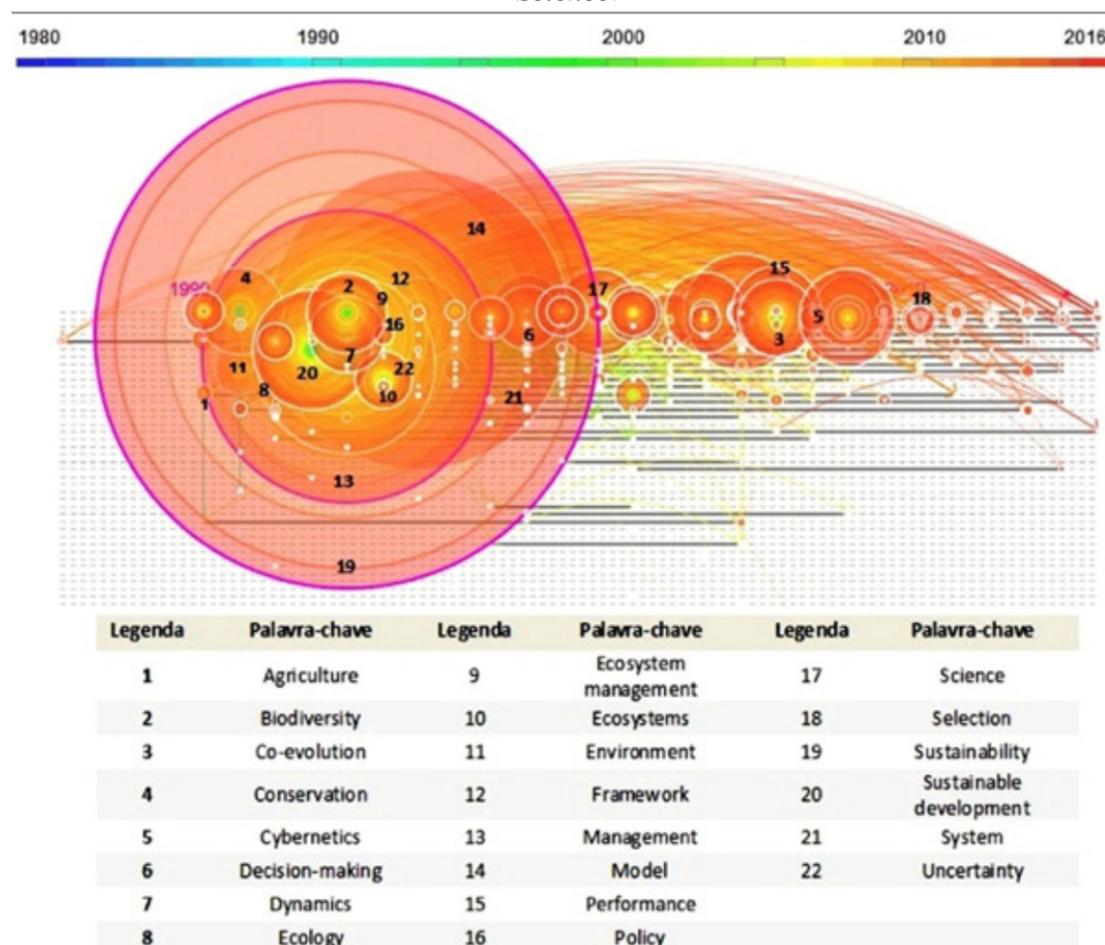
Os tamanhos dos anéis indicam a frequência de citação de cada palavra-chave, revelando o histórico de citações representadas pelas cores. Os tons esverdeados indicam as citações mais antigas, enquanto as cores em tom vermelho representam as menções mais recentes.

A cor rosa ao redor do anel evidencia a centralidade de intermediação (CHEN, 2014), que sinaliza os pontos de viragem (CHEN & GUAN, 2011), ou seja, os momentos de revolução. Em relação à espessura do anel, há uma indicação de grau de centralidade, anéis mais espessos revelam quão forte é o grau de centralidade do termo (CHEN, 2014).

Na década de 1980 não foram identificadas palavras-chave com *burst* ou centralidade superiores a 0,01. Esse resultado evidencia, a partir da relação entre as palavras-chave, que o período analisado não representa um momento histórico em que emergem publicações integrando os temas sustentabilidade e Teoria Geral dos Sistemas. Uma medida alta de centralidade pode indicar a existência de pontos centrais entre diferentes especialidades ou pontos de ruptura dos temas (CHEN, 2006).

No período seguinte, especificamente no início da década de 1990, as pesquisas sobre sustentabilidade e Teoria Geral dos Sistemas estiveram relacionadas a temas como agricultura,

Figura 1 - Evolução temporal das citações recebidas pelas palavras-chave levantadas em *Web Of Science*.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados gerados por CiteSpace II.

conservação e meio ambiente. Os três termos obtiveram as maiores centralidades na década de 1990 com 0,10, 0,9 e 0,9. O grau de centralidade pode ser entendido como a medida de influência que um nó (anel) tem sobre a propagação do fluxo de informação (FREEMAN, 1977).

Pode-se observar na Figura 1 que a primeira metade da década de 1990 foi caracterizada pela centralidade dos temas “gestão” (*management*), com centralidade igual 0,14, e “sustentabilidade” (*sustainability*), com centralidade igual a 0,12, representadas pelos anéis 19 e 13, respectivamente.

Os indicadores elevados do termo “sustentabilidade” corroboram a escolha do termo de busca adotado na base WoS, enquanto

a palavra-chave “gestão” revela uma relação com o empirismo, visto que a Teoria Geral dos Sistemas “busca formulações conceituais passíveis de aplicação na realidade empírica” (MATOS & PIRES, 2006). Tais temas apresentam as mais altas frequências de artigos e são os únicos a possuir em sua visualização o círculo rosa, o que indica alto grau de centralidade de intermediação, podendo ser considerados como temas revolucionários e que originaram novas frentes de pesquisa.

Uma dessas frentes de pesquisa pode ser verificada em 1993, com a explosão do termo “Ecologia” (*ecology*), representado pelo anel 8, com *burst* igual a 3,70, evidenciando o aumento da produção científica dedicada a esse tema. A partir

desse ano, observa-se a explosão de pesquisas dedicadas ao tema ambiental, integrado a outros campos disciplinares, tais como a agricultura (GIAMPIETRO, 1994), o urbanismo (ALBERTI et al., 2003), o turismo (FARRELL e TWINING-WARD, 2004; BATAT & PRENTOVIC, 2014) e a economia (HAU e BHAVIK, 2004).

Observa-se ainda, na figura, que os estudos cresceram de forma significativa a partir da segunda metade da década de 1990. Pode-se considerar que um dos fatores que influenciaram o aumento da produção científica que integra a temática ambiental a outros campos foi a realização da Conferência Rio-92, que propunha, em sua agenda, uma nova maneira de definir a questão ambiental (ALONSO et al., 2007), estimulando o advento de um novo arranjo teórico e político baseado na “sustentabilidade como carro-chefe do paradigma de desenvolvimento dos anos 1990” (JACOBI, 2005).

Nota-se também, no período de 1991 a 1995, a elevação do interesse dos pesquisadores por temas como desenvolvimento sustentável e gestão de ecossistemas, baseando-se em abordagens conceituais mais amplas, dedicadas à integração entre as ciências naturais e as sociais.

Tal integração é defendida por Alberti e colaboradores (2003), que afirmam que é preciso reconhecer a impossibilidade de separação entre os elementos humano e natural. Exemplo dessa integração de áreas distintas pode ser observado na pesquisa de Hau e Bhavik (2004) sobre a contabilidade ambiental, que conecta aspectos econômicos e ecológicos pela análise emergética (ODUM, 1996). Liu e colaboradores (2013) também adotam a análise emergética na comparação de cidades sob a perspectiva termodinâmica.

No período de 1996 a 2000 novos termos passaram a atrair o interesse dos pesquisadores, tais como “política” (*policy*), “quadro teórico” (*framework*), “sistema” (*system*) e “tomada de decisão” (*decision-making*). Nesse período, o termo “sistema” é o que apresentou o maior *burst* (igual a 6,57). Em relação à centralidade, a palavra-chave “ecossistema” foi a que apresentou a maior

centralidade (igual a 0,08).

A explosão do termo “política” a partir de 1996 revela o aumento do interesse por temas que relacionam o desafio da integração dos sistemas humanos aos ecológicos como forma de compreender o sistema homem e natureza (COSTANZA, 1996; GARMENDIA & STAGL, 2010) e lidar com as incertezas e perspectivas múltiplas inerentes e esses sistemas. Uma importante questão abordada é a relação de políticas ambientais com o desenvolvimento de novas tecnologias ambientais (JAFFE e et al., 2005). Tais estudos envolvem a formulação e a negociação de objetivos sociais e o diálogo entre a sociedade e a ciência (JERNECK et al., 2011).

Outra evidência do estudo se refere ao ingresso de termos que passaram a atrair, especialmente a partir de 1996, o interesse dos pesquisadores em estudos integrados entre sustentabilidade e sistemas. Esses novos termos revelam a criação de novas frentes de pesquisa, tais como estrutura teórica (*framework*) e tomada de decisão (*decision-making*), como pode ser observado na explosão dessas palavras-chave (ver Tabela 1).

No que tange à estrutura teórica, destacam-se as pesquisas dedicadas à solução de desafios relacionados à sustentabilidade (HOTEZ et al., 2007), tais como as mudanças climáticas (CHAPIN et al., 2006), a gestão pesqueira (ANDREW et al., 2007), a escassez hídrica (LI et al., 2009) e o uso do solo (VON WIRÉN-LEHR, 2001). De acordo com Jerneck e colaboradores (2011), a fase de criação e estruturação do conhecimento científico consiste no estágio inicial da visão de como a sociedade deve reconhecer, agir e aprender sobre os desafios peculiares à sustentabilidade.

Quanto ao aumento do número de citações observado a partir de 1996, em relação ao período anterior, pela temática da tomada de decisão, essa descoberta pode revelar uma ampliação dos estudos sobre caminhos e estratégias voltadas ao cumprimento de metas e objetivos relacionados à sustentabilidade (JERNECK et al., 2011). No período compreendido entre 1996 a 2000 a ruptura

Tabela 1 - Palavras-chave levantadas em *Web Of Science* por período.

Ano	Frequência	Explosão (burst)	Centralidade	Palavra-chave
1991-1995	38	-	0.10	Agriculture
	54	-	0.09	Conservation
	37	-	0.09	Environment
	35	3.70	0.06	Ecology
	75	-	0.08	Sustainable development
	160	-	0.14	Management
	263	-	0.12	Sustainability
	52	-	0.09	Dynamics
	102	-	0.08	Model
	49	-	0.08	Biodiversity
1996-2000	19	-	0.05	Ecosystem management
	69	3.85	0.06	Framework
	31	4.53	0.01	Policy
	40	-	0.08	Ecosystems
	43	-	0.06	Uncertainty
	160	6.57	0.06	System
2001-2005	38	4.45	0.02	Decision-making
	52	-	0.05	Science
2006-2010	11	3.65	0.00	Co-evolution
	10	3.73	0.00	Cybernetics
	53	4.60	0.02	Performance
2011-2015	24	4.66	0.00	Selection

Fonte: Elaboração própria a partir de dados gerados no CiteSpace II.

decorre da elevação do número de pesquisas que tratam de tomada de decisão, tais como as relacionadas à gestão de recursos baseada em critérios múltiplos (BRYAN & CROSSMAN, 2008), da governança de recursos naturais (CRONA & PARKER, 2012) e do uso de indicadores ambientais (LEVY et al., 2000).

Nota-se que no período de 2001 a 2005 não foram identificadas palavras-chave com *burst* (explosão). No entanto, destaca-se o termo “Ciência” (*Science*), ilustrado pelo anel 17, por obter o maior grau de centralidade de intermediação

(igual a 0.05). Esse achado revela a relação do termo ciência como elo entre a sustentabilidade e a Teoria Geral dos Sistemas. Nesse aspecto, Mitre (2016) destaca o artigo *The new production of knowledge*, de Gibbons e colaboradores (2004), como a emergência de “um novo paradigma de produção de conhecimento: o chamado “Modo 2”, que viria a substituir o “Modo 1” (MITRE, 2016, p. 290). De acordo com os autores citados, o “Modo 1” é caracterizado pela dicotomia entre a pesquisa básica e a aplicada com enfoque disciplinar, ao passo que a produção de conhecimento pelo “Modo 2”

é voltada à solução de problemas com abordagem transdisciplinar.

Tal transição é destacada por Medema e colaboradores (2008) que, em seu estudo, abordam a complexidade da gestão hídrica sob a ótica do conhecimento Tipo 2 (*mode 2*), com uma abordagem multidisciplinar e voltada à resolução de problemas complexos (LACERDA et al., 2013).

Nos anos de 2006 a 2010, observa-se a entrada de novos termos, tais como “coevolução” (*Co-evolution*) relativo ao anel 3, “cibernética” (*Cybernetics*) apresentado no anel 5, e o anel 15 que ilustra a palavra-chave “performance”.

A ideia de coevolução ganhou adeptos entre os estudiosos, como pode ser observado no estudo de Farrel (2007), que aborda a coevolução entre valores e avaliação ambiental. Tal noção também é explorada por Geels e Schot (2007) em uma perspectiva multinível (PMN) que busca compreender as mudanças sociotécnicas por meio de uma abordagem interdisciplinar.

Em relação ao período de 2011 a 2015 destaca-se o termo “seleção” (*selection*) que pode ser observado pelo anel 18. Como exemplo, podemos mencionar a pesquisa de Pires e colaboradores (2011) que adota a tomada de decisão multicritério em sistema logístico reverso do resíduo sólido urbano (RSU).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma primeira conclusão, passível de ser formulada com base na pesquisa, pode ser até mesmo considerada tautológica, posto que os resultados revelaram que a emergência de publicações integrando os dois temas se dá no período pós anos 80. Reside exatamente aí a tautologia, dado que o termo “desenvolvimento sustentável” ganha domínio público somente no ano de 1987, quando da publicação do Relatório Bründtland.

Não menos consistente foi o resultado da pesquisa que apontou a grande convergência e integração entre os dois temas, posto que a concepção de sustentabilidade possui, implícita em si, a ideia da articulação entre diferentes campos do conhecimento, ou seja, da multidisciplinaridade,

esta última essência mesma dos pressupostos da Teoria Geral dos Sistemas.

Outra constatação digna de nota foi a que revelou, na transição dos anos 1990 para os anos 2000, a mudança de foco na literatura, ao menos quantitativa ou, melhor ainda, proporcional, do campo das ciências naturais (ou da ecologia) para as ciências sociais. Em realidade tratou-se mais de expansão de campos do conhecimento do que de mudança de foco. Algo perfeitamente compreensível, dado que a apropriação imediata do termo sustentabilidade pelas ciências naturais guarda relação direta com a natureza fortemente ambiental (no sentido ecológico) da ideia de desenvolvimento sustentável. Ademais, a maturação dos processos de pesquisas no campo das ciências sociais é mais lenta, notadamente quando se trata do campo particular da gestão.

Para finalizar, não se deve omitir a limitação imposta pelo método de pesquisa adotado, restrito à base *Web Of Science*, o que pode representar omissão de parcela relevante da literatura contemporânea.

REFERÊNCIAS

Alberti, M.; Marzluff, J. M.; Shulenberger, E.; Bradley, G.; Ryan, C.; Zumbunnen, C. Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *BioScience*, v. 53, n. 12, p. 1169-1179, 2003. Disponível em: < <https://academic.oup.com/bioscience/article/53/12/1169/301939/Integrating-Humans-into-Ecology-Opportunities-and>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

ALONSO, A.; COSTA, V.; MACIEL, D.. Identidade e estratégia na formação do movimento ambientalista brasileiro. *Novos estudos-CEBRAP*, n. 79, p. 151-167, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-33002007000300008>>. Acesso em: 05 nov. 2016.

ALVARENGA, A. T.; PHILIPPI JUNIOR, A.; SOMMERMAN, A.; ALVAREZ, A. M. de S.;

FERNANDES, V. Histórico, fundamentos filosóficos e teórico-metodológicos da interdisciplinaridade. In: PHILIPPI JUNIOR, A.; SILVA NETO, A. J. **Interdisciplinaridade em ciência, tecnologia e inovação**. Barueri: Manole, 2011. cap. 1, p.3-68.

Andrew, N. L.; Béné, C.; Hall, S. J.; Allison, E. H.; Heck, S.; Ratner, B. D. **Diagnosis and management of small-scale fisheries in developing countries**. *Fish and Fisheries*, v. 8, n. 3, p. 227-240, 2007. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-2679.2007.00252.x/abstract>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

BATAT, W.; PRETOVIC, S. Towards viral systems thinking: a cross-cultural study of sustainable tourism ads. *Kybernetes*, v. 43, n. 3/4, p. 529-546, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/K-07-2013-0147>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

BOFF, L.. **Sustentabilidade: o que é, o que não é**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

BOURDIEU, P. The specificity of the scientific field and the social conditions of the progress of reason. *Social Science Information*, v.14, n.6, p. 304-317, 1975.

BRYAN, B. A.; CROSSMAN, N. D. Systematic regional planning for multiple objective natural resource management. *Journal of environmental management*, v. 88, n. 4, p. 1175-1189, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.06.003>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

BUTER, R. K.; VAN RAAN, A. F. J. Identification and analysis of the highly cited knowledge base of sustainability science. *Sustainability science*, v. 8, n. 2, p. 253-267, 2013. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-012-0185-1>>. Acesso em: 08 fev. 2016.

CHAPIN, F. S.; LOVECRAFT, A. L.; ZAVALETA,

E. S.; NELSON, J.; ROBARDS, M. D.; KOFINAS, G. P.; NAYLOR, R. L. Policy strategies to address sustainability of Alaskan boreal forests in response to a directionally changing climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 103, n. 45, p.16637-16643, 2006. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/103/45/16637>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

CHEN, C. CiteSpace II: detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 57, n. 3, p. 359-377, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asi.20317/abstract>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

CHEN, C. *The CiteSpace Manual* (2014). Disponível em: <<http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=attachment&filename=CiteSpaceManual.pdf&id=52563>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

CHEN, K.; GUAN, J. A bibliometric investigation of research performance in emerging nanobiopharmaceuticals. *Journal of informetrics*, v. 5, n. 2, p. 233-247, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2010.10.007>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

COSTANZA, R. Ecological economics: reintegrating the study of humans and nature. *Ecological Applications*, v. 6, n. 4, p. 978-990, 1996. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/2269581/full>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

CRONA, B. I.; PARKER, J. N. Learning in support of governance: theories, methods, and a framework to assess how bridging organizations contribute to adaptive resource governance. *Ecology and Society*, v. 17, n. 1, p. 32, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5751/ES-04534-170132>>. Acesso em: 05 nov. 2016.

FARRELL, B. H.; TWINING-WARD, L.

Reconceptualizing tourism. *Annals of tourism research*, v. 31, n. 2, p. 274-295, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.annals.2003.12.002>> Acesso em: 04 nov. 2016.

FARRELL, K. N. Living with living systems: the co-evolution of values and valuation. *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, v. 14, n. 1, p. 14-26, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/13504500709469704>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

FREEMAN, L. C. Centrality in social networks conceptual clarification. *K Social networks*, v. 1, n. 3, p. 215-239, 1978. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)>. Acesso em: 02 ago. 2016.

GARMENDIA, E.; STAGL, S. Public participation for sustainability and social learning: Concepts and lessons from three case studies in Europe. *Ecological Economics*, v. 69, n. 8, p. 1712-1722, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.03.027>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

GEELS, F. W.; SCHOT, J. Typology of sociotechnical transition pathways. *Research policy*, v. 36, n. 3, p. 399-417, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>>. Acesso em: 30 jan. 2016.

GIAMPIETRO, M. Sustainability and technological development in agriculture. *BioScience*, v. 44, n. 10, p. 677-689, 1994. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1312511>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

GIBBONS, M.; LIMOGES, C.; NOWOTNY, H.; SCHWARTZMAN, S.; SCOTT, P.; TROW, M. New production of knowledge: Dynamics of science and research in contemporary societies. London: Sage, 2004.

HAU, J. L.; BAKSHI, B. R. Promise and problems

of emergy analysis. *Ecological Modelling*, v. 178, n. 1, p. 215-225, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.12.016>> Acesso em: 04 nov. 2016.

HOCHMAN, G. A ciência entre a comunidade e o mercado: leituras de Kuhn, Bourdieu, Latour e Knorr-Cetina. In: PORTOCARRERO, V. Filosofia, história e sociologia das ciências I: abordagens Contemporâneas [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 1994. 272 p. ISBN: 85-85676-02-7. Disponível em: <<http://books.scielo.org>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

HOTEZ, P. J.; MOLYNEUX, D. H.; FENWICK A.; KUMARESAN, J.; SACHS, S. E.; SACHS, J. D.; SAVIOLI, L. et al. Control of Neglected Tropical Diseases. *N. Engl. J. Med.*, v.357, p.1018-27, 2007.

JACOBI, P. R. Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. *Educação e pesquisa*, v. 31, n. 2, p. 233-250, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n2/a07v31n2.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2016.

JAFFE, A. B.; NEWELL, R. G.; STAVINS, R. N. A tale of two market failures: Technology and environmental policy. *Ecological economics*, v. 54, n. 2, p. 164-174, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.027>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

JERNECK, A.; OLSSON, L.; NESS, B.; ANDERBERG, S.; BAIER, M.; CLARK, E.; HICKLER T.; HORNBORG A.; KRONSELL A.; LÖVBRAND E.; PERSSON J. Structuring sustainability science. *SustainSci*, v. 6, n. 1, p. 69-82, 2011. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-010-0117-x>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. Design Science

Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/gp/2013nahead/aop_gp031412.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2016.

LEFF, E. Complexidade, interdisciplinaridade e saber ambiental. **Olhar de professor**, v. 14, n. 2, p. 309-335, 2011. Disponível em: <<http://177.101.17.124/index.php/olhardeprofessor/article/view/3515>>. Acesso em: 03 set. 2016.

LEVY, J. K.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, D. M. Using environmental indicators to quantify the robustness of policy alternatives to uncertainty. **Ecological Modelling**, v. 130, n. 1, p. 79-86, 2000. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00226-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00226-X)>. Acesso em: 03 nov. 2016.

LIEBER, R. R. **Teoria de sistemas**. Guaratinguetá: UNESP, 1998.

LI, Y. P.; HUANG, G. H.; HUANG, Y. F.; ZHOU, H. D. A multistage fuzzy-stochastic programming model for supporting sustainable water-resources allocation and management. **Environmental Modelling & Software**, v. 24, n. 7, p. 786-797, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.11.008>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

MATOS, E.; PIRES, D. Teorias administrativas e organização do trabalho: de Taylor aos dias atuais, influências no setor saúde e na enfermagem. **Texto contexto - Enferm.**, Florianópolis, v. 15, n. 3, p. 508-514, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/tce/v15n3/v15n3a17>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

MITRE, M. As relações entre ciência e política, especialização e democracia: a trajetória de um debate em aberto. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 87, p. 279-298, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142016.30870016>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

em: 26 nov. 2016.

NAVEIRA, R. B. Caos e complexidade nas organizações. **Revista de Administração Pública**, v. 32, n. 5, p. 69-80, 1998. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/7756/6348>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

NIAZI, M.; HUSSAIN, A. Agent-based computing from multi-agent systems to agent-based models: a visual survey. **Scientometrics**, v. 89, n. 2, p. 479-499, 2011. Disponível em: <<http://www.akademai.com/doi/abs/10.1007/s11192-011-0468-9>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

NOVO, M. S.; GERACITANO, L. A.; HENNING, P. Padrão de relacionamento entre nanociências, saúde e biologia: um levantamento histórico utilizando o programa Citespace. **Hist. cienc. saude-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 1657-1670, dez. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-59702013005000008>>. Acesso em: 13 fev. 2016.

ODUM, H.T., 1996. **Environmental Accounting: EMERGY and Environmental Decision Making**. Wiley, New York, 370 pp.

PINHEIRO, S. L. G. O enfoque sistêmico e o desenvolvimento rural sustentável: uma oportunidade de mudança da abordagem hard-systems para experiências com soft-systems. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 1, n. 2, p. 27-37, 2000. Disponível em: <http://www.geocities.ws/grupopeap/artigos/Pinheiro_2000_ADS.pdf>. Acesso em: 03 set. 2016.

PIRES, A.; CHANG, N.; MARTINHO, G. An AHP-based fuzzy interval TOPSIS assessment for sustainable expansion of the solid waste management system in Setúbal Peninsula, Portugal. **Resources, Conservation and Recycling**, n. 56, pp. 7-21, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.08.004>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

REUTERS, Thomson. **Web of Science**. 2016. Disponível em: <<https://www.webofknowledge.com>>. Acesso em: 26 ago. 2016.

SIEGEL, G. B. A unidade do Método Sistêmico. **Revista de Administração Pública**, v. 5, n. 1, p. 7, 1971.

VON WIRÉN-LEHR, S. Sustainability in agriculture—an evaluation of principal goal-oriented concepts to close the gap between theory and practice. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 84, n. 2, p. 115-129, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00197-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00197-3)>. Acesso em: 04 nov. 2016.