LI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional
Limeira–SP, 02 a 06 de setembro de 2019

PERFIL HISTÓRICO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA NA ÁREA DE PESQUISA OPERACIONAL NA WEB OF SCIENCE

Alexandre Donizeti Alves
Universidade Federal do ABC - UFABC
Av. dos Estados, 5001 - Bairro Santa Terezinha, Santo André - SP, Brasil
alexandre.donizeti@ufabc.edu.br

Horacio Hideki Yanasse
Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP
Av. Cesare Mansueto Giulio Lattes, 1201 - Eugênio de Mello, São José dos Campos - SP, Brasil
horacio.yanasse@unifesp.br

Nei Yoshihiro Soma
Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - São José dos Campos, SP, Brasil
soma@ita.br

RESUMO

Neste artigo apresenta-se um perfil histórico da área de Pesquisa Operacional considerando os artigos publicados em periódicos indexados na *Web of Science* e classificados na categoria "*Operations Research & Management Science*" no período de 2009 a 2018. Para isso, foram considerados os países identificados nas afiliações dos autores, os periódicos e as palavras-chave usadas nesses artigos.

PALAVARAS-CHAVE: Perfil Histórico, Pesquisa Operacional, Web of Science.

Tópicos (Outras aplicações em PO)

ABSTRACT

In this paper we present a historical profile of the field of Operational Research considering the articles published in journals indexed in the Web of Science and classified in the "Operations Research & Management Science" category from 2009 to 2018. For this, the countries identified in the author affiliations, journals, and keywords used in these articles were considered.

KEYWORDS: Historical Profile, Operational Research, Web of Science.

Paper topics (Other applications in OR)

https://proceedings.science/p/106987?lang=pt-br

1. Introdução

A Pesquisa Operacional (PO) é uma área do conhecimento que auxilia os gestores na tomada de decisões. A área de PO está subdividida em subáreas de interesse que, eventualmente, podem mudar ao longo do tempo. Conhecer o perfil de uma área permite, por exemplo, identificar tendências e lacunas. Além disso, esse conhecimento também permite verificar os impactos com as políticas públicas de incentivo a uma maior produção científica.

Alguns estudos já foram feitos com o enfoque na área de PO. Em 2011 foi realizado um estudo sobre o perfil dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq (Alves et al. 2011). Esse estudo foi feito usando informações extraídas dos currículos Lattes desses pesquisadores. Em outro estudo (Alves et al. 2013) foi feito um mapeamento da produção científica brasileira na área de PO considerando os artigos publicados em periódicos indexados na *Web of Science* (WoS). Também foi realizado um mapeamento das redes de coautoria da área de PO, sendo realizadas análises da autoria, coautoria e das redes de coautoria para os países e autores da área de PO que mais publicaram em periódicos na WoS (Alves et al. 2015).

Neste trabalho apresenta-se um perfil histórico da área de PO considerando as informações sobre os artigos publicados em periódicos indexados na base de dados científica WoS. A área de PO é diretamente relacionada com a categoria "*Operations Research & Management Science*" (OR&MS) definida pela WoS. Para realizar este estudo foi considerada a produção científica da área de PO no período de 2009 a 2018. Também foi feita uma análise da produção científica brasileira, considerando os artigos publicados com pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira e quando todos os autores estão vinculados a instituições brasileiras. Nesse sentido, foram analisados os países de afiliação dos autores, os periódicos e as palavras-chave mais usadas nesses artigos. Conhecer o perfil de uma área permite compreender um pouco da sua própria história, bem como identificar o perfil de colaboração científica nas publicações. Também permite entender o comportamento da área ao longo dos anos, apontando as principais contribuições, além de destacar eventuais mudanças de interesse.

Este texto está organizado da seguinte maneira: na Seção 2 é descrito como foram coletados os dados de interesse; na Seção 3 são apresentados os resultados, destacando as principais informações obtidas; e, finalmente, na Seção 4 são apresentadas as considerações finais.

2. Coleta de Dados

Inicialmente, foi realizada uma busca avançada por artigos publicados em periódicos indexados na base WoS e classificados na categoria OR&MS, de acordo com os critérios definidos na Tabela 1. Os principais critérios foram a categoria OR&MS e o tipo de documento.

Tabela 1 - Definição de critérios de busca avançada para artigos publicados em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS.

Campo	Critério
Categoria (WC)	WC = ("*Operations Research & Management Science*")
Tipos de Documentos	"*Article*"
Período estipulado	2009 a 2018
Índices de citação	"*Science Citation Index Expanded* (SCI-EXPANDED)" "*Social Sciences Citation Index (SSCI)*" "*Arts & Humanities Citation Index (A&HCI)*"

O total de artigos encontrados foi 80.657 para o período de 2009 a 2018. A partir disso, foi possível baixar os dados de todos esses artigos em um formato de arquivo disponível na WoS. Em seguida foi feita a extração automática e os dados foram armazenados, também de forma automática, em um banco de dados relacional. Todo esse processo, brevemente aqui descrito, foi realizado no dia 29 de abril de 2019 em poucos minutos utilizando uma linguagem de domínio

específico que está em desenvolvimento pelos autores deste trabalho.

As seguintes informações foram obtidas para este trabalho: artigos (id, título, tipo, ano, total de autores, total de citações, palavras-chaves e afiliações). O acesso a essas informações foi feito através do Portal de Periódicos da CAPES. Criado em 2000, o Portal conta hoje com um dos maiores acervos em nível mundial (Almeida et al. 2010).

3. Resultados e discussões

Na base WoS, considerando também os artigos anteriores a 2009, há atualmente 188.889 artigos publicados em periódicos classificados na categoria OR&MS. O Brasil, com 3.022 (1,60%) artigos, ocupa a décima sétima (17º) posição entre os países que mais publicaram nessa categoria de acordo com a WoS. Essa posição é um pouco melhor do que a décima nona que o país ocupava em 2013 (Alves et al. 2013). É importante destacar que um mesmo artigo pode ser contabilizado por mais de um país. Isso se deve ao fato de que a WoS faz essa contagem considerando todas as afiliações dos autores informadas nos artigos (Almeida e Guimarães 2013).

Um dos primeiros artigos da área de PO, em nível mundial, de acordo com os periódicos atualmente indexados na WoS, foi de Bernard Osgood Koopman, da Columbia University (Koopman 1952). Esse artigo foi publicado em 1952 no *Journal of the Operations Research Society of America*. Também de acordo com a WoS, o artigo de Charnes et al. (1978) é atualmente o mais citado da categoria OR&MS, com 10.219 citações. Segundo Alves et al. (2013), o artigo de Storn e Price (1997) era o mais citado da categoria OR&MS em 2013, com 2.664 citações. Atualmente, esse artigo é o segundo mais citado e possui 9.197 citações.

Considerando somente os 3.022 artigos publicados com pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira, de acordo com as informações obtidas na WoS, o primeiro artigo brasileiro da área de PO foi publicado por Mello e Rodrigues (1970). O artigo mais citado é de Oliveira et al. (1999), com 862 citações. Em 2013, esse artigo também era o mais citado, com 459 citações (Alves et al. 2013). Isso mostra que esse artigo continua sendo bastante citado.

Neste trabalho foram considerados somente os 80.657 (42,70%) artigos publicados em periódicos classificados na categoria OR&MS no período de 2009 a 2018. Desse total, 2.024 artigos foram publicados com pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira. E em 1.189 destes artigos, todos os autores estão vinculados a instituições brasileiras.

Na Tabela 2 apresenta-se o número de artigos publicados em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS, no período de 2009 a 2018, levando em consideração os três conjuntos de dados. Também é apresentada a média de autores desses artigos.

Do total de 80.657 artigos publicados, apenas 10.397 (12,89%) artigos ainda não foram citados. Destes, 4.398 (42,30%) foram publicados em 2018. Desconsiderando esses artigos recentes, a porcentagem de artigos não citados é muito pequena (7,44%). Os outros 70.260 artigos (87,11%) foram citados por 1.001.832 artigos (não necessariamente distintos), com uma média de 14,26 citações por artigo. Considerando os 2.024 artigos com pelo menos um autor vinculado a instituição brasileira, 269 (13,29%) artigos ainda não foram citados. Desconsiderando os 141 (52,42%) artigos publicados em 2018, apenas 6,32% ainda não foram citados. Os outros 1.755 (86,71%) artigos foram citados por 21.262 artigos, com uma média de 12,12 citações por artigo. Entre os 1.189 artigos com todos os autores vinculados a instituições brasileiras, 164 (13,79%) artigos ainda não foram citados, sendo que 50,00% desses artigos foram publicados em 2018. Os outros 1.025 (86,21%) artigos receberam 12.200 citações, com uma média de 11,90 citações por artigo.

Percebe-se que a variação no número de artigos de um ano para outro é pouca significativa nos três conjuntos de dados. A média de autores é maior quando há pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira. Talvez isso se explique pelo fato de que nesses casos

ocorre uma maior colaboração com pesquisadores de outros países. Como esperado, a menor média de autores ocorre nos artigos com todos os autores vinculados a instituições brasileiras. Entretanto, essa maior colaboração não contribui para um aumento significativo no número de citações, uma vez que o número médio de citações nos dois casos é quase o mesmo.

Tabela 2 - Número de artigos publicados e média de autores em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS no período de 2009 a 2018.

Ano	Todos os Artigos		Artigos com pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira		Artigos com todos os autores vinculados a instituições brasileiras	
	n	Média de Autores	n	Média de Autores	n	Média de Autores
2009	7.507	2,60	123	2,71	76	2,53
2010	6.915	2,65	139	3,06	79	2,91
2011	7.679	2,71	155	3,03	98	2,82
2012	8.232	2,78	203	3,00	132	2,86
2013	7.796	2,81	198	3,29	123	3,06
2014	8.046	2,85	200	3,28	114	2,99
2015	8.442	2,89	217	3,33	126	3,01
2016	8.501	2,95	267	3,48	150	3,14
2017	8.697	3,01	240	3,54	140	3,26
2018	8.842	3,06	282	3,41	151	3,13
2009 a 2018	**80.657**	**2,84**	**2.024**	**3,27**	**1.189**	**3,00**

Tabela 3 - Distribuição dos 5 países com mais artigos publicados com autores afiliados a estes países em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS no período de 2009 a 2018.

		País	n	%			País	N	%
2009	1º	Estados Unidos	1.825	24,31	2010	1º	Estados Unidos	1.764	25,51
	2º	China	1.116	14,86		2º	China	1.123	16,24
	3º	Taiwan	851	11,33		3º	Taiwan	671	9,70
	4º	Canadá	458	6,10		4º	Canadá	401	5,79
	5º	Inglaterra	435	5,79		5º	**França**	366	5,29
2011	1º	Estados Unidos	1.771	23,06	2012	1º	Estados Unidos	1.934	23,49
	2º	China	1.442	18,77		2º	China	1.606	19,50
	3º	Taiwan	725	9,44		3º	Taiwan	547	6,64
	4º	Canadá	446	5,80		4º	**Espanha**	518	6,29
	5º	França	402	5,23		5º	**Inglaterra**	480	5,83
2013	1º	Estados Unidos	1.911	24,51	2014	1º	Estados Unidos	2.031	25,24
	2º	China	1.478	18,95		2º	China	1.794	22,29
	3º	**Inglaterra**	525	6,73		3º	Inglaterra	556	6,91
	4º	**França**	499	6,40		4º	**Canadá**	515	6,40
	5º	**Espanha**	435	5,58		5º	**França**	497	6,17
2015	1º	Estados Unidos	2.164	25,63	2016	1º	Estados Unidos	2.059	24,22
	2º	China	1.853	21,95		2º	China	1.992	23,43
	3º	Inglaterra	531	6,29		3º	Inglaterra	585	6,88
	4º	**França**	509	6,02		4º	França	563	6,62
	5º	**Canadá**	500	5,92		5º	Canadá	485	5,70
2017	1º	**China**	2.231	25,65	2018	1º	China	2.304	26,05
	2º	**Estados Unidos**	2.089	24,02		2º	Estados Unidos	2.268	25,65
	3º	Inglaterra	670	7,70		3º	Inglaterra	690	7,80
	4º	França	567	6,51		4º	França	564	6,37
	5º	Canadá	531	6,10		5º	**Alemanha**	539	6,09

VERDE O país não fazia parte da listagem no ano anterior
AZUL O país está numa posição melhor na listagem em relação ao ano anterior
VERMELHO O país está numa posição pior na listagem em relação ao ano anterior

Na Tabela 3 apresenta-se a distribuição dos 5 países com mais artigos publicados com autores afiliados a estes países em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS no período de 2009 a 2018. As cores usadas na Tabela 3 permitem identificar se um determinado país não fazia parte da listagem no ano anterior (verde), se o país está numa posição melhor na listagem em relação ao ano anterior (azul) ou se o país está numa posição pior (vermelho). Essas cores são usadas em todas as tabelas a seguir, com o mesmo propósito. Em caso de empate, é seguida a classificação da própria WoS que considera a ordem alfabética.

Em relação aos países mais identificados, percebe-se que os Estados Unidos e a China são os países com o maior número de publicações, sendo que os Estados Unidos foram superados pela China nos 2 últimos anos, o que já podia ser previsto observando-se a taxa de crescimento da porcentagem de artigos publicados ao longo dos anos. O número de artigos publicados pelos 5 países que lideram em termos quantitativos as publicações correspondia a 62,39% de todos os artigos publicados em 2009. Em 2018 este percentual cresceu para 71,96%, confirmando o domínio destes países na área.

Tabela 4 - Distribuição dos 5 países com mais artigos publicados com autores afiliados a estes países em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS no período de 2009 a 2018 considerando artigos com pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira.

		País	n	%			País	n	%
2009	1º	Estados Unidos	11	8,94	2010	1º	Estados Unidos	18	12,95
	2º	França	9	7,31		2º	**Inglaterra**	8	5,75
	3º	Chile	6	4,87		3º	**França**	8	5,75
	4º	Canadá	4	3,25		4º	**Espanha**	5	3,59
	5º	Inglaterra	3	2,43		5º	**Austrália**	4	2,87
2011	1º	**França**	10	6,45	2012	1º	França	17	8,37
	2º	**Estados Unidos**	10	6,45		2º	Estados Unidos	13	6,40
	3º	**Argentina**	5	3,22		3º	**Inglaterra**	8	3,94
	4º	**Itália**	5	3,22		4º	**Portugal**	8	3,94
	5º	**Espanha**	5	3,22		5º	**Canadá**	7	3,44
2013	1º	**Estados Unidos**	15	7,57	2014	1º	Estados Unidos	19	9,50
	2º	**Inglaterra**	14	7,07		2º	**França**	18	9,00
	3º	**Portugal**	11	5,55		3º	Portugal	16	8,00
	4º	**França**	10	5,05		4º	**Inglaterra**	13	6,50
	5º	**Espanha**	8	4,04		5º	**Canadá**	8	4,00
2015	1º	**Canadá**	15	6,91	2016	1º	**Estados Unidos**	23	8,61
	2º	França	15	6,91		2º	França	18	6,74
	3º	**Estados Unidos**	14	6,45		3º	**Portugal**	17	6,36
	4º	Inglaterra	9	4,14		4º	**Espanha**	12	4,49
	5º	**Chile**	8	3,68		5º	**Inglaterra**	8	2,99
2017	1º	Estados Unidos	30	12,50	2018	1º	Estados Unidos	33	11,70
	2º	França	15	6,25		2º	França	21	7,44
	3º	**Espanha**	13	5,41		3º	**Portugal**	17	6,02
	4º	**Alemanha**	11	4,58		4º	**Inglaterra**	14	4,96
	5º	Inglaterra	10	4,16		5º	**Canadá**	13	4,61

VERDE	O país não fazia parte da listagem no ano anterior
AZUL	O país está numa posição melhor na listagem em relação ao ano anterior
VERMELHO	O país está numa posição pior na listagem em relação ao ano anterior

Na Tabela 4 apresenta-se também a distribuição dos 5 países com mais artigos publicados com autores afiliados a estes países, indicando as colaborações entre os coautores dos

artigos considerando artigos com pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira. Percebe-se nesse caso que a liderança é dividida entre os Estados Unidos, a França e o Canadá ao longo dos anos. Também percebe-se que há uma troca de posição maior entre os 5 países em relação ao ano anterior. A colaboração com coautores dos Estados Unidos aumentou significativamente nos 2 últimos anos em relação aos anos anteriores. A porcentagem dos 5 países mais identificados em 2009 corresponde a 26,80% dos artigos e esse valor aumentou significativamente para 34,73% em 2018.

Na Tabela 5 apresenta-se a distribuição dos 5 periódicos mais usados pelos autores para a publicação de artigos em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS no período de 2009 a 2018. Percebe-se que há pouca variação entre os periódicos mais usados, com destaque inicialmente para o periódico *Expert Systems with Applications* e nos últimos 3 anos para o periódico *European Journal of Operational Research*. Nos primeiros anos a porcentagem de artigos no periódico mais usado é muito significativa. Entretanto, diminuiu consideravelmente nos últimos anos. Em 2009 a porcentagem dos 5 periódicos mais usados corresponde a 39,89% dos artigos. Em 2018 esse valor também diminuiu para 26,32%. Porém, é interessante observar que o número de periódicos diferentes usados foi 84 em 2009 e 86 em 2018, ou seja, praticamente o mesmo número, o que não contribui para explicar essa diferença tão significativa.

Tabela 5 - Número de artigos publicados em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS no período de 2009 a 2018 de acordo com os periódicos mais usados pelos autores.

		Periódico	n	%			Periódico	n	%
2009	1º	Expert Systems with Applications	1.369	18,23	2010	1º	Expert Systems with Applications	1.003	14,50
	2º	European Journal of Oper. Research	713	9,49		2º	European Journal of Oper. Research	693	10,02
	3º	International J. of Prod. Research	335	4,46		3º	International J. of Prod. Research	357	5,16
	4º	International J. of Prod. Economics	310	4,12		4º	International J. of Prod. Economics	229	3,31
	5º	Computers Operations Research	270	3,59		5º	Computers Operations Research	206	2,97
2011	1º	Expert Systems with Applications	1.699	22,12	2012	1º	Expert Systems with Applications	1.338	16,25
	2º	European Journal of Oper. Research	431	5,61		2º	European Journal of Oper. Research	568	6,90
	3º	International J. of Prod. Research	360	4,68		3º	International J. of Prod. Research	474	5,75
	4º	International J. of Prod. Economics	298	3,88		4º	International J. of Prod. Economics	339	4,11
	5º	**Journal of the Oper. Res. Society**	192	2,50		5º	**Computers Operations Research**	312	3,79
2013	1º	Expert Systems with Applications	706	9,05	2014	1º	Expert Systems with Applications	685	8,51
	2º	European Journal of Oper. Research	469	6,01		2º	European Journal of Oper. Research	615	7,64
	3º	International J. of Prod. Research	460	5,90		3º	International J. of Prod. Research	432	5,36
	4º	International J. of Prod. Economics	363	4,65		4º	International J. of Prod. Economics	341	4,23
	5º	Computers Operations Research	284	3,64		5º	**Annals of Operations Research**	237	2,94
2015	1º	Expert Systems with Applications	772	9,14	2016	1º	**European Journal of Oper. Research**	655	7,70
	2º	European Journal of Oper. Research	646	7,65		2º	**Expert Systems with Applications**	622	7,31
	3º	International J. of Prod. Research	426	5,04		3º	International J. of Prod. Research	440	5,17
	4º	International J. of Prod. Economics	350	4,14		4º	**International J. of Systems Science**	328	3,85
	5º	**Reliability Engineering Syst. Safety**	259	3,06		5º	**Annals of Operations Research**	294	3,45
2017	1º	European Journal of Oper. Research	692	7,95	2018	1º	European Journal of Oper. Research	667	7,54
	2º	Expert Systems with Applications	608	6,99		2º	Expert Systems with Applications	589	6,66
	3º	International J. of Prod. Research	424	4,87		3º	International J. of Prod. Research	397	4,49
	4º	International J. of Systems Science	316	3,63		4º	**IEEE Systems Journal**	364	4,11
	5º	Annals of Operations Research	306	3,51		5º	**Management Science**	312	3,52

VERDE	O periódico não fazia parte da listagem no ano anterior
AZUL	O periódico está numa posição melhor na listagem em relação ao ano anterior
VERMELHO	O periódico está numa posição pior na listagem em relação ao ano anterior

Na Tabela 6 apresenta-se a distribuição dos 5 periódicos mais usados considerando artigos com pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira. Percebe-se que houve uma grande variação entre os periódicos mais usados ao longo dos anos. O periódico *European Journal of Operational Research* foi o mais usado nos 2 primeiros anos. Entretanto, foi superado pelo periódico *Expert Systems with Applications* nos anos seguintes. Ainda em relação a esse periódico, percebe-se que a porcentagem de artigos diminuiu significativamente nos últimos anos, principalmente, em 2018. Em 2009 a porcentagem dos 5 periódicos mais usados corresponde a 42,26% dos artigos e esse valor diminuiu para 38,63% em 2018.

Tabela 6 - Periódicos mais usados nos artigos publicados em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS no período de 2009 a 2018 considerando artigos com pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira.

		Periódico	n	%			Periódico	n	%
2009	1º	European Journal of Oper. Research	14	11,38	2010	1º	European Journal of Oper. Research	15	10,79
	2º	International J. of Prod. Economics	12	9,75		2º	**Expert Systems with Applications**	13	9,35
	3º	Computers Operations Research	10	8,13		3º	Computers Operations Research	12	8,63
	4º	Expert Systems with Applications	9	7,31		4º	**Comput. Optim. and Applications**	9	6,47
	5º	Mathematical Programming	7	5,69		5º	**Int. Transactions in Oper. Research**	9	6,47
2011	1º	**Expert Systems with Applications**	28	18,06	2012	1º	Expert Systems with Applications	56	27,58
	2º	**Optimization**	11	7,09		2º	**European Journal of Oper. Research**	21	10,34
	3º	**Int. Transactions in Oper. Research**	9	5,80		3º	**Computers Operations Research**	14	6,89
	4º	**Computers Operations Research**	7	4,51		4º	**International J. of Prod. Economics**	10	4,92
	5º	**Optimization and Engineering**	7	4,51		5º	**Annals of Operations Research**	8	3,94
2013	1º	Expert Systems with Applications	54	27,27	2014	1º	Expert Systems with Applications	39	19,50
	2º	**Computers Operations Research**	19	9,59		2º	**European Journal of Oper. Research**	22	11,00
	3º	**European Journal of Oper. Research**	12	6,06		3º	**International J. of Prod. Research**	15	7,50
	4º	**J of Optim. Theory and Applications**	11	5,55		4º	**Journal of Global Optimization**	14	7,00
	5º	**Mathematical Programming**	11	5,55		5º	**J of Optim. Theory and Applications**	10	5,00
2015	1º	Expert Systems with Applications	42	19,35	2016	1º	Expert Systems with Applications	55	20,59
	2º	European Journal of Oper. Research	18	8,29		2º	European Journal of Oper. Research	21	7,86
	3º	International J. of Prod. Research	13	5,99		3º	**Computers Operations Research**	17	6,36
	4º	**Int. Transactions in Oper. Research**	13	5,99		4º	**Comput. Optim. and Applications**	13	4,86
	5º	**Computers Operations Research**	8	3,68		5º	**International J. of Prod. Research**	13	4,86
2017	1º	Expert Systems with Applications	44	18,33	2018	1º	Expert Systems with Applications	38	13,47
	2º	**Computers Operations Research**	24	10,00		2º	Computers Operations Research	22	7,80
	3º	**European Journal of Oper. Research**	21	8,75		3º	European Journal of Oper. Research	21	7,44
	4º	**J of Optim. Theory and Applications**	11	4,58		4º	**International J. of Prod. Economics**	17	6,02
	5º	**International J. of Prod. Economics**	9	3,75		5º	**Journal of the Oper. Res. Society**	11	3,90

VERDE O periódico não fazia parte da listagem no ano anterior
AZUL O periódico está numa posição melhor na listagem em relação ao ano anterior
VERMELHO O periódico está numa posição pior na listagem em relação ao ano anterior

Na Tabela 7 apresenta-se a distribuição dos 5 periódicos mais usados considerando artigos com todos os autores vinculados a instituições brasileiras. Nesse caso também percebe-se que houve uma grande variação entre os periódicos mais usados ao longo dos anos. O periódico *Expert Systems with Applications* foi o mais usado em todos os anos, exceto em 2009. A porcentagem de artigos publicados nesse periódico chega a 37,12% em 2013 e diminuiu significativamente para 17,88% em 2018. Em 2009 a porcentagem dos 5 periódicos mais usados corresponde a 49,97% dos artigos e esse valor diminuiu para 42,37% em 2018.

Tabela 7 - Periódicos mais usados nos artigos publicados em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS no período de 2009 a 2018 considerando artigos com todos os autores vinculados a instituições brasileiras.

		Periódico	N	%			Periódico	n	%
2009	1º	European Journal of Oper. Research	11	14,47	2010	1º	**Expert Systems with Applications**	10	12,65
	2º	International J. of Prod. Economics	10	13,15		2º	**European Journal of Oper. Research**	9	11,39
	3º	Expert Systems with Applications	7	9,21		3º	**Computers Operations Research**	8	10,12
	4º	Annals of Operations Research	5	6,57		4º	**Int. Transactions in Oper. Research**	6	7,59
	5º	Computers Operations Research	5	6,57		5º	**Comput. Optim. and Applications**	5	6,32
2011	1º	Expert Systems with Applications	21	21,42	2012	1º	Expert Systems with Applications	42	34,14
	2º	**Optimization**	9	9,18		2º	**Computers Operations Research**	11	8,94
	3º	**Int. Transactions in Oper. Research**	7	7,14		3º	**European Journal of Oper. Research**	8	6,50
	4º	**Optimization and Engineering**	6	6,12		4º	**J of Optim. Theory and Applications**	7	5,69
	5º	**Computers Operations Research**	5	5,10		5º	**International J. of Prod. Economics**	6	4,87
2013	1º	Expert Systems with Applications	49	37,12	2014	1º	Expert Systems with Applications	29	25,43
	2º	**European Journal of Oper. Research**	10	7,57		2º	European Journal of Oper. Research	9	7,89
	3º	**Computers Operations Research**	8	6,06		3º	Computers Operations Research	8	7,01
	4º	**Annals of Operations Research**	6	4,54		4º	**International J. of Prod. Research**	7	6,14
	5º	**International J. of Prod. Research**	6	4,54		5º	**Journal of Global Optimization**	7	6,14
2015	1º	Expert Systems with Applications	29	23,01	2016	1º	Expert Systems with Applications	39	26,00
	2º	European Journal of Oper. Research	10	7,93		2º	**Computers Operations Research**	8	5,33
	3º	**Int. Transactions in Oper. Research**	10	7,93		3º	**European Journal of Oper. Research**	8	5,33
	4º	International J. of Prod. Research	7	5,55		4º	**Int. Transactions in Oper. Research**	8	5,33
	5º	**International J. of Prod. Economics**	6	4,76		5º	**Comput. Optim. and Applications**	7	4,66
2017	1º	Expert Systems with Applications	35	25,00	2018	1º	Expert Systems with Applications	27	17,88
	2º	Computers Operations Research	14	10,00		2º	Computers Operations Research	14	9,27
	3º	European Journal of Oper. Research	14	10,00		3º	**International J. of Prod. Economics**	10	6,62
	4º	**J of Optim. Theory and Applications**	8	5,71		4º	**Optimization Letters**	7	4,63
	5º	**IEEE Systems Journal**	4	2,85		5º	**Int. Transactions in Oper. Research**	6	3,97

VERDE	O periódico não fazia parte da listagem no ano anterior
AZUL	O periódico está numa posição melhor na listagem em relação ao ano anterior
VERMELHO	O periódico está numa posição pior na listagem em relação ao ano anterior

Na Tabela 8 apresenta-se a distribuição das 5 palavras-chave mais usadas nos artigos publicados em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS no período de 2009 a 2018. Ao todo foram identificadas 139.020 palavras-chave e a palavra-chave *Scheduling* foi a mais usada em todos os anos. Percebe-se que houve pouca variação entre as palavras-chave mais usadas ao longo dos anos. Em 2009 a porcentagem das 5 palavras-chave mais usadas corresponde a 10,12% dos artigos e esse valor diminuiu para 8,08% em 2018. Em 2009 o número de palavras-chave diferentes usadas foi 19.715 e esse número aumentou para 25.553 em 2018. O número médio de palavras-chave por artigo em 2009 foi 2,63 e essa média aumentou para 2,89 em 2018.

Tabela 8 - Palavras-chave mais usadas nos artigos publicados em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS no período de 2009 a 2018.

		Palavra-chave	N	%			Palavra-chave	n	%
2009	1º	Scheduling	187	2,49	2010	1º	Scheduling	159	2,30
	2º	Genetic algorithm	162	2,16		2º	**Simulation**	131	1,89
	3º	Simulation	148	1,97		3º	**Supply chain management**	130	1,88
	4º	Optimization	140	1,86		4º	Optimization	116	1,68
	5º	Supply chain management	123	1,64		5º	**Genetic algorithm**	100	1,45
2011	1º	Scheduling	190	2,47	2012	1º	Scheduling	224	2,72
	2º	**Genetic algorithm**	159	2,07		2º	**Optimization**	149	1,81
	3º	**Simulation**	125	1,63		3º	Simulation	135	1,64
	4º	Optimization	118	1,54		4º	**Genetic algorithm**	128	1,55
	5º	**Data mining**	110	1,43		5º	**Supply chain management**	125	1,52
2013	1º	Scheduling	212	2,72	2014	1º	Scheduling	199	2,47
	2º	**Simulation**	123	1,58		2º	**Supply chain management**	131	1,63
	3º	**Supply chain management**	114	1,46		3º	**Simulation**	114	1,42
	4º	**Inventory**	111	1,42		4º	**Optimization**	110	1,37
	5º	**Heuristics**	109	1,40		5º	**Integer programming**	105	1,30
2015	1º	Scheduling	212	2,51	2016	1º	Scheduling	179	2,11
	2º	**Optimization**	139	1,65		2º	Optimization	128	1,51
	3º	Simulation	134	1,59		3º	**Integer programming**	114	1,34
	4º	**Genetic algorithm**	121	1,43		4º	**Supply chain management**	109	1,28
	5º	**Supply chain management**	117	1,39		5º	**Heuristics**	104	1,22
2017	1º	Scheduling	201	2,31	2018	1º	Scheduling	168	1,90
	2º	**Supply chain management**	162	1,86		2º	Supply chain management	154	1,74
	3º	**Optimization**	134	1,54		3º	Optimization	151	1,71
	4º	**Game theory**	117	1,35		4º	Game theory	122	1,38
	5º	**Simulation**	115	1,32		5º	**Data Envelopment Analysis**	119	1,35

VERDE A palavra-chave não fazia parte da listagem no ano anterior
AZUL A palavra-chave está numa posição melhor na listagem em relação ao ano anterior
VERMELHO A palavra-chave está numa posição pior na listagem em relação ao ano anterior

Na Tabela 9 apresenta-se a distribuição das 5 palavras-chave mais usadas considerando artigos com pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira. Ao todo foram identificadas 5.679 palavras-chave no período de 2009 a 2018. Percebe-se que houve uma grande variação entre as palavras-chave mais usadas ao longo dos anos, mudando drasticamente a listagem das palavras-chave mais usadas, comparativamente às palavras-chave mais usadas considerando-se todos os artigos. Em 2009 a porcentagem das 5 palavras-chave mais usadas corresponde a 14,64% dos artigos e esse valor aumentou para 18,09% em 2018. Em 2009 o número de palavras-chave diferentes usadas foi 469 e esse número aumentou para 1.103 em 2018. O número médio de palavras-chave por artigo em 2009 foi 3,81 e essa média aumentou para 3,91 em 2018.

Tabela 9 - Palavras-chave mais usadas nos artigos publicados em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS no período de 2009 a 2018 considerando artigos com pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira.

		Palavra-chave	n	%			Palavra-chave	n	%
2009	1º	Integer programming	5	4,07	**2010**	1º	**Optimization**	7	5,04
	2º	Heuristics	4	3,25		2º	Heuristics	5	3,60
	3º	Benders decomposition	3	2,44		3º	**Nonlinear programming**	5	3,60
	4º	Column generation	3	2,44		4º	**Genetic algorithms**	4	2,88
	5º	Genetic algorithms	3	2,44		5º	**GRASP**	4	2,88
2011	1º	Optimization	6	3,87	**2012**	1º	**Metaheuristics**	10	4,93
	2º	Heuristics	5	3,23		2º	**Column generation**	8	3,94
	3º	Nonlinear programming	5	3,23		3º	**Heuristics**	7	3,45
	4º	**GRASP**	4	2,58		4º	**Integer programming**	7	3,45
	5º	**Integer programming**	4	2,58		5º	**Scheduling**	7	3,45
2013	1º	**Integer programming**	8	4,04	**2014**	1º	Integer programming	12	6,00
	2º	**GRASP**	7	3,54		2º	**Scheduling**	8	4,00
	3º	**Metaheuristics**	7	3,54		3º	**Simulation**	7	3,50
	4º	**Combinatorial optimization**	6	3,03		4º	**Column generation**	6	3,00
	5º	**Iterated local search**	5	2,53		5º	**Heuristics**	6	3,00
2015	1º	**Heuristics**	8	3,69	**2016**	1º	Heuristics	12	4,49
	2º	**Nonlinear programming**	8	3,69		2º	**Metaheuristics**	8	3,00
	3º	**Genetic algorithm**	6	2,76		3º	**Nonsmooth optimization**	6	2,25
	4º	**Optimization**	6	2,76		4º	**Branch-and-cut**	5	1,87
	5º	**Scheduling**	6	2,76		5º	**Global optimization**	5	1,87
2017	1º	**Integer programming**	8	3,33	**2018**	1º	**Combinatorial optimization**	13	4,61
	2º	**Combinatorial optimization**	7	2,92		2º	**Metaheuristics**	12	4,26
	3º	**Column generation**	6	2,50		3º	**Integer programming**	11	3,90
	4º	**Machine learning**	6	2,50		4º	**Optimization**	8	2,84
	5º	**Scheduling**	6	2,50		5º	Scheduling	7	2,48

VERDE A palavra-chave não fazia parte da listagem no ano anterior
AZUL A palavra-chave está numa posição melhor na listagem em relação ao ano anterior
VERMELHO A palavra-chave está numa posição pior na listagem em relação ao ano anterior

Na Tabela 10 apresenta-se a distribuição das 5 palavras-chave mais usadas considerando artigos com todos os autores vinculados a instituições brasileiras. No período de 2009 a 2018 foram identificadas 3.541 palavras-chave diferentes nesses artigos. Percebe-se que houve também uma grande variação entre as palavras-chave mais usadas em relação ao ano anterior, mudando praticamente toda a listagem em cada um dos anos considerados. Em 2009 a porcentagem das 5 palavras-chave mais usadas corresponde a 19,74% dos artigos e esse valor diminuiu para 17,22% em 2018. Em 2009 o número de palavras-chave diferentes usadas foi 295 e esse número aumentou para 625 em 2018. O número médio de palavras-chave em 2009 foi 3,88 e essa média aumentou para 4,14 em 2018.

Tabela 10 - Palavras-chave mais usadas nos artigos publicados em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS no período de 2009 a 2018 considerando artigos com todos os autores vinculados a instituições brasileiras.

		Palavra-chave	n	%			Palavra-chave	n	%
2009	1º	Integer programming	4	5,26	2010	1º	Optimization	6	7,59
	2º	Column generation	3	3,95		2º	Combinatorial optimization	3	3,80
	3º	Hub-and-spoke networks	3	3,95		3º	Emerging markets	3	3,80
	4º	Optimization	3	3,95		4º	Heuristics	3	3,80
	5º	Benders decomposition	2	2,63		5º	Linear programming	3	3,80
2011	1º	Heuristics	5	5,10	2012	1º	Integer programming	7	5,30
	2º	Integer programming	4	4,08		2º	Column generation	5	3,79
	3º	Nonlinear programming	4	4,08		3º	Heuristics	5	3,79
	4º	Data envelopment analysis	3	3,06		4º	Nonlinear programming	5	3,79
	5º	Fuzzy logic	3	3,06		5º	Scheduling	5	3,79
2013	1º	GRASP	5	4,07	2014	1º	Integer programming	6	5,26
	2º	Integer programming	5	4,07		2º	Scheduling	5	4,39
	3º	Metaheuristics	5	4,07		3º	Branch-and-bound	4	3,51
	4º	Combinatorial optimization	4	3,25		4º	Data envelopment analysis	4	3,51
	5º	Multiobjective optimization	4	3,25		5º	Genetic algorithms	4	3,51
2015	1º	Nonlinear programming	5	3,97	2016	1º	Metaheuristics	7	4,67
	2º	Optimization	5	3,97		2º	Combinatorial optimization	4	2,67
	3º	Scheduling	5	3,97		3º	Heuristics	4	2,67
	4º	Simulation	4	3,17		4º	Numerical experiments	4	2,67
	5º	Brazil	3	2,38		5º	Branch-and-cut	3	2,00
2017	1º	Column generation	5	3,57	2018	1º	Combinatorial optimization	7	4,64
	2º	Machine learning	5	3,57		2º	Metaheuristics	6	3,97
	3º	Integer programming	4	2,86		3º	Optimization	6	3,97
	4º	Combinatorial optimization	3	2,14		4º	Multiobjective optimization	4	2,65
	5º	Data envelopment analysis	3	2,14		5º	Column generation	3	1,99

VERDE — A palavra-chave não fazia parte da listagem no ano anterior
AZUL — A palavra-chave está numa posição melhor na listagem em relação ao ano anterior
VERMELHO — A palavra-chave está numa posição pior na listagem em relação ao ano anterior

4. Considerações finais

Neste trabalho foi realizado um mapeamento da área de PO considerando os artigos publicados em periódicos indexados na WoS e classificados na categoria OR&MS no período de 2009 a 2018, de acordo os países mais identificados nas afiliações dos autores, os periódicos e as palavras-chave mais usadas nesses artigos. Com isso, foi possível traçar um perfil das publicações nessa área. Analisaram-se também os artigos com pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira e artigos com todos os autores vinculados a instituições brasileiras, permitindo assim fazer uma comparação entre os três conjuntos de dados.

Verificou-se que os Estados Unidos e a China são os países com o maior número de publicações, sendo os Estados Unidos superado pela China nos 2 últimos anos. Quando são considerados apenas os artigos com pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira, a liderança é dividida entre os Estados Unidos, a França e o Canadá ao longo dos anos. Em relação aos periódicos mais usados, o destaque inicialmente foi para o periódico *Expert Systems with Applications*. Entretanto, nos últimos 3 anos foi para o periódico *European Journal of Operational Research*. Considerando apenas os artigos com pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira, o periódico *European Journal of Operational Research* foi o mais

usado nos 2 primeiros anos, sendo superado pelo periódico *Expert Systems with Applications* nos anos seguintes. Quando todos os autores estão vinculados a instituições brasileiras, o periódico *Expert Systems with Applications* foi o mais usado em todos os anos, exceto em 2009. No caso das palavras-chave mais usadas, a palavra-chave *Scheduling* foi a mais usada em todos os anos. Nos outros conjuntos de dados com autores brasileiros, houve uma grande variação entre as 5 palavras-chave ao longo dos anos.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da CAPES e CNPq.

Referências

Almeida, E. C. E., Guimarães, J. A., e Alves, I. T. G. (2010). Dez anos do Portal de Periódicos da CAPES: histórico, evolução e utilização, *RBPG. Revista Brasileira de Pós-Graduação*, 7(13), 218–246.

Almeida, E. C. E. e Guimarães, J. A. (2013). Brazil's growing production of scientific articles—how are we doing with review articles and other qualitative indicators?, *Scientometrics*, 97(2), 287–315.

Alves, A. D., Yanasse, H. H. e Soma, N. Y. (2011). Perfil dos Bolsistas PQ das áreas de Engenharia de Produção e de Transportes do CNPq: enfoque na subárea de Pesquisa Operacional, *Anais do XLIII SBPO*, 144–155.

Alves, A. D., Yanasse, H. H. e Soma, N. Y. (2013). Pesquisa Operacional: um mapeamento da produção científica brasileira em artigos publicados nos periódicos indexados na Web of Science, *Anais do XLV SBPO*, 81–92.

Alves, A. D., Yanasse, H. H. e Soma, N. Y. (2015). Mapeamento da área de Pesquisa Operacional na Web of Science: uma análise das redes de coautoria, *Anais do XLVII SBPO*, 2222–2233.

Charnes, A., Cooper, W. W. e Rhodes, E. (1978). Measuring efficiency of decision-making units, *European Journal of Operation Research*, 2(6), 429–444.

Koopman, B. O. (1952). New Mathematical Methods in Operations Research, *Journal of the Operations Research Society of America*, 1(1), 3–9.

Mello, F. A. F. e Rodrigues, A. (1970). Sensitivity training and changes in responses to a projective personality test, *Interpersonal Development*, 1(2), 87–96.

Oliveira, M. C. de, Bernussou, J. e Geromel, J. C. (1999). A new discrete-time robust stability condition, *Systems & Control Letters*, 37(4), 261–265.

Storn, R. e Price, K. (1997). Differential evolution - A simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces, *Journal of Global Optimization*, 11(4), 341–359.