



SPOLM 2007

ISSN 2175-6295

Rio de Janeiro- Brasil, 08 e 09 novembro de 2007.

PESQUISA OPERACIONAL: REFERÊNCIAS DA ÁREA

Alexandre Fraga de Araújo

Universidade Federal de Viçosa
Avenida P. H. Rolfs, S/N, Campus Universitário, Viçosa - MG
alexandre.fraga.araujo@gmail.com

Antonio Almeida de Barros Junior

Universidade Federal de Viçosa
Avenida P. H. Rolfs, S/N, Campus Universitário, Viçosa - MG
antonioabj@gmail.com

Edmar Hell Kampke

Universidade Federal de Viçosa
Avenida P. H. Rolfs, S/N, Campus Universitário, Viçosa - MG
mazinbok@gmail.com

Resumo

Um grande número de pessoas tem interesse por pesquisas relacionadas à Pesquisa Operacional. E antes de ingressar em qualquer uma linha de pesquisa, é importante que se faça um levantamento da área pretendida visando um melhor conhecimento. Este trabalho tem por objetivo, traçar um perfil da linha de pesquisa relacionada à metaheurísticas, apresentando os principais centros de pesquisa, transferência de tecnologia, relação com a indústria, pesquisadores, oportunidades de publicação e eventos relacionados.

Palavras-Chaves: Pesquisa Operacional; Otimização Combinatória; Metaheurísticas; Panorama.

Abstract

A great number of people has interest for research related to the Operational Research. Before entering any a research line, is important that if it makes survey of the intend area aiming at one better knowledge. This work has by objective, to trace a profile of the line research related to the metaheuristics, being presented the main centers of research, transference of technology, relation with the industry, related researchers, chances and events publication.

Keywords: Operational Research; Combinatorial Optimization; Metaheuristics; Survey.

1. INTRODUÇÃO

A Pesquisa Operacional surgiu com o objetivo de solucionar problemas de otimização de alta complexidade. Tendo sua origem no decorrer da Segunda Grande Guerra, ela evoluiu nos anos seguintes com uma acentuada contribuição da computação. Esta contribuição ocorreu devido a melhorias na capacidade de processamento dos

microcomputadores.

Atualmente, várias instituições brasileiras têm em seus departamentos, pesquisadores que desenvolvem trabalhos correlatos. Muitos destes trabalhos relatam o uso de metaheurísticas como tentativa de solucionar problemas do tipo NP–difíceis. Por ser uma área multidisciplinar, a Pesquisa Operacional tem chamado à atenção de novos pesquisadores, dentre eles estão os bolsistas de iniciação científica e os estudantes de mestrado.

Com objetivo de traçar um perfil desta área, o conteúdo deste trabalho pretende contribuir como um guia de referências para estes novos pesquisadores. É relevante que se tenha uma referência sobre: veículos de publicação, fontes de financiamento, principais centros de pesquisas e uma maior interação entre pesquisadores emergentes com pesquisadores mais fluentes.

As próximas seções apresentam os conceitos e definições da Pesquisa Operacional e metaheurísticas. Em seguida são apresentados os centros de pesquisas, a relação com a indústria, a transferência de tecnologia, patentes, associações, pesquisadores influentes, oportunidades de publicação no Brasil e no exterior, artigos de referência e conclusão.

2. PESQUISA OPERACIONAL

Durante a Segunda Guerra Mundial, os países aliados se viram confrontados com problemas de logística, tática e estratégia militar. Devido à complexidade destes problemas, foram criados grupos multidisciplinares de pesquisadores com objetivo de solucioná-los. O maior problema estava relacionado à utilização mais eficaz de recursos militares escassos.

À medida que problemas eram propostos, o grupo utilizava métodos científicos na tentativa de encontrar a melhores soluções. Com isso, surgiu a idéia de criar modelos matemáticos apoiados em dados e fatos reais. Estes modelos permitiam que fossem realizadas simulações para avaliar possíveis resultados nos problemas enfrentados. Todos estes esforços e pesquisas motivaram George Dantzing a desenvolver o Método Simplex, em 1947.

Após a guerra, muitos destes métodos foram atraídos por outras áreas devido ao foco no processo de tomada de decisão. Grandes organizações, como as companhias de petróleo, foram as primeiras a adotar o novo conjunto de metodologias para a resolução de seus problemas. Crescendo o uso da programação linear no planejamento da produção em larga escala. O sucesso dos métodos justificava pesados investimentos, pelas corporações de grande porte, na busca de novos processos [2].

Para BAZARAA [1], a história do surgimento e evolução da programação linear registra a convivência com situações que estimulam a procura de métodos para otimizar o aproveitamento de recursos escassos, visando compartilhá-los entre atividades competitivas.

Toda esta investigação foi inserida em um contexto denominado Pesquisa Operacional. Ela pode ser definida como uma ciência aplicada voltada para a resolução de problemas reais. Tendo como foco a tomada de decisões, e que aplica conceitos e métodos de outras áreas científicas para concepção, planejamento ou operação de sistemas para atingir seus objetivos [3].

RIBEIRO [4] descreve a Pesquisa Operacional (P.O.) como uma abordagem científica para o processo de tomada de decisão que envolva operações de um sistema organizacional. A P.O. envolve pesquisa em operações. A base para a sua aplicação é sempre o problema, onde a busca da otimalidade desempenha um papel central. Uma característica importante e que facilita o processo de análise e de decisão é a utilização de modelos.

2.1. OTIMIZAÇÃO COMBINATÓRIA

Otimização Combinatória é uma disciplina de tomada de decisões no caso de problemas discretos que pode ser encontrada em diversas áreas, tais como, problemas de planejamento e programação (scheduling) da produção, problemas de corte e empacotamento, roteamento de veículos, redes de telecomunicação, sistemas de distribuição de energia

elétrica, problemas de localização, dentre outras [5].

Estes problemas são classificados na literatura como NP-difíceis, isto é, não são conhecidos algoritmos que os resolvam em tempo polinomial. As soluções ótimas para esses tipos de problemas poderiam ser encontradas através de uma enumeração completa de todas as soluções possíveis, porém, mesmo com o avanço tecnológico dos computadores nas últimas décadas, isto se torna impraticável à medida que o tamanho do problema aumenta [6].

Conforme os fatos mencionados, é relevante a busca de novos métodos na tentativa de solucionar os tipos de problemas citados. Para esta finalidade podem-se utilizar métodos exatos ou métodos aproximados. Como métodos aproximados, existem muitas técnicas heurísticas disponíveis para solução de problemas combinatoriais, incluindo desde heurísticas menos convencionais até as chamadas metaheurísticas.

3. METAHEURÍSTICAS

Na década de 70, os métodos tradicionais, baseados em heurísticas, não eram eficazes e eficientes para resolver os problemas complexos de otimização. A partir deste contexto, começaram a ser desenvolvidas as primeiras metaheurísticas, que podem ser definidas como um conjunto de métodos de solução de problemas de otimização combinatoria. Estes métodos são conhecidos como *Métodos Aproximados*, pois contam com um processo de geração iterativa de soluções, utilizando para isso heurísticas subordinadas e combinando inteligentes conceitos de busca, para encontrar de forma eficiente soluções aproximadas da solução ótima [9].

Podemos dizer ainda, que as metaheurísticas são métodos inteligentes e flexíveis, já que possuem uma estrutura com componentes genéricos que podem ser adaptados ao problema que se pretende resolver. Estes métodos exploram o espaço de soluções, escolhendo estrategicamente um conjunto de soluções que poderá levar a superação do ótimo local, não garantindo por sua vez o ótimo global. Por isso, estes métodos podem encontrar uma grande quantidade de ótimos locais. A diferença entre as metaheurísticas está basicamente nos princípios e nas estratégias utilizadas [5]. Na maioria das vezes se diferenciam pelo critério de escolha de uma solução inicial, ou na definição da vizinhança de uma solução, ou ainda, no critério de seleção de uma solução vizinha, ou também no critério de término [7].

O desenvolvimento e o sucesso na utilização de metaheurísticas despertaram o interesse dos pesquisadores na década de 90 na aplicação desses métodos em problemas de otimização combinatoria, pois são problemas considerados difíceis de serem resolvidos computacionalmente, necessitando assim de métodos mais flexíveis, de fácil implementação e de caráter geral, ou seja, que podem ser aplicados para qualquer problema dessa natureza [8].

4. CENTROS DE PESQUISA

Para o desenvolvimento científico e tecnológico da área de Pesquisa Operacional, mais precisamente de Otimização Combinatória, tem se feito muito investimento para termos bons resultados. Isso é perceptível através dos principais centros de pesquisa, que desenvolvem excelentes trabalhos, tanto a nível nacional, como internacional.

4.1. NACIONAIS

A Pesquisa Operacional iniciou-se mundialmente através de estudos para a utilização dos conceitos de otimização e logística no contexto militar. Aqui no Brasil, não foi diferente, os primeiros grandes centros de pesquisa estão associados à área militar também, é o caso do *Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA)* e do *Instituto Militar de Engenharia (IME)*. Porém na mesma época, a indústria em franco crescimento, necessitava utilizar métodos mais eficientes e eficazes para diminuir perdas desnecessárias, surgindo assim uma nova grande área de pesquisa nas universidades do estado de São Paulo, principalmente na *Universidade*

de São Paulo (USP) e na *Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)*.

Com os avanços conseguidos até então, surgiram novas iniciativas e outros centros de pesquisa se estabeleceram como referenciais de pesquisa na área, com destaque para a *Universidade Federal Fluminense (UFF)*, *Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)* e a *Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO)*, no estado do Rio de Janeiro, além da *Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)* e *Universidade Federal de Viçosa (UFV)*, no estado de Minas Gerais.

Por fim, destacamos dois grandes centros de pesquisa, que não estão ligados diretamente a instituições de ensino, mas desenvolvem projetos interessantes de pesquisa e aplicação dos resultados nas suas atividades. O primeiro é o *Centro de Análise de Sistemas Navais (CASNAV)*, e o segundo é o *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)*.

4.2. INTERNACIONAIS

Da mesma forma que no Brasil, outros países também possuem centros de pesquisa na área de Pesquisa Operacional. Destacamos três deles, todos localizados nos EUA, por possuírem renomados pesquisadores ligados ao desenvolvimento e aplicação de metaheurísticas. Os dois primeiros estão ligados às instituições de ensino, e são a *University of Colorado* e *University of Califórnia*. O terceiro, não está ligado a instituições de ensino, porém também possui renomados pesquisadores, como exemplo o brasileiro Maurício G. C. Resende. O nome deste último centro de pesquisa é *AT & T Labs – Research*.

5. RELAÇÃO COM A INDÚSTRIA E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

A pesquisa científica, em qualquer área, deve ter como finalidade indireta o desenvolvimento de algo prático, ou seja, que poderá ser aplicado para melhorar a qualidade de vida no mundo. Na área de Pesquisa Operacional, além do relacionamento próximo com a área militar, há uma forte interação com o setor industrial, que pode ser facilmente observado no relacionamento dos resultados obtidos nas pesquisas com as aplicações utilizadas nas indústrias, ou através da transferência de tecnologia.

5.1. EMPRESAS DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

Por tratar da otimização de processos e atividades de suma importância nas indústrias, a pesquisa operacional é importante para a economia à medida que garante vantagem competitiva às empresas. Nesse contexto, existem atualmente inúmeras empresas, nacionais e internacionais, que desenvolvem softwares para solução de problemas complexos de otimização. Destacamos apenas algumas dessas, como exemplo a *ILOG*, a *OptTek Systems*, a *Frontline Systems* e a *Optimization Alternatives*, todas elas internacionais.

No Brasil destacamos uma empresa em franco crescimento, a *Gapso Advanced Planning*, que já fez parte da incubadora de empresas de base tecnológica da PUC-RIO e que possui como sócios majoritários dois professores da área de Pesquisa Operacional da mesma instituição de ensino.

5.2. EMPRESAS E INSTITUIÇÕES QUE UTILIZAM OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS

As indústrias e instituições utilizam softwares de otimização, para auxiliar na redução de gastos com recursos escassos e para auxiliar na tomada de decisão. Existem para isso, diversas empresas que utilizam softwares de otimização com grande sucesso. Entre as internacionais, vale ressaltar a *Firestone*, *General Motors* e a *Boeing*, porém um fator importante é o grande número de órgãos governamentais do governo norte-americano que utiliza otimização em seus processos, como exemplo os departamentos de Agricultura, Comércio, Energia, Transporte, Defesa e Saúde.

Em solo brasileiro a situação não é muito diferente, a utilização de Pesquisa Operacional começou com as grandes indústrias, por exemplo, a *Petrobrás*, *Companhia Siderúrgica Nacional* (CSN) e *Companhia Vale do Rio Doce* (CVRD), sendo que atualmente uma grande variedade de indústrias utilizam otimização, desde empresas de telecomunicações até empresas alimentícias, exemplos disso são a *Sadia*, *MRS Logística*, *Oi Telefonia* e *Embrapa*.

5.3. CASOS DE SUCESSO

Conforme já foi citado, existem inúmeros casos de sucesso de utilização de otimização em processos através de softwares, vamos citar aqui apenas dois, a título de conhecimento. O primeiro é da *Petrobrás* que necessitava diminuir os custos e os riscos, com o transporte de passageiros nos helicópteros, que vão do continente até as plataformas de extração de petróleo. Já o segundo caso, se trata de um caso de sucesso da *Companhia Vale do Rio Doce* (CVRD) que aumentou a produtividade, através da programação de atividades das usinas de pelotização, com o objetivo de minimizar perdas com o tempo e com a preparação de máquinas.

5.4. TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA E PATENTES

Para por em prática o resultado de uma pesquisa ocorre o que se chama de transferência de tecnologia, ou seja, as instituições investem em pesquisas para que os resultados possam ser revertidos em vantagens, através da sua utilização. Alguns Centros de Pesquisa já possuem órgãos e instituições que auxiliam no desenvolvimento da transferência de tecnologia e no registro de patentes.

Na área de pesquisa operacional, o COPPEAD da UFRJ, possui o *Centro de Estudos de Logística*, que já realizou trabalhos, utilizando o conhecimento oriundo de resultados de pesquisa, para diversas empresas e instituições, através da transferência de tecnologia. Os destaques principais são para os casos da *Coca-Cola do Brasil*, *Natura* e para a organização dos *Jogos Pan-Americanos* de 2007. Além disso, vale observar, que a UFRJ ainda possui o *Núcleo de Transferência de Tecnologia* (NTT), para apoiar de forma mais abrangente, para todas as áreas, a transferência de tecnologia na universidade.

No entanto, quando o resultado de uma pesquisa é muito relevante, e poderá ser usado por um grande número de indústrias e instituições, uma prática muito comum é registrar em forma de patente esse resultado. O professor Maurício G. C. Resende, do *AT & T Labs - Research*, por exemplo, registrou quatro patentes no ano de 2006 e duas no ano de 2005.

6. ASSOCIAÇÕES PROFISSIONAIS

Com o objetivo de desenvolver a PO como uma ciência unificada, promovendo o avanço por todas as nações, existe a Federação Internacional de Pesquisa Operacional – IFORS, que é principal associação da área. A IFORS é formada pelas sociedades de pesquisa operacional de quarenta e oito países, agrupados em quatro grupos regionais – Ásia e Pacífico, Europa, América do Norte e América do Sul. Dentre suas principais prioridades destacam-se a integração das sociedades a nível nacional, a definição de tendências de pesquisas e a manutenção de um estatuto que rege todas as sociedades [10]. Outras ações desenvolvidas pela IFORS são listadas a seguir:

- Patrocinar conferências internacionais.
- Fornecer meios para a troca de informação de PO entre nações.
- Incentivar o estabelecimento de sociedades de PO nacionais.
- Manter padrões de linhas de pesquisas.
- Incentivar o ensino da PO nas universidades.

- Incentivar o desenvolvimento de novos campos de atuação.

Nas tabelas a seguir são apresentados os grupos regionais e algumas sociedades de PO nacionais [10].

ALIO	Latin American Ibero Association on Operations Research
APORS	The Association of Asian-Pacific Operational Research Societies
EURO	The Association of European Operational Research Societies
NORAM	The Association of North American Operations Research Societies

Tabela 1 – Sociedades regionais de Pesquisa Operacional.

País	Sociedade	Endereço Eletrônico
Argentina	SADIO	www.sadio.org.ar/pn750
Brasil	SOBRAPO	www.sobrapo.org.br
Canadá	CORS/SCRO	www.cors.ca
Chile	ICHIO	www.ind.utfsm.cl/ichio
China	ORSC	www.orsc.edu.cn
Alemanha	GOR	www.gor-ev.de
Filipinas	ORSP	www.orsp.org.ph
Portugal	APDIO	ctpc22.inescn.pt/~apdio
Singapura	ORSS	sunsite.nus.edu.sg/ORSS
Eslováquia	SSOR	fhi.euba.sk/ssov
África do Sul	ORSSA	www.orssa.org.za
Reino Unido	ORS	www.theorsociety.com
Estados Unidos	INFORMS	www.informs.org

Tabela 2 – Sociedades nacionais de Pesquisa Operacional.

No Brasil, a Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (SOBRAPO) é a responsável por dar suporte aos pesquisadores da área, que atuam tanto nas universidades como nas empresas ou órgãos públicos diversos. Como citado anteriormente, um dos objetivos da sociedade é dar suporte aos pesquisadores com a criação de eventos e publicações de maneira tal que possam ser divulgados e discutidos os resultados obtidos nos grupos de pesquisa, fazendo com quem a área evolua como um todo [3].

Atualmente a SOBRAPO mantém a sua própria revista, sob o título “Pesquisa Operacional”, que reúne os principais avanços da área. Outra importante contribuição é a promoção do simpósio da sociedade – SBPO, que é outra grande oportunidade de publicação de resultados no meio [3].

7. PESQUISADORES INFLUENTES

As pesquisas que envolvem a aplicação de métodos de otimização combinatória, mais especificadamente de métodos metaheurísticos são muito diversificadas, envolvendo pesquisas no meio acadêmico, militar ou em grades centros de tecnologia.

A seguir, temos uma breve relação de alguns pesquisadores e suas principais atividades.

7.1. LUIZ SATORU OCHI

O Prof. Luiz Satoru Ochi, é Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação, e pesquisador nível 1D do CNPq, área de Ciência da Computação.

Algumas das funções atuais incluem: Membro do corpo editorial da revista Pesquisa Operacional, da SOBRAPO; Consultor Ad Hoc dos seguintes órgãos de fomento: CNPq-CC, CAPES, FAPERJ, FAPEMIG e FINEP; todos na área de Computação. Orientador de dissertações de mestrado e teses de doutorado no IC/UFF e COPPE/UFRJ. [11]

Linhas de pesquisa em que atua:

- Algoritmos paralelos e distribuídos em otimização
- Interação homem/máquina
- Metaheurísticas
- Mineração de dados
- Modelagem de sistemas a partir de dados

Indicadores de produção C, T & A dos anos de 2001 a 2004.

Tipo de produção	2001	2002	2003	2004
Produção bibliográfica	12	8	12	16
Produção técnica	2	2	1	5
Orientação concluída	3	2	3	8
Produção artística/cultural e demais trabalhos	0	0	1	3

Tabela 3 – Indicadores de produção.

7.2. MAURÍCIO GUILHERME DE CARVALHO RESENDE

Doutor em Operations Research pela University of California, é pesquisador do departamento de Algoritmos e Otimização da Internet e da Network Systems Research Center, AT&T Labs. Na área acadêmica, possui várias co-orientações em teses de doutorado, sendo ranqueado pela NEC ResearchIndex entre os 10.000 Cientistas da computação mais citados [13, 14].

Algumas das funções atuais incluem: Participante do corpo editorial das seguintes revistas: International Transactions in Operational Research, Investigação Operacional, Pesquisa Operacional, Combinatorial Algorithms Test Sets (CATS): The ACM/EATCS Platform for Experimental Research, Computational Optimization and Applications, Journal of Combinatorial Optimization, Investigación Operativa, Journal of Global Optimization e Journal of Heuristics [14].

Linhas de pesquisa em que atua:

- Otimização combinatória
- Modelagem e análise de algoritmos
- Metaheurísticas
- Teoria dos grafos
- Modelagem de sistemas a partir de dados

A seguir é apresentado o artigo com maior número de citações. A figura 1 apresenta as citações do artigo ao passar dos anos; na figura 2 é feito um levantamento das referências realizadas para os artigos publicados por Mauricio C. G. Rezende no período de 1975 a 2005 [15].

Artigo: T.A. Feo and M.G.C. Resende, “Greedy randomized adaptive search procedures,” J. of Global Optimization, vol. 6, pp. 109–133, 1995 – 182 citações no Google Scholar.

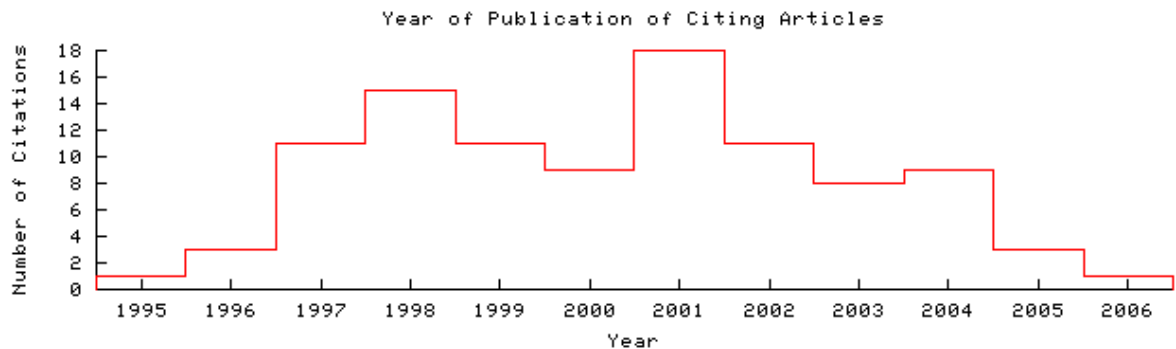


Figura 1 – Citações do artigo “Greedy randomized adaptive search procedures”, no período de 1995 a 2006.

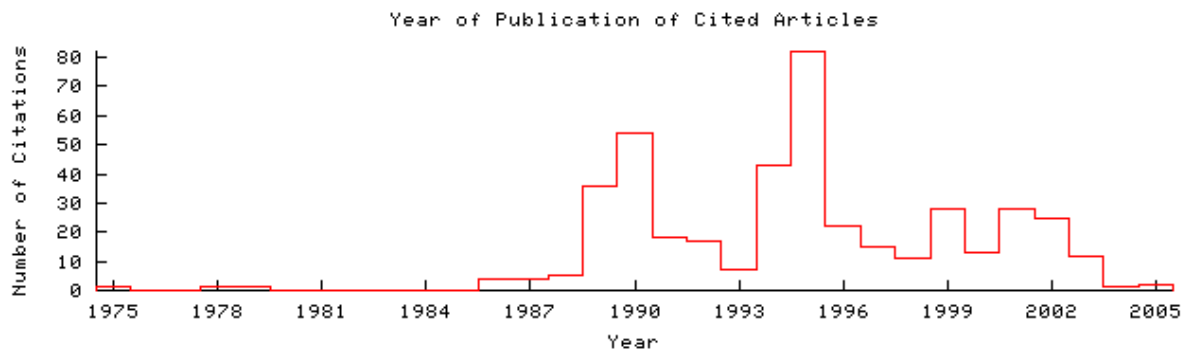


Figura 2 – Referências feitas a artigos publicados no período de 1975 a 2005.

7.3. CELSO DA CRUZ CARNEIRO RIBEIRO

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação pela COPPE/UFRJ, doutorado em Informática pela École Nationale Supérieure des Télécommunications e habilitação para orientar pesquisas pela Université Paris XIII (Paris-Nord). Atua como professor titular da Universidade Federal Fluminense e professor titular da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (licenciado) [11].

Possui experiência nas áreas de ciência da computação e otimização combinatória, com ênfase em metaheurísticas e processamento paralelo, atuando principalmente nos seguintes temas: GRASP, paralelismo, heurísticas, programação inteira, projeto de redes, biologia computacional e otimização em esportes. Atualmente é bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq - Nível 1A, com mais de 100 publicações em autoria ou co-autoria para veículos de circulação nacional e internacional [11].

Grupos de pesquisa em que atua:

- Balanceamento de carga em aplicações paralelas – UFF (pesquisador)
- Heurísticas e paralelismo para problemas de otimização e de bioinformática - PUC/RJ (líder)
- Otimização combinatória e desenvolvimento de sistemas computacionais de apoio à decisão – UFRN (Pesquisador).

Indicadores de produção C, T & A dos anos de 2001 a 2004.

Tipo de produção	2001	2002	2003	2004
Produção bibliográfica	7	12	9	12
Produção técnica	0	1	1	0
Orientação concluída	0	3	2	4
Produção artística/cultural e demais trabalhos	0	0	0	0

Tabela 4 – Indicadores de produção.

7.4. MANUEL LAGUNA

Doutor em Operations Research and Industrial Engineering pela University of Texas

e co-fundador da OptTek System Inc. [16], atualmente é professor da University of Colorado.

A sua maior contribuição para a área foi o desenvolvimento do método metaheurístico de busca Tabú.

A seguir é apresentada a publicação com maior número de citações.

Livro: *Tabu search, Modern heuristic techniques for combinatorial problems*. F. Glover, M. Laguna - Colin R. Reeves Ed. – 2443 citações no Google scholar.

8. VEÍCULOS DE PUBLICAÇÃO

A melhor forma de tornar público os resultados de uma pesquisa é através de veículos de publicação, nos quais se destacam as revistas, jornais e anais de eventos como sendo os mais utilizados para a divulgação no meio acadêmico.

É notadamente importante observar a qualidade do veículo utilizado, afim de que se tenha a divulgação devida no meio. Tendo em vista a grande variedade de tipos de veículos e de características particulares, é utilizado um índice de ampla aceitação no meio científico para padronizar a qualidade desses. Os índices mais utilizados é o Fator de Impacto (F.I.) e o Qualis.

O Fator de Impacto corresponde ao número de citações que um periódico recebe em dois anos anteriores ao ano do cálculo, dividido pelo número de todos os artigos neles publicados neste mesmo período [17]. A divulgação dos valores de fator de impacto é publicada pelo Journal Citation Report (JCR), que anualmente disponibiliza uma lista de periódicos com seus respectivos F.I., baseados na indexação desses pela Science Citation Index (SCI). Outro veículo de divulgação é o Citesser - Computer Science ResearchIndex. [18]

O Qualis é um índice de classificação definido pela CAPES para avaliar os periódicos utilizados pelos programas de pós-graduação para a divulgação da produção intelectual de seus docentes e alunos. O Qualis está dividido em: Internacional e Nacional. Ambos subdivididos em categorias indicativas de qualidade em A, B e C. [18].

Nas tabelas a seguir, é feito um breve levantamento dos periódicos nos quais se podem publicar artigos na área de metaheurística. Foram listados o nome do periódico e seu ISSN, o seu Fator de Impacto, Qualis e nível de circulação (Nacional – C, Internacional – I). Os dados não encontrados serão representados com um traço (-).

Periódicos	ISSN	F.I.	Qualis	Circulação
Revista Brasileira de Pesquisa Operacional [3]	0101-7438	0,16	A	N
Revista Investigação Operacional [19]	0874-5161	-	A	I
RESI - Revista Eletrônica de Sistemas de Informação	1677-3071	-	A	N
Revista de Informática Teórica e Aplicada	0103-4308	-	B	N
Revista Ciência e Tecnologia	1677-9649	-	B	N
Revista da Pesquisa & Pós-Graduação	1517-5405	-	C	N
Revista Pesquisa & Desenvolvimento em Engenharia de Produção [20]	1679-5830	-	C	N
Revista Pesquisa Naval [21]	1414-8595	-	C	N
Journal of Scheduling	1094-6136	0,852	A	I

Journal of the Operational Research Society [22]	0160-5682	0,603	B	I
--------------------------------------------------	-----------	-------	---	---

Tabela 5 – Lista de periódicos.

9. CONFERÊNCIAS

Um dos objetivos das conferências é a oportunidade de troca de experiências entre os diversos grupos de pesquisas e pesquisadores, além de uma ótima oportunidade de publicação de descobertas e avanços na área.

A seguir é feito um levantamento dos principais eventos nacionais e internacionais em que se podem submeter artigos na área de metaheurística. Foram listados o nome do evento, o nome do órgão organizador no caso de eventos nacionais e o seu Qualis. Os dados não encontrados serão representados com um traço (-).

A classificação Qualis dos eventos, segundo [20], é feita da seguinte forma:

Conferências Nacionais - Os seguintes critérios foram definidos como sendo os principais para efeito de classificação da produção:

- Características do Evento;
- Comitê de Programa;
- Número de submissões;
- Percentual de aceitação;
- Apoio de Entidades Científicas;
- Tradição do Evento.

Conferências Internacionais - Os fatores principais para classificação são:

- Índice de impacto da conferência;
- Aceitação por artigo completo (i.e., full paper) com revisão por pares (i.e., referees);
- Grau de internacionalização e qualidade (o evento deve receber um fluxo uniforme de artigos de países com tradição de pesquisa, ter um comitê internacional não concentrado no local do evento, formado por pesquisadores de renome na área);
- Percentagem de aceitação;
- Tradição do evento.

Eventos Nacionais		Organização	Qualis
SBPO	Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional	SOBRAPO	B
SPOLM	Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha	CASNAV	B
SEGeT	Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia	AEDB	-
ERPO	Encontro Regional de Pesquisa Operacional	UFPE	-
CNMAC	Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional	-	A

Tabela 6 – Eventos nacionais.

Eventos Internacionais		Qualis
ICORD	International Conference on Operational Research for Development	A

CLAIO	Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa	B
IFORS	Triennial Conference of the International Federation of Operations Research	A
MISTA	Multidisciplinary International Conference on Scheduling	A
REDS	Recife Decision Support School	-
HM 2007	4th International Workshop on Hybrid Metaheuristics	-

Tabela 7 – Eventos internacionais.

10. CONCLUSÃO

Na área de Pesquisa Operacional (P.O.), devido a sua importância e multidisciplinaridade, existem várias pesquisas sendo realizadas, nas quais grande maioria possui apoio de órgãos de fomento, como exemplo, a CAPES, o CNPq e as fundações estaduais: FAPESP em São Paulo, FAPEMIG em Minas Gerais e assim por diante.

Como consequência lógica existe vários meios de publicação para a divulgação dos resultados dessas pesquisas. Sendo que a grande maioria dessas pesquisas é baseada no trabalho (resultado) de outros pesquisadores mais fluentes. Para dar um rumo norteador ao andamento dos trabalhos, existem os conhecidos “*Artigos de Referência*”, nos quais citamos os três principais da área descrita neste artigo, logo abaixo:

- *Metaheuristics: A Bibliography* de Ibrahim H. Osman e Gilbert Laporte, publicado em 1996 e atualmente com 160 citações.
- *Metaheuristics in combinatorial Optimization: Overview and conceptual comparison* de Christian Blum e Andréa Roli, publicado em 2003 e atualmente com 158 citações.
- *Multi-objective meta-heuristics: An overview of the current state-of-the-art* de D.F.Jones, S.K. Mirrazavi e M. Tamiz, publicado em 2002.

Além disso, recentemente, a SBC (Sociedade Brasileira de Computação) publicou um relatório propondo cinco grandes desafios para a computação no Brasil [23]. Dentre os desafios citados, a Pesquisa Operacional apresenta uma forte relação com os três primeiros:

- Gestão da informação em grandes volumes de dados multimídia distribuídos.
- Modelagem computacional de sistemas complexos artificiais, naturais e sócio-culturais e da interação homem-natureza.
- Impactos para a área de computação da transição do silício para novas tecnologias.

No primeiro desafio, os fatores de pesquisa a considerar são a modelagem de grandes volumes de dados multimídia, algoritmos e estruturas para processamento otimizado de redução e consulta aos dados e informações. O segundo tem como objetivo, criar, avaliar, modificar, compor, gerenciar e explorar modelos computacionais para todos esses domínios e aplicações. O terceiro desafio destaca experimentos relacionados ao processamento paralelo como proposta para compensar as limitações do silício.

Finalmente, podemos afirmar que a área de Pesquisa Operacional, por ser de grande atuação prática, apresenta um crescimento proporcional a sua importância. Assim sendo, destacamos a utilização de metaheurísticas para a solução de problemas de otimização combinatória, como um campo bastante explorado atualmente nessa área. Por fim, devido à existência de um grande número de pessoas que desconhecem a área, principalmente no meio científico, listamos informações importantes, como a relação da área com a indústria, principais conferências, veículos de publicação e pesquisadores fluentes, para apoiar, principalmente, os novos pesquisadores da área num contato inicial.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BAZARAA, M. S. **Linear Programming and Network Flows**. John Wiley & Sons. 1990.
- [2] SOUSA, R.S. **Estudos em Otimização Linear**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Curso de Pós-graduação do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-USP – São Carlos.
- [3] SOBRAPO. **Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional**. Disponível em: <www.sobrapo.org.br>. Acessado em: 25 de Junho de 2007.
- [4] RIBEIRO, C.A.A.S. **Otimização florestal**. Viçosa: UFV, Departamento de Engenharia Florestal, 2007, 80p.
- [5] ARROYO, J.E.C. **Heurísticas e Metaheurísticas para otimização combinatória multiobjetivo**. 2002, 225p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas.
- [6] CHAVES, A.A. **Heurísticas Híbridas com Busca Através de Agrupamento para o Problema do Caixeiro Viajante Com Coleta de Prêmios**. 2005. Projeto de Pesquisa (Mestrado em Computação Aplicada) – Curso de Pós-graduação em Computação Aplicada, IMPE, São José dos Campos.
- [7] COLLETTE, Y, SIARRY, P.. **Multiobjective Optimization; Principles and Case Studies**. 1ed. Paris: Springer, 2003. 293p.
- [8] EHRGOTT, M., GANDIBLEUX, X. **A survey and annotated bibliography of multicriteria combinatorial optimization**, *OR Spektrum*, forthcoming, 2000.
- [9] OSMAN, I. H., LAPORTE, G.. **Metaheuristics: A Bibliography**, *Annals of Operations Research* p 513-628, 2006.
- [10] **International Federation of Operational Research Societies**. Disponível em: <<http://www.ifors.org>>. Acessado em: 20 de Junho de 2007.
- [11] **Plataforma Lattes**. Disponível em: <<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual>>. Acessado em: 25 de Junho de 2007.
- [12] **IFORS Statutes**. Disponível em: <<http://www.ifors.org/statutes/index.shtml>>. Acessado em: 25 de Junho de 2007.
- [13] **NEC ResearchIndex**. Disponível em: <<http://citeseer.nj.nec.com/allcited.html>>. Acessado em: 25 de Junho de 2007.
- [14] **Mauricio G.C. Resende's Home Page**. Disponível em: <<http://www.research.att.com/~mgcr>>. Acessado em: 25 de Junho de 2007.
- [15] **Computer and Information Science Papers CiteSeer Publications ResearchIndex**. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu>>. Acessado em: 25 de Junho de 2007.
- [16] **OptTek System Inc**. Disponível em: <www.opttek.com>. Acessado em: 25 de Junho de 2007.
- [17] UNIFESP, **Site da Biblioteca Central da Universidade Federal de São Paulo**. Descrição do Fator de Impacto e Qualis. Disponível em: <http://www.biblioteca.epm.br/f_impacto.htm>. Acessado em: 01 de Julho de 2007.

- [18] **Capes, Critérios de Implantação QUALIS - Área de Avaliação: CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO.** Agosto / 2005. Disponível em: <http://qualis.capes.gov.br/arquivos/avaliacao/webqualis/criterios2004_2006/Criterios_Qualis_2005_02.pdf>. Acessado em: 01 de Julho de 2007.
- [19] **Revista Investigação Operacional.** Disponível em: <<http://www.apdio.pt/allEditions.do>>. Acessado em: 25 de Junho de 2007;
- [20] **Revista Pesquisa & Desenvolvimento em Engenharia de Produção.** Disponível em: <<http://www.revista-ped.unifei.edu.br/revista.htm>>. Acessado em: 25 de Junho de 2007.
- [21] **Revista Pesquisa Naval.** Disponível em: <<http://www.spolm.srv.br>>. Acessado em: 25 de Junho de 2007.
- [22] **Journal of the Operational Research Society.** Disponível em: <<http://www.palgrave-journals.com/jors/index.html>>. Acessado em: 25 de Junho de 2007.
- [23] **Grandes Desafios da Pesquisa em Computação no Brasil -2006 – 2016.** Relatório Sobre o Seminário Realizado. SBC. 2006.