

UMA PERSPECTIVA DOS PROBLEMAS DE ALOCAÇÃO DE HORÁRIOS ESCOLARES SOB A ÓTICA DA BIBLIOMETRIA

Bruno Missi Xavier

bmissix@gmail.com

Alcione Dias da Silva

diasalcione@gmail.com

Helder Gomes Costa

helder.uff@gmail.com

RESUMO

Os problemas de alocação de horários escolares são recorrentes a cada novo período letivo em todas as instituições de ensino. Iniciativas computacionais tem auxiliado na redução do tempo de preparação e na qualidade da grade horária. Este trabalho apresenta um estudo bibliométrico seguido de uma revisão bibliográfica dos artigos publicados sobre o tema. O objetivo é identificar os trabalhos mais relevantes, os autores que mais publicam, as instituições de pesquisas e países que mais incentivam publicações na área. Além disto, destacar os aspectos mais relevantes das principais publicações. Quanto a metodologia, foram selecionados 151 artigos da base Scopus. A instância de dados coletada foi analisada sob a ótica de oito parâmetros: (a) ano de publicação; (b) citações por ano; (c) área do conhecimento; (d) citações por artigo; (e) autores; (f) instituições de pesquisa; (g) país de origem; (h) revista científica. Este trabalho contribui para o desenvolvimento de novas pesquisas sobre os problemas de alocação de horários escolares, além de identificar quais as técnicas mais aplicadas para a resolução destes problemas.

PALAVRAS CHAVE: School timetabling, Alocação de Horários, Bibliometria.

ABSTRACT

School Timetabling Problems are recurring every new school year in all educational institutions. Computing initiatives have helped to reduce the preparation time and the quality of the timetable. This paper presents a bibliometric study followed of a literature review of published articles on the subject. The goal is to identify the most relevant papers, authors who more publish, research institutions and countries that encourage publications in the area. Moreover, highlighting the most relevant aspects of the major publications. Regarding the methodology, we selected 151 articles from Scopus. The instance data collected was analyzed from the perspective of eight parameters: (a) year of publication, (b) citations per year, (c) area of knowledge, (d) citations per paper, (e) authors, (f) research institutions; (g) country of origin; (h) journal. This work contributes to the development of new research on the problem of allocation of school schedules, and identify the techniques applied to solving these problems.

KEYWORDS: School timetabling, allocation schedules, Bibliometrics.

1. Introdução

A cada novo período letivo as instituições de ensino se deparam com um mesmo problema: como montar a grade horária das turmas respeitando preferências ou restrições de professores de modo a cumprir a carga horária das disciplinas? Considerando uma pequena escola com poucas turmas e professores, não é possível entender a real complexidade do problema. À medida que os dados de entrada crescem (professores, turmas, disciplinas etc.), cresce também a complexidade do problema e assim as possibilidades de não se alcançar uma solução ótima em tempo adequado.

A construção de horário escolar pode ser modelada como um problema matemático de otimização combinatória, conhecido na literatura científica como *Timetabling Problem* (TTP). Estes problemas são bastante estudados por universidades de todo o mundo sendo classificados como NP-difícil (COOPER; KINGSTON, 1996). Devido ao número de variáveis envolvidas no problema, turmas, professores, disciplinas, dias da semana, e horários de aula, e ainda as preferências dos professores por determinados dias/horários, este problema, por inúmeras vezes, são de difícil solução para métodos exatos.

Citado por Michalewicz e Schoemauer (1996), como um dos problemas mais interessantes da pesquisa operacional, que propõe soluções aproximadas através de heurísticas como Algoritmos Genéticos, *Simulated Annealing* e Busca Tabu, além do desenvolvimento de modelos matemáticos para a aplicação de métodos de solução exata. Os problemas de alocação de horários podem ser definidos como o arranjo dentro de padrões de tempo/horários ou espaço físico como salas ou distâncias entre salas, no qual algumas metas devem ser atendidas ou praticamente atendidas e restrições devem ser satisfeitas ou praticamente satisfeitas (WREN, 1996).

Várias técnicas têm sido propostas para resolução destes problemas, entretanto, nenhuma técnica têm se mostrado muito melhor ou eficiente que outra, o que a denominaria como método ideal. Neste contexto, toda a iniciativa de pesquisas, seja utilizando programação linear inteira, ou algoritmos heurísticos, tem encontrado resultados razoáveis, por parte, devido a características de integralidade do problema.

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo bibliométrico das publicações referentes aos Problemas de Alocação de Horários, a fim de identificar os artigos de maior relevância, os autores que mais publicam, as instituições de pesquisa e países que mais geram publicações no tema, além de apresentar e considerar as características mais importantes dos artigos selecionados em uma etapa de revisão bibliográfica. Este trabalho tem sua contribuição associada ao fato de apresentar um estudo sobre a evolução do assunto do ponto de vista bibliométrico e orientar novas pesquisas auxiliando no referencial teórico.

2. Materiais e métodos

Esta sessão apresenta inicialmente uma contextualização acerca dos estudos bibliométricos e suas origens. Após esta primeira etapa, é discutida a metodologia de trabalho desta pesquisa.

2.1 Bibliometria

A cientometria é citada Bufrem et al. (2007) como um desdobramento do conjunto semântico do termo bibliometria e é referida por Oliveira e Gracio (2011) como "Estudos Métricos", definida ainda por Machado (2007) como um método baseado em técnicas estatísticas com o objetivo de identificar e tratar a informação científica e técnica disponíveis nos sistemas de informação. Segundo Bufrem e Prates (2005), "a cientometria compreende um conjunto de trabalhos consagrados à análise quantitativa da atividade de instigação científica e técnica".

A bibliometria consiste na aplicação de métodos estatísticos e matemáticos utilizados para apresentar perspectivas da literatura e efetuar uma análise quantitativa da informação de diferentes formas de comunicação. Dentre os diversos parâmetros, os autores, palavras-chave, citações, periódicos, publicações, ano de publicação, origem dos trabalhos e áreas do conhecimento são os mais relevantes em estudos bibliométricos.

Os principais fundamentos no desenvolvimento da bibliometria são: método de avaliação da produtividade científica de Lotka (1926), a lei de produtividade de periódicos de Bradford (1934) e o modelo de distribuição e frequência de palavras de Zipf (1949) (PAO, 1989).

A lei de Lotka está relacionada com a avaliação da produtividade científica dos autores em qualquer área científica. Lotka fundamentou sua teoria baseado na lei do Inverso Quadrado $1/n^2$, onde, considerando o número n de artigos científicos publicados em um determinado período de tempo, o número de autores que escrevem dois artigos é igual a $1/4$ do número de autores que escrevem apenas um artigo. O número de pesquisadores que escrevem três artigos é igual a $1/9$ do número de pesquisadores que escrevem um artigo (GUEDES; BORSCHIVER, 2005). Alvarado (2003) complementa afirmando que a proporção dos pesquisadores que contribuem com uma única publicação para um determinado tema é de 60% do total de pesquisadores da área.

Guedes e Borschiver (2005) definem a lei de Bradford como uma métrica para analisar o grau de relevância de um periódico ou um grupo de periódicos em uma determinada área do conhecimento, sendo a produção deste grupo de periódicos no tema é quantitativamente mais expressiva e supostamente de maior qualidade.

Vanti (2002) define a Lei de Zipf como a lei do mínimo esforço definindo a frequência de ocorrência das palavras em um conjunto de documentos. Zipf observou o relacionamento entre os termos e a representação da informação.

2.2 Metodologia

Para a confecção da instância de dados do estudo proposto, foi utilizada apenas a base de publicações científicas Scopus por ser uma base multidisciplinar considerada o maior banco de dados de resumos, citações e textos completos da literatura científica, abrangendo mais de 20.500 títulos e mais de 5.000 revistas (SCOPUS, [200-?]). Além disto, esta base fornece uma análise mais detalhada da instância de dados selecionada, disponibilizando número de citações de cada publicação por ano, quantidade de trabalhos publicados por ano, número de publicações por instituição de pesquisa e muitas outras.

A busca na base de dados foi realizada no dia 06 de fevereiro de 2013 utilizando-se do termo "school timetabling" e ainda filtrados por *Articles* e *Conference Paper*. Desta forma a frase de busca aplicada a pesquisa foi:

TITLE-ABS-KEY(**school timetabling**) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "**ar**") OR LIMIT-TO(DOCTYPE, "**cp**"))

Nesta ocasião, foram recuperados 152 documentos entre os anos de 1974 e 2012. Para validar a adequação do artigo ao tema foi feita uma rápida leitura dos títulos e resumos dos artigos a fim de eliminar alguns trabalhos não relativos ao tema propostos. Nesta etapa foi eliminado da seleção um documento restando 151 artigos para a análise bibliométrica.

Os parâmetros aplicados ao estudo bibliométrico definidos como critério de análise da instância gerada foram:

- a) Ano de publicação;
- b) Citações por ano;
- c) Área do conhecimento;
- d) Citações por artigo;
- e) Autores;

- f) Instituições de pesquisa;
- g) País de origem;
- h) Revista científica.

Depois de selecionados os documentos, foram coletadas as informações estatísticas dos indicadores de desempenho disponíveis na base Scopus relativas a cada critério de avaliação através dos links "*View Citation Overview*" e "*Analyze Results*" para a composição do estudo bibliométrico. A seleção dos artigos para a revisão bibliográfica é definida de acordo com o resultado apresentado a partir da indicação dos trabalhos de maior relevância e influência para outros novos trabalhos. Serão selecionados 10 artigos com maior número de citações para a composição da revisão bibliográfica.

3. Resultados e discussões

Na presente sessão são discutidos os resultados do estudo bibliométrico do tema proposto. Na subseção 3.2, é apresentada uma revisão de literatura dos artigos apontados com maior relevância para o tema.

3.1 Estudo bibliométrico

Através da análise dos critérios de avaliação é possível responder a quatro questões principais: Quais os países e instituições que apresentam maior concentração de estudos no problema? Quais são as revistas científicas de maior relevância no tema? Quais e quantos são os artigos mais citados? Quem são os autores com maior número de publicações?

A Figura 1 demonstra o número de publicações por ano desde 1974 até 2012.

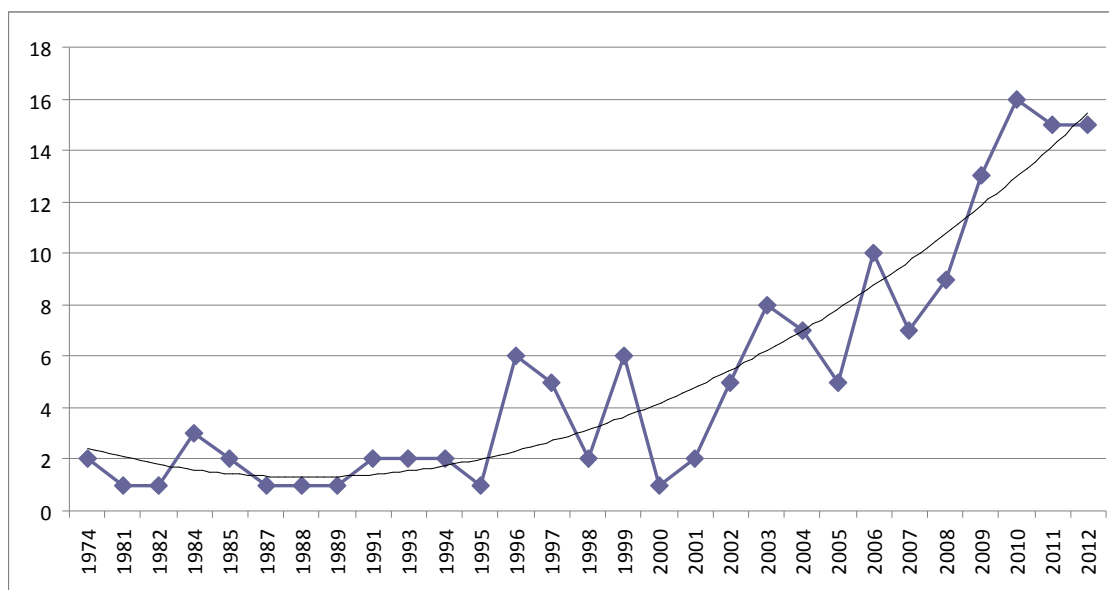


Figura 1 - Gráfico de publicações por ano.

O ano de 2010 se destaca pelo maior número de publicações, seguido por 2011 e 2012. O período de 2006 a 2012 representa 55,92% do total de artigos publicados. A linha de tendência apresentada na Figura 1 demonstra a evolução no número de publicações e a expectativa de crescimento da área.

Os artigos selecionados foram fontes de referência para 1505 novos trabalhos. A Figura 2 apresenta o número de citações por ano referente aos artigos da base selecionada.

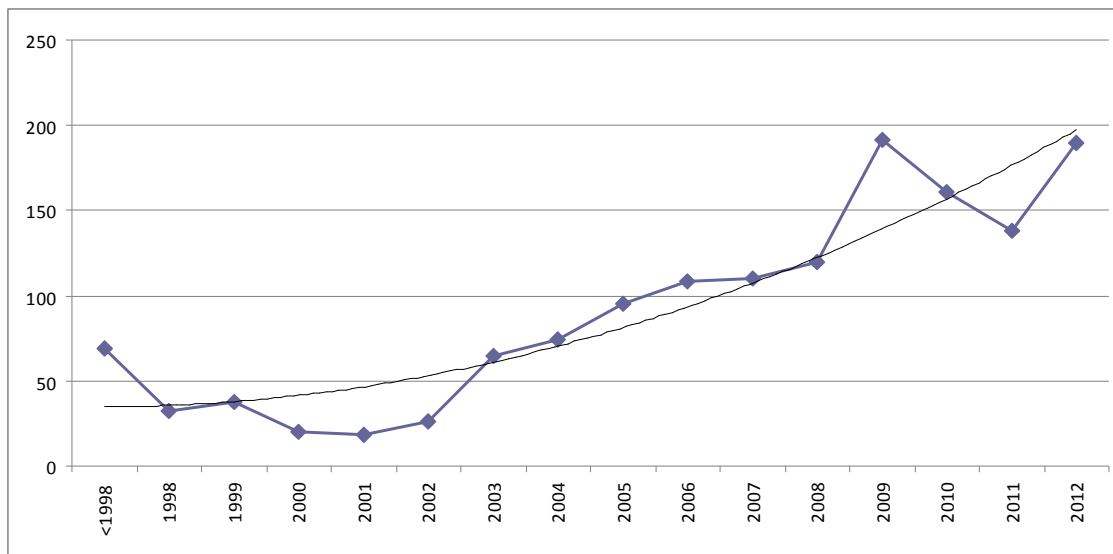


Figura 2 - Gráfico de citações por ano.

As Figuras 1 e 2 demonstram um incremento acentuado número de estudos sobre os problemas de alocação de horários escolares. As linhas de tendência dos gráficos apontam o crescimento exponencial de pesquisas na área. Uma motivação para o desenvolvimento deste assunto é devido à recorrência do problema, sendo que a cada novo período letivo precisa-se de uma mobilização de profissionais para a construção de novas grades de horários.

A Figura 3 apresenta as áreas do conhecimento que mais se relacionam com os estudos dos problemas de alocação de horários.

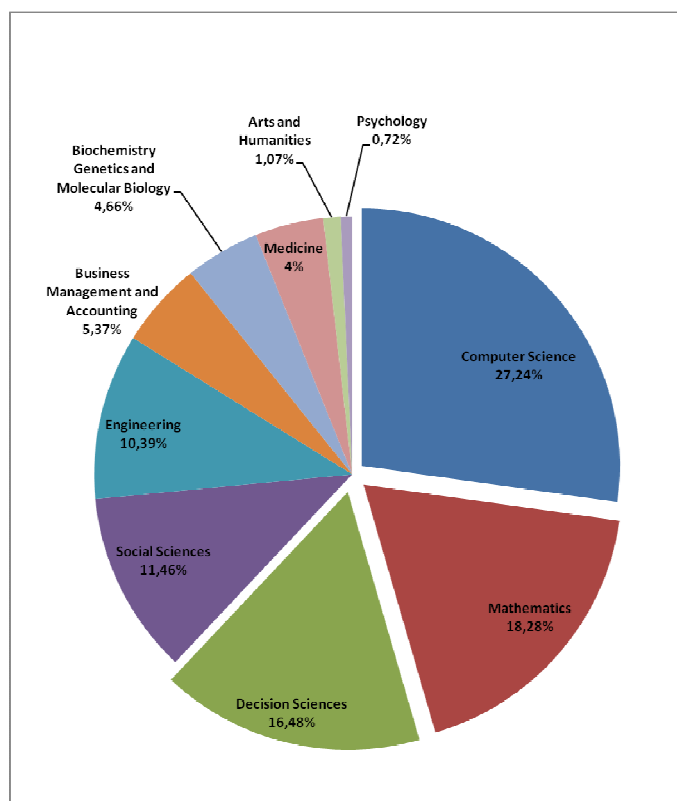


Figura 3 - Gráfico de publicações por área do conhecimento.

Dentre as áreas do conhecimento que geram publicações no tema, destacam-se *Computer Science* (Ciências da Computação), *Mathematics* (Matemática) e *Decision Sciences* (Ciência das Decisões) que juntas somam 173 artigos e representam 62% do total.

Com o objetivo de identificar os trabalhos de maior relevância no tema, a Figura 4 apresenta o ranking dos 21 trabalhos mais referenciados do conjunto de artigos selecionado.

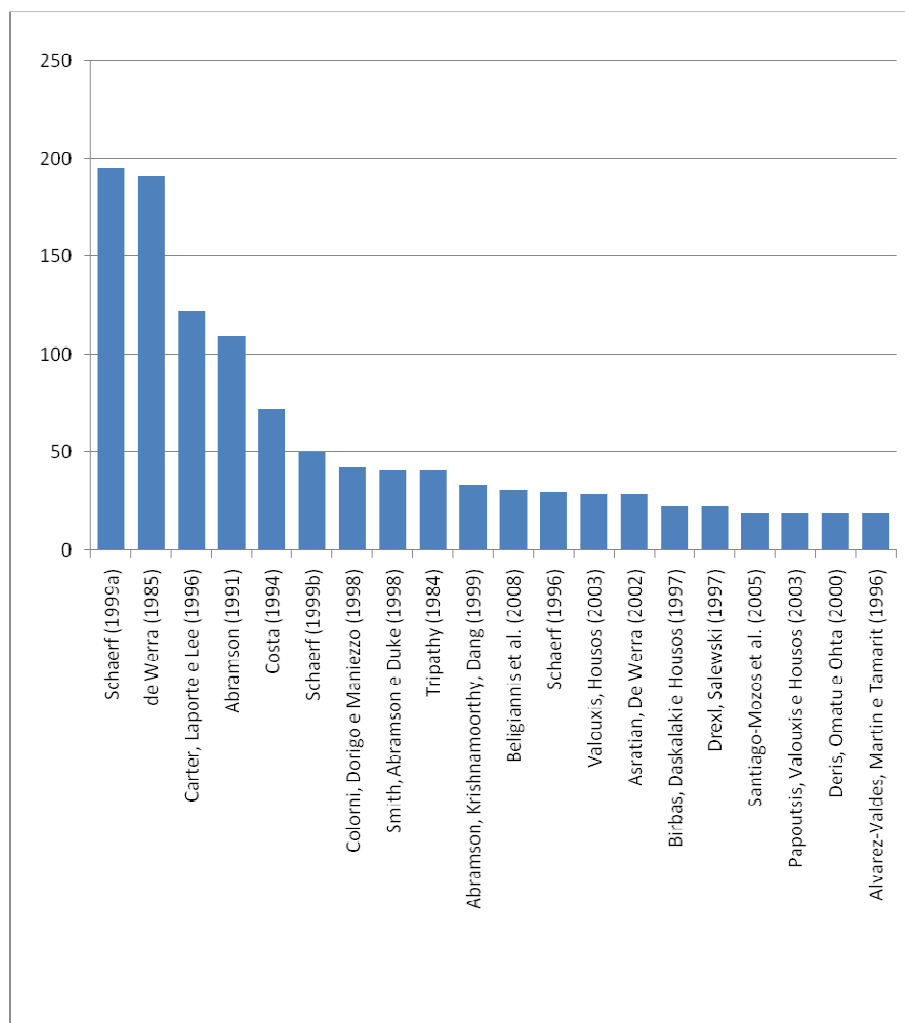


Figura 4 - Gráfico dos artigos mais relevantes.

Dentre os 21 trabalhos mais referenciados, destacam-se Schaerf (1999) com 195 referências, de Werra (1985) com 191 referências, Carter, Laporte e Lee (1996) com 122 referências, Abramson (1991) com 109 referências e Costa (1999) com 72 referências. Estes trabalhos acumulam 689 citações e uma representatividade de 58,59% do total. Nota-se ainda que dos cinco trabalhos mais citados, quatro foram publicados na década de 90.

A Figura 5 apresenta o gráfico dos autores que publicaram mais de três trabalhos no conjunto de documentos selecionados.

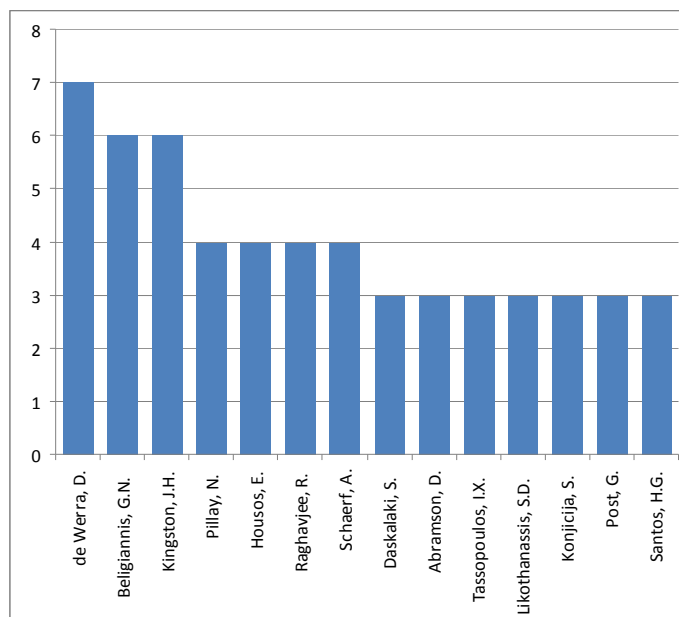


Figura 5 - Grafico dos autores com maior número de publicações.

Dentre os autores com maior número de publicações, destacam-se de Werra, D com 7 artigos, Beligiannis, G.N. e Kingston, J.H. ambos com 6 artigos e Pillay, N., Housos, E., Raghavjee, R. e Schaerf, A. cada um com 4 artigos publicados.

A Figura 6 apresenta o gráfico dos países que mais investem em pesquisas à problemas de alocação de horários escolares. Foram apresentados apenas os países que publicaram seis ou mais artigos.

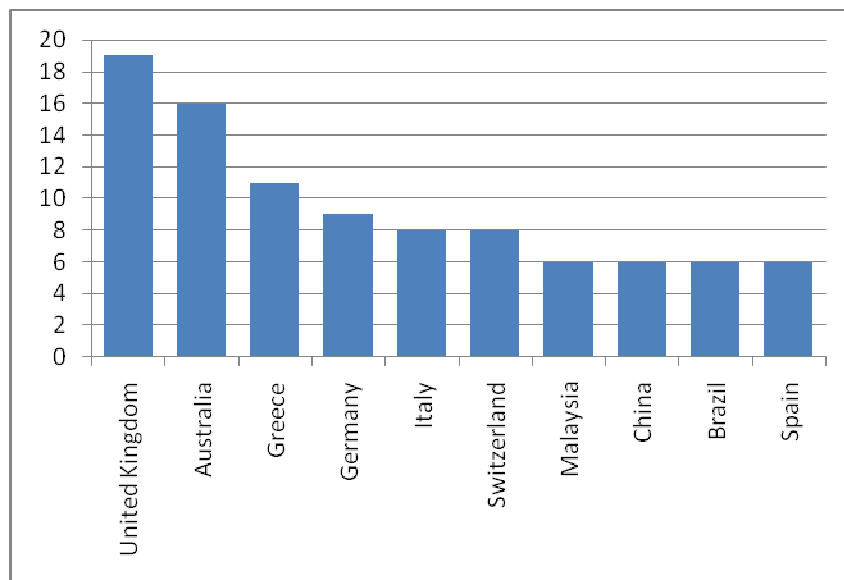


Figura 6 - Gráfico de países.

Destacam-se entre os países com maior número de publicações, o Reino Unido (*United Kingdom*), Austrália (*Australia*) e Grécia (*Greece*) com 19, 16 e 11 artigos respectivamente. O Brasil aparece com 6 artigos publicados e empatado com a Malásia, China e Espanha na sétima posição do ranking que apresenta uma lista de 42 países.

A Figura 7 apresenta as instituições mais de maior representação em números de artigos publicados.

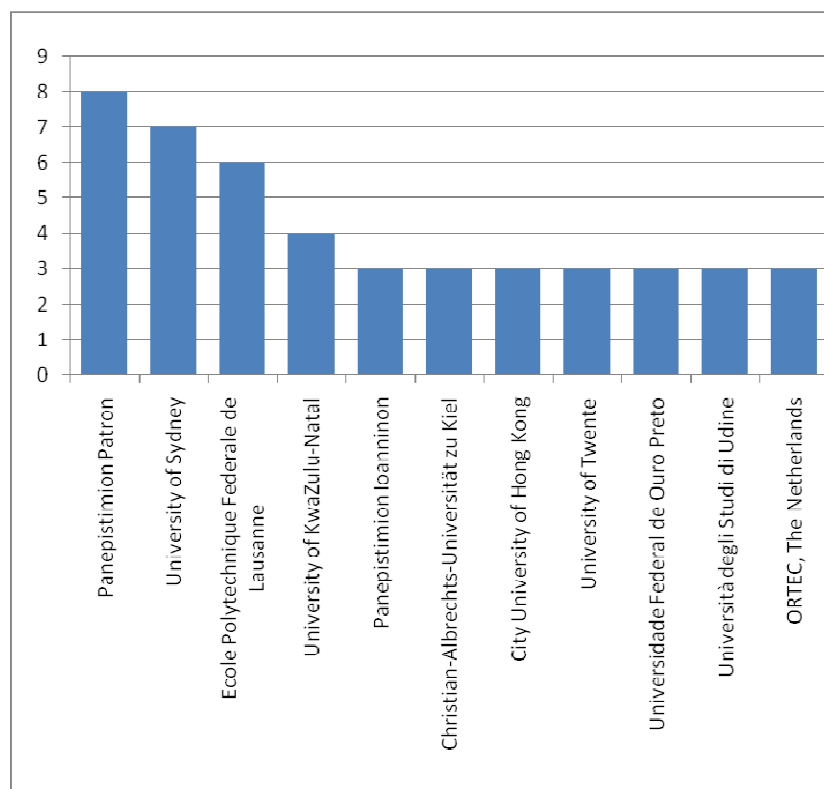


Figura 7 – Publicações por afiliação.

As instituições Panepistimion Patron, University of Sydney, e Ecole Polytechnique Federale de Lausanne destacam-se pelo número de publicações relacionadas sendo, 8, 7, 6 artigos respectivamente. A Universidade Federal de Ouro Preto aparece em quinto lugar com três artigos publicados dentre uma lista de 160 instituições.

A Tabela 1 apresenta os meios de publicações científicas, o número de publicações em cada revista o estrato do sistema WebQualis¹ (quando existir), a área de avaliação do estrato (quando existir) e o ISSN (quando existir).

Tabela 1 – Revistas científicas ou congressos.

Revista/Congresso	Nº Pub.	Estrato	Área	ISSN
Lecture Notes in Computer Science	21	B2	Engenharias III	0302-9743
Journal of the Operational Research Society	8	A2	Engenharias III	0160-5682
European Journal of Operational Research	7	A1	Engenharias III	0377-2217
Computers and Operations Research	7	A2	Engenharias III	0305-0548
Annals of Operations Research	3	B3	Engenharias III	1572-9338
Computers and Education	3	A1	Engenharias III	0360-1315
Journal of Japan Industrial Management Association	3	-	-	0386-4812
Journal of Scheduling	3	A2	Engenharias III	1094-

¹ Disponível em: <http://qualis.capes.gov.br/webqualis/principal.seam>

				6136
Studies in Computational Intelligence	3	C	Engenharias III	1860-949X
ACM International Conference Proceeding Series	2	-	-	-
Computers and Industrial Engineering	2	A2	Engenharias III	0360-8352
Computer Journal	2	B1	Ciência da computação	0010-4620
Interfaces	2	B1	Engenharias III	0092-2102
Journal of Heuristics	2	A2	Engenharias III	1381-1231
Management Science	2	A1	Engenharias III	0025-1909
Or Spectrum	2	-	-	0171-6468
Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing	2	-	-	-
Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence	2	-	-	-

Analisando a Tabela 1 nota-se que grande parte das revistas estão relacionadas às áreas de Pesquisa Operacional e Ciências da Computação. Destacam-se, Lecture Notes in Computer Science com 21 publicações e estrato B2, Journal of the Operational Research Society com 8 artigos publicados e estrato A2 e com 7 artigos cada uma European Journal of Operational Research e Computers and Operations Research, com estrato A1 e A2 respectivamente.

3.2 Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica busca aprofundar o entendimento dos artigos identificados na etapa anterior como de grande relevância para o tema proposto. Os artigos selecionados foram os dez primeiros na ordem de maior influência para o tema, apresentados na Figura 4. Os artigos selecionados para esta etapa são apresentados na ordem cronológica de sua publicação na tentativa de demonstrar a evolução do problema ao longo do tempo.

Tripath (1984) utiliza a programação inteira baseada em um método de Relaxação Lagrangeana para solucionar problemas um problema de alocação de horários envolvendo 900 disciplinas em uma universidade.

Para de Werra (1985), o interesse crescente da comunidade científica na resolução computacional dos problemas de alocação de horários é devido à grande variação de restrições e objetivos para o mesmo problema. Normalmente considera-se o problema em duas fases distintas: (a) Associar grupos de estudantes ou turmas com recursos específicos, por exemplos, laboratório, sala, disciplina, professor etc. (b) Otimizar a alocação destes recursos procurando obter a solução que melhor atenda às restrições definidas. A proposta do autor é apresentar o modelo matemático de dois problemas de alocação de horários. No primeiro modelo discute-se a associação de professores e turmas de um curso e as restrições comumente apresentadas. O segundo modelo discute a alocação de professores e disciplinas para uma universidade que oferece um conjunto de cursos e o aluno escolhe a disciplina que irá cursar.

Abramson (1991) aborda os problemas envolvendo a associação de turmas, professores, disciplinas e salas de aula restringindo a sobreposição de qualquer destes elementos em um horário. Para isto, o autor utiliza uma heurística construída na linguagem Pascal e baseada no modelo *Simulated Annealing*. O problema apresenta pouca flexibilidade devido à quantidade de turmas e professores envolvidos. A solução computacional gerada apresenta um avanço

promissor. Quanto ao tempo computacional de execução do algoritmo, pode-se aplicar a programação paralela a fim de encontrar soluções adequadas em tempos computacionais aceitáveis.

Costa (1994) descreve o desenvolvimento de uma heurística baseada em Busca Tabu e a aplicação em dois experimentos para gerar a grade horária de escolas de ensino médio na Suíça. No primeiro experimento a instância de dados é composta de 32 turmas, 37 disciplinas, 65 professores, 12 tipos diferentes de salas (considerando laboratórios, quadras, etc) e 50 períodos de aulas, sendo 5 dias da semana e 10 períodos em cada dia. O algoritmo produziu uma solução sem sobreposições de turmas, professores ou salas após 41 minutos de execução e 20.521 iterações. No segundo experimento, foram utilizadas 12 turmas, 24 professores, 27 disciplinas, 5 tipos diferentes de salas e 60 períodos de aulas sendo 6 dias de 10 períodos cada dia. A solução produzida pelo algoritmo foi gerada em 79 minutos e 48.695 iterações. Para se alcançar um resultado aceitável precisou-se da interação manual em apenas um horário de aula.

Carter, Laporte e Lee (1996) descrevem cinco estratégias de ordenação: (i) grau de saturação; (ii) maior grau de conflitos; (iii) peso; (iv) maior inscrição; (v) ordem aleatória; aplicando estas estratégias em casos reais dos problemas de alocação de horários. A solução foi construída a partir de heurísticas de coloração de gráficos e técnicas de retrocesso. As 13 instâncias de dados apresentadas neste trabalho ficaram conhecidas como "Toronto data" e foram utilizadas em diversos outros trabalhos. Os resultados apresentados indicaram a equivalência das estratégias de ordenação utilizadas Qu et al. (2008), Burke (2001) e Di Gaspero e Schaerf (2000).

Colorni, Dorigo e Maniezzo (1998) descrevem a resolução de problemas de alocação de horários para uma escola do ensino médio italiana utilizando três diferentes metaheurísticas: Busca Tabu, *Simulated Annealing* e Algoritmos Genéticos. A instância de dados gerada para o problema é composta de 24 professores, 10 turmas e 30 períodos semanais de aulas. Para a implementação dos algoritmos propostos foi utilizada a linguagem de programação C. Os experimentos foram executados em um computador IBM PC 480, 33 MHz, 8 Mb RAM. Os resultados demonstraram que a Busca Tabu obteve a melhor desempenho enquanto os Algoritmos Genéticos alcançaram as melhores soluções para o problema.

Schaerf (1999a) discute que apesar do grande número de variáveis e as particularidades de cada instituição é possível classificar os problemas de alocação de horários escolares em três tipos principais: (a) School timetabling: A alocação semanal de horários para todas as turmas de uma instituição de ensino médio evitando conflitos de horários de professores e turmas. (b) Course timetabling: Agendamento semanal de cursos universitários minimizando a sobreposição de disciplinas com alunos em comum. (c) Examination timetabling: Agendamento de exames periódicos para um conjunto de alunos universitários evitando a sobreposição de provas de cursos com alunos em comum. A solução comum para estes problemas parte do desenvolvimento de heurísticas construtivas a fim de alocar todas as aulas no quadro de horários de cada turma. Posteriormente esta solução é otimizada para atender a algumas preferências ou para minimizar restrições não essenciais. Para validar os resultados e a qualidade da solução gerada, é comum a comparação da solução computacional com a solução manual do problema.

Schaerf (1999b) descreve a implementação de um método heurístico baseado em técnicas de busca local com o objetivo de solucionar os problemas de alocação de horários escolares. O algoritmo proposto alterna diferentes tipos de movimentos e utiliza uma relaxação das restrições essenciais. Técnicas de Busca Tabu são aplicadas no objetivo de melhorar o desempenho da execução do algoritmo. Foram utilizadas para o experimento três escolas, variando o número de professores, turmas e as restrições aplicadas a cada cenário. Os resultados apresentados são ótimos em 90 a 95% dos casos, sendo que ainda são necessárias adaptações manuais na ordem de 5 a 10%.

Abramson, Krishnamoorthy e Dang (1999) utiliza a meta-heurística *Simulated Annealing* para identificar o desempenho de seis problemas de alocação de horários diferentes. Os parâmetros de resfriamento e reaquecimento são originários de Laarhoven e van Aarts (1987) e seus resultados comparados com autor. Os resultados dos experimentos sugerem que a

utilização de múltiplas velocidades de arrefecimento para um determinado problema origina soluções de melhor qualidade em menos tempo do que as soluções produzidas por um único programa de arrefecimento.

Smith, Abramson e Duke (2003) aplicam redes neurais discretas baseadas no modelo desenvolvido por Hopfield e Tank (1985) para resolução de problemas de alocação de horários. Neste trabalho são utilizadas duas alternativas: (a) A rede neural Hopfield padrão definida por Hopfield (1982) e Hopfield (1984). (b) Uma abordagem de redes neurais, mais compacta que concede ao padrão Hopfield maior competitividade através de heurísticas de trocas. As instâncias de dados utilizadas neste estudo foram definidas por Abramson e Dang (1993) e contêm entre 4 e 8 turmas e professores e 30 períodos fixos de aulas. Após a execução dos algoritmos propostos, os resultados obtidos foram comparados com outras heurísticas, tais como, *Simulated Annealing*, Busca Tabu e Busca Gulosa. A comparação dos resultados apresentados com as demais heurísticas demonstrou que à medida que aumenta a complexidade do problema, a heurística baseada em redes neurais Hopfield modificada apresenta melhores soluções.

4. Considerações finais

Este trabalho apresentou um estudo bibliométrico relacionado às publicações sobre os problemas de alocação de horários escolares, utilizando como instância de dados os artigos disponíveis na base Scopus. A instância selecionada foi analisada baseando-se em oito parâmetros: (a) ano de publicação; (b) citações por ano; (c) área do conhecimento; (d) citações por artigo; (e) autores; (f) instituições de pesquisa; (g) país de origem; (h) revista científica. A etapa de revisão bibliográfica ocupou-se de apresentar as características mais relevantes dos dez artigos mais relevantes para o tema apresentados na Figura 4.

4.1 Análise comparativa das publicações revisadas

A Tabela 2 apresenta uma comparação entre as publicações que foram revisadas neste trabalho na tentativa de identificar as semelhanças e particularidades de cada artigo, sobretudo comparando-os entre si.

Tabela 2 – Comparação da revisão bibliográfica.

Característica / Artigo	Tipo (Teórico/Estudo de caso)	Variáveis	Solução
Tripath (1984)	Estudo de caso	<ul style="list-style-type: none"> • 900 disciplinas 	<ul style="list-style-type: none"> • Programação Inteira; • Relaxação Lagrangeana;
de Werra (1985)	Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Professores/Turmas; • Professores/Disciplinas em turmas variáveis; 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo matemático.
Abramson (1991)	Estudo de caso	<ul style="list-style-type: none"> • Turmas; • Professores; • Disciplinas; • Salas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Simulated Annealing.
Costa (1994)	Estudo de caso	<ul style="list-style-type: none"> • Turmas; • Professores; • Disciplinas; • Salas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Busca Tabu.
Carter, Laporte e Lee (1996)	Estudo de caso	<ul style="list-style-type: none"> • Não identificado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Heurísticas de coloração de gráficos

			<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de retrocesso
Colomi, Dorigo e Maniezzo (1998)	Estudo de caso	<ul style="list-style-type: none"> • Professores; • Turmas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Busca Tabu; • Simulated Annealing; • Algoritmos Genéticos;
Schearf (1999a)	Teórico		
Schearf (1999b)	Estudo de caso	<ul style="list-style-type: none"> • Professores; • Turmas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Busca Local
Abramson, Krishnamoorthy e Dang (1999)	Estudo de caso	<ul style="list-style-type: none"> • Não identificado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Simulated Annealing
Smith, Abramson e Duke (2003)	Estudo de caso	<ul style="list-style-type: none"> • Professores; • Turmas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Redes neurais.

Dentre os artigos destacados para a revisão bibliográfica, dois apresentam estudos teóricos sobre o tema, dentre eles, Schearf (1999a) e de Werra (1985) são identificados neste trabalho como os artigos de maior relevância em número de citações. Dentre os artigos que apresentam estudos de caso, seis utilizam heurísticas para a resolução do problema, sendo que Colorini, Dorigo e Maniezzo (1998) desenvolvem três diferentes heurísticas: Busca Tabu, *Simulated Annealing* e Algoritmos Genéticos.

4.2 Conclusão

Este trabalho teve o objetivo de analisar as publicações sobre problemas de alocação de horários escolares através de um estudo bibliométrico e identificar os artigos de maior importância, os autores mais citados, as instituições de pesquisa e países que mais geram publicações no tema.

Através das figuras 1 e 2 é possível avaliar a evolução dos estudos a respeito dos problemas de alocação de horários. A Figura 1 apresentou o gráfico de publicações por ano, em que foram destacados os anos de 2010 seguidos por 2011 e 2012. A Figura 2 apresentou o gráfico de citações por ano, em que os destaques foram os anos de 2009 e 2012. A linha de tendências dos gráficos das figuras 1 e 2 apresentam grande crescimento no tema.

A Figura 3 destacou as áreas do conhecimento que mais se relacionam com o tema proposto. Entre elas, destacam-se *Computer Science* (Ciências da Computação), *Mathematics* (Matemática) e *Decision Sciences* (Ciência das Decisões) que juntas concentram 60,91% do total de publicações.

As publicações mais relevantes foram apresentadas na Figura 4, destacando-se Schaefer (1999); de Werra (1985); Carter, Laporte e Lee (1996); Abramson (1991) e Costa (1999) que juntos representam 58,59% do total de citações da base selecionada. Os autores que mais publicam na área são de Werra, D; Beligiannis, G. N.; Kingston, J. H.; Pillay, N.; Housos, E.; Raghavjee, R. e Schaefer, A. Estes autores somam um total de 35 publicações, o que representa 23,18% dos artigos selecionados.

Dentre os países com maior número de publicações destacam-se Reino Unido (*United Kingdom*), Austrália (*Australia*) e Grécia (*Greece*). O Brasil aparece em 7º lugar em uma lista de 42 países. As instituições de pesquisa que mais incentivam trabalhos relacionados ao tema de alocação de horários são apresentadas na Figura 7. Dentre elas a Universidade Federal de Ouro Preto destaca-se entre as instituições internacionais ocupando o 9º lugar em uma lista de 160 instituições.

Referências

- ABRAMSON, D. Constructing School Timetables using Simulated Annealing: Sequential and Parallel Algorithms. **Management Science**. v. 37, n. 1, p. 98-113, 1991. ISSN 0025-1909.
- ABRAMSON, D.; DANG, H. **School timetables: A case study in simulated annealing**. In V. Vidal (Ed.), *Applied simulated annealing* (pp. 103–124). Lecture notes in economics and mathematics systems, Berlin: Springer, 1993.
- ABRAMSON, D.; KRISHNAMOORTHY, M.; DANG, H. Simulated annealing cooling schedules for the school timetabling problem. **Asia-Pacific Journal of Operational Research**. v. 16, n. 1, p. 1-22, 1999. ISSN 0217-5959
- ALVARADO, R. U. A. A lei de Lotka e a produtividade dos autores. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 8, n. 2, p.188-207, 2003. ISSN 1981-5344.
- BUFREM, L.; PRATES, Y. O saber científico registrado e as práticas de mensuração da informação. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 34, n. 2, p.9-25, 2007. ISSN 1981-5344.
- BUFREM, L. S. et al. Produção científica em Ciência da Informação: análise temática em artigos de revistas brasileiras. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 12, n. 1, p.38-49, 2007. ISSN 1981-5344.
- BURKE, E.K.; MACCARTHY, B.; PETROVIC, S.; QU, R. Case-based Reasoning in Course Timetabling: An Attribute Graph Approach. In: David A. and Watson I. (eds.), *Case-Based Reasoning Research and Development*, **Lecture Notes in Artificial Intelligence 2080**. p. 90-104, 2001.
- CARTER, M.W; LAPORTE, G.; LEE, S.Y. Examination timetabling: Algorithmic strategies and applications. **Journal of the Operational Research Society**. v. 7, n. 3. p. 373-383. 1996. ISSN 0160-5682.
- COLORNI, A.; DORIGO, M.; MANIEZZO, V. Metaheuristics for High School Timetabling. **Computational Optimization and Applications**. v. 9, n. 3, p.275-298, 1998. ISSN 0926-6003.
- COOPER T.; KINGSTON J. The Complexity of Timetable Construction Problems, **Springer Lecture Notes in Computer Science**. p. 283-295, 1996.
- COSTA, D. A Tabu Search algorithm for computing an operational timetable. **European Journal of Operational Research**. v. 76, n. 1, p. 98-110, 1994. ISSN 0377-2217.
- de Werra, D. A introduction to timetabling. *European Journal of Operation Research*, v. 19, p. 151-162, 1985. ISSN 0377-2217.
- DI GASPERO, L.; SCHAERF, A. 2000. Tabu Search Techniques for Examination Timetabling, In: Burke E.K. and Erben, W. (eds.) *Selected Papers from the 3rd International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling*, **Lecture Notes in Computer Science 2079**. p. 104-117, 2000.
- GUEDES, V. L. S.; BORSCHIVER, S. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE CIÊNCIAS DA INFORMAÇÃO, Salvador/BA, 2005.

HOPFIELD, J. J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. **Proceedings of National Academy of Sciences**, **79**, p. 2554–2558, 1982.

HOPFIELD, J. J. Neurons with graded response have collective computational properties like those of two-state neurons. **Proceedings of National Academy of Sciences**, **81**, p. 3088–3092, 1984.

HOPFIELD, J. J.; TANK, D. W. “Neural” Computation of Decisions in Optimization Problems. **Biological Cybernetics**. v. 52, p. 141-152, 1985. ISSN 0340-1200

LIMA, R. A.; VELHO, L. M. L. S.; FARIA, L. I. L.. Bibliometria e “avaliação” da atividade científica: um estudo sobre o índice. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 17, n. 3, p.3-17, 2012. ISSN 1981-5344.

MACHADO, R. N. Análise cientométrica dos estudos bibliométricos publicados em periódicos da área de biblioteconomia e ciência da informação (1990-2005). **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 12, n. 3, p.2-20, 2007. ISSN 1981-5344.

MICHALEWICZ, Z.; SCHOEMAUER, M. Evolutionary Algorithms for Constrained Parameter Optimization Problems. **Evolutionary Computation**. 1996.

OLIVEIRA, E. F. T.; GRACIO, M. C. C. Indicadores bibliométricos em ciência da informação: análise dos pesquisadores mais produtivos no tema estudos métricos na base Scopus. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 16, n. 4, p.16-28, 2011. ISSN 1981-5344.

PAO, M. L. **Concepts of information retrieval**. Englewood, Colorado: Libraries Unlimited, Inc., 1989. 285 p.

QU, R.; BURKE, E.K.; MCCOLLUM, B; MERLOT, L.T.G.; LEE, S.Y.. A survey of search methodologies and automated approaches for examination timetabling. **Journal of Scheduling**, in press, 2008. doi:10.1007/s10951-008-0077-5.

SCHAERF, A. A Survey of Automated Timetabling. **Artificial Intelligence Review**. v. 13, n. 2, p. 87–127, 1999a. ISSN 0269-2821.

SCHAERF, A. Local search techniques for large high-school timetabling problems. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**. v. 29, n. 4, p. 368–377, 1999b. ISSN 1083-4427

SCOPUS. What does it cover? [200-?] Disponível em: <<http://www.info.sciverse.com/scopus/scopus-in-detail/facts> >. Acesso em: 02 de janeiro de 2013.

SMITH, K. A.; ABRAMSON D.; DUKE D. Hopfield neural networks for timetabling: formulations, methods, and comparative results. **Computers & Industrial Engineering**. v. 44, n. 2, p. 283-305, 2003. ISSN 0360-8352

TRIPATHY, A. School timetabling - A case in large binary integer linear programming. **Management Science**. v. 30, n. 12, p. 1473-1489. DOI: 10.1287/mnsc.30.12.1473.

VANTI, N A P. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 31, n. 2, p.152-162, 2002.