



V SINGEP

Simposio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8302

Características da Produção Científica sobre Resource-Constrained Project Scheduling Problem

RENATO PENHA

UNINOVE – Universidade Nove de Julho
renato.penha@uni9.pro.br

LUIZ GUERRAZZI

UNINOVE – Universidade Nove de Julho
luizguerrazzi@hotmail.com

DIEGO CÉSAR TERRA DE ANDRADE

UNINOVE – Universidade Nove de Julho
diego.terra@ifsuldeminas.edu.br

RENATO FABIANO CINTRA

UNINOVE – Universidade Nove de Julho
renatocintra@hotmail.com



V SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8302

CARACTERÍSTICAS DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE *RESOURCE-CONSTRAINED PROJECT SCHEDULING PROBLEM*

Resumo

Um dos maiores problemas de alocação de recursos humanos na execução de projetos está associado ao *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*. Nesse contexto, este artigo tem como objetivo apresentar um cenário sobre a produção acadêmica sobre o tema, apresentando os autores clássicos, as revistas científicas com maiores publicações, os constructos mais utilizados, as áreas de interesses mais referenciadas e as obras mais recentes dos autores com maior número de publicações no tema. Os resultados demonstram que o tema se mantém relevante além de permitir identificar os pontos que ainda podem ser explorados por novos autores. Os resultados podem contribuir para a produção de novos trabalhos diante das lacunas identificadas na revisão bibliográfica.

Palavras-chave: *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*. produção acadêmica. revisão bibliográfica.

Abstract

One of the biggest problems of human resource allocation in the execution of projects associated is the resource- constrained programming problem project. In this context, this article aims to present a scenario of the academic production on the subject, presenting the classical authors, scientific journals with larger publications, the most used constructs, the areas most referenced interest and the latest works of authors more publications on the subject. The results show that new authors still can exploit the topic remains relevant besides allowing identify the points. The results may help to new production work given the gaps identified in the literature review.

Keywords: *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*. academic production. literature review.



1 Introdução

Em um ambiente de múltiplos projetos, estabelecer critérios destinados a maximizar o aproveitamento dos recursos e competências disponíveis pode estabelecer o equilíbrio entre a alocação e o uso de recursos humanos entre fins alternativos (Cooper, 2001). O ambiente de múltiplos projetos, em muitas situações, compartilha dos mesmos objetivos estratégicos e competem pela utilização dos mesmos recursos (Archer & Ghasemzadeh, 1998:1), podendo assim, causar disputa interna pela utilização de um mesmo recurso humano.

Na visão de Barcauí (2012), nem todos os projetos contemplam os objetivos estratégicos das organizações, pois os projetos podem estar relacionados à infraestrutura ou algum tipo de manutenção. No entanto, Kendall e Rollins (2003) e Levine (2007) ressaltam que os projetos que atendem os objetivos estratégicos da organização devem ter prioridade em relação à alocação de recursos. No mesmo sentido, Arto, Martinsuo e Aalto (2001) destacam que as organizações devem possuir competências essenciais em relação ao planejamento, programação e execução de projetos. Tais competências devem estar relacionadas ao processo de alocação de recursos humanos e devem ser executadas de maneira confiável com a finalidade de restringir a subutilização ou concorrência interna pela utilização de um mesmo recurso. Porém, na visão de Laslo (2010), o desafio está em se estabelecer de forma eficaz a relação de precedência das atividades entre os diversos projetos em um ambiente cercado pela restrição de recursos humanos.

De acordo com Fairley (1994), efetuar a liberação de um recurso humano o mais rápido possível conforme o cronograma para alocação em outros projetos pode contribuir para a redução dos riscos de não cumprimento dos prazos, da restrição de alocação e da necessidade de redução de prazo das atividades – fatores relacionados ao *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*.

Nesse cenário marcado pela busca interna das empresas pela melhor alocação de recursos humanos em seus projetos, este trabalho tem como objetivo efetuar o levantamento bibliográfico sobre *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*. Os resultados deste estudo podem contribuir para que as empresas possam minimizar os problemas relacionados à restrição de alocação de recursos humanos em projetos.

Na próxima seção, será apresentada a revisão da literatura sobre *Resource-Constrained Project Scheduling Problem* e os impactos nas organizações. Posteriormente serão abordados os procedimentos metodológicos. Em seguida, serão apresentados os resultados da pesquisa. Concluímos o artigo apresentando as conclusões, limitações desta pesquisa e indicações para pesquisas futuras.

2 Referencial Teórico

2.1 *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*

Dentro do gerenciamento de projetos, o *Resource-Constrained Project Scheduling Problem* (RCPS) é um tradicional problema que consiste na alocação de recursos a determinadas atividades de um projeto (Blazewicz, Lenstra & Kan, 1983; Brucker et al., 1999; Agarwal, Colak & Erenguc, 2011; Schutt et al., 2013; Hartmann, 2013). Existem diversos modelos, técnicas e ferramentas que visam apoiar as técnicas de gerenciamento de projetos em relação a alocação de recursos. O PMBoK (2013) em seu guia de boas práticas de gerenciamento de projetos (PMBOK), apresenta um conjunto de técnicas e ferramentas como suporte para que os gestores efetuem a alocação dos recursos em projetos. O PMBOK possui uma área de conhecimento para tratamento e controle de recursos humanos e outra para controle e gerenciamento de tempo. O gerenciamento de tempo é a área de conhecimento responsável pela alocação de recursos, mais especificamente nos processos de desenvolvimento e controle de cronogramas. O desenvolvimento do cronograma aborda a



alocação do recurso, enquanto que o controle do cronograma está associado à sua execução ou possíveis mudanças.

O desenvolvimento de um cronograma é composto por um processo de análise das atividades, de suas respectivas durações, da atribuição dos recursos necessários e das possíveis restrições (PMBok, 2013). Porém, a elaboração de um cronograma é cercada por diversas lacunas que podem contribuir para um cenário negativo para as organizações. De acordo com Glenwright (2007), a ausência de ferramentas para o planejamento está entre as 10 maiores falhas no processo de construção de um cronograma.

A elaboração de um cronograma envolve a entrada e a troca de artefatos de diversos processos. O PMBoK (2013) define um conjunto de entradas básicas para o desenvolvimento de um cronograma: (1) o conjunto de atividades e suas respectivas especificações, interdependências e estimativas de esforço para sua execução; (2) a lista de recursos disponíveis para a execução do projeto e reunidos por seus atributos e (3) informações do escopo do projeto, planejamento de custos, riscos, entre outros.

Para o planejamento do cronograma, o PMBoK (2013) considera a união de duas tarefas essenciais: a alocação de equipes e o escalonamento de atividades. A alocação de equipes corresponde na atribuição de responsabilidades de um determinado conjunto de atividades a um correspondente conjunto de recursos humanos. O escalonamento das atividades define a ordem de execução de uma determinada atividade. A execução dessas duas tarefas tem como objetivo estabelecer um cronograma de caráter ótimo ou o mais próximo do ótimo possível.

No entanto, as execuções dessas duas tarefas podem acarretar em problemas para as organizações. De posse das atribuições dos recursos humanos e a respectiva sequência de execução das atividades, é possível estabelecer o instante inicial de execução de cada atividade, estabelecendo assim o cronograma por completo. Entretanto, tanto a alocação de equipes quanto o escalonamento de atividades usualmente são executadas isoladamente, acarretando de certo modo, problemas nas organizações. No sentido de esclarecer tais problemas, Ichihara (2002) define que o processo de alocação de equipes procura estabelecer a melhor forma de alocar os recursos e na ordem de execução das atividades. Da mesma forma, o autor estabelece que o escalonamento de atividades geralmente estabelece as alocações previamente estabelecidas e se preocupam em estabelecer a melhor ordem de realização das atividades, caracterizando assim um problema de escalonamento de atividades de projetos.

Em relação ao desenvolvimento de cronogramas, o PMBoK (2013) apresenta algumas técnicas baseadas em análises matemáticas, como o *Critical Path Method* (CPM), o *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), como as técnicas relacionadas a compressão da duração (*Crash* e *Fast Tracking*), técnicas baseadas em simulações (Monte Carlo) e as técnicas baseadas em heurísticas (*Critical Chain*, SGS, metaheurísticas).

Algumas organizações podem utilizar alguns *softwares* de planejamento de projetos no auxílio ao desenvolvimento do cronograma, como o *Microsoft Project*, o *Primavera* e o *Open Project*. Entretanto, tais ferramentas apresentam limitações em relação ao gerenciamento otimizado (Schwaber, 2002; Chang et al., 2008), principalmente no que se refere à administração de recursos (Plekhanova, 1998). Ao se abordar um cenário de múltiplos projetos, o agendamento dos recursos nas atividades se torna inerente ao *software* utilizado na organização. O uso do *software* pode dificultar a alteração ou um novo agendamento de recursos. Nesse contexto, o *Practice Standard for Scheduling* do PMI (2011) define o CPM a técnica mais utilizada pelas organizações.

Nesse contexto, alguns problemas relacionados na programação de projetos podem acontecer. Tais problemas podem envolver um único projeto (*single-project scheduling*), como múltiplo projetos (*multi-project scheduling*). Diversos trabalhos abordam a relação aos



problemas relacionados a múltiplos projetos, como Kelley (1963), Wiest (1966), Kurtulus e Narula (1985) e Mohanty e Siddiq (1989). Porém é Ichihara (2002) que associa os problemas do programa de múltiplos projetos com as limitações de recursos estão relacionadas ao RCPSP.

Diversas pesquisas foram efetuadas sobre o assunto, e com os resultados foi possível estabelecer uma classificação para estes problemas (Doersch & Patterson, 1977; Ulusoy & Ozdamar, 1994). Alguns trabalhos procuraram resolver tais problemas de alocação, entretanto, este não é considerado um problema de fácil solução. Blazewicz, Lenstra & Kan (1983) definem que o problema RCPSP é uma generalização do problema clássico do *Job Shop Problem* (JSP), este pertencente à classe de problemas matemáticos do tipo NP-completo. Portanto, o RCPSP também é NP-Completo, onde a solução proposta para esse tipo de problema ocorre por meio do uso de um modelo matemático (Nowicki & Smutnicki, 1996; Lageweg, Lenstra & Rinnoy kan 1979; Laslo, 2010).

2.2 Impacto do *Resource-Constrained Project Scheduling Problem* nas organizações

Uma pesquisa realizada em 200 organizações na Alemanha, Áustria e Suíça sobre gerenciamento de múltiplos projetos é apresentada por Meskendahl, Jonas e Kock (2013). Os autores buscaram conhecer os fatores críticos de sucesso por meio do uso da gestão de múltiplos projetos. Os resultados apresentaram que as organizações com maior desempenho na realização de sucesso em projetos, são as organizações que executam as atividades de maneira mais intensa no portfólio de projetos, que procuram organizar seu portfólio e gerenciar seus recursos mais incisivamente. Os resultados apontaram também que as organizações com maior índice de sucesso possuem uma média de 15% de atraso dos projetos. Em contrapartida, as organizações de baixo desempenho possuem uma média de 37% de atraso. Em relação ao orçamento excedido, a relação é de 11% para as organizações de melhor desempenho e de 25% para as organizações de baixo desempenho. Outro resultado apresentado é que as organizações de alto desempenho são caracterizadas por possuírem quatro de cada cinco projetos bem-sucedidos, já as organizações de baixo desempenho, a estatística é de um fracasso em cada dois projetos

Com as atividades de seleção e priorização de projetos resolvidas, as organizações devem atender as imposições relacionadas ao tempo e aos recursos a ser utilizados na execução dos projetos. Assim, efetuar um planejamento e o controle das atividades pertinente se tornam necessário para o sucesso e a realização dos projetos. Entretanto, a programação da execução de um projeto não é considerada uma tarefa trivial. A alocação de recursos pode causar a disputa interna na organização pela utilização ou causar a subutilização de um mesmo recurso (Mendes, 2003). Desse modo, Artto, Martinsuo e Aalto (2001) ressaltam que este cenário pode ocasionar nas organizações problemas relacionados ao planejamento das atividades de um determinado projeto. Problemas como a restrição de recursos, em busca de se obter o menor tempo possível de execução das atividades, onde cada atividade está relacionada a uma duração mínima e limitado a uma quantidade de recursos (Cooper et al., 2000).

Para compreender os impactos desses problemas, o *Standish Group* (Standish Group, 2014) realizou uma pesquisa onde os resultados apontaram que somente 16,2 % dos projetos analisados foram finalizados dentro do prazo, do custo e dos requerimentos planejados. Em contrapartida, a pesquisa demonstrou que 52,7% dos projetos foram finalizados com atraso, acima do custo ou com falta de requerimentos, além de 31,1% dos projetos cancelados durante a sua execução. Outra pesquisa desenvolvida por Prado e Archibald (2010) relatam que 71% dos projetos tiveram aumento em média de 10% do custo em relação ao planejado. Em relação ao prazo, a pesquisa apresentou 25% de aumento em relação ao tempo planejado.



Para Barcauí (2012), nem todos os projetos contemplam os objetivos estratégicos das organizações, pois os projetos podem estar relacionados à infraestrutura ou algum tipo de manutenção. No entanto, Kendall e Rollins (2003) e Levine (2007) ressaltam que os projetos que atendem os objetivos estratégicos da organização, devem ter prioridade em relação à alocação de recursos. Desse modo, Arto, Martinsuo e Aalto (2001) destacam que as organizações devem possuir competências essenciais em relação ao planejamento, programação e execução de projetos. Tais competências devem estar relacionadas ao processo de alocação de recursos humanos e devem ser executadas de maneira confiável com a finalidade de restringir a subutilização ou concorrência interna pela utilização de um mesmo recurso. Porém, na visão de Laslo (2010), o desafio está em se estabelecer de forma eficaz a relação de precedência das atividades entre os diversos projetos em um ambiente cercado pela restrição desse tipo de recurso.

Segundo Fairley (1994), efetuar a liberação de um recurso humano o mais rápido possível conforme o cronograma para alocação em outros projetos pode contribuir para a redução dos riscos de não cumprimento dos prazos, da restrição de alocação e da necessidade de redução de prazo das atividades – fatores relacionados ao RCSPS.

2.3 A importância dos estudos bibliométricos

Trabalhos de caráter bibliométrico são importantes para a análise e avaliação de estudos acadêmicos e também para a disseminação de conhecimento. O conhecimento adquirido é fundamentado pelo grande volume de publicações existentes sobre um determinado tema. Assim, estes estudos podem contribuir como uma técnica de avaliação de conhecimento (Vanti, 2002).

A bibliometria segundo Araújo (2006), é uma técnica de origem quantitativa com a finalidade de medir índices da produção e a disseminação do conhecimento, onde com o uso da matemática pode ser utilizada no processo de análise de documentação (Santos, 2007). Seu uso é benéfico para criar uma posição científica de um determinado tema em relação ao mundo, além de permitir o melhor entendimento de um comportamento através de microanálises entre a produção científica de um pesquisador e a comunidade acadêmica (Araújo, 2006).

Diante das considerações sobre o RCSPS e seus impactos em projetos e as contribuições do uso da bibliografia, este trabalho procura efetuar um levantamento da produção literária e sobre RCSPS. O objetivo é apresentar um cenário bibliográfico e a busca de um posicionamento do referencial teórico para subsídio de novas pesquisas relacionadas ao tema.

3 Metodologia

O uso de uma estratégia apropriada de pesquisa nos processos metodológicos permite alcançar conclusões sobre um determinado assunto baseadas em evidências (Martins & Theóphilo, 2009). Para este estudo, foi adotada a seguinte estratégia de pesquisa:

3.1 Tipo de pesquisa

De acordo com Vergara (2013), a taxonomia dos critérios de avaliação de pesquisas são propostas em relação aos fins e aos meios da pesquisa. Para este estudo, foram adotados os seguintes critérios:

- a) Em relação aos fins:

Uso de pesquisa descritiva com o propósito de apresentar o cenário acadêmico sobre *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*, desde o início da sua produção literária. A pesquisa descritiva permite expor as características de uma determinada



população, sem a obrigação de explicar os possíveis fenômenos que a descreve (Vergara, 2013).

b) Em relação aos meios:

Uso de pesquisa bibliográfica com uso de artigos científicos publicados na base de dados *ISI Web of Science* de acesso acadêmico. A pesquisa bibliográfica é considerado um estudo sistematizado com base em material publicado em revistas, jornais e rede eletrônica (Vergara, 2013).

Para a etapa de levantamento de dados, em um primeiro momento, foram definidos os parâmetros a serem utilizados como filtro de pesquisa. Na sequência, foi feita a pesquisa bibliométrica dos artigos na base de dados *ISI Web of Science*, respeitando os parâmetros de pesquisa. Por fim, os dados foram coletados e os resultados demonstrados em formas de gráficos e quadros. A Figura 1 representa o esquema adotado como procedimento metodológico.

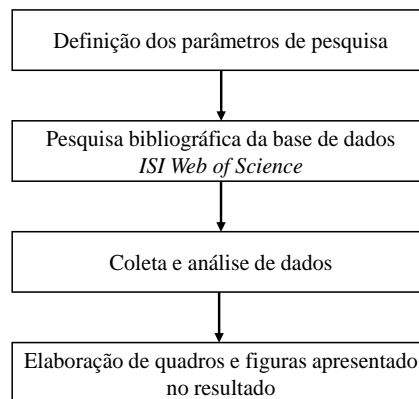


Figura 1. Apresentação dos procedimentos metodológicos adotados

Fonte: Elaborado pelos autores.

O resultado da pesquisa foi exportado, os dados foram preparados e analisados, dando origem aos quadros e figuras apresentados na seção de resultados deste trabalho.

4 Análise dos resultados

As pesquisas de publicações foram efetuadas na base *ISI Web of Science*, que foi escolhida pela relevância acadêmica, além de os resultados permitirem uma análise mais sistemática sobre o tema pesquisado. A pesquisa foi realizada utilizando as palavras-chaves “*Resource-Constrained Project Scheduling Problem*” e “*Project Management*”, filtro de pesquisa para tipo de documentos “artigos” e não foi utilizado período para a realização da pesquisa. No total foram encontrados 70 artigos com o resultado da pesquisa. A Figura 2 apresenta a evolução da produção literária sobre o tema até maio de 2016.

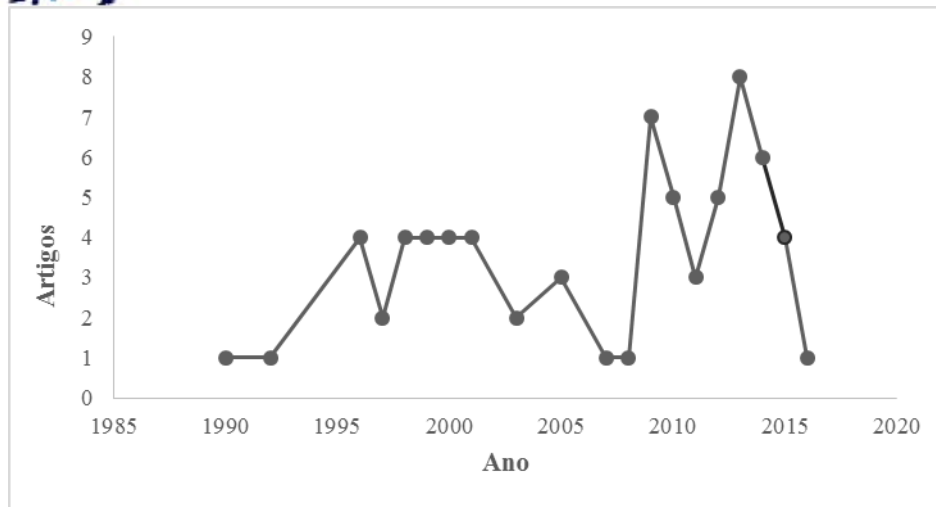


Figura 2. Evolução da produção literária sobre o tema

Fonte: Dados de pesquisa – levantamento efetuado na base ISI - Web of Science.

Ao se observar a Figura 2, percebe-se que não há um número expressivo de publicações anuais, ficando em uma média 3,5 publicações por ano, desde a primeira publicação até maio de 2016. Entre 1996 a 2001 houve um aumento de publicações no tema, mantendo uma média anual de 4 artigos. Em 2009 houve um aumento no número de publicações, tendo seu nível máximo no ano de 2013 com 8 publicações anuais, mantendo uma média de 5 publicações anuais nos anos de 2014 e 2015. Esse cenário demonstra que o tema mantém um constante número de publicações e ainda é uma área de interesse para novas publicações.

De posse do panorama da produção científica, foi efetuado o levantamento dos diversos autores que tiveram artigos publicados no período da pesquisa. O objetivo foi identificar os principais autores sobre o tema. A Figura 3 apresenta a lista de autores e a respectiva quantidade de artigos publicados, com a finalidade de identificar os autores mais produtivos que possivelmente deverão ser considerados na revisão da literatura de novos estudos sobre o tema.

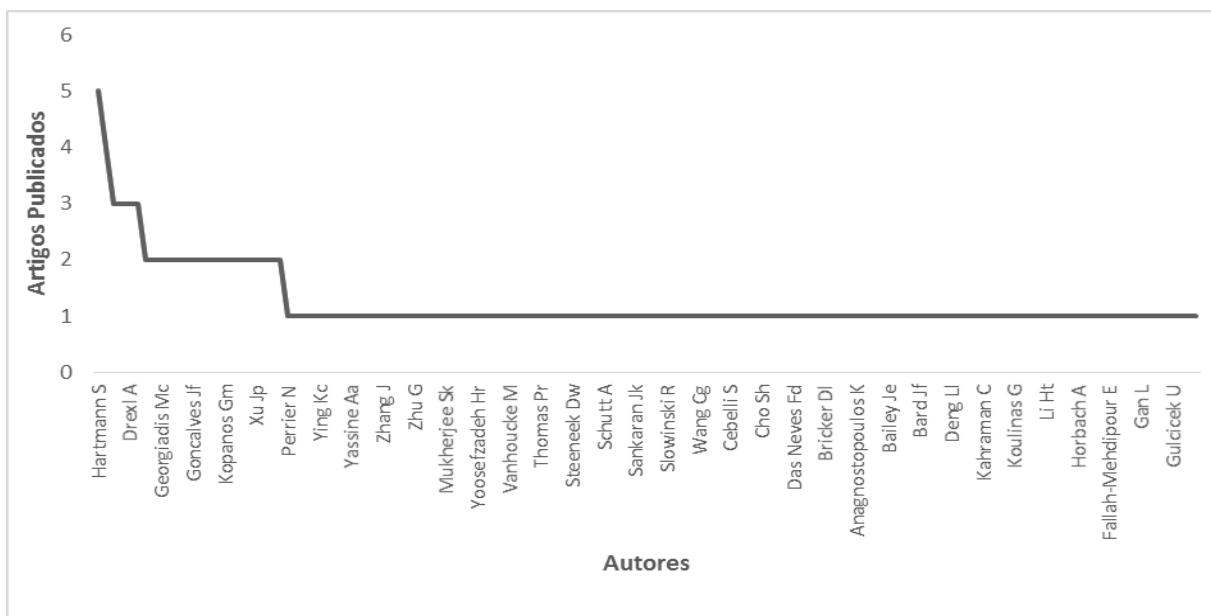


Figura 3. Quantidade de artigos científicos publicados por autor

Fonte: Dados de pesquisa – levantamento efetuado na base ISI - Web of Science.



No total foram encontrados 140 autores que tiveram artigos publicados sobre o tema da pesquisa entre a primeira publicação em 1990 até maio de 2016. A Tabela 1 apresenta a lista com os 10 autores que mais publicaram artigos sobre o tema no período da pesquisa.

Tabela 1. Autores com maior número de publicações

	Autor	Total de artigos Publicados
1	Hartmann S	5
2	Herroelen W	4
3	Kim JI	3
4	Patterson Jh	3
5	Drexl A	3
6	Klein R	3
7	Tormos P	2
8	Ellis Rd	2
9	Georgiadis Mc	2
10	Demeulemeester E	2

Fonte: Dados de pesquisa – levantamento efetuado na base *ISI - Web of Science*.

Com o objetivo apresentar uma visão mais generalista da relação entre o tema e a produção científica no período da pesquisa, a Figura 4 apresenta de forma consolidada a relação entre a quantidade de artigos publicados por autores.

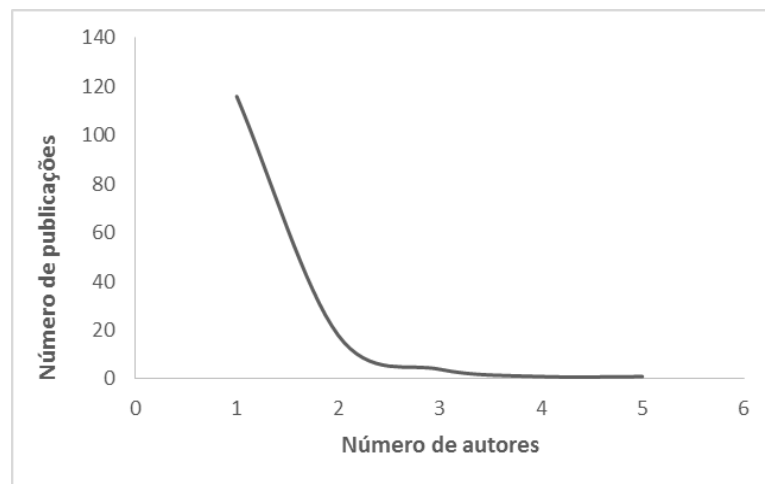


Figura 4. Quantidade de artigos científicos publicados consolidados por autores

Fonte: Dados de pesquisa – levantamento efetuado na base *ISI - Web of Science*.

Apresentado o panorama da produção científica e os principais autores e os países sobre publicações de artigos científicos sobre o tema, a Tabela 2 apresenta uma lista com os 10 principais periódicos com maior número de publicações.

Tabela 2 - Periódicos com maior número de publicações

	Revista	Total de artigos publicados
1	European Journal Of Operational Research	16
2	Journal Of The Operational Research Society	6
3	Annals Of Operations Research	4
4	International Journal Of Advanced Manufacturing Technology	4
5	Journal Of Management In Engineering	3
6	Computers & Operations Research	3
7	International Journal Of Project Management	2



8	Management Science	2
9	Journal Of Construction Engineering And Management-Asce	2
10	Journal Of Scheduling	2

Fonte: Dados de pesquisa – levantamento efetuado na base *ISI - Web of Science*

Na busca de detectar a relação da pesquisa com a teoria, foi identificado entre todos os artigos publicados os principais constructos utilizados, demonstrados na Figura 5. Com o resultado foi possível apontar a relevância dos constructos gerenciamento de projetos “Project Management” com 43 ocorrências e restrição de recursos “Resource-Constrained” com 11 ocorrências.

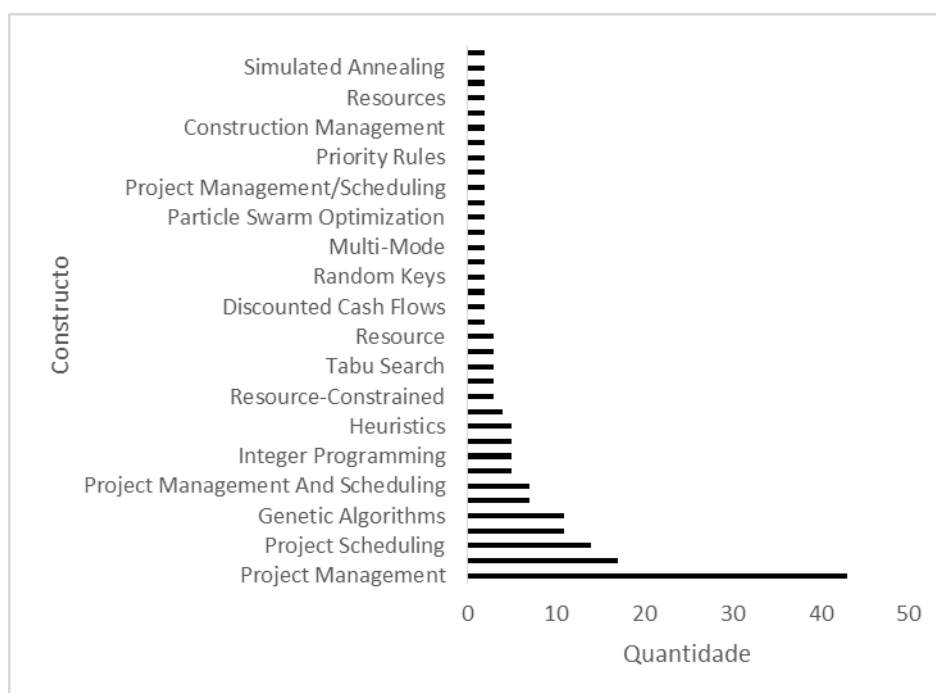


Figura 5. Quantidade de constructos utilizados sobre o tema

Fonte: Dados de pesquisa – levantamento efetuado na base *ISI - Web of Science*.

O uso de trabalhos clássicos pode ser considerado um fator relevante em uma pesquisa acadêmica. Nesse sentido, foram mapeados os trabalhos mais citados entre os pesquisadores sobre o tema pesquisado. Os trabalhos mais citados devem servir de base para a construção do referencial teórico da pesquisa. O resultado dos 10 trabalhos mais citados estão demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Trabalhos com maior número de citações

	Trabalho	Número de Citações
1	Brucker et al. (1999) - European journal of operational research	1.524
2	Blazewicz, Lenstra e Kan (1983) - Discrete Applied Mathematics	1.134
3	Pritsker, Waiters e Wolfe (1969) - Management Science	689
4	Demeulemeester e Herroelen (1992) - Management Science	666
5	Kolisch (1996) - European Journal of Operational Research	660
6	Kolisch, Sprecher e Drexl (1995) - Management science	648
7	Herroelen, De Reyck e Demeulemeester (1998) - Computers & Operations Research	560
8	Hartmann (1998) - Naval Research Logistics	548



- 9 Bouleimen e Lecocq (2003) - European Journal of Operational Research 534
10 Talbot (1982) - Management Science 474

Fonte: Dados de pesquisa – levantamento efetuado na base *ISI - Web of Science*.

Após identificar os trabalhos mais citados sobre o tema, os trabalhos foram lidos e analisados. Com a leitura, foram feitas sinopses dos 10 artigos mais citados, demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Sinopse dos 10 trabalhos mais citados

Trabalho	Citações	Sinopse
1 Brucker et al. (1999)	1.524	O trabalho aborda a lacuna existente em um cronograma no que tange ao processo de alocação de recursos em relação à programação de projetos. Os autores apresentam as restrições dessa lacuna, os estudos relevantes no tema e uma classificação dos recursos das empresas e as características das atividades em busca de uma programação de alocação eficaz.
2 Blazewicz, Lenstra e Kan (1983)	1.134	O artigo aponta uma extensão de possíveis problemas decorrentes do processo de programação de recursos por atividades. É sugerido o uso de recursos escassos adicionais durante a execução, além de um esquema de classificação para as limitações de recursos e da complexidade computacional envolvida para resolver tais problemas.
3 Pritsker, Waiters e Wolfe (1969)	689	Os autores apresentam três algoritmos matemáticos para as restrições causadas pelo agendamento de múltiplos projetos e, conseqüentemente o <i>Job Shop Problem</i> . As funções procuram reduzir o tempo total de processamento para todos os projetos de três formas possíveis: minimizar o tempo pelo qual todos os projetos são concluídos (<i>makespan</i>); minimizando o atraso total ou a pena de atraso para todos os projetos.
4 Demeulemeester e Herroelen (1992)	666	A solução apresentada pelos autores tem como objetivo minimizar a duração do projeto por meio de uma árvore de possíveis soluções. Para isso, a solução se baseia em uma rede de precedência de atividades e recursos disponíveis. Os resultados apontam que o algoritmo é cerca de 11 vezes mais rápido que os algoritmos clássicos. Os testes foram feitos computacionalmente por programação linear.
5 Kolisch (1996)	660	O artigo aborda a elaboração da programação de recursos por atividades levando em conta as restrições da rede de alocações, a disponibilidade de recursos e o nível do recurso. Os resultados apontam que os problemas pequenos (limitados até 10 recursos x 10 atividades) são facilmente resolvidos, enquanto os modelos maiores são considerados de alta complexidade de resolução dentro de um tempo considerável computacionalmente.



6	Kolisch, Sprecher e Drexl (1995)	648	<p>O trabalho apresenta os métodos de programação paralela e serial para o problema de programação de projetos com recursos limitados. A abordagem do trabalho é investigar as vantagens e desvantagens de se efetuar a programação de recursos de forma única ou em série. Não aborda as restrições de tempo, custo e a visão de múltiplas atividades por diversos projetos.</p> <p>Os autores apresentam um modelo sob o esquema de ramificações utilizando cálculos e regras de dominância. O trabalho investigou os problemas de complexidade básica e apontou os requisitos necessários para se abordar os demais níveis de criticidades do problema de alocação de recurso x atividade.</p>
7	Herroelen, De Reyck e Demeulemeester (1998)	560	<p>É apresentado um algoritmo genético em busca de resolver os problemas de programação de projetos com recursos limitados (RCPPSP) com o objetivo de minimizar o <i>makespan</i>. O algoritmo foi testado em um conjunto padrão de casos envolvendo o RCPSP e os resultados apontados indicam que o algoritmo genético proposto possui melhor desempenho que os algoritmos heurísticos.</p>
8	Hartmann (1998)	548	<p>O artigo descreve os novos algoritmos de recozimento simulado (SA) para o problema de recursos limitados cronograma do projeto (RCPPSP) e sua versão modo múltiplo (MRCPPSP), visando minimizar o <i>makespan</i>. A nova versão se baseia na procura de atividades, alternando o processo de exploração das atividades dependentes.</p>
9	Bouleimen e Lecocq (2003)	534	<p>O trabalho apresenta métodos para a solução do RCPSP, levando em consideração a avaliação do tempo, o <i>makespan</i>, o custo e as penalidades de atraso. Cada método possui uma duração distinta e deve ser levado em consideração na busca pela solução. O objetivo dos métodos propostos é minimizar o tempo de conclusão e o custo do projeto.</p>
10	Talbot (1982)	474	

Fonte: Dados de pesquisa – levantamento efetuado na base *ISI - Web of Science*.

Com o objetivo de manter a revisão da literatura atualizada, foram identificados os trabalhos mais recentes dos autores com maior número de citações. A lista dos trabalhos mais recentes e suas respectivas sinopses são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Sinopse dos trabalhos mais recentes publicados pelos autores mais relevantes

Autor	Trabalho	Sinopse
Hartmann, S	1 Hartmann (2001)	O autor discute a extensão das restrições causadas pelo RCPSP a partir da discussão que a solicitação de um recurso para uma determinada atividades pode mudar durante o tempo. O autor estabelece um novo modelo matemático heurístico baseado na seleção aleatória de atividades. O algoritmo é aplicado em um estudo de caso de um problema pequeno de alocações gerados pelo RCPSP.



Kim, JL	1	Kim, JL (2009)	O autor apresenta um algoritmo genético em busca do melhor uso dos recursos em atividades. O objetivo é centrado reduzir apenas a duração do projeto. O algoritmo pode ser utilizado por uso computacional e os resultados prévios indicam que pode ser utilizado para um projeto com um número grande de atividades e quantidade limitada de recursos.
	2	Kim, JL e Ellis, RD (2010)	O artigo efetua a validação do algoritmo proposto por Kim, JL e Ellis, RD (2009) e outro algoritmo genético com as mesmas características. Os resultados apontaram que algoritmos genéticos que tratam a alocação de forma paralela ao processamento possuem melhor desempenho.
Demeulemeester, E	1	Vanhoucke, M; Demeulemeester, E e Herroelen, W (2001)	Os autores procuram tratar o problema de agendamento de recursos limitados com o uso de fluxos de caixa descontados. O objetivo é programar as atividades sujeitas a um prazo fixo para maximizar o valor presente líquido, dada as restrições de precedência das atividades e de recursos. O algoritmo explora a ideia de que os fluxos de caixa positivos devem ser agendados o mais cedo possível, enquanto os fluxos de caixa negativos devem ser agendados o mais tarde possível dentro das restrições de precedências atividades. O algoritmo foi testado computacionalmente limitado a dois conjuntos de problemas de RCPSP.
Klein, R	1	Klein, R (2000) International Journal of Production Research	O autor apresenta um algoritmo que considera os tipos mais evoluídos de relações de precedência, bem como as disponibilidades de recursos variáveis no tempo, por exemplo, devido à manutenção ou férias. Para isso, o algoritmo é baseado em heurística, com base em regras de prioridade e de busca tabu.
	2	Klein, R (2000) European Journal of Operational Research	O trabalho estabelece a premissa que projetos, ao crescer em complexidade e tamanho, as tarefas de alocação recursos em atividades se tornam críticas. Assim, o trabalho considera a disponibilidades de recursos restritas levando em consideração os vários tipos de recursos. O objetivo é estabelecer que um projeto deve ser concluído o mais cedo possível por meio da realização de um conjunto de trabalhos relacionados por restrições de precedência.
Drexl, A	1	Salewski, F; Schirmer, A e Drexl, A (1999)	O trabalho apresenta um algoritmo que procurar resolver os problemas do RCPSP por meio da randomização dos recursos. Para isso, o algoritmo utiliza regras de prioridade estáticas e dinâmicas para tratamento dos recursos. O algoritmo tem como objetivo tratar as variáveis associadas a tempo e custo de conjunto de atividades.



	2	Drexler, A; Nissen, R; Patterson; JH e Salewski, F (2000)	O trabalho introduz várias extensões para o RCPSP. Uma das extensões é o uso da auditoria dos recursos a serem alocados. Por meio de um algoritmo genético, os resultados se apresentaram satisfatórios para pequenos problemas de RCPSP.
De Reyck, B	1	De Reyck, B e Herroelen, W (1998)	Os autores apresentam uma solução com relações de precedência generalizadas (RCPSP-GPR) com o objetivo de minimizar o <i>makespan</i> do projeto. A solução estabelece um tempo mínimo e máximo arbitrário que fica entre o início e conclusão das atividades. Para isso, apresenta um algoritmo do tipo <i>branch-and-bound</i> , onde uma árvore de recursos e atividades da rede original do projeto é estendida com relações de precedência extras para resolver uma série de conflitos de recursos. A solução apresentada no trabalho tem como objetivo minimizar a duração, em que as atividades (a) estão sujeitos a relações de precedência (b) requerem unidades de vários recursos limitados e (c) podem ser realizadas em qualquer atividade respeitando a relação de precedência.
	2	De Reyck, B e Herroelen, W (1999)	A solução apresentada no trabalho tem como objetivo minimizar a duração, em que as atividades (a) estão sujeitos a relações de precedência (b) requerem unidades de vários recursos limitados e (c) podem ser realizadas em qualquer atividade respeitando a relação de precedência.
Patterson, JH	1	Patterson, JH; Talbot FB; Slowinski, R e Weglarz, J (1990)	Os autores apresentam uma solução que busca resolver os problemas de minimização e duração das atividades e dos problemas de maximização de valor presente líquido em uma rede de atividades com recursos limitados. A solução apresentada é indicada para programação linear.
	2	Simpson, WP e Patterson, JH (1996)	O trabalho apresenta um procedimento com múltiplas soluções de árvores, pesquisadas simultaneamente na busca de uma agenda de duração mínima de alocação. A solução utiliza informações que podem ser processadas em paralelo, em busca de maior desempenho computacional.

Fonte: Dados de pesquisa – levantamento efetuado na base *ISI - Web of Science*.

5 Conclusões/Considerações finais

O objetivo deste artigo foi apresentar um cenário da produção acadêmica sobre o tema RCPSP por meio de um estudo bibliométrico, buscando as características da produção e a sua evolução. O sistema *ISI Web of Science* é considerado uma das maiores base de dados de literatura, abrangendo mais de 9.200 títulos, 50.000 livros acadêmicos, 12.000 periódicos e 160.000 procedimentos de conferências.

Os resultados do presente estudo favoreceram conhecimento de um cenário abrangente sobre a produção científica sobre o tema. Um aumento significativo da discussão do tema deu-se a partir de 2005 mas não de forma linear, pois apresenta períodos alternados de “picos” de produção até 2016 (Figura 2). Esse incremento gradual e permanente pode ser justificado pela necessidade permanente de buscar uma solução para minimizar os problemas causados pelo RCPSP.

Os 90 artigos extraídos da base de dados *ISI Web of Science* tiveram a colaboração de 140 autores. Em relação à quantidade, 1 autor produziu 5 artigos, 1 autor (4), 4 autores (3) e 18 autores (2) e 116 autores com 1 produção. Esse número mostra que as publicações são, via



de regra, produzidas individualmente, além de contribuir para indicar a facilidade em obter bibliografia atualizada e do panorama para potenciais publicações sobre o tema.

Identificar as revistas científicas com maior número de publicações sobre um determinado tema pode contribuir para orientar os pesquisadores no momento de divulgar seus trabalhos. O cenário científico sobre o tema pode ser representado pela quantidade de artigos publicados pelas revistas mais relevantes (Tabela 2). Foram identificados 32 periódicos, onde o periódico com maior volume possui 16 publicações, enquanto que o segundo periódico possui 6 publicações.

A identificação dos trabalhos mais citados permite identificar os trabalhos clássicos. Esses trabalhos contribui para apoio na análise e sustentação de novos trabalho no processo de revisão da literatura. Já a atualização da pesquisa e do posicionamento dos autores clássicos sobre RCPSP contribuem para que o levantamento bibliográfico se mantenha atualizado e ajude aos novos autores com um posicionamento para novas publicações sobre o tema.

Recomenda-se que estudos futuros possam detalhar tendências futuras sobre o tema, buscando outras bases de dados e periódicos. A utilização da base da *ISI Web of Science* e a extração de dados em periódicos independente do fator de impacto dos periódicos são fatores limitantes deste estudo.

6 Referências

Agarwal, A., Colak, S., & Erenguc, S. (2011). A neurogenetic approach for the resource-constrained project scheduling problem. *Computers & Operations Research*, 38(1), 44-50.

Araújo, C. A. (2006). Bibliometria: evolução história e questões atuais. *Em questão*, v.12, n. 1, p. 11-32.

Archer, N. P., & Ghasemzadeh, F. (1998). A decision support system for project portfolio selection. *International Journal of Technology Management*, 16(1-3), 105-114.

Arto, K. A., Martinsuo, M., & Aalto, T. (2001). *Project portfolio management: Strategic management through projects*. Project Management Association Finland.

Barcaui, A. B. (2012). *PMO-Escritórios de Projetos, Programas e Portfólio na prática*. Brasport.

Blazewicz, J., Lenstra, J. K., & Kan, A. R. (1983). Scheduling subject to resource constraints: classification and complexity. *Discrete Applied Mathematics*, 5(1), 11-24.

Brucker, P., Drexl, A., Möhring, R., Neumann, K., & Pesch, E. (1999). Resource-constrained project scheduling: Notation, classification, models, and methods. *European journal of operational research*, 112(1), 3-41.

Chang, C. K., Jiang, H. Y., Di, Y., Zhu, D., & Ge, Y. (2008). Time-line based model for software project scheduling with genetic algorithms. *Information and Software Technology*, 50(11), 1142-1154.

Cooper, R. G., Edgett, S. J., & Kleinschmidt, E. J. (2000). New problems, new solutions: making portfolio management more effective. *Research-Technology Management*, 43(2), 18-33.



Cooper, R. G. (2001). *Winning at New Products, Accelerating the Process from Idea to Launch*. Cambridge, Perseus Books.

Doersch, R. H., & Patterson, J. H. (1977). Scheduling a project to maximize its present value: a zero-one programming approach. *Management Science*, 23(8), 882-889.

Fairley, R. (1994). Risk management for software projects. *IEEE software*, 11(3), 57.

Glenwright, E. (2007). PMICoS 2007—ANNUAL CONFERENCE, 2007: a survey of the 30 most serious flaws in scheduling. *PMI College of Scheduling*.

Hartmann, S. (2013). Project scheduling with resource capacities and requests varying with time: a case study. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 25(1-2), 74-93.

Ichihara, J. A. (2012). O problema de programação de projetos com Restrição de recursos (resource-constrained Project scheduling problem). Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR14_0869.pdf>. Acesso em: 15 de agosto de 2016.

Kelley, J. E. (1963). The critical-path method: Resources planning and scheduling. *Industrial scheduling*, 13, 347-365.

Kendall, G. I., & Rollins, S. C. (2003). *Advanced project portfolio management and the PMO: multiplying ROI at warp speed*. J. Ross Publishing.

Kurtulus, I. S., & Narula, S. C. (1985). Multi-project scheduling: Analysis of project performance. *IIE transactions*, 17(1), 58-66.

Lageweg, B. J., Lenstra, J. K., & Rinnooy Kan, A. H. G. (1977). Job-shop scheduling by implicit enumeration. *Management Science*, 24(4), 441-450.

Laslo, Z. (2010). Project portfolio management: An integrated method for resource planning and scheduling to minimize planning/scheduling-dependent expenses. *International Journal of Project Management*, 28(6), 609-618.

Levine, H. A. (2007). *Project portfolio management: a practical guide to selecting projects, managing portfolios, and maximizing benefits*. John Wiley & Sons.

Martins, G. A.; & Theóphilo, C. R. (2007). *Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas*. São Paulo: Editora Atlas.

Mendes, J. M. (2003). *Sistema de apoio a decisão para planeamento de sistemas de produção do tipo projecto*. Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis (In Portuguese)).

Meskendahl, S., Jonas, D., Kock, A., & Gemünden, H. G. (2013). *A Boa Gestão de Portfólios de Projetos Compensa-Um Estudo Empírico* (No. 76150). Darmstadt Technical University, Department of Business Administration, Economics and Law, Institute for Business Studies (BWL).

Mohanty, R. U., & Siddiq, M. K. (1989). Multiple projects-multiple resources-constrained scheduling: some studies. *The International Journal of Production Research*, 27(2), 261-280.



- Nowicki, E., & Smutnicki, C. (1996). A fast taboo search algorithm for the job shop problem. *Management science*, 42(6), 797-813.
- Plekhanova, V. (1999, October). Capability and compatibility measurement in software process improvement. In *2nd European Software Measurement Conference-FESMA* (Vol. 99, pp. 4-8).
- PMBok, A. (2013). Guide to the project Management body of knowledge. *Project Management Institute, Pennsylvania USA*.
- PMI. Project Management Institute. (2011). Practice Standard for Scheduling. PMI Publications. Disponível em: <<http://www.rdbc-international.org/uploads/soft/121022/1-121022213647.pdf>>. Acesso em: 20 de março de 2016.
- Prado, D., & Archibald, R. (2006). Pesquisa sobre maturidade em gerenciamento de projetos. Relatório anual-2005. Disponível em < http://www.maturityresearch.com/RelatorioCompleto_Pesquisa_Maturidade_2005_, 2. Acesso em: 2 de agosto de 2016.
- Santos, P. M. L. (2007) Paul Otlet: um pioneiro da organização das redes mundiais de tratamento e difusão da informação registrada. *Ciência da Informação*, v.36, n.2, p.54-63.
- Schutt, A., Feydy, T., Stuckey, P. J., & Wallace, M. G. (2013). Solving RCPSP/max by lazy clause generation. *Journal of Scheduling*, 16(3), 273-289.
- Schwaber, K. (2002). *Agile Software Development with SCRUM*. Prentice Hall, 1ª edição.
- Standish Group. (2014). The Chaos Report. Disponível em: <<https://www.projectsmart.co.uk/white-papers/chaos-report.pdf>>. Acesso em: 10 de março de 2016.
- Ulusoy, G., & Özdamar, L. (1989). Heuristic performance and network/resource characteristics in resource-constrained project scheduling. *Journal of the Operational Research Society*, 40(12), 1145-1152.
- Vanti, N. A. P. (2002) Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. *Ciência da Informação*, v.31, n.2, p.152-162.
- Vergara, S. C. (2013). *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. Atlas, São Paulo.
- Wiest, J. D. (1966). Heuristic programs for decision making. *Harvard business review*, 44(5), 129-143.