



## **PÓS-ANÁLISE DO ÍNDICE H E COMPARAÇÃO COM MÉTODOS ORDINAIS MULTICRITÉRIO**

Deivison da Silveira Pereira<sup>a\*</sup>, Eduardo Fagundes Costa<sup>a</sup>,  
Mariana Gonçalves de Carvalho Wolff<sup>a</sup>, Rafael Santos Tavares<sup>a</sup>,  
João Carlos Correia Baptista Soares de Mello<sup>a</sup>

*<sup>a</sup>Universidade Federal Fluminense – UFF, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

### **Resumo**

O índice-h é um indicador bibliométrico amplamente utilizado para a avaliação de pesquisadores. Entretanto, tem recebido críticas devido às inconsistências do modelo utilizado. Algumas variações desse indicador, apesar de aumentarem a acuracidade e apresentarem maiores detalhamentos, não eliminam totalmente as carências do modelo original. O objetivo deste artigo é apresentar o princípio da dominância e a análise lexicográfica como uma forma de pós-análise de um conjunto de alternativas aplicadas a um ranking gerado pelo índice-h. Adicionalmente, foi aplicado o método multicritério de Copeland para realizar uma comparação integrada deste índice com outros critérios. Para isso, utilizamos os dados dos pesquisadores do Departamento de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense. Os resultados indicaram que o índice-h, por si só, não define uma avaliação ampla das alternativas e a aplicação do princípio da dominância permite, em alguns casos, uma discriminação entre aquelas que possuem o mesmo índice.

**Palavras-chave:** índice-h, variações do índice-h, multicritério.

### **Abstract**

The h-index is a widely used bibliometric indicator for assessing individual scientists. However, it has received criticisms regarding inconsistencies in the model. Some variants of this indicator, despite better detailing increases in accuracy, do not completely eliminate the deficiencies of the original model. The aim of this article is presents the principle of dominance and the lexicographical analysis as a form of post-analysis of a set of alternatives, applied to a ranking generated by the h-index. Additionally, the Copeland method was applied to integrate this index with other criteria. For that, it was used the data from the researches of the Program of Postgraduate in Production Engineering of the Fluminense Federal University. The results show that the h-index, by itself, does not define a wide assessment of the alternatives and the principle of dominance's application allows, in some cases, a discrimination among those that have the same index.

**Keywords:** h-index, h-type indices, multicriteria.

# PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

## 1. Introdução

A Sociedade Acadêmica se interessa em *rankings* que avaliam o impacto e a relevância da produção científica individual dos pesquisadores. Segundo Hirsch (2005), a importância do trabalho de um pesquisador que ganhou um prêmio Nobel, por exemplo, é inquestionável, mas quando se analisa a comunidade científica de uma maneira geral, a quantificação e a medida do impacto de suas pesquisas se torna uma questão mais complexa. Em um mundo de recursos limitados, essa quantificação pode ser utilizada para o propósito de avaliação e comparação como, por exemplo, verificar os avanços individuais e realizar o recrutamento de pesquisadores para determinadas atividades.

Até a criação do índice-h por Hirsch, a avaliação da produção científica de um pesquisador era realizada baseando-se em um único critério como: número total de artigos, número total de citações, citações por artigo, número de artigos significantes acima de um número  $y$  de citações ou o número de citações para cada um dos  $q$  artigos mais citados. Estes critérios, apesar de medirem determinados parâmetros, têm algumas desvantagens porque não medem a importância ou o impacto do artigo, penalizam a alta produtividade e recompensam a baixa produtividade, além do que, em alguns casos, se utilizam de parâmetros arbitrários (Hirsch, 2005). O índice-h apresenta uma maneira de mensurar o impacto do trabalho individual dos pesquisadores, evitando as desvantagens dos critérios listados acima.

O artigo propõe um refinamento dos resultados apresentados pelo índice-h utilizando métodos ordinais de multicritério. Desta forma, o princípio de dominância e o método lexicográfico foram utilizados para realizar uma pós-análise dos resultados apresentados pelo índice-h, permitindo aumentar a discriminação e eliminar possíveis empates. O método de Copeland também foi aplicado ao estudo de caso para que pudesse ser feita uma posterior comparação com o índice-h. Para que essas análises fossem feitas, foi utilizado o corpo de docentes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense (UFF) como estudo de caso. Após esta comparação são avaliados os pesquisadores empatados neste índice através da dominância e da análise lexicográfica, com base em três critérios: número de artigos publicados, número total de citações destes artigos e número de citações do artigo de maior relevância. Os dados foram obtidos através da base Scopus na data de 22 de setembro de 2014.

Na seção 2 o estudo apresenta o referencial teórico a respeito do índice-h e algumas

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

de suas variações e extensões, conceito de dominância, análise lexicográfica e método de Copeland. Na seção 3 é feita uma explanação de como as metodologias apresentadas podem ser complementares quando aplicadas à análise individual do desempenho de pesquisadores. Na seção 4 são discutidos os resultados apresentados e, finalmente, na seção 6, o artigo destaca algumas conclusões e sugere estudos futuros sobre o assunto em questão.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1 Índice-h

Criado com a finalidade de avaliar o desempenho de pesquisadores, o índice-h ou índice de Hirsch foi desenvolvido em 2005, pelo físico argentino Jorge Eduardo Hirsch, professor da Universidade da Califórnia.

Através do artigo seminal, Hirsch (2005) explica que o índice-h é definido como o número de *papers* com número de citações  $\geq h$  e acrescenta que pode servir para caracterizar a produção científica de um pesquisador, por ser um índice facilmente computável, que fornece uma estimativa da importância, relevância e o amplo impacto das contribuições cumulativas da pesquisa de um cientista.

Outros pesquisadores apresentam definições mais elaboradas para descrever a forma na qual o índice-h é estabelecido. Egghe e Rousseau (2006), por exemplo, propõem que um cientista, um autor ou um co-autor de  $T$  artigos possui um índice-h igual a  $h$ , se  $h$  de seus artigos publicados tem ao menos  $h$  citações cada, e os demais  $T - h$  artigos tem não mais que  $h$  citações.

Desenvolvido a partir da necessidade de alternativas para avaliar o desempenho da pesquisa, o índice-h tem se destacado no meio científico e, paralelamente, recebido críticas devido às inconsistências no modelo utilizado para formar rankings de pesquisadores, grupos de pesquisa e outros níveis de agregação.

Para ilustrar o grande volume de *papers* que abordam o índice-h desde o seu surgimento em 2005, verificou-se que somente na base Scopus, estão vinculados mais de 270 textos científicos que apresentam no seu escopo temas relacionados ao referido índice. Muitos desses documentos estão vinculados às revistas científicas que tratam de estudos métricos da informação, como a bibliometria, a cientometria e a infometria.

Dentre esses estudos, podem ser destacadas algumas pesquisas que abordam o índice-h e possuem grande relevância para comunidade científica. Por exemplo, Van Raan

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

(2006) propôs a análise da correlação existente entre o índice e diversos indicadores bibliométricos padrões e ainda com resultados obtidos através do método de julgamento conhecido como revisão por pares. Para tanto, o autor utilizou uma amostra de 147 grupos de pesquisas de química em universidades holandesas. Outro importante trabalho foi desenvolvido por Bornmann e Daniel (2005), onde os autores, além de discutirem as vantagens e desvantagens do índice-h, propõem soluções para os problemas apresentados e alternativas a estes.

Quanto às inconsistências apresentadas pelo índice, Waltman e Van Eck (2012) destacam que ao agregar publicações e citações em um único número, algumas inconsistências podem ser identificadas no modo em que os cientistas sob avaliação são classificados. Ainda nesse artigo, os autores citam três exemplos em que algumas propriedades são violadas pelo índice-h, incluindo-se quando há melhoria no desempenho relativo dos pesquisadores, quando há melhoria no desempenho absoluto e no caso da classificação em diferentes níveis de agregação.

Em contrapartida, Vanclay (2007) destaca a robustez do índice proposto por Hirsch e a facilidade de utilização do mesmo, salientando as suas vantagens em comparação a outras métricas, tais como o fator de impacto atribuído às revistas científicas.

Alguns autores ainda destacam a capacidade preditiva do índice-h. Schreiber (2013) lembra que Hirsch (2007) identificou uma correlação entre os valores do índice depois de 12 anos e 24 anos de carreira dos investigadores, destacando que o índice de Hirsch, em comparação aos outros indicadores mencionados no estudo, tem a capacidade de prever o futuro da produção científica com maior precisão.

### **2.2. Outros indicadores equivalentes**

Segundo Bornmann *et al.* (2010) o índice-h sozinho tem baixa acuracidade e necessita de maiores detalhamentos para que se torne mais eficaz. Outras desvantagens do método são encontradas na literatura como, por exemplo, a inconsistência apresentada ao trabalhar com grupos de pesquisas ou em unidades que sejam diferentes de pesquisadores individuais (Waltman e Van Eck, 2012), a influência das auto-citações na formação do índice (Ferrara e Romero, 2013), ou ainda a insensibilidade quanto às publicações altamente citadas (Egghe 2006).

Rubem *et al.* (2014) lembram que o surgimento do índice-h em 2005 impactou

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

significativamente a pesquisa bibliométrica e, após a publicação do artigo seminal, muitos pesquisadores se dedicaram a desenvolver variações, extensões e generalizações do índice de Hirsch. Como o objetivo do trabalho não está focado na análise dessas variantes, o presente artigo limitou-se a mostrar algumas dessas alternativas e comentar suas respectivas definições.

Quadro 1 – Variações e extensões do índice-h

<b>Variação</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Conceitos</b>
<b>g-index</b>	Egghe (2006)	Nesse índice, g é a maior classificação possível, onde os artigos são dispostos em ordem decrescente de citações recebidas, de forma que os primeiros g papers possuam em conjunto, ao menos, $g^2$ citações.
<b>h(2)-index</b>	Kosmulski (2006)	O h (2) de um pesquisador é o maior número natural, de maneira os seus h (2) trabalhos mais citados receberam, pelo menos $[H(2)]^2$ citações cada.
<b>A-index</b>	Jin (2006)	O índice A é definido como o número médio de citações recebidas pelas publicações incluídas no núcleo-h.
<b>AR-index</b>	Jin (2007)	Define-se o índice AR como a raiz quadrada da soma do número médio de citações por ano dos artigos que estão inseridos no núcleo-h.
<b>R-index</b>	Jin <i>et al.</i> (2007)	Este índice considera apenas os artigos inseridos no chamado núcleo-h. É obtido através do cálculo da raiz quadrada do total de citações recebidas por esses <i>papers</i> .
<b>m-index</b>	Bornmann <i>et al.</i> (2008)	O número médio de citações recebidas pelas publicações inseridas no núcleo-h (ou seja, artigos com classificação igual ou menor que h)
<b>hg-index</b>	Alonso <i>et al.</i> (2010)	O índice hg é obtido através da média geométrica dos índices-h e -g de um pesquisador.
<b>q<sup>2</sup> index</b>	Cabrerizo <i>et al.</i> (2010)	O índice q <sup>2</sup> de um pesquisador é obtido através do cálculo da média geométrica dos seus índices-h-e -m.

### 2.3 Métodos Multicritério

Tendo em vista a baixa acuracidade do índice-h quando analisado isoladamente, citada no item 2.2, este artigo propõe melhorar a discriminação dos resultados aplicando métodos ordinais multicritério, pois como visto por Franceschini (2010) o índice-h é dado em escala ordinal. Inicialmente é feita uma pós-análise dos resultados e aplicado o princípio da dominância e a análise lexicográfica aos resultados, de maneira que ocorra uma discriminação entre os pesquisadores que ficaram empatados no índice-h. Posteriormente o método de Copeland foi aplicado ao mesmo grupo de pesquisadores, utilizando os mesmos critérios, para

**PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO**  
que fosse feita uma análise e comparação posterior com o índice-h.

### 2.3.1 Método da dominância

O método multicritério da dominância prevê que, nas comparações feitas sobre pares de alternativas, busca-se verificar as que são dominadas. Segundo Dias *et al.* (1997) essa é uma forma de pré-análise do conjunto para eliminar alternativas, pois as alternativas dominadas não podem ser consideradas as melhores. Sendo assim, este método proporciona uma seleção inicial da melhor alternativa seguindo a problemática de  $P\alpha$  (escolha).

Segundo Barba-Romero e Pomerol (1997), uma alternativa domina outra se for melhor ou igual em todos os critérios e estritamente melhor em pelo menos um critério.

Desta forma, dadas as alternativas A e B, os critérios  $C_i$  e os valores  $V_i$  ou  $V_j$  (onde  $i$  e  $j = 1, 2, \dots, n$ ). Considerando que para  $C_1$  existe  $V_1(A)$  e  $V_1(B)$ ,  $C_2$  existe  $V_2(A)$  e  $V_2(B)$ , ...,  $C_n$  existe  $V_n(A)$  e  $V_n(B)$ , diz-se que A dominada B (ou  $A D B$ ), se:

$$\forall i: V_i(A) \geq V_i(B) \text{ e } \exists j: V_j(A) > V_j(B)$$

No entanto, segundo Barba-Romero e Pomerol (1997), as alternativas não dominadas ou eficientes, conhecidas como ótimos de Pareto, são aquelas que não apresentam uma alternativa que seja melhor ou igual em todos os critérios e estritamente melhor em pelo menos um deles. Nestes casos, para melhorar em algum critério será preciso prejudicar outra alternativa, tornando-a menos eficiente.

### 2.3.2 Método lexicográfico

O método lexicográfico (Barba-Romero e Pomerol, 1997) tem como objetivo propor um ranqueamento das variáveis de acordo com a ordem de importância de cada critério, julgada pelo decisor. Silva *et al.* (2015) explicam que nesse método apenas a ordem do desempenho das alternativas e a importância dos critérios são levados em consideração. Trata-se de um método multicritério simples, que conforme Lins *et al.* (2003) é utilizado para a construção do ranking de países nos Jogos Olímpicos, onde cada nação é avaliada de acordo com o número de medalhas de ouro recebidas. Caso existam empates, o número de medalhas de prata irá ser levado em consideração, e persistindo o empate o número de medalhas de bronze será o critério a ser considerado. Dessa forma Barba-Romero e Pomerol (1997) salientam que os critérios menos importantes só serão considerados na medida em que haja empate nos critérios mais relevantes.

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

### 2.3.3 Método de Copeland

O método de Copeland (Barba-Romero e Pomerol, 1997) tem por objetivo avaliar como cada alternativa é preferível em relação às demais, através de uma matriz de preferências. Ao compará-las, os resultados possíveis são: -1, 0 e 1, onde o primeiro significa que a alternativa em questão perde para sua concorrente, 0 significa empate e 1 ganho. O somatório de cada alternativa permite ranqueá-la, sendo preferível a alternativa com maior pontuação. Soares de Mello *et al.* (2005) utilizam o método para classificar os pilotos de Fórmula 1 no campeonato de 2002. A classificação oficial apresenta-se um pouco distinta desta porque na primeira apenas os seis primeiros pilotos pontuam enquanto para Copeland todos os resultados são levados em conta.

### 3. Método

O artigo analisa o quadro de docentes do Departamento de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense (UFF), composto por vinte professores e pesquisadores, quanto à produção acadêmica de cada um na base Scopus, na data de 22 de setembro de 2014. Estudo anterior de Silva *et al.* (2014) utilizaram índice-h para avaliar 3 docentes deste Departamento da UFF, onde verificou-se a contribuição de cada um, avaliando as publicações e as tendências ou não de evolução no índice-h. O presente estudo utiliza quatro metodologias: índice-h, dominância de um pesquisador em relação aos demais, lexicográfico e Copeland.

Para a dominância os critérios selecionados são: número acumulado de citações do autor, quantidade de artigos publicados e número de citações que tem o artigo principal. O número acumulado de citações propicia uma real noção de grandeza da contribuição do pesquisador para a academia. A quantidade de artigos publicados traduz o esforço do autor em estar sempre pesquisando e propondo novas ideias e o número de citações que tem no principal artigo (artigo *core*) traduz o quanto o autor é formador de opinião, ou seja, o quanto sua área de pesquisa dá créditos ao seu trabalho. Esses três critérios foram selecionados para detalharem melhor o índice-h, que é baseado no número de *papers* do autor e no número de citações deste. No caso do método multicritério lexicográfico como uma alternativa para o desempate dos pesquisadores será considerado primeiramente o índice-h como o critério de maior relevância e posteriormente o número de citações recebidas pelo artigo principal do

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

pesquisador.

O método Copeland será utilizado também a partir do número acumulado de citações do autor, quantidade de artigos publicados e número de citações que tem o artigo principal, sem considerar o índice-h como critério para respeitar o axioma de Arrow da independência das alternativas (Roy & Boyssou, 1993). Assim, os resultados obtidos através deste método serão importantes para comparar o *ranking* dos pesquisadores, uma vez que a análise é feita par a par.

O refinamento feito através dos métodos apresentados neste artigo será importante para os casos em que se precisa escolher apenas um pesquisador e, para isto, são considerados critérios adicionais. Situações corriqueiras para a escolha de um pesquisador envolvem recebimento de bolsa-auxílio de pesquisa, premiação de um pesquisador em determinado departamento, dentre outras.

### 3.1. Estudo de Caso

A partir da coleta de dados, a Tabela 1 a seguir apresentará os pesquisadores ordenados através do índice-h da base Scopus. Apenas um professor não foi encontrado por não ter nenhum artigo publicado na base, o que o eliminará da análise. Dessa forma, o total será reduzido para dezenove.

É possível observar diversos casos de empate entre os pesquisadores, já que se trata de um índice único. Dois encontram-se empatados com índice 8, três com índice 3, seis com índice 2, três com índice 1 e três com índice 0. Dos dezenove, apenas dois pesquisadores não apresentam empate: A (índice 10) e D (índice 7).

Tabela 1 – Ranking dos pesquisadores através do índice-h

<b>Pesquisador</b>	<b>Ranking</b>	<b>Índice-h</b>
A	1	10
B	2	8
C	2	8
D	3	7
E	4	3
F	4	3
G	4	3
H	5	2
I	5	2
J	5	2

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

K	5	2
L	5	2
M	5	2
N	6	1
O	6	1
P	6	1
Q	7	0
R	7	0
S	7	0

Tendo como exemplo o autor M, o Gráfico 1 da base Scopus apresenta a relação do número de citação com os artigos publicados.

### This author's h Index is 2

The h Index is based upon the number of documents and number of citations.

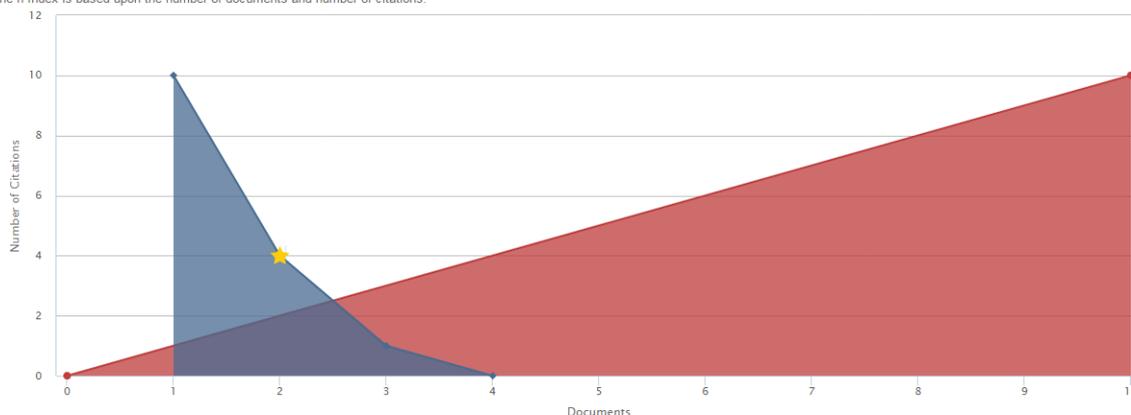


Gráfico 1 – Número de citações x artigos do autor M

**Fonte:** Base científica Scopus

Para os casos de pesquisadores empatados será analisado, segundo os métodos multicritério de dominância e lexicográfico, o possível desempate destes. Para isto serão considerados três critérios: número acumulado de citações do autor, quantidade de artigos publicados e número de citações que tem o artigo principal.

A Tabela 2 apresenta de forma global os valores dos três critérios de cada pesquisador.

Tabela 2 – Critérios dos pesquisadores

Pesquisadores	Nº Acumulado de Citações	Quantidade de artigos publicados	Nº de citações do artigo principal	Índice h
A	399	46	115	10
//B	299	55	76	8

### PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

C	260	35	77	8
D	104	27	14	7
E	37	8	28	3
F	32	6	21	3
G	60	19	51	3
H	15	2	12	2
I	9	13	4	2
J	19	20	13	2
K	54	6	45	2
L	8	19	4	2
M	15	4	10	2
N	6	6	4	1
O	8	2	8	1
P	1	1	1	1
Q	0	4	0	0
R	0	1	0	0
S	0	2	0	0

Ao analisar os pesquisadores, para que um seja dominante em relação ao outro, deve-se apresentar índice maior ou igual em todos os critérios, sendo que, em pelo menos um, ser superior. Para modificar a relação de dependência encontrada, novos critérios devem ser analisados.

Os dois pesquisadores empatados com índice 8 são B e C. Neste caso não se pode dizer que, dentro deste subgrupo de índice 8, um domina o outro, já que B é superior em 2 critérios e C é superior em 1 critério. Porém, através da Tabela 2, pode-se afirmar que B tem 39 citações a mais que C (15%) e 20 artigos publicados a mais (57%).

Analisando os três pesquisadores com índice 3 (E, F e G), há dominância, dentro deste subgrupo, de G sobre os demais, uma vez que seus três critérios são maiores que os demais. Em segundo lugar há dominância de E em relação a F, que se encontra em terceiro lugar nesta ordenação.

Para os seis pesquisadores com índice-h igual a 2 (H, I, J, K, L e M), o pesquisador J só não domina K porque dois dos seus critérios são inferiores. Porém, domina todos os demais. K, por sua vez, domina apenas H por ter os três critérios superiores. Em relação aos demais pesquisadores, seu critério de quantidade de artigos publicados é baixo, reduzindo sua dominância. H, I, L e M não dominam nenhum pesquisador porque sempre apresentam pelo menos um de seus critérios inferior.

Os três pesquisadores com índice 1 (N, O e P) apresentam a seguinte dominância

### PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

neste subgrupo: N e O dominam P. Este último, por sua vez, não exerce dominância sobre os demais, bem como N e O não exercem dominância um sobre o outro, já que sempre há um dos critérios com valor inferior. É válido notar que o pesquisador N possui 6 artigos publicados e 6 citações totais, enquanto O, dos seus únicos 2 artigos publicados, 1 conta com um total de 8 citações.

Por fim, os três pesquisadores com índice-h igual a 0 (Q, R e S) tem apenas um critério válido para dominância, o número de artigos publicados na base Scopus, uma vez que os demais itens estão zerados. Diante desta situação, pode-se afirmar que neste subgrupo, Q domina R e S e S domina R.

A ordenação dos pesquisadores, considerando o método lexicográfico, pode ser vista na Tabela 03, na qual os autores, no papel de decisores (Soares de Mello *et al.* 2008), definiram como critérios mais relevantes o índice-h de cada professor lotado no departamento e o número de citações recebidas pelo artigo principal, respectivamente. Pode ser percebido que o referido método foi capaz de eliminar todos os empates de pesquisadores, exceto no caso dos pesquisadores que possuem índice-h igual a 0.

Tabela 3 – Ordenação pelo método lexicográfico

Ordem	Pesquisadores	Índice h	Nº de citações do artigo principal
1º	A	10	115
2º	C	8	77
3º	B	8	76
4º	D	7	14
5º	G	3	51
6º	E	3	28
7º	F	3	21
8º	K	2	45
9º	J	2	13
10º	H	2	12
11º	M	2	10
12º	I	2	4
13º	L	2	4
14º	O	1	8
15º	N	1	4
16º	P	1	1
17º	Q	0	0
17º	R	0	0
17º	S	0	0

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Outra metodologia utilizada para comparação dos dados é a ordenação através do método de Copeland, que utiliza os mesmos critérios apresentados na tabela 2, exceto o índice-h. A ordenação apresentada pelo método de Copeland é descrita na Tabela 4. Ocorre empate apenas na 10ª posição, dos pesquisadores H e M. Os demais pesquisadores não empatam, cada um ocupa uma posição.

Tabela 4 – Ordenação pelo método Copeland

Ordem	Pesquisadores
1º	A
2º	B
3º	C
4º	D
5º	G
6º	K
7º	E
8º	F
9º	J
10º	H
10º	M
11º	I
12º	L
13º	O
14º	N
15º	P
16º	Q
17º	S
18º	R

#### 4. Resultados e Discussões

As análises do estudo apresentam que o índice-h, por si só, não define uma avaliação ampla das alternativas. Em casos de empate do índice, uma análise mais profunda através do método multicritério de dominância mostra que uma alternativa domina outra, ou seja, existe alguma outra melhor em pelo menos um critério.

A análise de dominância é caracterizada como um método elementar de pré-análise, onde as alternativas dominadas são excluídas para um refinamento por outro método, como

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

mencionado por Dias *et al* (1997). No entanto, neste artigo a dominância foi utilizada em uma pós análise para explorar possíveis desempates no ordenamento feito através do índice-h.

Quando não há alternativas dominadas, Barba-Romero e Pomerol (1997) chamam de ótimos de Pareto, onde nada pode-se concluir sobre elas, como no exemplo dos pesquisadores com índice-h 8 e 1, onde as alternativas não dominam e não são dominadas em relação ao seu subgrupo. Nestes casos, não é possível eliminar os empates decorrentes do ordenamento do índice-h dos pesquisadores.

A partir da análise de outros critérios verifica-se que alguns autores têm relevância ou exposição pontual em um artigo, como é o caso do pesquisador K que apresenta um número elevado de citações em seu artigo principal. No entanto este pesquisador tem poucos artigos publicados na base Scopus, o que não o consolida como fortemente dominante em relação aos demais, apenas em relação ao pesquisador H, considerando o mesmo índice-h.

Alguns pesquisadores podem ser considerados formadores de opinião, quando seu artigo principal, por exemplo, apresenta um número considerável de citações. Mesmo nestes casos, este pode apresentar um índice-h baixo, visto que no geral os artigos não apresentam alta exposição, ou então tem poucos artigos publicados, como também no caso de K (índice-h igual a 2) em que o número de citações do artigo principal ultrapassa o de D (índice-h 7). Outro exemplo é o pesquisador G que apresentou índice-h igual a 3, sendo que 85% do total de citações foram no artigo principal, no entanto este apresenta 19 artigos publicados, apresentando-se, assim, como um pesquisador com um trabalho relevante, mas a produção total em geral não é tão explorada.

Para os pesquisadores E, G, H e K, o artigo principal foi responsável pelo total de citação de cada um por, respectivamente, 76%, 85%, 80% e 83%. Com isso, verifica-se que um alto percentual de citações do artigo principal em relação ao total de citação do pesquisador demonstra que cada um teve um trabalho importante na carreira, repercutido pela quantidade de citações, mas não conseguiram demonstrar este desempenho nas demais publicações.

Pesquisadores que apresentam índice-h zero ou muito baixo não podem ser considerados iniciantes, visto que a análise de dominância e o índice-h não avaliam critérios como o tempo de pesquisa dedicado à Universidade, apenas publicações na base Scopus.

Com a adoção do método lexicográfico os pesquisadores com índice-h diferente de zero foram ordenados sem a ocorrência de empates, de acordo com a ordem de importância dos critérios: índice-h e número de citações do artigo principal dos pesquisadores. Dessa

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

forma foi possível perceber que o pesquisador C levou vantagem em relação ao pesquisador B, ambos com índice-h 8. No caso dos pesquisadores com índice-h 3, o pesquisador G ficou melhor classificado em relação aos pesquisadores E e F, com vantagem do pesquisador E sobre o F. Quanto aos pesquisadores com índice-h 2 o ranqueamento estabelecido pelo método foi: K, J, H, M, I e L. Os pesquisadores com índice-h 1 foram ordenados da seguinte forma: O, N e P. Com os dois critérios considerados no método lexicográfico, os pesquisadores com índice-h igual a 0 permaneceram empatados.

Segundo o método de Copeland a ordenação dos pesquisadores é diferente do lexicográfico. Onze pesquisadores encontram-se na mesma ordenação e oito em posições diferentes. Neste método foi possível realizar classificação para os pesquisadores iguais a 0 e apresentou empate apenas no caso dos pesquisadores H e M. No caso dos pesquisadores com índice-h 8, o B ficou na frente do C pois o mesmo apresenta um maior número publicações e o artigo principal é 15% mais citado.

Além disso, neste modelo o pesquisador K, que tem índice-h 2, ficou melhor classificado que E e F, que têm índice 3. Isso ocorre porque o primeiro apresenta quantidade de artigos publicados e número de citações do artigo principal maiores do que os dois seguintes. Uma segunda análise mostra que F ficou pior do que G, já que, apesar do índice-h ser o mesmo, F tem os três critérios superiores aos de G. Os três últimos pesquisadores (Q, R e S) não estão empatados, como no lexicográfico, já que a quantidade de artigos publicados possibilita uma ordenação destes.

Estas análises alimentam questionamentos importantes em relação à ampla utilização do índice-h pela comunidade acadêmica, como feito também por Bornmann *et al.* (2010). Sua limitação em comparar autores em um mesmo nível é perceptível com a análise complementar da dominância, onde se verificou que nos casos de empate poderia ser feito uma classificação adicional, ou pelo método de Copeland em que o pesquisador com índice-h menor se destacou na ordenação final. O lexicográfico apresentou uma ordenação dos pesquisadores e dado o critério utilizado conseguiu realizar os desempates.

## 5. Conclusão

O artigo propõe uma integração do índice-h, amplamente utilizado na bibliometria para avaliar pesquisadores, com métodos multicritérios, a fim de refinar os *rankings* obtidos pelo primeiro. Dessa forma é possível notar que a integração do índice amplia o horizonte

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

para a avaliação dos autores, visto que, por exemplo, o índice-h tem limitações com relação à dominância de alternativas.

Enquanto a dominância trabalha apenas como uma pré-análise das alternativas e não gera uma ordenação, e sim a verificação ou exclusão de alternativas dominadas, o método lexicográfico proporciona uma ordenação complementando o índice-h. No caso da dominância o importante é encontrar os ótimos de Pareto porque possibilitam análises com um número menor de alternativas e desta forma integrando com índice-h busca resolver os desempates.

Com o método de Copeland complementando a análise deste estudo verificamos uma quantidade menor de empates e até mesmo uma ordem diferente comparada com a ordenação obtida pelo índice-h. Dado a ampla utilização do índice-h para comparar pesquisadores, o presente estudo torna-se importante por acrescentar métodos multicritério para complementar a avaliação em comparação com o índice-h isoladamente.

Outro critério que pode ser abordado em estudos futuros é o tempo de pesquisa dedicado ao Departamento, visto que sem uma análise temporal não é possível comparar a produtividade de um pesquisador iniciante com outro mais experiente.

Outra sugestão para enriquecer o estudo é comparar os pesquisadores em questão com outros que atuem nos programas de pós-graduação de outras universidades públicas, uma vez que os programas e pesquisadores têm os mesmos objetivos quanto à pesquisa e publicação de trabalhos. É importante que a comparação se dê em relação aos mesmos programas, uma vez que há grande diferença quanto ao número de citações e de publicações de artigos em determinada base entre departamentos diferentes.

### 6. Referências Bibliográficas

Alonso, S.; Cabrerizo, F.J.; Herrera-Viedma, E. & Herrera, F. (2010). Hg-Index: A new index to characterize the scientific output of researchers based on the h- and g-indices. *Scientometrics*, 82(2), 391–400.

Barba-Romero, S. & Pomerol, J.C. (1997). *Decisiones Multicriterio: Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica*, Colección de Economía. Universidad de Alcalá, Espanha.

Bornmann, L. & Daniel, H-D. (2005). Does the h-index for ranking of scientists really work? *Scientometrics*, 65(3), 391-392.

Bornmann, L.; Mutz, R.; & Daniel, H-D. (2008). Are there better indices for evaluation purposes than the h index? A comparison of nine different variants of the h index using data

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

from biomedicine. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(5), 830–837.

Bornmann, L.; Mutz, R. & Daniel, H-D. (2010). The h index research output measurement: Two approaches to enhance its accuracy. *Journal of Informetrics*, 4, 407-414.

Cabrerizo, F.J.; Alonso, S.; Herrera-Viedma, E. & Herrera, F. (2010). Q2-Index: Quantitative and qualitative evaluation based on the number and impact of papers in the Hirsch core. *Journal of Informetrics*, 4(1), 23–28.

Dias, L.M.C.; De Almeida, L.M.A.T. & Clímaco, J.C.N. (1997). Apoio Multicritério à Decisão: Métodos e software dedicados à avaliação de um conjunto discreto de alternativas. Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, Portugal.

Egghe, L. (2006). Theory and practice of the g-index. *Scientometrics*, 69(1), 131-152.

Egghe, L. & Rousseau, R. (2006). An informetric model for the h-index. *Scientometrics*, 69(1), 121-129.

Ferrara, E. & Romero, A.E. (2013). Scientific impact evaluation and the effect of self-citations: mitigating the bias by discounting h-index. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64(11), 2332-2339.

Franceschini, F., Maisano, D.A. Analysis of the Hirsch index's operational properties (2010) *European Journal of Operational Research*, 203 (2), pp. 494-504

Hirsch, J.E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(46), 16569-16572.

Hirsch, J.E. (2007). Does the h index have a predictive power? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 19193-19198.

Jin, B. (2006). H-Index: An evaluation indicator proposed by scientist. *Science Focus*, 1(1), 8-9.

Jin, B. (2007). The AR-index: Complementing the h-index. *ISSI Newsletter*, 3(1), 6.

Jin, B.; Liang, L.; Rousseau, R. & Egghe, L. (2007). The R- and AR-indices: Complementing the h-index. *Chinese Science Bulletin*, 52(6), 855–863.

Kosmulski, M. (2006). A new Hirsch-type index saves time and works equally well as the original h-index. *ISSI Newsletter*, 2(3), 4-6.

Lins, M.P.E., Gomes, E.G., Soares de Mello, J.C.C.B., Soares de Mello, A.J.R. Olympic ranking based on a zero sum gains DEA model (2003) *European Journal of Operational Research*, 148 (2), pp. 312-322

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Rubem, A.P.S.; Moura, A.L. & Soares de Mello, J.C.C.B. (2015). Comparative analysis of some individual bibliometrics indices when applied to groups of researchers. *Scientometrics*, 102, 1019-1035.

Schreiber, M. (2013). How relevant is the predictive power of the h-index? As case study of the time-dependent Hirsch index. *Journal of Informetrics*, 7, 325-329.

Silva, D.D.; Vasconcelos, M.V.C. & Cavalcante, C.A.V. (2015). Multicriteria Decision Model to Support the Assignment of Storage Location of Products in a Warehouse. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, 1-8.

Silva, P.M.; Mota, T.R.A. & Soares de Mello, J.C.C.B. (2014). Avaliação da utilização do índice H como ferramenta de medição da produção científica do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense. *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção*, 14, 52-60.

Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, L.F.A.M., Gomes, E.G., Soares de Mello, M.H.C. (2005). Use of ordinal multi-criteria methods in the analysis of the Formula 1 World Championship. *Cadernos EBAPE.BR*, III(2), 1-8.

Soares de Mello, J.C.C.B.; Gomes Júnior, S.F. & Lacerda, F.G. (2008). Aplicação de método multicritério otimista para avaliação de desempenho e ocorrência de home advantage em esportes: o caso dos jogos panamericanos. *XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Rio de Janeiro.

Roy, B.; Boyssou, D. *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas*. Paris: Economica, 1993. p. 695.

Van Raan, A.J. (2006). Comparison of the Hirsch-index with standard bibliometric indicators and with peer judgment for 147 chemistry research groups. *Scientometrics*, 67(3), 491-502.

Vanclay, J.K. (2007). On the robustness of the h-index. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(10), 1547-1550.

Waltman, L. & Van Eck, N.J. (2012). The inconsistency of the h-index. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(2), 406-415.