

ÍNDICES DO TIPO h DE HIRSCH: exemplos ilustrativos

DEISE DEOLINDO SILVA

Resumo

O conhecimento sobre o desempenho científico de um pesquisador é fundamental para subsidiar e orientar políticas científicas. Para isso, se faz necessário ter critérios avaliativos consistentes e fidedignos ao desempenho do avaliado e considerar na análise aspectos relacionados à qualidade e à produtividade. Entre os indicadores bibliométricos destaca-se o índice h, proposto por Jorge Hirsch em 2005, considerado um parâmetro avaliativo robusto por avaliar de forma simultânea os aspectos relativos à produção e ao impacto científico de um autor. É uma medida simples de ser obtida e de seu desempenho ter se mostrado significativo na representação do desempenho científico de um pesquisador. No entanto, diversos trabalhos subsequentes apontam suas deficiências e limitações e propõem variações no intuito de minimizar ou dirimir os problemas e apontados. Nesse sentido, este trabalho teve por objetivo apresentar e exemplificar alguns índices do tipo h de Hirsch e ressaltar as principais vantagens e/ou desvantagens ao utilizá-los. Conclui-se que não é suficiente avaliar o desempenho científico de um autor por meio de um único indicador, pois este não conseguirá descrever as diversas faces do desempenho científico do avaliado, sendo necessárias análises complementares para traçar o seu perfil científico.

Palavras-chave: Bibliometria; indicadores de citação; índice h; índices do tipo h de Hirsch.

HIRSCH TYPE h INDICES: illustrative examples

Abstract

Knowledge about a scientific performance of a researcher is essential to support and guide scientific policies. For this, it is necessary to have consistent and reliable evaluation criteria for the performance of the person being evaluated and to consider aspects related to quality and productivity in the analysis. Among the bibliometric indicators, stands out the h index, proposed by Jorge Hirsch in 2005, considered a robust evaluative parameter for simultaneously evaluating aspects related to the production and scientific impact of an author. It is a simple measure to obtain, and its performance has been shown to be significant in representing a researcher's scientific performance. However, several subsequent works point out its deficiencies and limitations and propose variations in order to minimize, point out or solve the problems. In this sense, this work aimed to present and exemplify some Hirsch h-type indices and highlight the main advantages and/or disadvantages when using them. It is concluded that it is not enough to evaluate the scientific performance of an author through a single indicator, since this will not be able to describe the different faces of the scientific performance of the person being evaluated, and complementary analyzes are necessary to trace his scientific profile.

Keywords: *Bibliometrics; citation indicators; h index; Hirsch type h indices.*

1 INTRODUÇÃO

O registro do conjunto de publicações de um indivíduo e de suas respectivas citações configura um corpus de informação relevante sobre o desempenho e o reconhecimento junto à comunidade científica (SILVA, 2018). Por isso, a elaboração e o aprimoramento dos mecanismos de avaliação de desempenho científico e a busca por procedimentos e indicadores adequados vem recebendo maior atenção nas últimas décadas. Visto que esses instrumentos são utilizados como aporte para as avaliações e

para o estabelecimento de diretrizes e políticas científicas, as quais influenciam na alocação dos investimentos e recursos financeiros, como forma de identificar as elites científicas e garantir um investimento profícuo das agências de fomento à pesquisa (MUGNAINI *et al.*, 2004; THOMAZ *et al.*, 2011; VANZ, STUMPF, 2010, SILVA; GRÁCIO, 2021).

Dentre os mecanismos de avaliação de desempenho científico destaca-se os indicadores de citação. Eles têm sido usados como aporte na visualização do impacto e influência dos trabalhos científicos (ROSAS 2018), com esses atributos associados à noção de utilidade para a comunidade científica e para a sociedade (GARFIELD, 1979). Nesse contexto, entende-se que a utilidade de um trabalho científico decorre de um consenso social estabelecido em um dado momento.

Observa-se que a análise de citação se consolidou como metodologia objetiva de mensuração do impacto e a influência das publicações científicas em âmbito micro (pesquisador), meso (periódico, instituição) e macro (região, campo científico, país), sendo usada constantemente como aporte para a avaliação científica e tomadas de decisão em agências de fomento à pesquisa (GLÄNZEL, 2003).

Em nível micro de agregação (autor), o Índice h tem sido muito utilizado na mensuração do desempenho e impacto científico. Ele foi proposto, em 2005, pelo físico argentino Jorge Hirsch, professor da Universidade da Califórnia (EUA). Definido em função da produtividade e do impacto científico de um autor, este índice oferece uma medida objetiva do impacto acumulado da produção científica de um pesquisador, como reflexo da relevância científica do resultado das suas investigações (HIRSCH, 2005).

Conforme Silva (2018) para se alcançar um alto valor para o índice h , o pesquisador precisa publicar artigos que tenham grande repercussão na comunidade científica. Duas situações não contribuem para aumentar o índice h : autores com alta produtividade, mas de baixo impacto científico (pouco reconhecimento pela comunidade como conhecimento que contribui para o real avanço científico do campo); autores com publicações reconhecidas como relevantes para o avanço da área pela comunidade (altas citações para suas publicações), mas que têm baixa produtividade.

Desse modo, o Índice h é um indicador que tende a valorizar o esforço científico de um pesquisador, pois leva em conta a produtividade científica de alto impacto de um pesquisador de forma cumulativa.

Esse indicador tem se mostrado relevante para a análise bibliométrica de pesquisadores, de grupos, de instituições ou de países e sido utilizado como critério de mérito e de excelência por agências de fomento e por instituições para distribuição de verbas e reconhecimento acadêmico-científico. No entanto, existem estudos direcionados à obtenção de variações, de ponderações e de generalizações do índice h , em função das limitações, esses indicadores são denominados índices tipo h de Hirsch.

Nesse sentido, esse trabalho teve por objetivo apresentar alguns índices do tipo h de Hirsch, bem como seus cálculos e suas interpretações.

Essa pesquisa justifica-se, pois contribui para o aprofundamento da análise dos índices do tipo h de Hirsch e da relação entre eles, além disso, facilita a compreensão desses indicadores como descritores da trajetória acadêmica de um pesquisador.

Atualmente, há uma preocupação crescente com a avaliação da produção científica e, por consequência, há a necessidade de proporcionar indicadores mais fidedignos ao real impacto, propiciando parâmetros que tornem possível uma avaliação mais precisa, a fim de subsidiar as tomadas de decisões de forma mais consistente.

Além disso, aponta-se a carência de estudos relacionados a indicadores bibliométricos que trabalhem de forma conjunta e aprofundada com metodologias

estatísticas (VANZ, STUMPF, 2010; OLIVEIRA, GRÁCIO, 2011; MUGNAINI, *et al.*, 2004).

2 ÍNDICES DO TIPO h DE HIRSCH

Os índices do tipo h de Hirsch pertencem a uma subárea da Bibliometria, denominada análise de citação.

A análise de citação mede o impacto e a visibilidade de determinados autores, instituições, periódicos ou país dentro de uma comunidade científica e possibilita a análise das fontes de informações utilizadas. Apesar de haver críticas relacionadas à sua utilização, os estudos de citação têm demonstrado confiabilidade como instrumento avaliativo do impacto das publicações (VANZ, CAREGNATO, 2003; GLÄNZEL, 2003).

Jorge Hirsch propôs o índice h como sendo um indicador bibliométrico destinado a medir, simultaneamente, o volume e o impacto da produção científica de um pesquisador. O índice busca quantificar o impacto acumulado dos resultados das publicações de um pesquisador como reflexo da relevância científica da sua atuação (HIRSCH, 2005).

Diversas variações e/ou ponderações do índice h são encontradas na literatura científica, todas com o intuito de minimizar ou de dirimir os problemas e questões levantadas sobre tal índice. A seguir apresentam-se alguns índices do tipo h de Hirsch.

2.1 Índice h

O professor Jorge Hirsch propôs, em 2005, o denominado índice h . Este índice combina aspectos relacionados à produtividade e ao impacto de um pesquisador. Ele tem sido utilizado, com bastante frequência, como um instrumento que mede o desempenho científico de um autor.

Hirsch (2005, tradução nossa) definiu o índice h da seguinte forma: “Um cientista tem índice h , se h de seus N_p artigos têm ao menos h citações cada, e os outros $(N_p - h)$ artigos têm não mais que h citações cada”¹. Em que: h = valor do índice h ; N_p = número de publicações.

Egghe (2010, p. 3, tradução nossa) elaborou uma definição equivalente para o índice h de Hirsch: “Ranquear os artigos de um autor e, em ordem decrescente, colocar o número de citações recebidas. O índice h do autor é o maior valor $r = h$ que o trabalho teve no rank $1, 2, \dots, h$, tendo h ou mais citações”².

Para determinar o valor do índice h , deve-se encontrar o maior valor de i , rotulado por h , tal que $h \leq N_h$. Assim, todos os artigos de número de ordem menor que h têm pelo menos h citações e aqueles com número de ordem i maior que h , isto é, os posteriores, não têm mais que h citações cada.

A fim de ilustrar a forma de obter o índice h , a Tabela 1 simula a obtenção do índice h de um pesquisador hipotético.

¹*A scientist has index h if h of his/her N_p papers have at least h citations each, and the other $(N_p - h)$ papers have no more than h citations each.*

²*If we rank the papers of an author in decreasing order of the number of citations they received then this author's h -index is the highest rank $r=h$ such that the papers on ranks $1, 2, \dots, h$ each have h or more citations.*

Tabela 1 - Ilustração de como encontrar o índice h de um pesquisador

Posição (i) do artigo	Nº de Citações (N_i)
1	50
2	47
3	20
4	18
5	17
6	15
7	15
8	14
9	14
10	13
11	13
Índice h	12
13	12
14	11
15	10
16	9
17	9
18	8
19	7
20	7

Fonte: elaborada pelo autor.

Para a Tabela 1, observa-se que o número de artigos publicados é 20 e para $h = 12$. Portanto, o índice h do autor hipotético é igual a 12, significando que este autor tem 12 artigos com pelo menos 12 citações cada e os outros 8 artigos ($N_{13}, N_{14}, \dots, N_{20}$) não tem mais que 12 citações cada.

Uma característica relevante do índice h é ser uma medida capaz de combinar quantidade e qualidade da produção acadêmica e, por esse motivo, é considerado um indicador eficaz (MARQUES, 2013; EGGHE, 2010).

Logo, o índice h identifica o núcleo mais produtivo das publicações científicas de um pesquisador em termos daqueles trabalhos que receberam mais citações, esses documentos têm alto impacto, no que diz respeito à carreira do cientista. Esse grupo de artigos é composto pelos primeiros documentos h e é chamado de núcleo Hirsch ou *h-core* (JIN *et al.*, 2007, p. 855; BURRELL, 2007b, p. 170; ROUSSEAU, 2006).

Egghe (2010), Marques (2013) e Hirsch (2005) destacam pontos positivos do índice h e salientam as seguintes propriedades do indicador:

- capaz de combinar quantidade e impacto da pesquisa em um único indicador;
- fácil de ser calculado;
- caracteriza a produtividade científica de um pesquisador com objetividade,
- possibilita a utilização na tomada de decisões sobre promoções, alocação de verbas e atribuição de prêmios;
- tem melhor desempenho que outros indicadores bibliométricos utilizados para a avaliação da produtividade científica de um pesquisador (fator de impacto, número de artigos, número de citações, citações por artigo e número de artigos altamente citados), quando utilizado de forma isolada;
- identifica pesquisadores que produzem de forma consistente bons trabalhos durante um intervalo de tempo e aqueles que escrevem artigos altamente citados, durante um curto período e depois se estagnam em produção científica.

Por outro lado, Egghe (2010), Marques (2013) e P. Dorta-Gonzalez e M. Dorta-Gonzalez, P. (2010) apontaram algumas limitações do índice h , a saber:

- não é indicado para comparar pesquisadores de disciplinas diferentes;
- não é indicado para comparar pesquisadores com tempo de titulação diferente;
- pode ser influenciado pelas autocitações;
- dá a livros o mesmo peso que dá aos artigos;
- não considera o contexto das citações: não faz distinção entre um artigo de autoria individual ou de um pequeno grupo de colaboradores e um artigo com centenas de autores, cuja participação individual é difícil avaliar;
- dificuldade em obter todas as publicações de um autor, o que dificulta o cálculo do índice h , além de poder apresentar problemas relacionados à homografia;
- não é adequado para a comparação de pesquisadores de áreas científicas distintas, uma vez que cada uma tem diferentes práticas de publicação e citação e, portanto, o número de citações depende de distintos parâmetros bibliométricos entre áreas, que não estão relacionados com a qualidade.

2.2 Quociente m

Hirsch (2005) desenvolveu o quociente m , pois identificou que o índice h poderia ser influenciado pelo tempo e que o pesquisador se dedica à pesquisa.

O quociente m é obtido pela equação:

$$\text{Quociente } m = \frac{h}{y}$$

em que, h = índice h e y = número de anos desde a publicação do primeiro artigo.

Considere as informações sobre o pesquisador destacado na Tabela 1 e o tempo de desde a primeira publicação de 10 anos. Assim, o quociente m desse pesquisador será:

$$\text{Quociente } m = \frac{h}{y} = \frac{12}{10} = 1,2.$$

Ou seja, o pesquisador publicou pelo menos 1,2 artigos com pelo menos 1,2 citações por ano.

2.3 Índice g

Egghe (2006, p. 8) desenvolveu o índice g que é definido como: “um conjunto de artigos tem índice g se g é o posto mais alto, de modo que os artigos principais têm juntos, pelo menos g^2 citações”.

Assim, g tem a propriedade *índice $g \geq$ índice h* , pois g considera em sua estrutura a quantidade de citações recebidas pelo grupo de artigos mais citados, ao passo que o índice h não as considera (EGGHE, 2010). Por essa característica, o autor considera o índice g superar uma das desvantagens de h .

Silva e Grácio (2015) disseram que para o cálculo do índice g , é necessário que se tenham a frequência acumulada das citações (C_i) e o número de cada artigo elevado ao quadrado (i^2). O índice g é o posto (número do artigo) mais alto, de modo que os artigos principais têm, juntos, pelo menos g^2 citações.

Na Tabela 2 apresenta-se o cálculo do índice g para o pesquisador descrito na Tabela 1. O índice g para esse autor é 17, pois escreveu 17 artigos que têm, conjuntamente, pelo menos 289 citações e índice $h = 12$, confirmando a propriedade apresentada por Egghe (2010): $\text{índice } g \geq \text{índice } h$.

Tabela 2 – Cálculo do índice h e g de um pesquisador

Índice h		Índice g	
i	ci	Ci	i^2
1	50	50	1
2	47	97	4
3	20	117	9
4	18	135	16
5	17	152	25
6	15	167	36
7	15	182	49
8	14	196	64
9	14	210	81
10	13	223	100
11	13	236	121
Índice h	12	248	144
13	12	260	169
14	11	271	196
15	10	281	225
16	9	290	256
Índice g	17	299	289
18	8	307	324
19	7	314	361
20	7	321	400

Fonte: elaborada pelo autor.

Uma das características desse indicador é atribuir maior peso ao número de citações recebidas pelo artigo. Logo, também o índice g pode atribuir maiores valores para pesquisadores com maior tempo de dedicação à pesquisa.

Egghe (2010) relatou que o índice h não distingue, dentre os autores com mesmo índice, aqueles que têm mais citações. Burrell (2007a) afirma que, para autores com elevado tempo de dedicação à pesquisa, os indicadores em questão são proporcionais.

Shing e Kumar (2014) apontam que g vem ganhando popularidade e visibilidade na avaliação da produtividade científica. Esses autores desenvolveram uma análise comparativa do desempenho dos índices h e g , com investigadores da área de Física, na qual observaram que o valor de g é 1,5 vezes maior que o de h .

Silva e Grácio (2015) concluíram que a razão g/h pode auxiliar e/ou complementar a avaliação de um autor, quando são analisados pesquisadores com diferentes tempos de publicação em um determinado periódico, visto que esse quociente elimina a influência do tempo.

2.4 Índice $h^{(2)}$

O indicador $h^{(2)}$ foi proposto por Kosmulski (2006) e é definido como: “o maior número natural tal que seus $h^{(2)}$ trabalhos mais citados receberam cada um, pelo menos, $[h^{(2)}]^2$ citações”.

Para os dados da Tabela 2, identifica-se que $h^{(2)} = 4$ e $[h^{(2)}]^2 = 16$, o artigo da posição $i = 4$ é o maior número natural, que tem pelo menos 16 citações (no caso, este artigo tem 18 citações). Ou seja, o autor analisado tem 4 artigos, com pelo menos 16 citações cada.

Esse indicador beneficia os artigos altamente citados. Além disso, tem a seguinte propriedade matemática: valor $h^{(2)} \leq h$.

Jin *et al.* (2007) disseram que a principal vantagem do índice $h^{(2)}$ em relação ao índice h é que ele reduz o problema de precisão, pois necessita de um conjunto de publicações menor e, assim, menos trabalho para verificar a precisão dos dados das publicações, especialmente no caso em que existam homógrafos.

2.5 Índice a

Jin (2006) desenvolveu o índice a , o qual considera as citações acumuladas até a posição do índice h , ponderado pelo valor de h .

$$\text{índice } a = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^h c_i,$$

em que c_i = número de citações recebidas pelo artigo i , para $1 \leq i \leq h$.

Para os dados presentes na Tabela 2, a soma das citações até h é 248 e $h = 12$. Logo, o índice a é dado por $248/12 = 20,7$ citações/artigo.

O índice a é interpretado como o impacto médio do núcleo Hirsch.

Burrell (2007b) mostra que o índice a depende do tempo de dedicação à pesquisa do pesquisador. Jin *et al.* (2007) observaram que o índice a penaliza os pesquisadores com maiores índices h , pois o cálculo de a envolve uma divisão por h .

2.6 Índice r

Jin *et al.* (2007) propuseram a utilização da raiz quadrada da soma de citações do núcleo Hirsch. Designaram o novo indicador por índice r e é obtido por:

$$\text{índice } r = \sqrt{\sum_{i=1}^h c_i},$$

em que h = índice h , e c_i = número de citações recebidas pelo artigo i , para $1 \leq i \leq h$.

Assim como o índice a , o índice r mede a intensidade das citações do núcleo Hirsch, por isso, pode ser sensível a artigos altamente citados. Bornmann *et al.* (2008) ressaltam que o índice r é sensível à influência de alguns artigos expoentes do autor.

Para os dados da Tabela 2, tem-se que a soma das citações é 248. Logo, o índice $r = \sqrt{248} = 15,75$ citações^{1/2} (nota-se que a unidade de medida não tem uma interpretação real).

2.7 Índice h normalizado (h^n)

Sidiropoulos *et al.* (2007) propuseram uma versão para o índice h , denominado índice h normalizado, relativizando-o pelo número de publicações.

Enunciam o índice h normalizado (h^n) da seguinte maneira: “um pesquisador tem índice normalizado $h^n = h/N_p$, se h de seus artigos N_p receberam pelo menos h citações cada, e o restante ($N_p - h$) artigos não receberam mais de h citações.”

Exemplificando o cálculo deste indicador para os dados da Tabela 2, temos que o índice $h = 12$ e $N_p = 20$. Logo, o índice $h^n = 12/20 = 0,6$ citações/artigo.

2.8 Índice h_w

Egghe e Rousseau (2008) desenvolveram o índice h_w (índice h ponderado pelo impacto da citação) que tem sensibilidade às mudanças de desempenho do pesquisador em sua vida científica. O índice h_w é definido como:

$$\text{índice } h_w = \sqrt{\sum_{i=1}^{r_0} c_i}$$

em que r_0 = a maior posição de i tal que $r_w(i) = (C_i \div h) \leq c_i$, isto é, o total de citações até o artigo i (rotulado por C_i) dividido pelo índice h é menor que o número de citações do artigo i (rotulado por c_i), para $1 \leq i \leq h$.

A fim de exemplificar a obtenção do índice h_w , a Tabela 3 apresenta o cálculo para os dados da Tabela 2, em que $h = 12$, $c_i = n^\circ$ de citações para o artigo i e $C_i =$ total de citações acumuladas até o artigo de posição, para $1 \leq i \leq 12$.

Tabela 3 – Cálculo do índice h_w , utilizando os dados do autor Egghe

Posição (i)	Citações (c_i)	Citações acumuladas (C_i)	$r_w = C_i/h$
1	50	50	50/12 = 4,17
2	47	97	97/12 = 8,08
3	20	117	117/12 = 9,75
4	18	135	135/12 = 11,25
5	17	152	152/12 = 12,67
6	15	167	167/12 = 13,92
7	15	182	182/12 = 15,17
8	14	196	196/12 = 16,33
9	14	210	210/12 = 17,50
10	13	223	223/12 = 18,58
11	13	236	236/12 = 19,67
12	12	248	248/12 = 20,67

Fonte: elaborada pelo autor.

Para este exemplo, $r_0 = 6$, pois o artigo que ocupa a sexta posição satisfaz a relação $r_w(i) \leq c_i$, visto que $r_w(6)$ é a última posição em que $r_w(i) \leq c_i$, pois $r_w(6) = 13,92 < 15$.

Logo, o índice h_w para esse pesquisador é:

$$\text{índice } h_w = \sqrt{\sum_{j=1}^6 c_j} = \sqrt{182} = 13,49 \text{ citações}^{1/2}.$$

Os autores ressaltaram que o índice h_w é maior ou igual ao índice h . Para o exemplo da Tabela 3, o pesquisador tem $h_w = 13,49 > h = 12$.

Verifica-se que a unidade de medida desse indicador, assim como os índices a não é interpretável.

2.9 Índice m

Bornmann *et al.* (2008) definem o índice m como o número mediano de citações recebidas por artigos do núcleo Hirsch. A opção pela mediana é baseada no fato de que, geralmente, a distribuição das citações é assimétrica, portanto, a medida de tendência central mais indicada é a mediana.

Considerando os dados da Tabela 2, a mediana dá-se para o artigo da posição central, que tem 13 citações. Logo, $m = 13$ citações.

2.10 Índice w de Wu

Wu (2010) definiu o índice w de forma semelhante ao h , mas focando apenas nos artigos altamente citados. O autor enuncia o índice w como:

“Se w artigos de um pesquisador têm pelo menos $10w$ citações cada e os outros artigos têm menos de $10(w+1)$ citações, então o pesquisador tem índice w ”.

Para os dados do pesquisador apresentado na Tabela 1, o índice w tem valor igual a 2, pois os dois primeiros artigos têm mais que 20 citações cada e os outros não têm mais que 30 citações cada.

2.11 Índice q^2

Cabrerizo *et al* (2009) propuseram a junção de dois índices do tipo h de Hirsch, a fim de haver uma medida simples e mais completa do desempenho científico de um pesquisador, e nomearam de índice q^2 , baseado na média geométrica do índice h e do índice m .

$$q^2 = \sqrt{h \times m}.$$

Segundo os autores, por considerar diferentes dimensões da produção científica de um pesquisador (h dimensão quantitativa e m dimensão qualitativa), o índice q^2 permite uma visão mais global dessas publicações.

Considerando as informações da Tabela 1, os índices do pesquisador são: $h = 12$ e $m = 13$. Logo, o índice $q^2 = \sqrt{12 \times 13} = 12,49$ citações.

2.12 Índice hg

Alonso *et al* (2010) propuseram um índice para caracterizar a produção científica dos pesquisadores com base nos índices h e g e o chamaram de *índice hg*.

Os autores concordam que h e g incorporam várias propriedades interessantes sobre as publicações de um pesquisador e por isso devem ser considerados para medir sua produção científica.

O índice hg de um pesquisador é calculado como a média geométrica de seus índices h e g , assim:

$$hg = \sqrt{h \times g}.$$

Para os dados da Tabela 2, tem-se que os índices h e g são: 12 e 17, respectivamente. Logo, o índice $hg = \sqrt{12 \times 17} = 14,28$.

2.13 Índice e

Zhang (2009) definiu o índice e como forma de complementar as informações relativas ao desempenho de um pesquisador, avaliado pelo índice h .

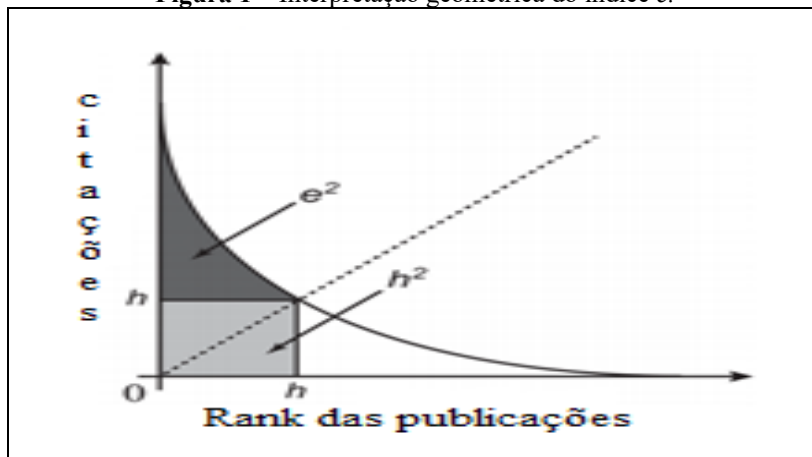
O autor aponta que as citações adicionais dos artigos que formam o núcleo Hirsch são completamente ignoradas no índice h . Logo, o índice e considera o excesso de citações recebidas pelos artigos do h -core.

Denota por e^2 a seguinte formulação matemática:

$$e^2 = \sum_{j=1}^h (c_j - h) = \sum_{j=1}^h c_j - h^2,$$

em que, c_j representa as citações recebidas pelo j -ésimo artigo e e^2 denota o excesso de citações recebidas pelo núcleo Hirsch. A Figura 1 apresenta a interpretação geométrica do índice e .

Figura 1 – Interpretação geométrica do índice e .



Fonte: Zhang (2009).

O índice e depende do valor de h , visto que e^2 representa o excesso de citações recebidas por todos os artigos no h -core, além de citações h^2 .

Observe que quanto maior o valor de e , maior o excesso de citações e , portanto, têm-se mais perdas de informações sobre o comportamento das citações, quando se utiliza somente o índice h .

Similarmente, quando o índice h é usado para avaliar cientistas individuais, quanto menor o valor de e , mais confiável é o índice h . Considerando um caso extremo quando e é igual a zero, h descreverá completamente a distribuição das citações para as publicações no h -core. Caso contrário, quando $e \neq 0$, o índice h sempre perderá informações sobre as citações, que pode ser complementado por e (ZHANG, 2009).

Com a finalidade de exemplificar a obtenção do valor do índice e , consideraram-se os dados da Tabela 1 e construiu-se a Tabela 4.

Tabela 4 – Elementos para o cálculo do índice e .

Posição (i) do artigo	Nº de Citações (cit)	(cit - h)
1	50	38
2	47	35
3	20	8
4	18	6
5	17	5
6	15	3
7	15	3
8	14	2
9	14	2
10	13	1
11	13	1
Índice h	12	0
	Soma	104

Fonte: elaborada pelo autor.

Tem-se, assim, que o autor tem o índice e :

$$e^2 = \sum_{j=1}^h (cit_j - h) = 104 \text{ citações.}$$

Ou seja, o pesquisador tem 104 citações não contabilizadas pelo índice h .

2.14 Índice dc_i e dc_o

Silva (2018) destacou que o índice h não beneficia artigos altamente citados e nem considera aqueles com poucas citações. Ele pode ser considerado como uma medida de posição, logo para uma análise estatística ficar completa necessita-se confrontar uma medida de tendência central e uma de variabilidade.

As medidas de tendência central representam a centralidade de um conjunto de dados (média, mediana e moda). As medidas de dispersão determinam a variabilidade (ou a dispersão) dos dados em relação à medida de localização do centro da amostra em análise.

A autora definiu o índice dc_i como sendo a soma das distâncias (desvio) entre o número de citações recebidas pelos artigos do núcleo Hirsch e o índice h , dividida por h . Em termos matemáticos, formula-se dc_i por:

$$dc_i = \frac{\sum_{j=1}^h (cit_j - h)}{h},$$

em que, cit_j : número de citações do j -ésimo artigo, para $1 \leq j \leq h$; h : índice h .

O índice dc_i representa a distância média entre as citações dos artigos do h -core e h . Destaca-se que o numerador de dc_i é equivalente ao valor e^2 do índice e .

Segundo a autora, o índice dc_o é definido pela soma das distâncias (desvio) entre o número de citações recebidas pelos artigos que estão fora do núcleo Hirsch e o índice h , dividida por $N_p - h$. Em termos matemáticos, formula-se dc_o por:

$$dc_o = \frac{\sum_{j=h+1}^{N_p} (h - cit_j)}{N_p - h},$$

em que, cit_j : número de citações do j -ésimo artigo, para $h + 1 \leq j \leq N_p$; N_p : número de publicações, h : índice h .

O índice dc_o determina a distância média de citações necessárias para chegar até h , por isso pode-se considerá-lo como um índice que mede a expectativa de crescimento do índice h .

Se dc_i for um valor baixo, significa que em média, existem poucas citações excedendo h , caso contrário o pesquisador tem artigos influentes que receberam muitas citações.

Na tentativa de fazer uma analogia com o Coeficiente de Variação propõe-se o cálculo de:

$$CV_{dci} = \frac{dc_i}{h} \times 100 \quad e \quad CV_{dco} = \frac{dc_o}{h} \times 100.$$

Como a distribuição das citações não é simétrica e o cálculo do índice dc_i não é centrado na média, e sim em h , identifica-se que todos os valores são maiores que ou iguais a h . Em contrapartida, para dc_o as citações serão menores ou iguais a h . O Quadro 1 traz a escala classificatória para dispersão de CV_{dci} e CV_{dco} .

Quadro 1 – Escala classificatória para a dispersão do índice dc_i e dc_o

Classificação	CV_{dci}	CV_{dco}
Muito baixa	$0\% \leq CV_{dci} \leq 115\%$	$0\% \leq CV_{dco} \leq 15\%$
Baixa	$115\% < CV_{dci} \leq 130\%$	$15\% < CV_{dco} \leq 30\%$
Moderada	$130\% < CV_{dci} \leq 170\%$	$30\% < CV_{dco} \leq 70\%$
Alta	$CV_{dci} > 170\%$	$CV_{dco} > 70\%$

Fonte: elaborado pelo autor.

A Tabela 5 apresenta uma ilustração dos procedimentos necessários para a obtenção dos índices dc_i e dc_o , com base nos dados da Tabela 1.

Tabela 5 – Elementos para o cálculo do dc_i e dc_o

Nº de artigos	Nº de Citações (N_i)	($cit - h$)
1	50	38
2	47	35
3	20	8
4	18	6
5	17	5
6	15	3
7	15	3
8	14	2
9	14	2
10	13	1
11	13	1
Índice h	12	0
	Soma	104
13	12	0
14	11	1
15	10	2
16	9	3
17	9	3
18	8	4
19	7	5
20	7	5
	Soma	23

Fonte: elaborada pelo autor.

Neste caso, o valor de dc_i será:

$$dc_i = \frac{\sum_{j=1}^h (cit_j - h)}{h} = \frac{104}{12} = 8,7 \text{ citações/artigo.}$$

Ou seja, os artigos que compõem o núcleo Hirsch têm $dc_i = 8,7$ citações/artigo, ou seja, em média, cada artigo distancia-se 8,7 citações de h . Nota-se que cada artigo perdeu em torno de 8,7 citações, pois essas não são contabilizadas no cálculo do índice h .

O valor de dc_o será:

$$dc_o = \frac{\sum_{j=h+1}^{N_p} (h - cit_j)}{N_p - h} = \frac{23}{20 - 12} = 2,9 \text{ citações/artigo.}$$

Ao considerar os artigos que não contemplam o índice h , verifica-se que, em média, cada artigo necessita receber 2,9 citações para acompanhar o valor de h .

Calcula-se a seguir CV_{dc_i} para os dados do exemplo:

$$CV_{dci} = \frac{dc_i}{h} \times 100 = \frac{8,7}{12} \times 100 = 72,5\%.$$

Para essas informações, o valor de CV_{dci} é muito baixo (72,5%), ou seja, o pesquisador não tem artigos altamente citados.

Se dc_o for pequeno significa que, em média, os artigos que não compõem o h -core têm número de citações próximo ao valor de h e, se esses artigos receberem citações, o autor pode incrementar seu índice h .

$$CV_{dco} = \frac{dc_o}{h} \times 100 = \frac{2,9}{12} \times 100 = 24,2\%.$$

Para os dados desse pesquisador, verifica-se que CV_{dco} é 24,2%, o que caracteriza uma dispersão baixa. Então, pode-se concluir que os artigos que não compõem o núcleo Hirsch têm um número de citações próximas a h , caracterizando uma pequena variabilidade na cauda inferior da distribuição de citações.

Isso pode caracterizar, também, que o valor do índice h não é tão representativo, visto que há artigos na cauda inferior da distribuição de citações com citações próximas a h .

Para melhor discriminar as informações dos indicadores h , CV_{dci} e CV_{dco} por meio da terna (h ; CV_{dci} ; CV_{dco}). Para esse exemplo, o autor teria a seguinte terna: (12; 72,5%; 24,2%), significando que ele tem índice h igual a 12, baixo desvio das citações do núcleo Hirsch (72,5%) e baixa dispersão fora do h -core (24,2%), ou seja, ele não possui artigos altamente citados no núcleo Hirsch (baixo CV_{dci}) e há a possibilidade de ele incrementar seu índice h (baixo CV_{dco}).

3 ANÁLISE DE PESQUISADORES COM MESMO ÍNDICE h

Com o objetivo de exemplificar a relação entre número de citações e o valor do índice h , apresentam-se, na Figura 2, situações hipotéticas relativas à distribuição das citações e o valor do índice h de quatro autores fictícios: A, B, C e D.

O índice h desses 4 pesquisadores é $h = 10$, mas o número de publicações (N_p) e as citações recebidas pelas publicações diferem entre os 4 autores fictícios.

1. O autor A tem 30 artigos publicados ($N_p = 30$) e possui artigos altamente citados, com $c_1 = 100$ citações, como também artigos com poucas citações.

2. O autor B também tem 30 artigos publicados, mas seu artigo expoente (c_1) recebeu 30 citações.

3. O cientista C tem 15 artigos publicados ($N_p = 15$), mas tem trabalhos altamente citados, com $c_1 = 100$ citações, $c_2 = 90$ citações, $c_3 = 80$ citações, e poucos artigos com baixo número de citações.

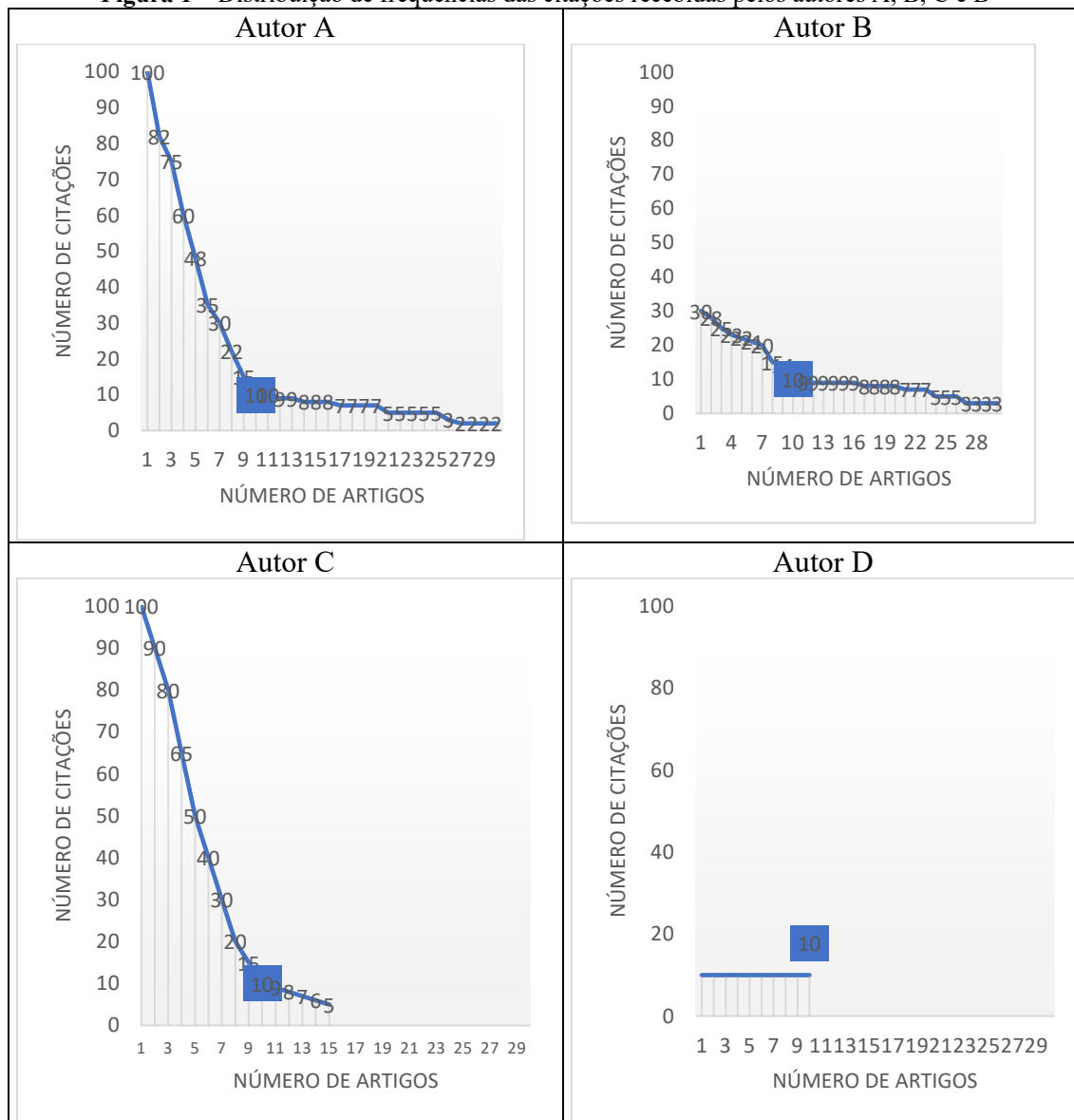
4. O autor D tem 10 artigos ($N_p = 10$) e cada um deles recebeu 10 citações ($c_i = 10$, para $1 \leq i \leq 10$).

Observa-se que embora os 4 pesquisadores fictícios apresentem diferentes distribuições das citações, todos têm índice $h = 10$, desconsiderando tanto os artigos altamente citados como as distintas quantidades de artigos publicados por cada pesquisador, assim como não conseguindo diferenciar o desempenho desses pesquisadores.

Por esse motivo, os debates concentram-se sobre quão o índice h é uma medida significativa do desempenho de um cientista (BORNMANN, *et al* 2008; EGGHE, 2010),

visto que, observando somente o resultado do índice h , os autores fictícios da Figura 2 têm desempenhos iguais.

Figura 1 – Distribuição de frequências das citações recebidas pelos autores A, B, C e D



Fonte: elaborada pelo autor.

Os Quadros 2, 3, 4 e 5 apresentam os valores para os índices do tipo h de Hirsch para os 4 pesquisadores. Por meio de alguns indicadores pode-se identificar diferentes comportamentos em relação ao comportamento dos autores analisados.

Ao se analisar o autor A, verifica-se que o índice h é 10, o índice $g = 25$ significando que ele possui artigos altamente citados no núcleo Hirsch. Por meio do índice e pode-se verificar que existem 377 citações não contabilizadas pelo índice h . Conclui-se que, em média, os artigos que compõem o h -core distanciam-se de h , 37,7 citações cada. Nota-se que esse valor é 377% maior que o valor do índice h e caracteriza-se uma alta dispersão da distribuição de citações dos artigos pertencentes ao h -core, ou seja, o pesquisador A tem artigos expoentes inseridos em seu núcleo Hirsch. Em relação ao dc_o pode-se verificar que há uma chance moderada de o autor incrementar o índice h ($CVdc_o = 42\%$).

Quadro 2 – Índices do tipo h de Hirsch para o pesquisador A.

INDICADORES	AUTOR A	INTERPRETAÇÃO
h	10	O pesquisador A tem índice h igual a 10, ou seja, ele tem pelo menos 10 artigos com pelo menos 10 citações cada
g	25	O índice g para esse autor é 25, pois escreveu 25 artigos que têm, conjuntamente, pelo menos 625 citações.
h^2	5	O autor analisado tem $h^2=5$, ou seja, tem 5 artigos, com pelo menos 25 citações cada.
a	59,3	Os artigos do núcleo Hirsch tem em média 59,3 citações/artigo.
r	24,4	A raiz das citações dos artigos do núcleo Hirsch é 24,4 citações ^{1/2}
h^n	0,3	O pesquisador A publicou 30 artigos e tem h^n de 0,3 citações/artigo.
h_w	19,1	A raiz das citações dos 6 primeiros artigos do núcleo Hirsch é 19,1 citações ^{1/2}
m	8	A mediana das citações dos artigos do pesquisador A é 8 citações.
w	4	o índice w do pesquisador é 4, pois os quatro primeiros artigos têm pelo menos 40 citações cada e os outros não têm mais que 50 citações cada.
q^2	8,9	A raiz do índice $h.m$ é 8,9 citações.
hg	15,8	A raiz do índice $h.g$ é 15,8 citações.
e	377	O número de citações do núcleo Hirsch não contabilizadas pelo índice h foi 377.
dci	37,7	A distância média entre as citações dos artigos do h -core e h é 37,7 citações.
$CVdci$	377%	O pesquisador A tem artigos altamente citados, pois o $CVdci$ é alto (377%).
dco	4,2	A distância média de citações necessárias para chegar até h é 4,2 citações
$CVdco$	42%	A cauda inferior da distribuição de citações tem variabilidade moderada ($CVdco = 42%$).

Fonte: elaborado pelo autor.

O pesquisador B, tem índice h é 10, o índice $g = 17$ significando que ele recebeu pelo menos 289 citações nos artigos que compõem o núcleo Hirsch. Por meio do índice e pode-se verificar que 108 citações não foram contabilizadas pelo índice h , o que determinou $dci = 10,8$ citações/artigo, ou seja, os artigos integrantes do núcleo Hirsch distanciam-se de h , em média, 8%. Assim, conclui-se que $CVdci$ é 108% e caracteriza uma baixa dispersão da distribuição de citações dos artigos pertencentes ao h -core, ou seja, o pesquisador B não tem artigos altamente citados no núcleo Hirsch. Em relação ao dco pode-se verificar que há uma chance moderada de o autor incrementar o índice h ($CVdco = 33%$).

Em uma situação hipotética de concorrência por auxílio financeiro de uma agência de fomento, na avaliação dos candidatos A e B, além do índice h e o número de citações recebidas pelos artigos desses avaliados no núcleo Hirsch, poderiam ser considerados seus respectivos valores de dci . Neste caso, a concessão do auxílio financeiro seria para o autor A.

Quadro 3 – Índices do tipo h de Hirsch para o pesquisador B.

INDICADORES	AUTOR B	INTERPRETAÇÃO
h	10	O autor B tem índice h igual a 10, ou seja, ele tem pelo menos 10 artigos com pelo menos 10 citações cada
g	17	O índice g para esse autor é 17, pois escreveu 17 artigos que têm, conjuntamente, pelo menos 289 citações.
h^2	4	O autor analisado tem $h^{(2)} = 4$, ou seja, tem 4 artigos, com pelo menos 16 citações cada.
a	34,2	Os artigos do núcleo Hirsch tem em média 34,2 citações/artigo.
r	18,5	A raiz das citações dos artigos do núcleo Hirsch é 18,5 citações ^{1/2}
h^n	0,3	O pesquisador A publicou 30 artigos e tem h^n de 0,3 citações/artigo.
h_w	13	A raiz das citações dos 8 primeiros artigos do núcleo Hirsch é 13 citações ^{1/2}
m	9	A mediana das citações dos artigos do pesquisador B é 9 citações.
w	2	o índice w do pesquisador é 2, pois os dois primeiros artigos têm pelo menos 20 citações cada e os outros não têm mais que 30 citações cada.
q^2	9,5	A raiz do índice $h.m$ é 9,5 citações.
hg	13,0	A raiz do índice $h.g$ é 13,0 citações.
e	108	O número de citações do núcleo Hirsch não contabilizadas pelo índice h foi 108.
dci	10,8	A distância média entre as citações dos artigos do h -core e h é 10,8 citações.
$CVdci$	108%	O pesquisador B não tem artigos altamente citados, pois o CV_{dci} é baixo (108%).
dco	3,3	A distância média de citações necessárias para chegar até h é 3,3 citações
$CVdco$	33%	A cauda inferior da distribuição de citações tem variabilidade moderada ($CV_{dco} = 33%$).

Fonte: elaborado pelo autor.

Em relação ao pesquisador C pode-se verificar que ele tem menos publicações científicas (15 artigos) que autores A e B (30 artigos cada). No entanto, o comportamento do pesquisador C é parecido com o do pesquisador A.

Observa-se que os autores A e C têm valores parecidos para dci , isso significa ambos terem artigos altamente citados e esse fato indicar que o comportamento das citações do núcleo Hirsch desses autores são semelhantes.

Além dessas observações pode-se verificar que o índice g de C é 15 e coincidiu com o número de publicações, se o autor tivesse publicado mais artigos científicos o índice g dele seria maior, pois ele acumula 500 citações no h -core.

Por meio do índice $h^{(2)}$ pode-se identificar que o autor tem 6 artigos do núcleo Hirsch com pelo menos 36 citações cada. Além disso, a mediana de citações desse autor é 20 citações, caracterizando que metade de suas publicações tem mais que 20 citações.

Para esse pesquisador $dco = 3$, ou seja, há uma alta probabilidade de o autor incrementar o índice h , pois o CV_{dco} foi considerado baixo (30%).

O autor D apresentou uma distribuição de citações constante. Esta situação é considerada muito rara. Todas as citações desse pesquisador foram contabilizadas pelo índice h , determinando o índice $e = 0$ e, conseqüentemente, $dci = 0$, o que significa todos os valores das citações do h -core são iguais ao índice h , nesse caso, não há variabilidade na distribuição de citações. Esse autor também não tem probabilidade de incrementar o índice h , pois tem somente 10 artigos publicados (a inexistência de dco , evidencia que o pesquisador não tem artigos fora do núcleo Hirsch).

Quadro 4 – Índices do tipo h de Hirsch para o pesquisador C.

INDICADORES	AUTOR C	INTERPRETAÇÃO
<i>h</i>	10	O pesquisador C tem índice <i>h</i> igual a 10, ou seja, ele tem pelo menos 10 artigos com pelo menos 10 citações cada
<i>g</i>	15	O índice <i>g</i> para esse autor é 15, pois escreveu 15 artigos que têm, conjuntamente, pelo menos 225 citações.
<i>h</i> ²	6	O autor analisado tem $h^{(2)} = 6$, ou seja, tem 6 artigos, com pelo menos 36 citações cada.
<i>a</i>	50	Os artigos do núcleo Hirsch tem em média 50 citações/artigo.
<i>r</i>	23,1	A raiz das citações dos artigos do núcleo Hirsch é 23,1 citações ^{1/2}
<i>h</i> ^{<i>n</i>}	0,7	O pesquisador C publicou 15 artigos e tem <i>h</i> ^{<i>n</i>} de 0,7 citações/artigo.
<i>h_w</i>	20,6	A raiz das citações dos 6 primeiros artigos do núcleo Hirsch é 20,6 citações ^{1/2}
<i>m</i>	20	A mediana das citações dos artigos do pesquisador A é 20 citações.
<i>w</i>	5	o índice <i>w</i> do pesquisador é 5, pois os cinco primeiros artigos têm pelo menos 50 citações cada e os outros não têm mais que 60 citações cada.
<i>q</i> ²	14,1	A raiz do índice <i>h.m</i> é 14,1 citações.
<i>hg</i>	12,2	A raiz do índice <i>h.g</i> é 12,2 citações.
<i>e</i>	400	O número de citações do núcleo Hirsch não contabilizadas pelo índice <i>h</i> foi 400.
<i>dci</i>	40	A distância média entre as citações dos artigos do <i>h-core</i> e <i>h</i> é 40 citações.
<i>CVdci</i>	400%	O pesquisador C tem artigos altamente citados, pois o <i>CV_{dci}</i> é alto (400%).
<i>dco</i>	3	A distância média de citações necessárias para chegar até <i>h</i> é 3 citações
<i>CVdco</i>	30%	A cauda inferior da distribuição de citações tem variabilidade baixa (<i>CV_{dco}</i> = 30%).

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 5 – Índices do tipo h de Hirsch para o pesquisador D.

INDICADORES	AUTOR D	INTERPRETAÇÃO
<i>h</i>	10	O pesquisador D tem índice <i>h</i> igual a 10, ou seja, ele tem pelo menos 10 artigos com pelo menos 10 citações cada
<i>g</i>	10	O índice <i>g</i> para esse autor é 10, pois escreveu 10 artigos que têm, conjuntamente, pelo menos 10 citações.
<i>h</i> ²	3	O autor analisado tem $h^2 = 3$, ou seja, tem 3 artigos, com pelo menos 9 citações cada.
<i>a</i>	10	Os artigos do núcleo Hirsch tem em média 10 citações/artigo.
<i>r</i>	10	A raiz das citações dos artigos do núcleo Hirsch é 10 citações ^{1/2}
<i>h</i> ^{<i>n</i>}	1	O pesquisador D publicou 10 artigos e tem <i>h</i> ^{<i>n</i>} de 1 citações/artigo.
<i>h_w</i>	10	A raiz das citações dos 6 primeiros artigos do núcleo Hirsch é 10 citações ^{1/2}
<i>m</i>	10	A mediana das citações dos artigos do pesquisador D é 10 citações.
<i>w</i>	1	o índice <i>w</i> do pesquisador é 1, pois existe 1 artigo com 10 citações e os outros não tem mais de 20 citações cada.
<i>q</i> ²	10	A raiz do índice <i>h.m</i> é 10 citações.
<i>hg</i>	10	A raiz do índice <i>h.g</i> é 10 citações.
<i>e</i>	0	Todas as citações foram contabilizadas pelo índice <i>h</i> .
<i>dci</i>	0	Não há distância entre os artigos do <i>h-core</i> e <i>h</i> .
<i>CVdci</i>	0%	Não há variabilidade na distribuição de citações para o pesquisador D.
<i>dco</i>	-	Não existe cauda inferior para a distribuição de citações do pesquisador D.
<i>CVdco</i>	-	Não há variabilidade na distribuição de citações para o pesquisador D.

Fonte: elaborado pelo autor.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os indicadores de impacto destinados a avaliar o desempenho científico dos pesquisadores destaca-se o índice *h*. Esse indicador adquiriu rapidamente visibilidade e passou a ser critério de avaliação em diversas agências de fomento, por ser considerado um indicador robusto e por avaliar, simultaneamente, os aspectos relativos à produção e o impacto científico do avaliado.

Entretanto, ele apresenta deficiências e limitações, dentre as quais destaca-se *h* sua incapacidade para discriminar os diferentes perfis da distribuição de citação, em especial, aquelas que possuem caudas superior e inferior ao *h-core* densas.

Os indicadores bibliométricos derivados e complementares ao índice *h* de Hirsch, permitem mensurar e avaliar as caudas superior e inferior da distribuição das citações de um pesquisador, pois contribuem para avaliar a adequação do índice *h* como representativo do impacto científico do pesquisador avaliado, ao possibilitar distinguir, de forma objetiva, diferenças entre o impacto científico acumulado de pesquisadores de um mesmo domínio científico.

Finalizando, menciona-se que o próprio Hirsch (2005) destacou que, embora o índice *h* seja preferível a outros indicadores tradicionalmente usados para se avaliar o desempenho científico, um único indicador, utilizado de forma isolada, não é suficiente para descrever as múltiplas faces do desempenho científico de um pesquisador, sendo necessária uma análise multidimensional para retratar o perfil científico de um pesquisador.

REFERÊNCIAS

ALONSO S, CABRERIZO FJ, HERRERA-VIEDMA E, HERRERA F hg-index: A new index to characterize the scientific output of researchers based on the h- and g-indices. **Scientometrics**. v. 82, n. 2, p. 391-400, 2010.

BORNMANN, L.; MUTZ, R.; DANIEL, H-D. Are there better indices for evaluation purposes than the h index? A comparison of nine different variants of the h index using data from biomedicine. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, New York, v. 59, n. 5, p. 830-837, 2008.

BURRELL, Q. L. Hirsch's h-index and Egghe's g-index. In D. Torres-Salinas & H. F. Moed (Eds.), **Proceedings of ISSI 2007.11ª Conferência Internacional da Sociedade Internacional de Cienciometria e Informetria**, p. 162-169, 2007.

_____. On the h-index, the size of the Hirsch core and Jin's A-index. **Journal of Informetrics**. v. 1, n. 2, p. 170–177, 2007.

CABRERIZO, F.J., ALONSO, S., HERRERA-VIEDMA, E., HERRERA, F. q²-Index: Quantitative and Qualitative Evaluation Based on the Number and Impact of Papers in the Hirsch Core. **Journal of Informetrics**. v. 4, n. 1, p. 23-28, 2009.

DORTA-GONZÁLEZ, P.; DORTA-GONZÁLEZ, M. I. Indicador bibliométrico basado en el índice h. **Revista Española de Documentación Científica**. p. 225-245, 2010.

EGGHE, L. An improvement of the h-index: the g-index. **ISSI Newsletter**, v. 2, n. 1, p. 8-9, 2006.

EGGHE, L. The Hirsch index and related impact measures. **Annual review of information science and technology**, White Plains, v. 44, p. 65-114, 2010.

EGGHE L; ROUSSEAU R An h-index weighted by citation impact. **Information Processing and Management**. v. 44, n. 2, p.770-780, 2008.

GARFIELD, E. Is citation analysis a legitimate evaluation tool? **Scientometrics**. Amsterdam, v. 1, n. 4, p. 359-375, 1979.

GLÄNZEL, W. **Bibliometrics as a research field: a course on theory and application of bibliometric indicators**. [S.l.]: Coursehandouts, 2003.

HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 102, n. 46, p. 16569-16572, Nov. 2005.

JIN, B. *h*-index: an evaluation indicator proposed by scientist. **Science Focus**, v.1, n. 1, p. 8–9, 2006.

JIN, B., LIANG, L., ROUSSEAU, R., EGGHE, L. The R- and AR indices: Complementing the h-index. **Chinese Science Bulletin**, v. 52, n. 6, p. 855–863, 2007.

KOSMULSKI, M. A new Hirsch-type index saves time and works equally well as the original h-index. **ISSI Newsletter**, v. 2, n. 3, p. 4–6, 2006.

MARQUES, F. Os limites do índice-h: supervalorização do indicador que combina qualidade e quantidade da produção científica gera controvérsia. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 207, p. 35-39, maio 2013.

MUGNAINI, R.; JANNUZZI, P. M.; QUONIAM, L. Indicadores bibliométricos da produção científica brasileira: uma análise a partir da base Pascal. **Revista Ciência e Informação**. v. 33, p. 123-131, 2004.

OLIVEIRA, E. F. T.; GRÁCIO, M. C. C. Indicadores bibliométricos em ciência da informação: análise dos pesquisadores mais produtivos no tema estudo métricos na base Scopus. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 16, n.4, p. 16 – 28, out/dez, 2011.

ROSAS, F. S. Indicadores de impacto, visibilidade e colaboração para a produção científica da Pós-graduação brasileira: um estudo nos programas de excelência na área de Zootecnia. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciências, 2013.

ROUSSEAU, R. (2006). New developments related to the Hirsch index. **e-prints in library & information science**. Disponível em:
http://eprints.rclis.org/7616/1/Hirsch_new_developments.pdf. Acesso em: 06 de fev 2017.

SIDIROPOULOS A, KATSAROS D, MANOLOPOULOS Y (2007) Generalized Hirsch h-index for disclosing latent facts in citation networks. **Scientometrics**. v. 72, n. 2, p. 253-280, 2007.

SILVA, D. D. Medida de dispersão para o índice h: proposta de um indicador do tipo h de Hirsch. **Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciências**, 2018.

SILVA, D. D., GRÁCIO, M. C. C. Indicadores bibliométricos de impacto: estudo comparativo entre os índices h e g aplicados aos pesquisadores mais produtivos na temática Estudos Métricos. In: ENCUENTRO IBÉRICO EDICIC, 7., 2015, Madrid. **Desafios y oportunidades de las Ciencias de la Información y Documentación en la era digital. Madrid: Universidad Complutense**, 2015. 10 p. Disponível em: http://edicic2015.org.es/ucmdocs/actas/art/230-Deolindo_indicadores-G-H.pdf.> Acesso em: 26 ago. 2016.

SILVA, D. D., GRÁCIO, M. C. C. Dispersion measures for h-index: a study of the Brazilian researchers in the field of mathematics. **Scientometrics**, v. 126, n.3, p. 1983-2011, 2021.

SHING, M.; KUMAR, S. Application of h and g indices to Quantify Scientific Productivity of Physicists at JNU, India, **Library Philosophy and Practice (e-journal)**, p. 1028 (2014). Disponível em: <https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/1028>. Acesso em: 30 jan 2015.

THOMAZ, P. G; ASSAD, R. S.; MOREIRA, L. F. P. Uso do fator de impacto e do índice h para avaliar pesquisadores e publicações. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, p. 90-93, 2011.

VANZ, S. A. S.; STUMPF, I. R. C. Procedimentos e ferramentas aplicados aos estudos bibliométricos. **Informação e Sociedade**, v. 20, n.2, p. 67-75, maio/ago. 2010.

VANZ, S. A. S.; CAREGNATO, S. E. Estudos de Citação: uma ferramenta para entender a comunicação. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 295-307, jul/dez, 2003.

WU Q. The w-Index: A Measure to Assess Scientific Impact by Focusing on Widely Cited Papers. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**. v. 61, n. 3, p. 609-614, 2010.

ZHANG C. T. The e-Index, Complementing the h-Index for Excess Citations. **PLoS ONE**. v.4, n. 5, e5429, 2009.