

GRÁFICOS DE CONTROLE *FUZZY*: A EVOLUÇÃO E AS TENDÊNCIAS PARA PESQUISAS FUTURAS NOS ULTIMOS DEZ ANOS POR MEIO DE UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

FUZZY CONTROL CHARTS: THE EVOLUTION AND TRENDS FOR FUTURE RESEARCHES IN THE LAST TEN YEARS THROUGH A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Amanda dos Santos Mendes* E-mail: prof.amandasmendes@gmail.com
Marcela Aparecida Guerreiro Machado de Freitas* E-mail: marcela.freitas@unesp.br
Paloma M. S. Rocha Rizol* Email: paloma.rizol@unesp.br
*Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, SP

Resumo: Os gráficos de controle *fuzzy* podem ser amplamente utilizados, apesar de serem uma ferramenta da qualidade relativamente nova. Este artigo relata uma análise e interpretação bibliométrica de dados de artigos relativos a gráficos de controle *fuzzy* de 2007 a 2017. A contribuição científica deste artigo é demonstrar indicadores bibliométricos e apresentar sugestões para futuras pesquisas. Com isso, incentiva-se as direções existentes neste campo de pesquisa e explora-se novos horizontes. Os resultados revelaram que Cengiz Kahraman é o autor mais citado no que se refere a gráficos de controle *fuzzy* e Istanbul Teknik Universitesi, é a instituição mais citada, colocando a Turquia como o país que mais se destaca em tal área de pesquisa. O artigo mais citado é “*An alternative approach to fuzzy control charts: Direct fuzzy approach*”, de Gulbay e Kahraman, publicado no periódico mais citado, *Information Sciences*. A principal tendência para pesquisas futuras observada foi a aplicação de conjuntos *fuzzy type-2* nos gráficos de controle.

Palavras-chave: Controle estatístico do processo. Gráficos de controle *fuzzy*. Conjunto *fuzzy*. Indicadores bibliométricos. Impacto científico

Abstract: Fuzzy control charts are widely used despite being a relatively new research tool. This article reports a bibliometric analysis and interpretation of data from articles on fuzzy control charts from 2007 to 2017. The scientific contribution of this article is to demonstrate bibliometric indicators and present suggestions for future research. Through this, it encourages existing directions in this field of research and the exploration of new ones. The results revealed that Cengiz Kahraman is the most cited author in fuzzy control charts and Istanbul Teknik Universitesi is the institution most often mentioned. With respect to the countries, Turkey occupies first place. The most cited article is “*An alternative approach to fuzzy control charts: Direct fuzzy approach*”, by Gulbay and Kahraman, published in the most cited journal, *Information Sciences*. The main trend for future research observed was the application of type-2 fuzzy sets in the control charts.

Keywords: Statistical process control. Control chart fuzzy. Fuzzy sets. Bibliometric indicators. Scientific impact.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade é um dos fatores mais importantes na decisão dos consumidores

de comprar produtos e serviços. Para sobreviver no mundo competitivo de hoje, as organizações devem constantemente aplicar ferramentas de controle de qualidade para garantir que os produtos e serviços sejam adaptados aos desejos do cliente e às especificações do mercado (MONTGOMERY, 2009).

O controle estatístico de processos (CEP) é o conjunto de técnicas e ferramentas estatísticas que permitem a produção de produtos de alta qualidade. O CEP é amplamente empregado em toda a indústria e é uma técnica para melhorar a qualidade e a produtividade. A técnica de CEP mais comum é o gráfico de controle estatístico, desenvolvido por Walter Andrew Shewhart. Esses gráficos são amplamente utilizados para garantir um processo livre de causas específicas de variabilidade, possibilitando a redução dos custos de produção (WANG; LI; YASUDA, 2014).

O modelo de gráfico de controle inicial desenvolvido demonstra uma representação estatística do comportamento das amostras ao longo do tempo. Três linhas são desenhadas, denominadas limite superior de controle, limite central de controle e limite inferior de controle. Os pontos plotados são comparados com esses limites calculados e, se um ponto estiver fora dos limites, o gráfico sinaliza que o processo está fora do controle estatístico (KAYA; ERDOGAN; YILDIZ, 2017).

Esses gráficos podem ser classificados em dois tipos: variável ou atributo. Os gráficos de controle variável servem para monitorar processos cujas características de qualidade são mensuráveis. No entanto, nem sempre é através de medições que a qualidade de um produto é avaliada. Quando um item é classificado como defeituoso ou não defeituoso, os gráficos de controle de atributos podem ser usados para monitorar o número de defeitos no processo (MASSOD; SHYEN, 2016).

Além de poder monitorar variáveis e atributos, os gráficos de controle podem ser classificados como univariados quando eles estudam apenas uma característica de qualidade do processo ou multivariados ao monitorar duas ou mais características de qualidade do processo. Entre os gráficos de controle de variáveis, os mais utilizados são aqueles que monitoram a média e a amplitude do processo (SHONGWE; GRAHAM, 2016).

Gráficos de controle tradicionais são construídos usando dados precisos. No entanto, os dados do mundo real são extremamente complicados de se lidar, pois, envolvem um certo nível de incerteza, que pode provir tanto de julgamentos

humanos quanto de instrumentos de medição. Essas causas de variabilidade criam imprecisão no sistema de medição. Nessa situação, nem um modelo determinístico nem um modelo probabilístico refletem adequadamente o sistema real, portanto, nesse caso, os gráficos tradicionais de Shewhart não podem ser usados. Uma maneira de explicar essa incerteza no mundo real é aplicar a teoria dos conjuntos *fuzzy* proposta por Zadeh (1965) para modelar dados incertos e fornecer maior flexibilidade para limites de controle (SHABANI; NADARAJAH; ALIZADEH, 2017).

A pesquisa de Wang e Raz (1990) foi o primeiro estudo mostrando que conjuntos *fuzzy* podem ser usados em gráficos de controle. Os autores utilizaram valores representativos para transformar os números *fuzzy* em escalares, de modo a facilitar a plotagem dos pontos de amostragem e a comparação com os gráficos de controle tradicionais.

Gulbay e Kahraman (2007) trouxeram algumas contribuições para os gráficos de controle *fuzzy* baseadas em métodos de transformação *fuzzy* pelo uso de α -cut para fornecer a habilidade de determinar o grau da inspeção: quanto maior o valor da inspeção mais rigorosa. Em relação aos gráficos de controle *fuzzy* existentes, a abordagem proposta é bem diferente no sentido de que não requer o uso da defuzzificação.

Senturk e Erginel (2009) utilizaram o método de transformação α -level *midrange* para construir os gráficos de controle $\bar{X} - R$ e $\bar{X} - S$. Os autores concluíram que, utilizando os gráficos de controle *fuzzy*, a flexibilidade dos limites de controle dos gráficos tradicionais é aumentada.

Erginel *et al.* (2011) introduziram o desvio padrão *fuzzy* para obter o gráfico de controle *fuzzy* $\bar{X} - S$. Este gráfico foi empregado na indústria de alimentos para monitorar se os processos estavam ou não sob controle. Concluíram que a teoria dos conjuntos *fuzzy* é aplicável aos gráficos tradicionais, pois, observações próximas aos limites de controle podem causar alarmes falsos nos gráficos de controle tradicionais e observações *fuzzy* podem fornecer mais flexibilidade para controlar o processo.

Alizadeh e Ghomi (2011) desenvolveram gráficos de controle *fuzzy* para média e amplitude usando quatro métodos de transformação. A eficiência dos gráficos de controle construídos foi analisada em termos do número médio de

amostras até o sinal (NMA). Neste trabalho os autores estudaram como o nível α influencia o poder de detecção do gráfico de controle *fuzzy*.

Senturk e Antucheviciene (2017) propuseram pela primeira vez gráficos de controle *fuzzy* para o atributo usando a lógica *fuzzy type-2*. Nos conjuntos *fuzzy type-1*, cada elemento possui um grau de pertinência dentro do intervalo [0, 1] e é bidimensional. Nos conjuntos *fuzzy type-2* um traço a mais de incerteza é incluído, já que suas funções de pertinência são tridimensionais.

Este artigo apresenta uma análise bibliométrica do período de 2007 a 2017 para verificar o estado da pesquisa sobre os gráficos de controle *fuzzy* nos últimos dez anos com relação aos artigos mais citados e o quanto eles têm contribuído para a comunidade acadêmica, bem como os autores que têm mais citações na área, a fim de identificar sugestões para pesquisas futuras, entre outros indicadores bibliométricos.

A análise bibliométrica é um método preciso e objetivo que mede a contribuição de um artigo para o avanço do conhecimento. É frequentemente usado para investigar tendências e desempenho de um determinado assunto (Yang *et al.*, 2013). A avaliação quantitativa de dados de publicação e citação, seja bibliométrica ou cientiométrica, é usada em quase todos os países do mundo, especialmente em universidades e instituições de pesquisa, geralmente para apoiar decisões promocionais ou de financiamento (BLAGUS; LESKOSEK; STARE, 2015).

Tradicionalmente, a análise bibliométrica envolve a realização de pesquisas sobre a tendência de um determinado assunto. O número de publicações e contagens de citações são os indicadores mais utilizados na análise bibliométrica. O número de citações demonstra a utilidade de um determinado artigo para outras publicações e o quanto ele influencia um campo de pesquisa (ZHANG; GUAN, 2017)

Existem trabalhos semelhantes na literatura, como Nasiri e Darestani (2016). Os autores realizaram uma revisão de literatura sobre gráficos de controle *fuzzy* entre 1990 e 2012. Eles avaliaram o ano de publicação, título do periódico, classificação do gráfico de controle, classificação das funções de pertinência *fuzzy*, local de pesquisa, fonte de dados e afiliação do autor.

Além desta introdução, o artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 explica o método de pesquisa utilizado; a Seção 3 descreve a análise bibliométrica de publicações sobre gráficos de controle *fuzzy* de 2007 a 2017; a Seção 4

apresenta tendências futuras de pesquisa; e a última Seção apresenta as conclusões.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Os dados para esta análise bibliométrica foram coletados utilizando a bases de dados *Scopus* que é a principal fonte de dados de citação e, portanto, comumente utilizada em análises bibliométricas. A base de dados *Scopus* foi utilizada como fonte principal, uma vez que fornece uma visão geral de vários assuntos e produção de pesquisas em ciência, tecnologia, medicina, humanidades e outros campos, fornecendo uma ampla gama de análises estatísticas, tornando-se uma ferramenta interdisciplinar colaborativa.

O tema utilizado na pesquisa foi “gráfico de controle *fuzzy*”. Foram encontrados 68 documentos no período de 2007 a 2017. Restringiu-se os documentos encontrados apenas em “artigos” pois são considerados mais confiáveis pela comunidade acadêmica.

Os dados extraídos da plataforma foram utilizados para contabilizar os seguintes indicadores: número de documentos por ano; número de publicações por área de conhecimento; número de documentos por país; número de citações e número de publicações por instituição; número de documentos e citações por periódico e o índice *Scimago Journal Rank* (SJR) correspondente, considerado como uma medida de impacto ou influência no periódico. Ele expressa o número médio de citações ponderadas recebidas no ano selecionado pelos documentos publicados na revista nos três anos anteriores (SCIMAGO LAB, 2017)

Identificou-se os artigos mais citados da plataforma *Scopus* selecionando a opção " citada por ", assim como outras informações relacionadas como autores, ano de publicação, periódico, SJR, volume e edição. A evolução das citações de tais artigos durante o período de abrangência do estudo também foi analisada.

Os autores mais citados foram verificados, bem como seus país, o índice *h-index* para quantificar a produtividade e impacto dos cientistas com base em seus artigos mais citados, número de publicações sobre diversos assuntos, número de publicações no assunto "gráfico de controle *fuzzy*", quantidade de citações gerais e no tema "gráfico de controle *fuzzy*".

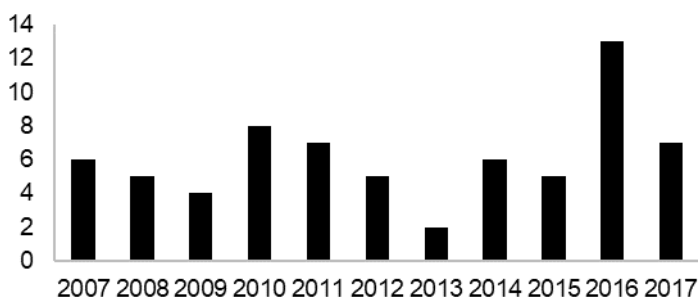
3 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Esta seção descreve a análise dos resultados obtidos pelas buscas, conforme descrito na seção anterior. Como já mencionado, apenas publicações de 2007 a 2017 foram analisadas.

A Figura 1 ilustra as publicações por ano para este período. Enquanto as publicações anuais diminuíram no período de 2007 a 2008, houve um salto de 2009 para 2010. Em 2007, Gulbay *et al.* publicou um artigo que influenciou fortemente a literatura sobre o assunto, uma vez que foi citado em cerca de 13% dos artigos subsequentes sobre gráficos de controle *fuzzy*. Senturk e Erginel (2009) e Alaeddini, Ghazanfari e Nayeri (2009) foram citados em quase 9% dos documentos de 2007 a 2017. Senturk e Erginel (2009) desenvolveram gráficos de controle *fuzzy* $\bar{X} - R$ e $\bar{X} - s$, que guiou vários pesquisadores nos anos seguintes após estabelecerem em sua pesquisa as equações matemáticas que representam os limites de controle para tais gráficos.

Observa-se redução nos anos seguintes, principalmente em 2013. Embora as publicações tenham diminuído, em 2011, Kaya *et al.* publicou um artigo sobre gráfico de controle *fuzzy* e análise de capacidade do processo que foi frequentemente citada para o restante do período estudado. Nota-se que maior número de documentos ocorreu em 2016.

Figura 1- Número de publicações por ano

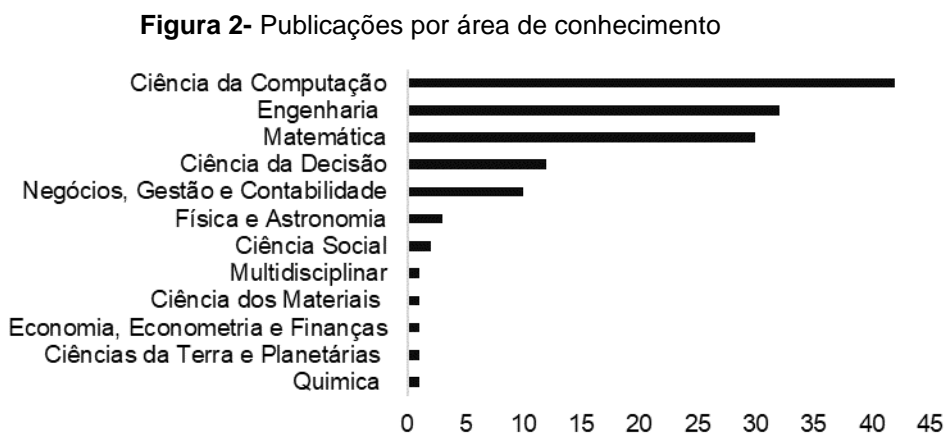


Fonte: Base de dados *Scopus*

Nas subseções seguintes, o número de publicações por área de conhecimento e por países, instituições, periódicos, autores e publicações mais citados na literatura sobre gráficos de controle *fuzzy* são analisados.

3.1 Análise por área de conhecimento

A Figura 2 ilustra as áreas em que os artigos sobre gráficos de controle *fuzzy* foram publicados. A importância do tema para o desenvolvimento do conhecimento científico pode ser identificada através da correlação entre as áreas de pesquisa e o número de artigos que foram publicados sobre o assunto em cada um deles. Embora gráficos de controle *fuzzy* seja utilizado em várias áreas de pesquisa, observa-se sua aplicação principalmente nas ciências exatas, especialmente em ciência da computação, engenharia e matemática. Cerca de 47% de todas as publicações estavam concentradas na área de engenharia e quase 62% dos documentos estavam na área de informática.



Fonte: Base de dados *Scopus*

3.2 Análise por país

A Tabela 1 apresenta os seis países mais citados na literatura sobre gráficos de controle difuso: Turquia com 316 citações, Irã com 237 citações, Taiwan com 100 citações, Estados Unidos com 83 citações, Canadá com 69 citações; e Holanda com 14 citações.

Esses países também foram os seis países com maior número de publicações, mas em uma ordem diferente. O país com o maior número de publicações no período foi o Irã, com 24 documentos, tendo uma pequena vantagem em relação ao segundo classificado da Turquia, com 17 publicações. Esses dois países juntos produziram cinco vezes mais publicações do que Taiwan, em terceiro lugar com oito documentos, seguidos de perto pela China com sete publicações, e

depois os Estados Unidos com quatro e o Canadá com três documentos. Juntos, esses seis países foram a origem de 63 dos 68 artigos, ou 93% de todas as publicações.

Tabela 1- Análise dos países mais citados na literatura com base nos dados do *Scopus*

País	Número de documentos	Citações
Turquia	17	316
Iran	24	237
Taiwan	8	100
Estados Unidos	4	83
Canada	3	69
China	7	14

Fonte: Produção do próprio autor

3.3 Análise por instituição

A Tabela 2 demonstra uma visão geral das seis instituições mais citadas na literatura sobre gráficos de controle *fuzzy*. A *Istanbul Teknik Universitesi* ocupa a primeira posição, enquanto o segundo e terceiro lugares são ocupados respectivamente pela *Amirkabir University of Technology* e pela *Iran University of Science and Technology*. A quarta e sexta instituições mais citadas estão na Turquia. A quinta instituição mais citada é a *Islamic Azad University -Qazvin Branch*, localizada no Irã. Portanto, as seis instituições com maior número de citações na literatura sobre gráficos de controle *fuzzy* estão localizadas nos dois países mais citados, conforme indicado na subseção anterior.

Tabela 2- Análise das instituições mais citadas na literatura com base nos dados do *Scopus*

Instituição	País	Número de documentos	Citações
Istanbul Teknik Universitesi	Turquia	7	181
Amirkabir University of Technology	Irã	6	134
Iran University of Science and Technology	Irã	5	112
Anadolu Universitesi	Turquia	9	95
Islamic Azad University, Qazvin Branch	Irã	4	31
Yildiz Technical University	Turquia	4	24

Fonte: Produção do próprio autor

3.4 Análise por periódico

A Tabela 3 mostra os seis periódicos mais citados na literatura sobre gráficos de controle *fuzzy*. Devido ao fato de que os 68 documentos deste estudo foram

publicados em 41 periódicos diferentes, o número de citações é relativamente alto entre os seis primeiros.

Três artigos publicados no periódico *Information Sciences* juntos obtiveram 190 citações. No *Expert Systems with Applications*, dois artigos representaram 70 do número total de citações. Já no periódico *Applied Soft Computing Journal*, um único artigo representou 32 das 50 citações, enquanto no *Journal of Intelligent Manufacturing*, um artigo foi responsável por 32 das citações totais e no *Journal Quality and Quantity* um artigo foi responsável por 31 das 36 citações. Finalmente, em *Computers and Industrial Engineering*, um artigo atraiu 22 das 25 citações. Em todos os seis periódicos citados, a alta classificação está relacionada principalmente ou totalmente às citações de um único documento, com exceção do *Information Sciences*, em que três artigos foram responsáveis por 75% das citações. A Tabela 3 também mostra o índice *SJR* de cada periódico.

Tabela 3- Análise dos periódicos mais citados na literatura com base nos dados do *Scopus*

Periódico	Número de documentos	Citações	<i>SJR</i> (2017)
Information Sciences	6	254	1,635
Expert Systems with Applications	3	78	1,271
Applied Soft Computing Journal	4	50	1,199
Journal of Intelligent Manufacturing	2	41	1,179
Quality and Quantity	2	36	0,337
Computers and Industrial Engineering	2	25	1,463

Fonte: Produção do próprio autor

3.5 Análise por autor

Os 10 autores mais citados na literatura sobre gráficos de controle *fuzzy* são apresentados na Tabela 4, juntamente com suas respectivas instituições. Com exceção de Alaeddini, A., Faraz, A., Gulbay, M. e Turksen, I.B. Todos os outros seis autores representam algumas das seis instituições mais citadas. Do grupo dos dez autores mais citados, sete pertencem a instituições localizadas nos dois países com maior número de citações.

A Tabela 4 também demonstra quantos artigos os autores publicaram em gráficos de controle *fuzzy* comparados com o valor total de suas publicações no período de 2007 a 2017, e também compara as citações cumulativas de documentos de assuntos diversos com citações de documentos em gráficos de controle *fuzzy*. Embora quase todas as citações de Gulbay e muitas de Senturk sejam sobre

gráficos de controle *fuzzy*, para outros autores, as publicações sobre esse tópico representam apenas uma porcentagem muito pequena de sua produção total.

Artigos sobre gráficos de controle *fuzzy* compõem uma porcentagem maior do total de publicações em termos de citações do que em termos de quantidade de publicação. Isso se deve ao fato de que, para quase todos os autores, pelo menos uma publicação sobre gráficos de controle *fuzzy* estava entre seus documentos mais citados no período de 2007 a 2017. O primeiro, segundo e terceiro documentos mais citados de Alaeddini, A. O artigo mais citado de Senturk, S., e o trabalho mais citado de Erginel, N. são sobre gráficos de controle *fuzzy*.

3.6 Análise por publicação

A Tabela 5 apresenta as 10 publicações com maior número de citações. Essas publicações acumularam 413 das 637 citações de todos os artigos deste estudo. Isso significa que 15% dos documentos representam cerca de 65% de todas as citações.

Nas linhas 2 e 3, 5, 6, 7 e 8, assim como 9 e 10, os documentos têm o mesmo número de citações, então essas linhas são ordenadas por ano de publicação, com a publicação mais recente ocupando a maior classificação porque foi citado com igual frequência, mas em um curto período de tempo. As 10 publicações mais citadas foram originadas exclusivamente do primeiro, segundo e quarto país com a maior contagem de citações, com exceção de um artigo na nona posição. Além disso, as 10 publicações mais citadas foram publicadas nos seis periódicos mais citados.

A Tabela 6 demonstra a evolução das citações dos 10 artigos mais citados ao longo dos anos. O número de citações da primeira publicação em geral aumentou a cada ano, com exceção de pequenos declínios em 2011, 2013 e 2015, e uma redução maior em 2012. Além disso, em quase todas as publicações houve crescimento de 2009 a 2010

Tabela 4- Análise dos autores mais citados na literatura com base nos dados *do Scopus*

Autor	Filiação	País	h-index	Número de publicações	Número de citações	Número de publicações		Número de citações	
						Gráfico de controle fuzzy	Total	Gráfico de controle fuzzy	Total
Kahraman , Cengiz	Istanbul Teknik Universitesi	Turkey	50	6	149				
Alaeddini ,Adel	University of Texas at San Antonio	United States	7	4	121				
Kaya , İhsan	Yildiz Technical University	Turkey	23	6	99				
Senturk ,Sevil	Anadolu Universitesi	Turkey	5	8	91				
Zarandi ,Mohammad Hossein Fazel	Amirkabir University of Technology	Iran	15	3	90				
Erginel, Nihal	Anadolu Universitesi	Turkey	8	6	82				
Gulbay ,Murat	Gaziantep Universitesi	Turkey	7	2	82				
Turksen, I.B.	University of Economics and Technology,	Turkey	32	2	63				
Faraz, Alireza	Universite de Liege	Belgium	11	3	60				
Ghazanfari, M.	Iran University of Science and Technology	Iran	14	2	40				

Fonte: Produção do próprio autor

Tabela 5- Análise das publicações mais citadas na literatura com base nos dados do *Scopus*

Título	Autor	Periódico	Volume	Edição	SJR (2017)	Ano	Citações
An alternative approach to fuzzy control charts: Direct fuzzy approach	Gulbay, M; Kahraman, C.	Information Sciences	177	6	1,635	2007	82
Development of fuzzy X-R and X-S control charts using α -cuts	Senturk, S.; Erginel, N.	Information Sciences	179	10	1,635	2009	54
A hybrid fuzzy adaptive sampling – Run rules for Shewhart control charts	Zarandi, M; Alaeddini, A; Turksen, I.B.	Information Sciences	178	4	1,635	2008	54
Process capability analyses based on fuzzy measurements and fuzzy control charts	Kaya, I.; Kahraman, C.	Expert Systems with Applications	38	4	1,271	2011	43
A fuzzy approach to define sample size for attributes control chart in multistage processes: An application in engine valve manufacturing process	Engin, O., Çelik, A., Kaya, I.	Applied Soft Computing Journal	8	4	1,199	2008	32
Identification of control chart patterns using wavelet filtering and robust fuzzy clustering	Wang, C.H., Kuo, W.	Journal of Intelligent Manufacturing	18	3	1,179	2007	32
A hybrid fuzzy-statistical clustering approach for estimating the time of changes in fixed and variable sampling control charts	Alaeddini, A., Ghazanfari, M., Nayeri, M.A.	Information Sciences	179	11	1,635	2009	31
Fuzzy control chart a better alternative for shewhart average chart	Faraz, A., Moghadam, M.B.	Quality and Quantity	41	3	0,337	2007	31
A general fuzzy-statistical clustering approach for estimating the time of change in variable sampling control charts	Zarandi, M.H.F., Alaeddini, A.	Information Sciences	180	16	1,635	2010	27
The application of control chart for defects and defect clustering in IC manufacturing based on fuzzy theory	Hsieh, K.L., Tong, L.I., Wang, M.C.	Expert Systems with Applications	32	3	1,271	2007	27

Fonte: Produção do próprio autor

Tabela 6 - Análise da evolução da citação dos artigos mais citados na literatura com base em dados do *Scopus*

Artigo	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
An alternative approach to fuzzy control charts: Direct fuzzy approach	1	4	9	12	8	3	6	11	8	10	10
Development of fuzzy X-R and X-S control charts using α -cuts	0	0	0	9	4	3	1	13	5	11	8
A hybrid fuzzy adaptive sampling – Run rules for Shewhart control charts	0	0	6	8	6	8	4	7	7	6	2
Process capability analyses based on fuzzy measurements and fuzzy control charts	0	0	0	0	3	3	3	8	5	11	10
Identification of control chart patterns using wavelet filtering and robust fuzzy clustering	0	0	1	5	4	6	2	1	6	4	3
A fuzzy approach to define sample size for attributes control chart in multistage processes: An application in engine valve manufacturing process	0	0	4	5	6	4	2	0	4	5	2
Fuzzy control chart a better alternative for Shewhart average chart	0	1	2	4	3	0	2	6	3	7	3
A hybrid fuzzy-statistical clustering approach for estimating the time of changes in fixed and variable sampling control charts	0	0	0	5	2	4	3	4	4	8	1
A general fuzzy-statistical clustering approach for estimating the time of change in variable sampling control charts	0	0	0	0	4	5	2	5	3	7	1
The application of control chart for defects and defect clustering in IC manufacturing based on fuzzy theory	0	3	3	6	2	3	1	3	3	2	1

Fonte: Produção do próprio autor

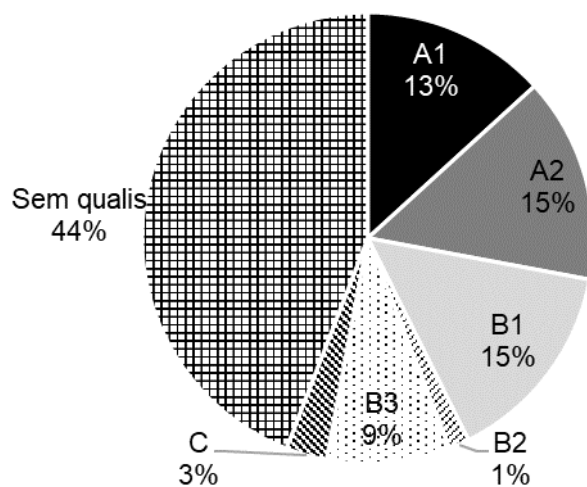
3.7 Análise do Qualis dos artigos

A Figura 3, ilustra os Qualis da Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES) dos artigos pesquisados neste trabalho para área de Engenharias III.

A maior parte dos artigos não possui Qualis segundo a CAPES. Isso deve-se ao periódico não ter sido avaliado ainda e não possuir publicações de pesquisadores brasileiros. Tal fato não significa que o periódico não tenha publicações de alto nível e um bom fator de impacto. A longo prazo estas revistas poderão ser avaliadas e receberem o Qualis conivente com seu fator de impacto

Juntos os trabalhos publicados em revistas A1 e A2 somam juntos 28% assim como as pesquisas em periodicos de Qualis B e C que também representam 28% do total de trabalhos.

Figura 3 - Qualis dos artigos analisados



Fonte: Produção do próprio autor

Em relação aos 10 artigos mais citados a Tabela 7 apresenta os seus Qualis CAPES. Observa-se que praticamente todos os trabalhos mais citados durante o período estudado possuem Qualis A1 e A2.

A partir dessas informações, nota-se a importância do tema, uma vez que os trabalhos são publicados em importantes revistas, principalmente em periódicos internacionais.

Tabela 7- Qualis CAPES dos 10 artigos mais citados

Título	Autor	Periódico	Qualis CAPES
An alternative approach to fuzzy control charts: Direct fuzzy approach	Gulbay, M; Kahraman, C.	Information Sciences	A1
Development of fuzzy X-R and X-S control charts using α -cuts	Senturk, S.; Erginel, N.	Information Sciences	A1
A hybrid fuzzy adaptive sampling – Run rules for Shewhart control charts	Zarandi, M; Alaeddini, A; Turksen, I.B.	Information Sciences	A1
Process capability analyses based on fuzzy measurements and fuzzy control charts	Kaya, I.; Kahraman, C.	Expert Systems with Applications	A1
A fuzzy approach to define sample size for attributes control chart in multistage processes: An application in engine valve manufacturing process	Engin, O., Çelik, A., Kaya, I.	Applied Soft Computing Journal	A2
Identification of control chart patterns using wavelet filtering and robust fuzzy clustering	Wang, C.H., Kuo, W.	Journal of Intelligent Manufacturing	A2
A hybrid fuzzy-statistical clustering approach for estimating the time of changes in fixed and variable sampling control charts	Alaeddini, A., Ghazanfari, M., Nayeri, M.A.	Information Sciences	A1
Fuzzy control chart a better alternative for shewhart average chart	Faraz, A., Moghadam, M.B.	Quality and Quantity	B1
A general fuzzy-statistical clustering approach for estimating the time of change in variable sampling control charts	Zarandi, M.H.F., Alaeddini, A.	Information Sciences	A1
The application of control chart for defects and defect clustering in IC manufacturing based on fuzzy theory	Hsieh, K.L., Tong, L.I., Wang, M.C.	Expert Systems with Applications	A1

Fonte: Produção do próprio autor

4 TENDÊNCIAS DE PESQUISAS FUTURAS

Para avaliar as tendências futuras da pesquisa, analisamos os artigos publicados em 2017 em relação às sugestões de pesquisas futuras que os autores propuseram. Limitamos essa análise aos artigos de 2017, pois são as últimas propostas para pesquisas futuras. Dos 68 artigos publicados em gráficos de controle *fuzzy*, sete são de 2017. O primeiro e o quarto artigos não apresentaram propostas para pesquisas futuras e o último artigo não foi acessível. Portanto, apenas os quatro artigos restantes foram analisados. A Tabela 8 apresenta esses artigos, assim como seus autores e os periódicos nos quais foram publicados.

No artigo " *Analysis and control of variability by using fuzzy individual control charts* " por Kaya, Erdogan e Yildiz (2017), os autores analisaram a volatilidade do retorno do Índice de Bolsa de Valores de Istambul -30 (BIST-30) por meio de gráfico de controle *fuzzy* para valores individuais, que foi proposto para uso na determinação e controle das variáveis do índice. Uma aplicação de caso real para a Bolsa de Valores de Istambul para o BIST-30 foi usada para verificar a efetividade dos gráficos de controle *fuzzy* sugeridos. Para pesquisas futuras, os autores sugeriram o uso de outros tipos de conjuntos difusos, como conjuntos *fuzzy type- 2*, conjuntos hesitantes e intuicionistas para criar gráficos de controle de alcance individuais e móveis. Além disso, os autores afirmaram que diferentes métodos de defuzzificação e níveis de α -cut poderiam ser aplicados e comparados com seus resultados.

Senturk e Antuchevciene (2017) em seu trabalho "*Interval Type-2 Fuzzy c- Controle Charts: An Application in a Food Company*" desenvolveram gráficos de controle de intervalo *fuzzy type-2* para o número de não-conformidades. Eles propuseram pela primeira vez a estrutura teórica para controle usando gráficos de controle *fuzzy type-2* aplicados em um fabricante de alimentos. Como sugestão para pesquisas futuras, os autores propuseram a modelagem de outros gráficos de controle usando conjuntos *fuzzy type-2* quando os dados são incompletos ou incertos, conjuntos *fuzzy* intuicionistas, hesitantes e neutrosóficos.

No artigo " *Fuzzy cause selecting control chart for monitoring multistage processes* ", Soleymani e Amiri desenvolveram um processo de dois estágios

com uma característica de qualidade *fuzzy* no segundo estágio. A característica de qualidade *fuzzy* representa dois tipos de incerteza, incluindo aleatoriedade e imprecisão. O desempenho do método proposto foi avaliado usando estudos de simulação de potência. Para pesquisas futuras, eles sugeriram o monitoramento de características de qualidade *fuzzy* na primeira e segunda etapa de um processo que considera duas ou mais etapas.

Na publicação " *A fuzzy development for attribute control chart with Monte Carlo simulation method*" por Madadi e Mahmoudzadeh, os autores desenvolveram um gráfico de controle *fuzzy* multinomial usando a simulação de Monte Carlo. Um estudo de caso do controle estatístico de processos *fuzzy* foi simulado para produção variável e descontínua dentro de um período de tempo específico em uma oficina de fabricação chave. Como recomendação futura, os autores sugeriram a importância do desenvolvimento de um modelo *fuzzy* de um processo no qual se tenha cuidado ao ouvir a opinião dos especialistas para que um melhor modelo possa ser obtido e simulações possam ser realizadas.

Segundo Madadi e Mahmoudzadeh (2017), a abordagem *fuzzy* utilizada tem o potencial de uso futuro na simulação de processos inusitados com alto volume de produção na indústria metalúrgica, por exemplo, em que o produto é afetado não apenas pelos principais fatores, mas pelos efeitos diretos de temperatura e pressão, e então haverá diferentes níveis de qualidade para avaliar.

Tabela 8- Artigos analisados para sugestão de pesquisas futuras

Artigo	Autor	Periódico
Fuzzy x and s control charts: A data-adaptability and human-acceptance approach	Shu, M.H., Dang, D.C., Nguyen, T.L., Hsu, B.M., Phan, N.S.	Complexity
Analysis and control of variability by using fuzzy individual control charts	Kaya, I., Erdogan, M., Yildiz, C.	Applied Soft Computing Journal
Interval Type-2 Fuzzy c-Control Charts: An Application in a Food Company	Senturk, S., Antucheviciene, J.	Informatica (Netherlands)
Application of fuzzy logic approach in statistical control charts	Sakthivel, E., Kannan, S.K., Logaraj, M.	Global and Stochastic Analysis
Fuzzy cause selecting control chart for monitoring multistage processes	Soleymani, P., Amiri, A.	International Journal of Industrial and Systems Engineering
A fuzzy development for attribute control chart with Monte Carlo simulation method	Madadi, M.H., Mahmoudzadeh, M.	Management Science Letters
Fuzzy cause selecting control charts for phase II monitoring of a two stage process	Soleymani, P., Amiri, A.	International Journal of Applied Decision Sciences

Fonte: Produção do próprio autor

5 CONCLUSÕES

O estudo de gráficos de controle *fuzzy* é um tópico cada vez mais importante. Este fato pode ser observado por meio do pequeno número de publicações no período coberto por este trabalho. Isso demonstra que é um campo de pesquisa que ainda pode ser explorado por futuros pesquisadores. Considerando as áreas de pesquisa apresentadas no estudo, o tema possui uma abordagem abrangente que envolve as ciências exatas, humanas e multidisciplinares com outras áreas. É um tema que vem ganhando relevância na comunidade científica, uma vez que a incerteza dos julgamentos humanos e dos instrumentos de mensuração está presente em todos os processos. A presença de incerteza torna interessante a aplicação da lógica *fuzzy* em gráficos de controle tradicionais, uma vez que ela pode oferecer maior flexibilidade ao operador e evitar falsos alarmes.

Os autores que publicaram trabalhos sobre o assunto têm certa relevância na comunidade científica, pois possuem um grande número de citações sobre o assunto e bons índices de publicação. Portanto, os artigos que foram publicados sobre o assunto têm confiabilidade desejável.

Ao identificar as tendências para pesquisas futuras, alguns autores sugeriram a aplicação de conjuntos *fuzzy type-2*, bem como uma extensão para conjuntos intuicionistas, hesitantes e neutrosóficos. Outra possibilidade observada é a aplicação de diferentes métodos de defuzzificação e diferentes níveis de α -cut do que os utilizados em trabalhos existentes, para permitir a comparação com os resultados já encontrados. Observou-se que vários artigos não realizam análise de desempenhos dos gráficos de controle.

A principal contribuição deste estudo é a apresentação de indicadores bibliométricos referentes aos gráficos de controle *fuzzy* nos últimos dez anos, bem como a identificação de sugestões para futuras pesquisas. Desta forma, os pesquisadores podem identificar quais tópicos não foram completamente abordados e também ajudá-los a verificar se o caminho de sua pesquisa pode gerar contribuições científicas. Além disso, este artigo incentiva a comunidade científica a realizar mais estudos sobre o assunto.

Por fim, sugere-se como futuras pesquisas, uma análise bibliométrica, bem como uma revisão da literatura, acerca dos gráficos de controle utilizando conjuntos *fuzzy type-2*, assim como o estudo da eficiência dos gráficos de controle *fuzzy type-2* frente aos tradicionais.

6 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) - código de financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALAEDDINI, A., GHAZANFARI, M., NAYERI, M. A. A hybrid fuzzy statistical clustering approach for estimating the time of changes in fixed and variable sampling control charts. **Journal Information Sciences**. v. 179, n.11, p.1769-1784, 2009.

[doi:10.1016/j.ins.2009.01.019](https://doi.org/10.1016/j.ins.2009.01.019)

ALIZADEH, H. M., GHONI, S. M. T. F. Fuzzy development of Mean and Range control charts using statistical properties of different representative values. **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**. v. 22, n.5, p.253-265, 2011. [doi: 10.3233/IFS-2011-0487](https://doi.org/10.3233/IFS-2011-0487).

BLAGUS, R., LESKOSEK, B. L., STARE, J. Comparison of bibliometric measures for assessing relative importance of researchers. **Scientometrics**. v.105, n.3, p.1743–1762, 2015. [doi: 10.1007/s11192-015-1622-6](https://doi.org/10.1007/s11192-015-1622-6)

DUCLOS, A., VOIRIN, N. The p-control chart: a tool for care improvement. **International Journal for Quality in Health Care**. v.22, n.5, p. 402– 407, 2010. [doi:10.1093/intqhc/mzq037](https://doi.org/10.1093/intqhc/mzq037)

ERGINEL, N., SENTURK, S., KAHRAMAN, C., KAYA, I. Evaluating the Packing Process in Food Industry Using Fuzzy Control Charts. **International Journal of Computational Intelligence System**, v.4, n.4, p. 504-520, 2011. [doi:10.1080/18756891.2011.9727809](https://doi.org/10.1080/18756891.2011.9727809)

GULBAY, M., KAHRAMAN, C. An alternative approach to fuzzy control charts: Direct fuzzy approach. **Journal Informations Sciences**. v.177, n.6, p.1463–1480, 2007. [doi: 10.1016/j.ins.2006.08.013](https://doi.org/10.1016/j.ins.2006.08.013)

KAYA, I., ERDOGAN, M., YILDIZ, C. Analysis and control of variability by using fuzzy individual control charts. **Applied Soft Computing**. v.51, n.2, p.370-381, 2017. [doi: 10.1016/j.asoc.2016.11.048](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.11.048)

KAYA, I., KAHRAMAN, C. Process capability analyses based on fuzzy measurements and fuzzy control charts. **Expert Systems with Applications**. v.38, n.4, p.3172-3184, 2011. [doi: 10.1016/j.eswa.2010.09.004](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.09.004)

MADADI, M.H., MAHMUDZADEH, M. A fuzzy development for attribute control chart with Monte Carlo simulation method. **Management Science Letters**. v.7, n.11, p.555-564, 2017. [doi: 10.5267/j.msl.2017.8.001](https://doi.org/10.5267/j.msl.2017.8.001)

MASOOD, I., SHYEN, V. B. E. Quality control in hard disc drive manufacturing using pattern recognition technique. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**.v.160, n.1, p.1-7, 2016.[doi:10.1088/1757-899X/160/1/012008](https://doi.org/10.1088/1757-899X/160/1/012008)

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 6 ed. Jefferson City: John Wiley and Sons, 2009. 528 p.

NASIRI, M., DARESTANI, S.A. A literature review investigation on quality control charts based on fuzzy logic. **International Journal Productivity and Quality Management**. v.18, n.4, p.1-27, 2016. [doi: 10.1504/IJPQM.2016.077778](https://doi.org/10.1504/IJPQM.2016.077778)

SENTURK, S., ANTUCHEVCIENE, J. Interval Type-2 Fuzzy c-Control Charts: An Application in a Food Company. **Informática**. v.28, n.2, p.269-283, 2017. [doi: 10.15388/Informatica.2017.129](https://doi.org/10.15388/Informatica.2017.129)

SENTURK, S., ERGINEL, N. Development of fuzzy $\bar{X} - R$ and $\bar{X} - S$ control charts using α -cuts. **Journal Informations Sciences**. v.179, n.10, p.1542-1551, 2009. [doi: 10.1016/j.ins.2008.09.022](https://doi.org/10.1016/j.ins.2008.09.022)

Scimago Lab. **Journal rankings**. Disponível em: <http://www.scimagojr.com/journalrank.php>. Acessado em 7 de setembro de 2018.

SHABANI, A., NADARAJAH, S., ALIZADEH, M. The (α, β) -cut control charts for process average based on the generalized intuitionistic fuzzy number. **International Journal of Systems Science**. v.49, n.2, p.392-406, 2017. [doi: 10.1080/00207721.2017.1406550](https://doi.org/10.1080/00207721.2017.1406550)

SHONGWE, S. C., GRAHAM, M. A modified side-sensitive synthetic chart to monitor the process mean. **Quality Technology and Quantitative Management**, v.15, n.3, p.328-353, 2016. [doi: 10.1080/16843703.2016.1208939](https://doi.org/10.1080/16843703.2016.1208939)

SOLEYMANI, P., AMIRI, A. Fuzzy cause selecting control chart for monitoring multistage processes. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**. v.25, n.3, p.1-18, 2017. [doi: 10.1504/IJISE.2017.081920](https://doi.org/10.1504/IJISE.2017.081920)

WANG, J. H., RAZ, T. On the construction of control charts using linguistic variables. **International Journal of Production Research**. v.28, n.3, p.477-487, 1990. [doi: 10.1080/00207549008942731](https://doi.org/10.1080/00207549008942731)

WANG, D., LI, P., YASUDA, M. Construction of Fuzzy Control Charts Based on Weighted Possibilistic Mean. **Communications in Statistics - Theory and Methods**. v.43, n.15, p.3186-3207, 2014. [doi: 10.1080/03610926.2012.695852](https://doi.org/10.1080/03610926.2012.695852)

YANG, L., CHEN, Z., LIU, T., GONG, Z., YU, Y., WANG, J. Global trends of solid waste research from 1997 to 2011 by using bibliometric analysis. **Scientometrics**. v.96, n.1, p.133–146, 2013. [doi: 10.1007/s11192-012-0911-6](https://doi.org/10.1007/s11192-012-0911-6)

ZADEH, L.A. Fuzzy Sets. **Information and Control**. v.8, n.3, p.338-353, 1965. [doi: 10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)

ZHANG, J., GUAN, J. Scientific relatedness and intellectual base: a citation analysis of un-cited and highly-cited papers in the solar energy field. **Scientometrics**, v.110, n.1, p.141–162, 2017. [doi: 10.1007/s11192-016-2155-3](https://doi.org/10.1007/s11192-016-2155-3)



Artigo recebido em: 11/03/2019 e aceito para publicação em: 01/07/2021
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v21i2.3582>