



Inteligência Artificial para Detecção de Falhas em Equipamentos: Um Estudo Bibliométrico no Setor de Óleo e Gás

Higor Medina Velloso
hmveloso@gmail.com
IFFluminense

Henrique Rego Monteiro da Hora
henrique.dahora@iff.edu.br
IFFluminense

Rogério Atem de Carvalho
ratem@iff.edu.br
IFFluminense

Resumo:Contexto: O setor de óleo e gás gera um grande volume de dados das suas operações e maquinário que necessita ser analisado com o objetivo de estratificar informações para agregar valor à gestão da operação e manutenção. Os métodos de inteligência artificial são ferramentas poderosas para realizar esta análise dada sua capacidade de reconhecimento de padrões. Objetivo: O objetivo deste trabalho é realizar uma bibliometria da área de métodos de inteligência artificial para análise de falhas em equipamentos do setor de óleo e gás. Metodologia: É realizado um estudo bibliométrico na base de dados Scopus® utilizando conceitos chave a fim de analisar as publicações na área até o ano de 2017. A partir das pesquisas realizadas, são analisados os principais autores e veículos do tema, além de uma análise cronológica de produção. Resultados: Através desta pesquisa, foram encontradas 18 publicações utilizando todos os conceitos chave. Utilizando as combinações de dois conceitos, com intuito de aumentar o espaço amostral para o estudo, um periódico e dois autores se sobressaíram quanto ao número de publicações e os artigos envolvendo inteligência artificial e análise de falha possuem maior número de citações. Conclusões: Foram encontrados poucos trabalhos que englobem todos os conceitos estabelecidos, o que demonstra que esta é uma área ainda a ser explorada mais a fundo.

Palavras Chave: IA - Análise de falha - Óleo e gás - -



1. INTRODUÇÃO

Nos diversos segmentos da indústria é comum encontrar diversas máquinas e equipamentos dotados de sensores capazes de gerar informações sobre o funcionamento daquele item. Para Rengaswamy e Venkatasubramanian (1995), os operadores se deparam com uma multidão de dados do processo, porém pode ser difícil diferenciar o comportamento normal do anormal apenas olhando as dados brutos dos sensores.

Levando em consideração o aumento da capacidade produtiva de cada uma das máquinas, para Nandi e Toliyat (1999), se tornou muito importante diagnosticar falhas assim que elas ocorrem, uma vez que paradas de máquina não agendadas podem atrasar *deadlines* e causar grande perdas financeiras. Já para Chen & Patton (2012), existe um aumento na demanda de para sistemas dinâmicos se tornarem mais seguros e confiáveis. Para solucionar este problema, Liu *et al.* (2018) propõem a utilização de métodos de inteligência artificial como ferramenta para reconhecimento de padrões.

Segundo Nandi e Toliyat (1999), sistemas inteligentes que utilizam metodologias de inteligência artificial como redes neurais e lógica *fuzzy* estão substituindo o envolvimento humano para tomadas decisão em detecção de falhas, uma vez que os humanos apresentam uma resposta muito mais lenta quando comparados com esses sistemas. A detecção e diagnóstico de falhas com base em dados são amplamente aceitas na prática da indústria graças às características baseadas em dados e multivariáveis (QIN, 2012).

Neuroth, MacConnell, Stronach e Vamplew (2000), definem que a situação da utilização dessas metodologias no setor de óleo e gás é surpreendente. Mesmo que, em diversas regiões do mundo, esta indústria tenha chegado ao mais alto nível de maturidade com experiência em exploração, produção e processamento, o potencial do uso da inteligência artificial para organizar e processar a informação mais eficientemente ainda não foi completamente percebido.

O objetivo desta pesquisa é realizar uma bibliometria da área de detecção e diagnóstico de falhas utilizando inteligência artificial. Busca-se definir os veículos e autores mais relevantes para o assunto, assim como verificar o avanço na produção de trabalhos ao longo dos anos e tendência para os anos futuros.

2. METODOLOGIA

Com o objetivo de identificar os trabalhos que envolvam a análise de falhas utilizando inteligência artificial no setor de óleo e gás é realizado um estudo bibliométrico. Para Hood & Wilson (2001), a bibliometria é o estudo das dinâmicas das disciplinas como refletidos na produção da literatura.

O modelo desta pesquisa é baseado no proposto por Costa (2010), com as seguintes etapas:

1. Definição da amostra da pesquisa;
2. Pesquisa na amostra, com as palavras-chave;
3. Identificações dos veículos com maior número de artigos publicados sobre o tema;
4. Levantamento da cronologia da produção;
5. Seleção dos artigos com o maior número de citações;
6. Identificação dos autores com maior número de publicações.

Na definição de amostra (etapa 1), serão utilizados os artigos indexados na base de conhecimento Scopus[®]. Esta escolha é justificada pelo Scopus[®] ser o maior banco de dados



de resumos e citações de literaturas revisadas, como periódicos científicos e livros. O conjunto de trabalhos utilizado é composto por todas as publicações na base até o ano de 2017.

As palavras-chaves escolhidas para a etapa de pesquisa na amostra (etapa 2) são: *artificial intelligence*, *failure analysis* e *oil and gas*. A partir destas palavras-chaves, foram definidos os tesouros a serem utilizados. A partir destes termos, foram extraídos os tesouros e outros termos utilizados na literatura, conforme Figura 1.

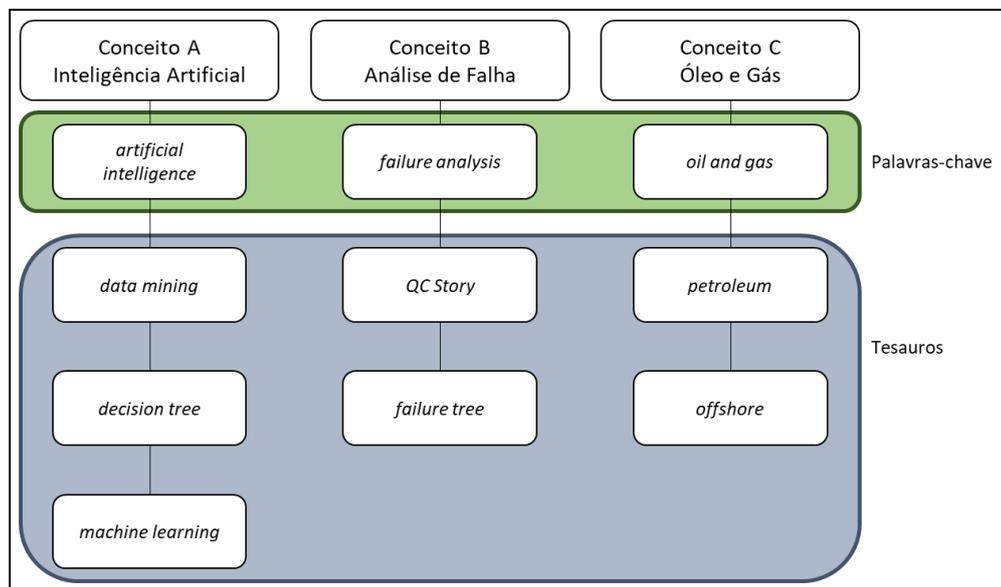


Figura 1: Palavras-chave, tesouros e termos correspondentes.

Fonte: Elaboração própria.

Conforme apresentado na Figura 1, os conceitos, palavras-chave e tesouros receberam as identificações A, B e C. Essa identificação continuará a ser utilizada até o final deste trabalho.

Uma vez definidos todos os termos, foi formulada e realizada a pesquisa no Scopus[®]. A pesquisa possui um corte temporal que exclui trabalhos publicados em 2018, uma vez que o ano não terminou na data de finalização deste trabalho. A consulta realizada está representada na Figura 2.

```
( TITLE-ABS-KEY
  ("data mining" OR "decision tree" OR "artificial intelligence" OR "machine learning" ) # Tesouros de A
AND TITLE-ABS-KEY
  ("QC Stor*" OR "failure*tree" OR "failure* analysis" ) # Tesouros de B
AND TITLE-ABS-KEY
  ("oil and gas" OR "petroleum" OR "offshore" ) # Tesouros de C
) AND ( EXCLUDE
  ( PUBYEAR, 2018 ) # Corte temporal
)
```

Figura 2: Pesquisa realizada no Scopus[®].

Fonte: Elaboração própria.

Além da consulta supracitada, foram feitas outras 3 consultas na base de dados Scopus[®] combinando os conceitos dois a dois (AB, AC e BC).

As análises deste trabalho irão se concentrar nas pesquisas que envolvem o conceito Inteligência Artificial (AB e AC), uma vez que este é o método, sendo imprescindível para a pesquisa.



Para as etapas de 3 a 6, serão levantadas as informações de veículos com maior número de publicações sobre o tema, autores com maior de publicações, cronologia da produção e publicações com maior número de citações conforme resultado da pesquisa na amostra. Os resultados serão apresentados de forma gráfica e em tabelas.

Para as etapas 3, 4 e 6, serão selecionados os veículos, autores e artigos utilizando o corte de Pareto. Para a etapa 6, serão considerados apenas os artigos que possuem 3 ou mais citações.

3. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

3.1. PESQUISA NA AMOSTRA COM O USO DAS PALAVRAS-CHAVE E TESAUROS

Este trabalho compõe uma pesquisa sobre métodos de inteligência artificial para análise de falha em equipamentos do setor de óleo e gás. Para realizar a pesquisa bibliométrica, foram utilizados 3 conceitos que definem o objetivo da pesquisa, o método e o corte setorial: inteligência artificial (método), análise de falha (objetivo da pesquisa) e óleo e gás (corte setorial).

Utilizando todas as consultas realizadas (AB, AC, BC e ABC), é possível montar o diagrama de Venn ilustrado na Figura 3 para representar os resultados encontrados.

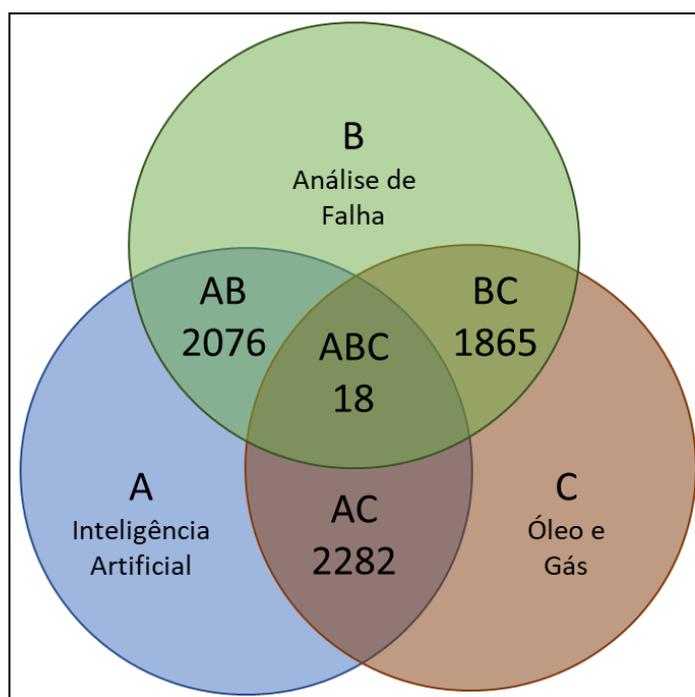


Figura 3: Diagrama de Venn das pesquisas realizadas.
Fonte: Elaboração própria.

Através do diagrama de Venn é possível perceber que, embora a pesquisa envolvendo os três conceitos tenha retornado 18 resultados, este é considerado um número baixo se comparado às outras pesquisas que utilizaram apenas 2 conceitos.

3.2. IDENTIFICAÇÕES DOS VEÍCULOS COM MAIOR NÚMERO DE ARTIGOS PUBLICADOS SOBRE O TEMA

Nesta seção, serão listados os veículos com mais publicações em cada uma das pesquisas analisadas. Para a pesquisa com os conceitos AB, foram encontrados 124 veículos



com publicações sobre o tema. Já para a pesquisa com os conceitos AC, 86 veículos foram encontrados. Os diagramas de Pareto dispostos abaixo na Figura 4 e na Figura 5 representam os resultados das pesquisas com os conceitos AB e com os conceitos AC, respectivamente.

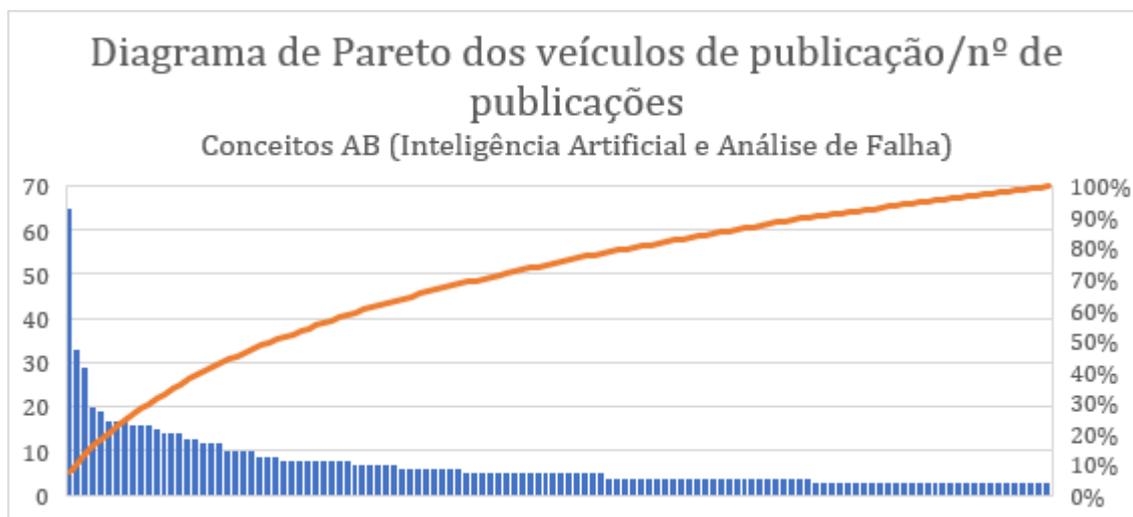


Figura 4: Diagrama de Pareto dos veículos com o maior número de publicações para os conceitos AB.
Fonte: Elaboração própria.

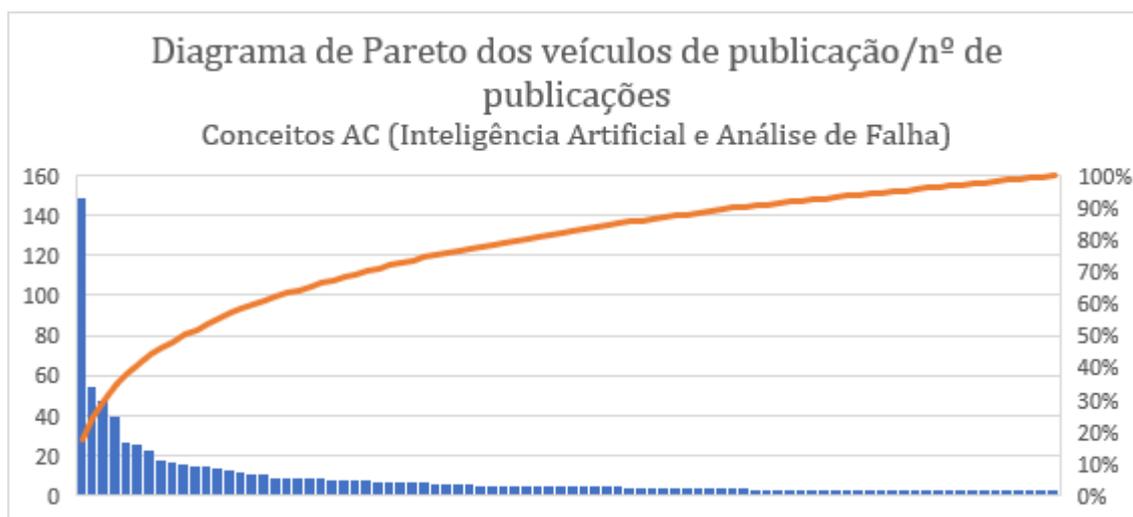


Figura 5: Diagrama de Pareto dos veículos com o maior número de publicações para os conceitos AC.
Fonte: Elaboração própria.

O Quadro 1 mostra os veículos com maior produção nas pesquisas com os conceitos AB e AC.

Quadro 1: Veículos com maior número de publicações sobre o tema

	Conceitos AB (<i>Artificial Intelligence e Failure Analysis</i>)	Conceitos AC (<i>Artificial Intelligence e Oil and Gas</i>)
Applied Mechanics And Materials / ISSN: 1662-7482	28	-



Arabian Journal For Science And Engineering / ISSN: 2193-567X, 2191-4281	-	40
Autotestcon Proceedings / ISSN: 0734-7510	20	-
Bioinspiration And Biomimetics / ISSN: 1748-3182	16	-
Conference Proceedings Annual International Conference Of The IEEE Engineering In Medicine And Biology Society IEEE Engineering In Medicine And Biology Society Conference / ISSN: 1557-170X	16	-
Expert Systems With Applications / ISSN: 0957-4174	-	17
IEEE Transactions On Biomedical Engineering / ISSN: 0018-9294	17	-
IEEE Transactions On Neural Networks / ISSN: 2162-237X	17	-
IEEE Transactions On Neural Systems And Rehabilitation Engineering / ISSN: 1534-4320	17	-
IEEE Transactions On Systems Man And Cybernetics Part B Cybernetics / ISSN: 1083-4419	33	-
Journal Of Natural Gas Science And Engineering / ISSN: 1875-5100	-	27
Journal Of Petroleum Science And Engineering / ISSN: 0920-4105	-	48
Lecture Notes In Artificial Intelligence Subseries Of Lecture Notes In Computer Science	15	-
Lecture Notes In Computer Science Including Subseries Lecture Notes In Artificial Intelligence And Lecture Notes In Bioinformatics / ISSN: 0302-9743	65	55
Neurocomputing / ISSN: 0925-2312	19	-
Oil And Gas Journal / ISSN: 0030-1388	-	18
Proceedings Of SPIE The International Society For Optical Engineering	16	-
Proceedings Of The Annual Offshore Technology Conference / ISSN: 0160-3663	-	23



Proceedings Of The International Offshore And Polar Engineering Conference	-	26
Proceedings SPE Annual Technical Conference And Exhibition	-	149

Fonte: Elaboração própria.

No total, o Quadro 1 apresenta 21 veículos, sendo que apenas o periódico de ISSN 0302-9743 aparece em ambas as pesquisas. Além disto, o periódico é o primeiro em número de publicações na pesquisa com os conceitos AB e segundo na pesquisa com os conceitos AC, fato que demonstra que este é um periódico a ser acompanhado por ter uma maior atuação na área pesquisada.

3.3. LEVANTAMENTO DA CRONOLOGIA DA PRODUÇÃO

Para o levantamento cronológico relevante ao tema, foram consideradas as publicações que constam na base de conhecimento Scopus® contendo os conceitos AB e AC. A representação gráfica deste levantamento consta na Figura 6.

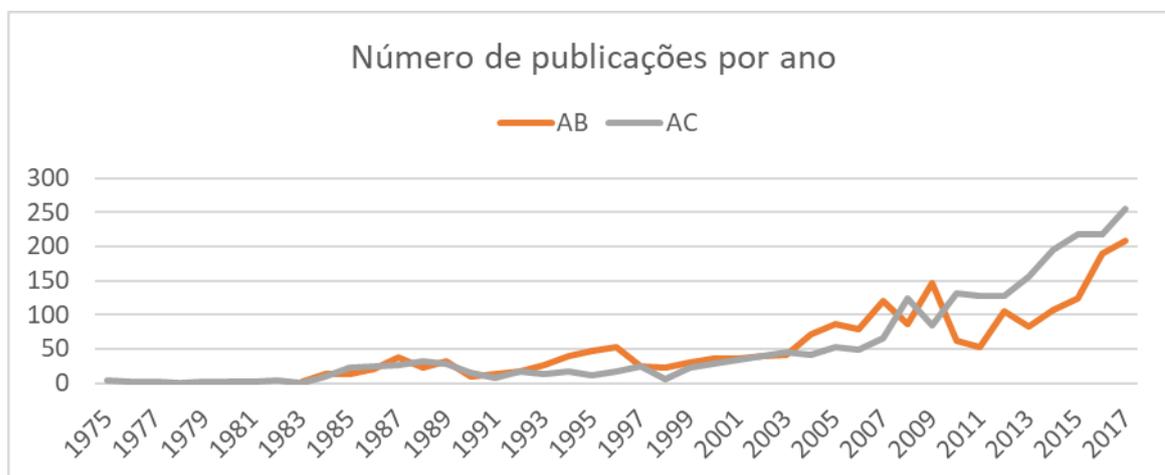


Figura 6: Levantamento cronológico das publicações.

Fonte: Elaboração própria.

Com os dados apresentados na Figura 6, pode-se observar que ambos os assuntos estão quase que em uma crescente constante desde o início da década de 2010. Nota-se também que os temas abordando Inteligência Artificial e Análise de Falha e abordando Inteligência Artificial e Óleo e Gás passaram por um ciclo de maior pesquisa entre os anos de 2007 a 2009.

3.4. SELEÇÃO DOS ARTIGOS COM O MAIOR NÚMERO DE CITAÇÕES

Nesta última etapa, foram selecionados os artigos mais citados. Estes artigos serão o núcleo de referência para pesquisas futuras. Abaixo, estão representados os diagramas de Pareto da pesquisa com os conceitos AB na Figura 7 e com os conceitos AC na Figura 8.

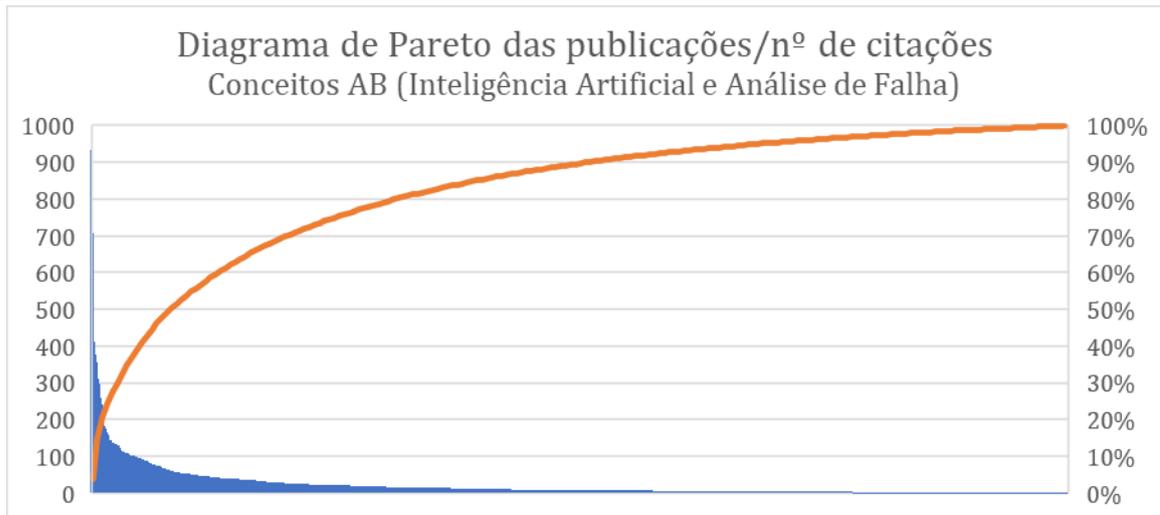


Figura 7: Diagrama de Pareto dos artigos com o maior número de citações para os conceitos AB.

Fonte: Elaboração própria.

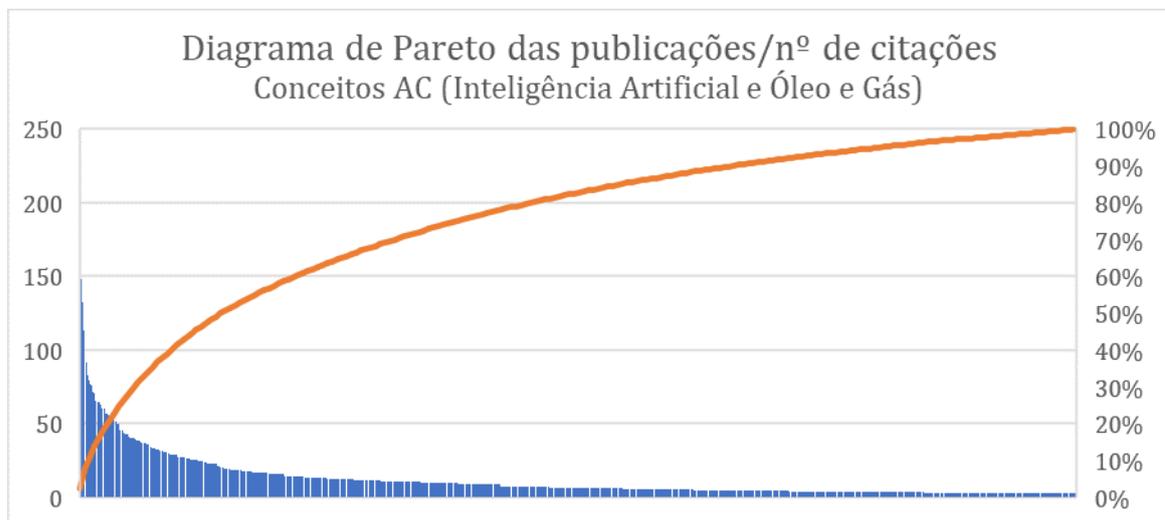


Figura 8: Diagrama de Pareto dos artigos com o maior número de citações para os conceitos AC.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 2: Artigos mais citados por pesquisa

Título da publicação	Autor(es)	Título do periódico ou conferência	Número de Citações
Conceitos AB (Inteligência Artificial e Análise de Falha)			
Survey of robust residual generation and evaluation methods in observer-based fault detection systems	Frank, P.M., Ding, X.	Journal of Process Control / ISSN: 0959-1524	934



From computing with numbers to computing with words - From manipulation of measurements to manipulation of perceptions	Zadeh, L.A.	IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications / ISSN: 1057-7122	772
Implementation of a real-time human movement classifier using a triaxial accelerometer for ambulatory monitoring	Karantonis, D.M., Narayanan, M.R., Mathie, M., Lovell, N.H., Celler, B.G.	IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine / ISSN: 1089-7771	710
Activity classification using realistic data from wearable sensors	Pärkkä, J., Ermes, M., Korpipää, P., Mäntyjärvi, J., Peltola, J., Korhonen, I.	IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine / ISSN: 1089-7771	413
Survey on data-driven industrial process monitoring and diagnosis	Qin, S.J.	Annual Reviews in Control / ISSN: 1367-5788	379
Condition monitoring and fault diagnosis of electrical machines - a review	Nandi, Subhasis, Toliyat, Hamid A.	Conference Record - IAS Annual Meeting (IEEE Industry Applications Society) / ISSN: 0160-8592, 0197-2618	357
Bankruptcy prediction using neural networks	Wilson, R.L., Sharda, R.	Decision Support Systems / ISSN: 13675788	345
Using health care Failure Mode and Effect Analysis: the VA National Center for Patient Safety's prospective risk analysis system.	DeRosier, J., Stalhandske, E., Bagian, J.P., Nudell, T.	The Joint Commission journal on quality improvement / ISSN: 1070-3241	311
Development of a biomimetic robotic fish and its control algorithm	Yu, J., Tan, M., Wang, S., Chen, E.	IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics / ISSN: 1083-4419	297
The use of design descriptions in automated diagnosis	Genesereth, M.R.	Artificial Intelligence / ISSN: 0004-3702	261



Control of an electrical prosthesis with an SSVEP-based BCI	Müller-Putz, G.R., Pfurtscheller, G.	IEEE Transactions on Biomedical Engineering / ISSN: 0018-9294	257
Analysis, monitoring and fault diagnosis of batch processes using multiblock and multiway PLS	Kourti, T., Nomikos, P., MacGregor, J.F.	Journal of Process Control / ISSN: 0959-1524	242
The prediction and diagnosis of wind turbine faults	Kusiak, A., Li, W.	Renewable Energy / ISSN: 0960-1481	194
Takagi-Sugeno fuzzy-model-based fault detection for networked control systems with Markov delays	Zheng, Y., Fang, H., Wang, H.O.	IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics / ISSN: 1083-4419	184
Design of a high-resolution optoelectronic retinal prosthesis	Palanker, D., Vankov, A., Huie, P., Baccus, S.	Journal of Neural Engineering / ISSN: 1741-2560	176
Conceitos AC (Inteligência Artificial e Óleo e Gás)			
A neural network methodology for process fault diagnosis	Venkatasubramanian, V., Chan, K.	AIChE Journal / ISSN: 1547-5905	235
Solar Energy Engineering	Kalogirou, S.	Solar Energy Engineering / ISBN: 978-0-12397-256-9, 978-0-12397-270-5	193
Fuel cell high-power applications	Thounthong, P., Davat, B., Raël, S., Sethakul, P.	IEEE Industrial Electronics Magazine / ISSN: 1932-4529	149
Support vector machine regression (SVR/LS-SVM) - An alternative to neural networks (ANN) for analytical chemistry? Comparison of nonlinear methods on near infrared (NIR) spectroscopy data	Balabin, R.M., Lomakina, E.I.	Analyst / ISSN: 0003-2654	133
A hybrid model based on rough sets theory and genetic algorithms for stock price forecasting	Cheng, C.-H., Chen, T.-L., Wei, L.-Y.	Information Sciences / ISSN: 0020-0255	114



Practical application of fuzzy logic and neural networks to fractured reservoir characterization	Ouenes, A.	Computers and Geosciences / ISSN: 0098-3004	92
Biodiesel classification by base stock type (vegetable oil) using near infrared spectroscopy data	Balabin, R.M., Safieva, R.Z.	Analytica Chimica Acta / ISSN: 0003-2670	86
First harmful dinophysis (dinophyceae, dinophysiales) bloom in the U.S. is revealed by automated imaging flow cytometry	Campbell, L., Olson, R.J., Sosik, H.M., Abraham, A., Henrichs, D.W., Hyatt, C.J., Buskey, E.J.	Journal of Phycology / ISSN: 1529-8817	83
Internet-scale collection of human-reviewed data	Su, Q., Pavlov, D., Chow, J.-H., Baker, W.C.	16th International World Wide Web Conference, WWW2007 / ISBN: 978-1-59593-654-7	80
Decision support system for risk management: A case study	Dey, P.K.	Management Decision / ISSN: 0025-1747	77
Bridging between SeaWiFS and MODIS for continuity of chlorophyll-a concentration assessments off Southeastern China	Zhang, C., Hu, C., Shang, S., Müller-Karger, F.E., Li, Y., Dai, M., Huang, B., Ning, X., Hong, H.	Remote Sensing of Environment / ISSN: 0034-4257	76
Dynamic spatial and temporal prediction of changes in depositional processes on clastic shorelines: Toward improved subsurface uncertainty reduction and management	Ainsworth, R.B., Vakarelov, B.K., Nanson, R.A.	AAPG Bulletin / ISSN: 0149-1423	72
Hindcasting of wave parameters using different soft computing methods	Mahjoobi, J., Etemad-Shahidi, A., Kazeminezhad, M.H.	Applied Ocean Research / ISSN: 0141-1187	71
Implementing Radial Basis Function Networks for modeling CO ₂ reservoir oil minimum miscibility pressure	Tatar, A., Shokrollahi, A., Mesbah, M., Rashid, S., Arabloo, M., Bahadori, A.	Journal of Natural Gas Science and Engineering / ISSN: 1875-5100	66
Laser scanning and digital outcrop geology in the petroleum industry: A review	Hodgetts, D.	Marine and Petroleum Geology / ISSN: 0264-8172	66



Comparison of stochastic sampling algorithms for uncertainty quantification	Mohamed, L., Christie, M., Demyanov, V.	SPE Journal / ISSN: 1086-055X, 1930- 0220	65
Using genetic algorithms for reservoir characterisation	Romero, C.E, Carter, J.N	Journal of Petroleum Science and Engineering / ISSN: 0920-4105	65
Forecasting PVT properties of crude oil systems based on support vector machines modeling scheme	El-Sebakhy, E.A.	Journal of Petroleum Science and Engineering / ISSN: 0920-4105	63
Removal of sulfur compounds from utility pipelined synthetic natural gas using modified activated carbons	Cui, H., Turn, S.Q., Reese, M.A.	Catalysis Today / ISSN: 0920-5861	62
Design a new mixed expert decision aiding system using fuzzy ELECTRE III method for vendor selection	Montazer, G.A., Saremi, H.Q., Ramezani, M.	Expert Systems with Applications / ISSN: 0957-4174	61
Optimum rehabilitation strategy of water distribution systems using the HBMO algorithm	Haddad, O.B., Adams, B.J., Mariño, M.A.	Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA / ISSN: 1606-9935	61
Prediction of significant wave height using regressive support vector machines	Mahjoobi, J., Adeli Mosabbeb, E.	Ocean Engineering / ISSN: 0029-8018	60
A completions guide book to shale-play development: A review of successful approaches towards shale-play stimulation in the last two decades	Chong, K.K., Grieser, W.V., Passman, A., Tamayo, C.H., Modeland, N., Burke, B.	Society of Petroleum Engineers - Canadian Unconventional Resources and International Petroleum Conference 2010 / ISBN: 978-1- 55563-312-7	57
Project risk management: A combined analytic hierarchy process and decision tree approach	Dey, P.K.	Cost Engineering (Morgantown, West Virginia) / ISSN: 0274-9696	57



Uncertainty quantification for porous media flows	Christie, M., Demyanov, V., Erbas, D.	Journal of Computational Physics / ISSN: 0021-9991	56
---	---	--	----

Fonte: Elaboração própria.

Analisando o quadro Quadro 2, percebe-se que as publicações da pesquisa AB possuem um número muito superior às publicações da pesquisa AC. Para ilustrar este fato, considera-se como comparação o artigo mais citado na pesquisa com os conceitos AC (235 citações) e o 12º artigo mais citado na pesquisa com os conceitos AB (242 citações). Observa-se então um maior interesse das pesquisas relacionadas aos conceitos AB, uma vez que, conforme mostrado na Figura 6, a primeira pesquisa destas áreas foi realizada em 1983, oito anos após a primeira pesquisa correlata aos conceitos AC.

3.5. IDENTIFICAÇÃO DOS AUTORES COM MAIOR NÚMERO DE PUBLICAÇÕES

Na quarta etapa desta pesquisa, são identificados os dez autores com o maior número de publicações. A distribuição da quantidade de artigos publicados por cada autor está disposta na Figura 9 para os conceitos AB e na Figura 10 para os conceitos AC.

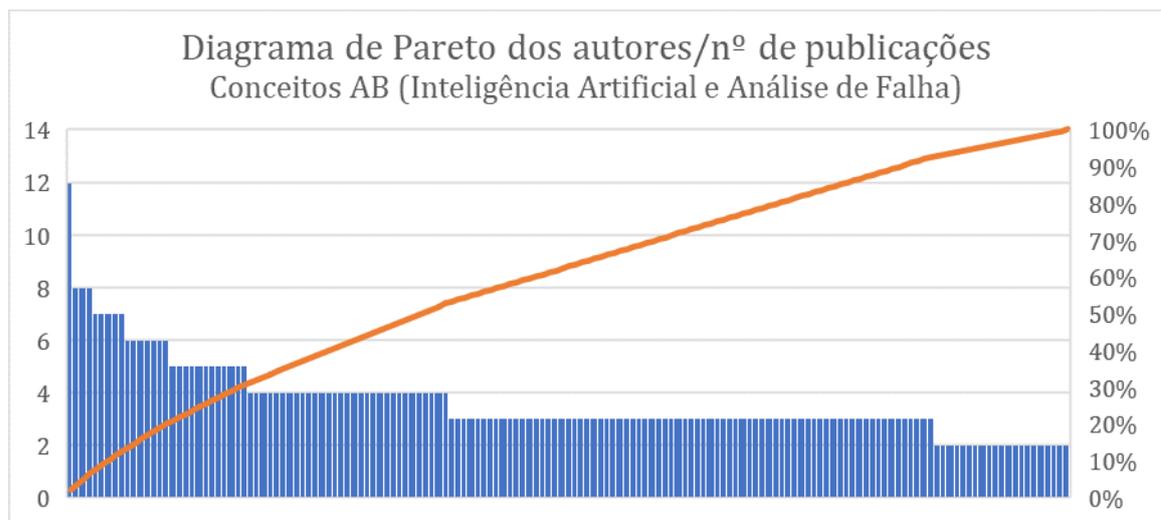


Figura 9: Diagrama de Pareto dos autores com o maior número de publicações para os conceitos AB.

Fonte: Elaboração própria.

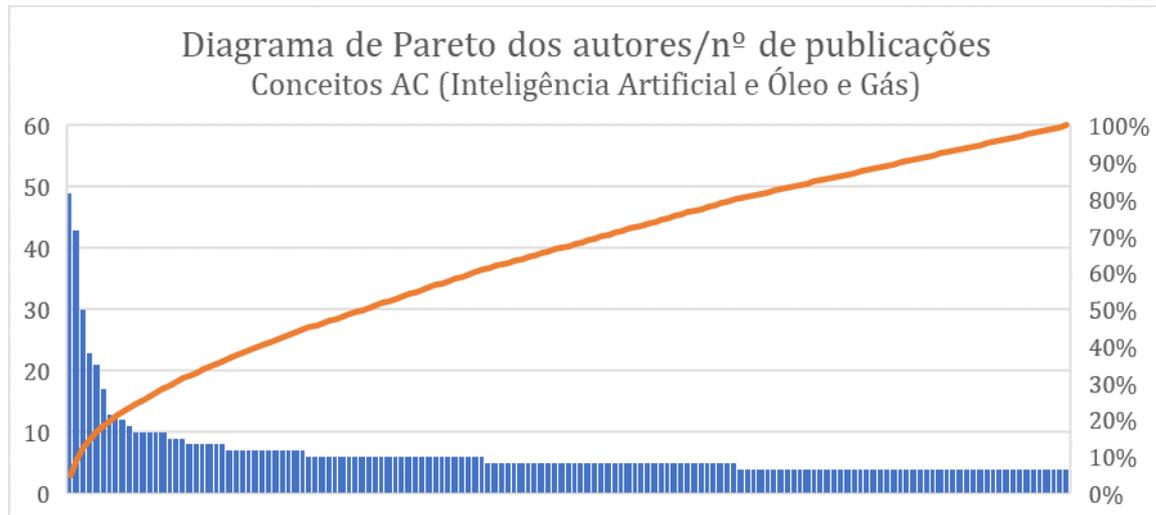


Figura 10: Diagrama de Pareto dos autores com o maior número de publicações para os conceitos AC.

Fonte: Elaboração própria.

Nota-se, nos gráficos acima, que a pesquisa com os conceitos AB possui uma distribuição mais uniforme, onde cada autor fica na mesma faixa de quantidades de publicação, enquanto que o da pesquisa AC possui uma concentração de produções em alguns nomes.

Dentre os nomes encontrados, vale ressaltar os autores Frank, P.M., Lovell, N.H., Liu, C.-C., Jung, J., Ouenes, A., Dey, P.K., J. e Zhang, C. que possuem artigos listados no Quadro 2 entre os mais citados de suas respectivas áreas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com todas as análises realizadas, pode-se perceber que o tema proposto de métodos de inteligência artificial para análise de falha em equipamentos do setor de óleo e gás ainda é uma área com poucas publicações e com grande potencial para pesquisas futuras.

As buscas com apenas dois conceitos combinados retornaram uma quantidade significativa de publicações cada, sendo a pesquisa envolvendo os conceitos Inteligência Artificial e Óleo e Gás a com mais publicações (2282 publicações). Quanto à cronologia de publicação dos conceitos Inteligência Artificial com Análise de Falha e Inteligência Artificial com *Offshore*, é perceptível que estes temas estão em ascensão.

Entre os artigos mais citados estão aqueles que envolvem os conceitos Inteligência Artificial e Análise de Falha. O grupo de publicações apresentado neste trabalho irá servir como base de conhecimento para pesquisas futuras.

Em relação aos veículos com maior número de publicações, temos o periódico ISSN 0302-9743 como principal periódico a ser monitorado, uma vez que, além de apresentar publicações tanto nas pesquisas com os conceitos AB e AC, possui uma quantidade satisfatória de publicações em ambas as pesquisas.

Já entre os autores com maior número de publicações, temos Frank, P.M., Lovell, N.H., Liu, C.-C., Jung, J., Ouenes, A., Dey, P.K., J. e Zhang, C. como sendo os principais autores dos temas pesquisados. Ambos os autores possuem publicações entre as mais citadas de cada área e serão monitorados para publicações futuras.

Para trabalhos futuros, propõem-se a realização da pesquisa em outras bases de dados e realizar um comparativo entre os resultados ou uma revisão sistemática dos artigos encontrados, assim como realizar outras análises.



5. REFERÊNCIAS

- CHEN, J.; PATTON, R. J.** Robust Model-Based Fault Diagnosis for Dynamic Systems. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2012.
- COSTA, H. G.** Modelo para webibliomining: proposta e caso de aplicação. Revista da FAE, v. 13, p. 115–126, 2010.
- HOOD, W. W.; WILSON, C. S.** The Literature of Bibliometrics, Scientometrics, and Informetrics. Scientometrics, v. 52, n. 2, p. 291, 1 out. 2001.
- LIU, R. et al.** Artificial intelligence for fault diagnosis of rotating machinery: A review. Mechanical Systems and Signal Processing, v. 108, p. 33–47, 2018.
- NANDI, S.; TOLIYAT, H. A.** Condition monitoring and fault diagnosis of electrical machines - a review. . In: CONFERENCE RECORD - IAS ANNUAL MEETING (IEEE INDUSTRY APPLICATIONS SOCIETY). 1999
- NEUROTH, M. et al.** Improved modelling and control of oil and gas transport facility operations using artificial intelligence. Knowledge-Based Systems, v. 13, n. 2, p. 81–92, 1 abr. 2000.
- QIN, S. J.** Survey on data-driven industrial process monitoring and diagnosis. Annual Reviews in Control, v. 36, n. 2, p. 220–234, 2012.
- RENGASWAMY, R.; VENKATASUBRAMANIAN, V.** A syntactic pattern-recognition approach for process monitoring and fault diagnosis. Engineering Applications of Artificial Intelligence, v. 8, n. 1, p. 35–51, 1 fev. 1995.