

## **ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO**

Lorena Baptista de Oliveira, Márcio Zamboti Fortes e Henrique de Oliveira Henriques

### **RESUMO**

Diversos pesquisadores tem relatado sobre a importância do gerenciamento da manutenção em sistemas elétricos de distribuição. Técnicas de planejamento, alocação de recursos, previsão de vida útil, são metodologias estudadas com o objetivo de elevar a confiabilidade, garantir maior tempo de funcionamento dos equipamentos, reduzir as perdas nos processos e promover a continuidade do serviço. Neste sentido, este trabalho busca apresentar através de uma análise bibliométrica as principais características destes trabalhos, realçando as técnicas mais abordadas pelos autores nos últimos 10 anos. Vale ressaltar que este trabalho observou que apesar da atualidade do tema, existem poucos trabalhos de revisão da literatura neste eixo, fazendo com que seja o único a contemplar uma revisão bibliométricas acerca deste tema, no período pesquisado.

Palavras-chave: Planejamento; Gestão; Priorização; Manutenção; Redes de Distribuição; Redes de Energia Elétrica.

### **INTRODUÇÃO**

O gerenciamento adequado da manutenção tem se tornado cada vez mais essencial para a eficiência das organizações. Além de promover uma confiabilidade mais elevada, garantem maior tempo de funcionamento dos equipamentos, reduzindo as perdas nos processos (RUSCHEL, SANTOS, *et al.*, 2017). Tal como na indústria, no setor de energia elétrica tal iniciativa tem se tornado essencial para a garantia da continuidade do serviço (RUDIN, WALTZ, *et al.*, 2012). Assim a necessidade contínua de melhoria dos processos de manutenção de equipamentos, gerenciamento correto e planejamento do uso dos recursos disponíveis tornam-se vitais para a sustentabilidade financeira das companhias.

As redes de distribuição de energia elétrica são processos industriais que demandam elevado grau de confiabilidade e de complexidade em sua operação e manutenção. Tomando como exemplo o

trabalho apresentado em (RUDIN, WALTZ, *et al.*, 2012) relativo ao planejamento da manutenção da rede de Nova York, os autores destacam a dificuldade desse processo devido à mistura de componentes novos e antigos na rede, o que a tornava envelhecida, ineficiente, congestionada e incapaz de satisfazer a demanda futura de energia elétrica.

Considerando que a distribuição de energia elétrica é um processo contínuo, o tempo de resposta para identificação e correção de falhas é crucial para manter os indicadores de qualidade dentro dos parâmetros exigidos pela agência reguladora. Além disso, as metas e padrões estabelecidos por essa agência têm se tornado cada vez mais rigorosos, forçando as empresas a aumentar e otimizar seus investimentos nas redes de distribuição, objetivando a garantia da continuidade do serviço e o atendimento à demanda crescente por energia, o que torna imprescindível a implementação de estratégias de manutenção mais eficientes e proativas (MOURA, LUZ, *et al.*, 2023).

Algumas vantagens advindas do gerenciamento eficaz da manutenção são a promoção de uma confiabilidade mais elevada do sistema, garantia de maior tempo de funcionamento dos equipamentos, redução das perdas nos processos e continuidade do serviço (RUDIN, WALTZ, *et al.*, 2012), (RUSCHEL, SANTOS, *et al.*, 2017). No entanto nem sempre é possível alcançar todas estas metas, uma vez que os recursos a serem investidos são limitados tornando os critérios de decisão conflitantes (ABBASI, FOTUHI-FIRUZABAD, *et al.*, 2009).

Diante deste cenário, faz-se necessário que a tomada de decisão quanto aos investimentos financeiros nas redes seja realizada de maneira adequada, tendo em vista a escassez de recursos para investimentos a fim de garantir ganhos reais, constantes e atendimento às metas estabelecidas pelos reguladores.

Tendo em vista a necessidade de melhoria constante nos processos de gestão da manutenção, com a priorização de atividades e planejamento no uso de recursos a longo prazo, novas ferramentas e metodologias que possam auxiliar os gestores no planejamento da manutenção e gestão de ativos estão sendo cada vez mais pesquisados, tais como (LOURENÇO, DA SILVA FILHO, 2023) que apresenta os resultados do desenvolvimento de um sistema para gestão de ativos a partir do índice de risco e criticidade dos componentes do sistema elétrico; e (OLIVEIRA, 2024) que propõe uma metodologia baseada nos dados históricos de redes de distribuição para alocação ótima de recursos financeiros na rede que leve os indicadores dos conjuntos selecionados para as metas regulatórias ao menor custo possível.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliométrica sobre o tema "Planejamento e Gestão da Manutenção de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica", com o intuito de identificar possíveis lacunas e oportunidades para futuras pesquisas. A metodologia

utilizada para a pesquisa e levantamento bibliográfico foi baseada no método *Proknow-C*, resultando na identificação das principais contribuições disponíveis na literatura sobre o assunto.

Para tanto, este trabalho está dividido em quatro partes, além desta introdução. Na primeira está definida a metodologia de pesquisa, banco de dados e questões a serem respondidas. Na segunda são apresentados os resultados, discutidos na seção subsequente. Na última parte são apresentadas as conclusões e apontamentos futuros trabalhos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### 1. *Knowledge Development Process – Constructivist*

A metodologia para pesquisa baseou-se no método *Proknow-C* (SILVA, MENDES, *et al.*, 2020) e apresentou como resultado as principais contribuições disponíveis na literatura sobre o tema.

Segundo Zupic e Čater (ZUPIC, ČATER, 2015), a associação de métodos de revisão sistemática com métodos bibliométricos ajudam a introduzir o rigor quantitativo na avaliação subjetiva da literatura bem como lidar com a riqueza dos dados e filtragem. Assim, mesmo com o aumento do número de pesquisas nos últimos anos e a dificuldade de realizar o acompanhamento da literatura relevante em determinado campo de pesquisa, tais métodos podem ser a solução para pesquisas abrangentes e sem vieses.

Este trabalho observou as metodologias apresentadas e escolheu o método ProKnow- C para mapeamento e avaliação do tema. O método, já foi utilizado em diversas linhas de pesquisa, tais como em Segurança (ENSSLIN, ENSSLIN, *et al.*, 2012), Agricultura (MAAS, MALVESTITI, *et al.*, 2020), Turismo (COUTINHO, NÓBREGA, 2019), Educação (GOMES, ENSSLIN, *et al.*, 2020), Gestão (ENSSLIN, MUSSI, *et al.*, 2015), dentre outras. Sua metodologia perpassa por quatro etapas, conforme apresentado na Figura 2:

1. Seleção de um portfólio de artigos sobre o tema de pesquisa;
2. Análise bibliométrica do portfólio;
3. Análise sistemática da literatura;
4. Definição dos objetivos da pesquisa.

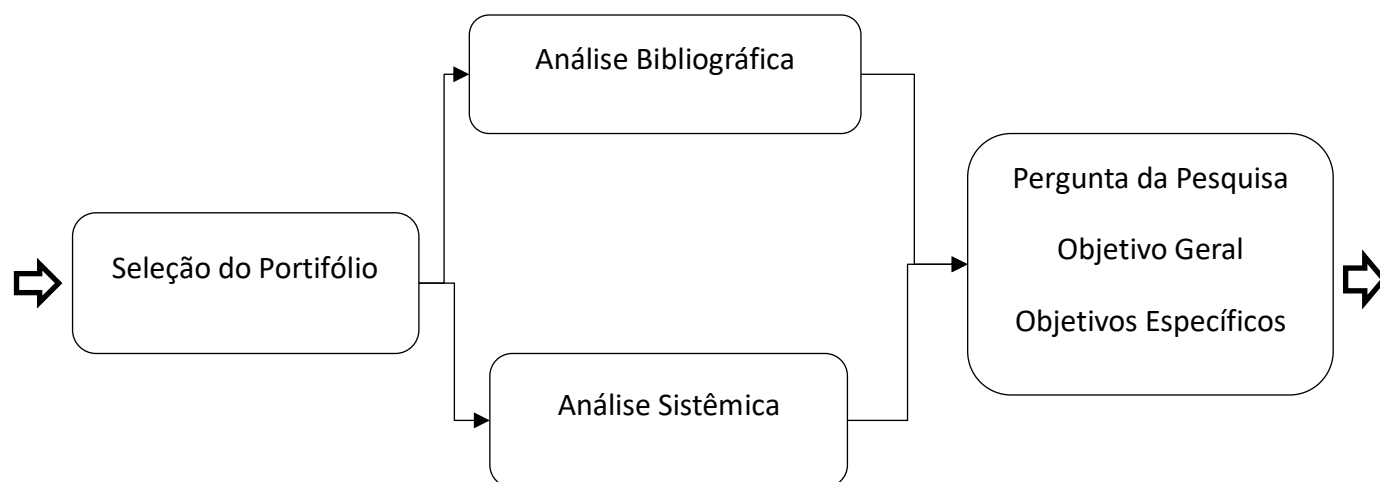


Figura 1 – Fluxograma da pesquisa bibliográfica e análise bibliométrica, baseado em (SILVA, MENDES, *et al.*, 2020).

## 2. Base de Dados

Para a realização da revisão bibliográfica, foi utilizado o portfólio bibliográfico *Web of Science* (CLARIVATE ANALYTICS, 2021), com dois eixos de pesquisa ‘Planejamento da Manutenção’ e ‘Distribuição de Energia Elétrica’. Nesta etapa foram definidas as palavras chave relacionadas a cada tema. Para verificação da assertividade das buscas, foram realizadas pesquisas prévias neste mesmo banco de dados visando observar se haveria ou não o retorno de trabalhos anteriormente selecionados sobre o tema. A Tabela 1 apresenta as palavras chaves utilizadas nesta busca.

Neste trabalho também foram utilizados filtros para a retenção inicial dos artigos que não possuíam vínculo com a pesquisa proposta. Os filtros utilizados foram o ano do trabalho e a categoria do WoS. No primeiro caso, foi selecionados os dez últimos anos para a pesquisa, sendo o mais recente 2021 e o mais antigo 2012. Também foi utilizada as categorias disponíveis no *Web of Science* que possuíam maior afinidade com o tema, neste caso, foram selecionadas *Engineering Electrical Electronic*, *Computer Science Information Systems*, *Computer Science Theory Methods*, *Engineering Multidisciplinary*, *Operations Research Management Science*, *Computer Science Artificial Intelligence*, *Automation Control Systems*, *Computer Science Interdisciplinary Applications*. A Tabela 2 apresenta os filtros e os resultados obtidos em cada etapa.

Tabela 1 - Definição dos Eixos de Pesquisa e Palavras-Chaves.

<b>Eixo 1: Planejamento da Manutenção</b>		<b>Eixo 2: Sistemas de Distribuição de energia Elétrica</b>
<i>"Maintenance"</i>	<i>"Plan*"</i>	<i>"Distribution* System*"</i>
	<i>"Prioritiz*"</i>	<i>"Electric* grid*"</i>
	<i>"Strateg*"</i>	<i>"Distribution* Network*"</i>
	<i>"Polic*"</i>	-

Tabela 2 - Resultados da Pesquisa.

<b>Busca</b>	<b>Filtros</b>	<b>Resultados</b>
<i>(("Plan*" OR "Prioritiz*" OR "Strateg*" OR "Polic*")</i>	-	993
<i>AND ("Maintenance") AND ("Distribution* System*"</i>	10 anos	651
<i>OR "Electric* grid*" OR "Distribution* Network*"))</i>	Categoria**	391

### 3. Resultados Iniciais da Pesquisa

A fim de realizar uma análise mais precisa dos resultados obtidos, os artigos retornados pela busca foram subdivididos em categorias de acordo com a análise do título, palavras-chave e resumo, quando necessário. A Tabela 3 apresenta o resultado numérico obtido pela divisão por tema realizada, e a Figura 2 o gráfico pizza com respectivos percentuais.

Numa segunda etapa, os 88 trabalhos selecionados foram avaliados em seu conteúdo buscando realizar uma análise completa com relação aos problemas e soluções propostas. Nesta etapa, ainda foram excluídos da análise 30 artigos que não possuíam relação direta com o tema da pesquisa (Figura 3).

Vale ressaltar que todas as análises subsequentes foram realizadas nos 58 artigos relacionados ao tema da pesquisa: Planejamento e Gestão da Manutenção de Redes de Distribuição de Energia Elétrica”. Além deste tema, também foram utilizados ao longo do texto alguns trabalhos selecionados por possuírem temas tangentes à pesquisa.

A partir do banco de dados obtido, diversas avaliações foram realizadas visando responder as seguintes perguntas gerais e específicas.

1. Questões Gerais:
  - a. Quais são as principais modelos de publicações neste tema?
  - b. Quais áreas de pesquisa estão relacionadas nestas pesquisas?
  - c. Quais países e editoras que mais publicaram artigos?
  
2. Questões Específicas:
  - a. Quais são os principais métodos desenvolvidos?
  - b. Quais são as oportunidades de trabalhos futuros?

Tabela 3 - Distribuição de Artigos por tema.

<b>Tema</b>	<b>Quantidade</b>
Sistemas de Distribuição de Água	29
Sistemas de Transmissão	4
Expansão de Redes/ Outros Investimentos	42
Geração (GD) e Operação	104
Temas Tangentes	55
<b>Planejamento/Gestão da Manutenção da Distribuição</b>	<b>88</b>
Outros Assuntos	68
Trabalho Não Encontrado	1
<b>Total:</b>	<b>391</b>

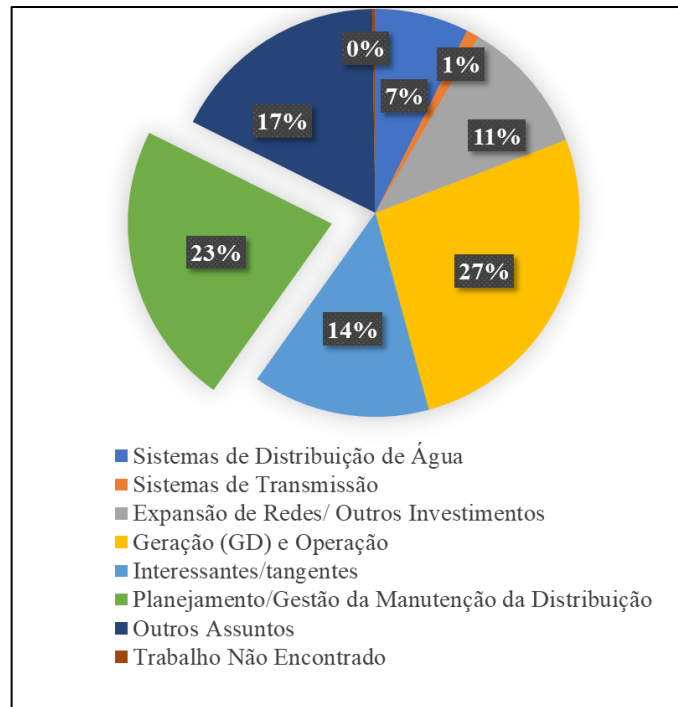


Figura 2 - Distribuição dos Artigos por Temas.

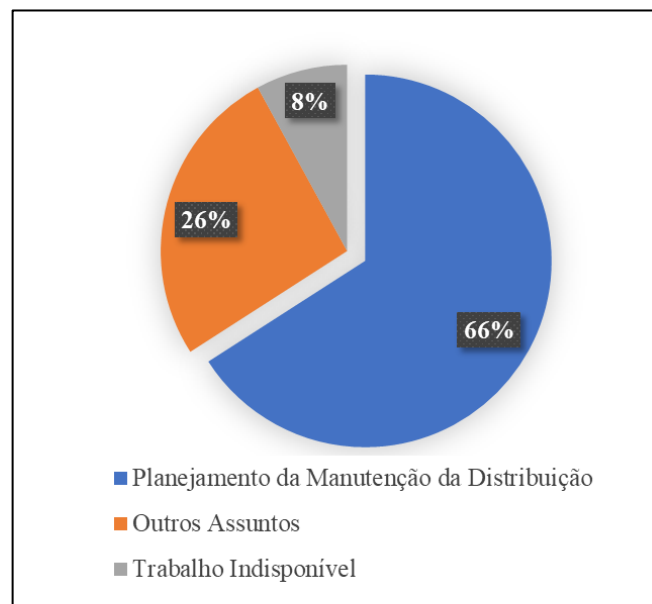


Figura 3 – Avaliação completa dos artigos.

## RESULTADOS

A fim de responder às questões levantadas, foi realizado tratamento nos dados e apresentados os resultados em formato de tabela e gráfico.

### a. Principais modelos de publicações

A Tabela 4 apresenta o resultado da divisão dos trabalhos por tipo de publicação, sendo a maioria classificado como ‘*Article*’, seguido de ‘*Proceedings Paper*’, e apenas dois ‘*Review*’. A Figura 4 apresenta a distribuição das publicações por ano, neste caso o ano de 2018 apresentou o maior número de publicações na área.

Tabela 4 - Publicações sobre o tema.

Tipo	Quantidade
Article	38
Proceedings Paper	17
Review/Survey	3

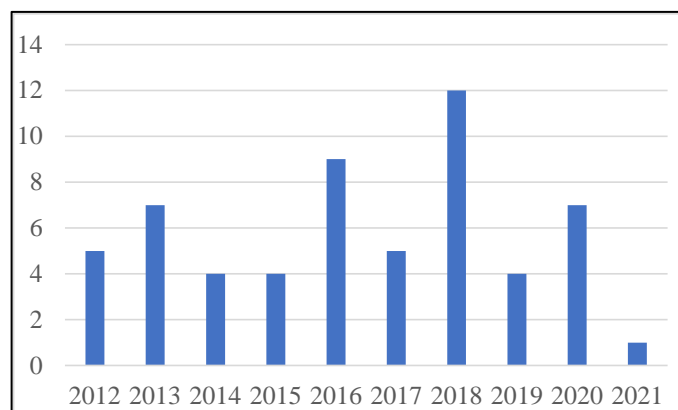


Figura 4 - Publicação por Ano.

### b. Principais áreas de pesquisa relacionadas

Na Tabela 5 tem-se a divisão dos trabalhos por categoria. Os resultados mostram que a maioria das publicações estão associadas a ‘*Electrical & Electronic Engineering*’, seguida por



‘*Computer Science*’, ‘*Energy & Fuels*’ e ‘*Operations Research & Management Science*’. As demais áreas não apresentaram significativa relação com o tema, tendo em vista que possuem menos do que 10% do total de trabalhos avaliados.

Tabela 5 - Categorias WoS.

<b>Categorias</b>	<b>Quantidade</b>
Automation & Control Systems	4
Computer Science	13
Energy & Fuels	7
Electrical & Electronic Engineering	45
Industrial Engineering	5
Manufacturing Engineering	1
Multidisciplinary Engineering	2
Logic	1
Mathematics	2
Mechanics	1
Operations Research & Management Science	7
Robotics	1
Statistics & Probability	1
Telecommunications	2

c. Países e Editoras que se destacaram

Na Tabela 6 está apresentada a distribuição dos trabalhos por Editora, sendo as de maior destaque a ‘IEEE’, ‘Elsevier’ e ‘Springer’.

Tabela 6 - Editoras.

Publisher	Quantity
Elsevier	11
IEEE	32
IET	3
Wiley	3
Springer	5
Other	4

A Figura 5 aponta para os principais países com publicações no tema de pesquisa. O mapa mostra que os Estados Unidos e Inglaterra possuem as editoras com maior publicação no tema.

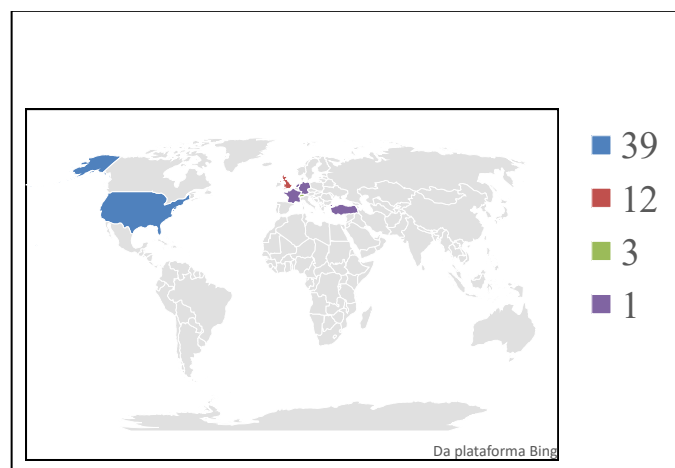


Figura 5 – Publicações por país.

2. Questões Específicas:

a. Quais são os principais métodos desenvolvidos?

O gráfico de pizza presente na Figura 6 e na

Figura 7, mostram os principais métodos abordados na literatura e os principais problemas a serem resolvidos, respectivamente. Como é possível observar na primeira figura, a maioria dos trabalhos utilizam métodos de otimização, tais como programação linear e não linear, inteira e mista, e algoritmos genéticos para tratamento dos dados e resolução de problemas relacionados ao planejamento da manutenção de redes de distribuição, seguido da teoria dos jogos e algoritmos genéticos. Além disso, as principais soluções propostas pelos pesquisadores estão relacionadas à busca pelo equilíbrio entre confiabilidade e custo, e manutenção preventiva.

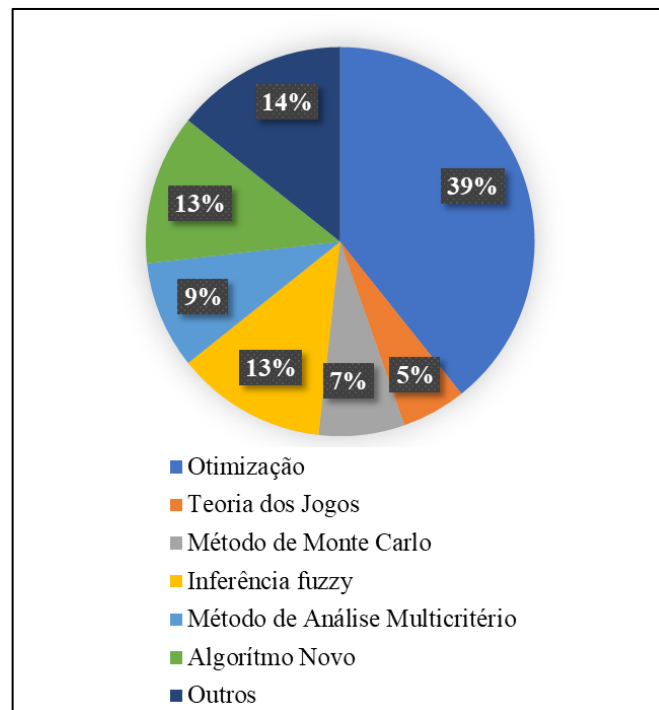


Figura 6 – Métodos Utilizados.

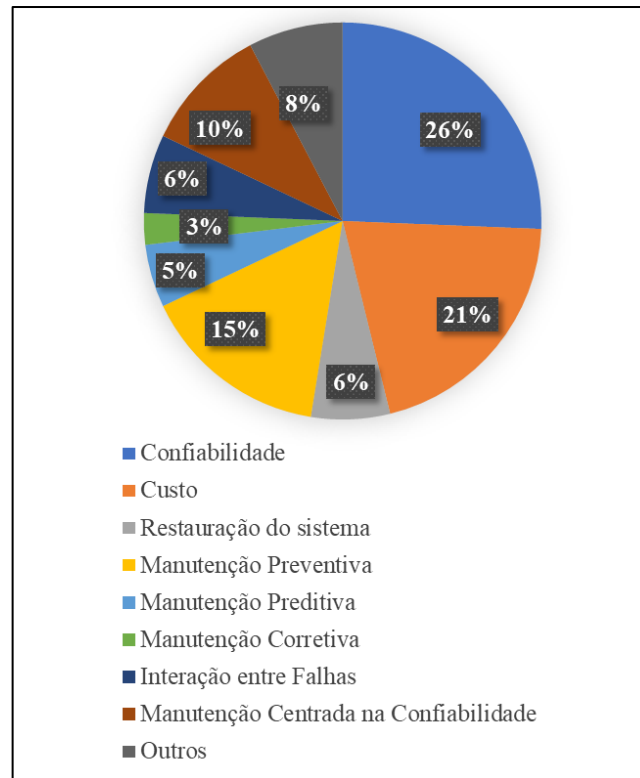


Figura 7 – Problemas Analisados pelos Autores.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir da análise dos trabalhos selecionados, foi possível observar as seguintes características com relação às questões gerais e específicas abordadas pelo trabalho.

### 1) Questões Gerais

- Poucas revisões encontradas sobre o tema, tornando este trabalho oportuno e inovador neste nicho de pesquisa;

- A maioria das publicações estão associadas a categoria '*Electrical & Electronic Engineering*', no entanto é possível observar que existe uma tendência de resolução destes problemas através de técnicas de 'Computer Science', neste sentido este assunto foi o segundo mais utilizado na caracterização dos artigos; Alguns exemplos de artigos que utilizam técnicas de Inteligência Artificial para planejamento da manutenção são (ALSHERYANI, ALKAABI, *et al.*, 2019), sensores inteligentes para monitoramento de condição (RAUSCH, 2014), algoritmos genéticos para priorização de manutenção (LAABASSI, MAAROUFI, 2020), dentre outros;

- As principais publicações estão presentes nas revistas e eventos do IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) e revistas da editora Elsevier;
- A maior parte das publicações são apresentadas em língua inglesa e provenientes de editoras dos EUA e Inglaterra.

## 2) Questões Específicas

- A maior parte das publicações analisadas utilizam os métodos de programação linear e não linear inteira e mista para a resolução de problemas de otimização voltados ao conflito entre confiabilidade e custo.

## CONCLUSÕES

Este artigo apresentou uma análise bibliométrica sobre o tema Planejamento e Gestão da Manutenção de Redes de Distribuição de Energia Elétrica, cuja metodologia baseou-se na técnica de revisão da literatura *Proknow-C*. Alguns filtros como seleção de temas, e anos de abrangência foram aplicados diretamente na base de dados *Web of Science* para filtragem inicial, que resultou em 391 artigos. Um segundo método de filtragem foi aplicado a fim de retirar os artigos que não possuíam afinidade com o tema proposto. Para tanto, foram os trabalhos selecionados foram analisados e após a segunda filtragem, apenas 58 artigos foram mantidos para as análises subsequentes.

Este trabalho observou que apesar da atualidade do tema, existem poucos trabalhos de revisão da literatura sobre o tema, neste sentido algumas lacunas no tratamento do tema foram identificadas.

Como esperado, o tema com maior afinidade foi '*Electrical & Electronic Engineering*' seguido por '*Computer Science*', tendo em vista o crescimento no uso de metodologias utilizando ferramentas computacionais e programação para planejamento e gestão da manutenção dos sistemas de distribuição. Além disso, os países que mais publicaram neste tema foram EUA e Inglaterra, sendo o IEEE a editora que mais publicou sobre este tema nos últimos 10 anos.

Vale ressaltar que este trabalho vem de encontro a uma lacuna observada no tema de pesquisa que além de possuir poucas revisões da literatura acerca das metodologias utilizadas para planejamento e gestão da manutenção de redes de distribuição de energia elétrica, ainda não possui nenhuma análise bibliométrica no período analisado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI, E., FOTUHI-FIRUZABAD, M., ABIRI-JAHROMI, A. "Risk based maintenance optimization of overhead distribution networks utilizing priority based dynamic programming", **2009 IEEE Power and Energy Society General Meeting, PES '09**, p. 1–11, 2009. DOI: 10.1109/PES.2009.5275735. .

ALSHERYANI, R. M., ALKAABI, S. S., ALKAABI, S. S., *et al.* "Applying Artificial Intelligence (AI) for Predictive Maintenance of Power Distribution Networks: A Case Study of Al Ain Distribution Company". 2019. International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA), Ras Al Khaimah, U ARAB EMIRATES, NOV 19-21, 2019. **Anais [...]** [S.l: s.n.], 2019.

CLARIVATE ANALYTICS. **Web of Science**. 2021. Disponível em: [www.webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com).

COUTINHO, A. C. A., NÓBREGA, W. R. de M. "Governance in tourist destinations : challenges in modern society", **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, v. 13, n. 3, p. 55–70, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7784/rbtur.v13i3.1543>. .

ENSSLIN, L., ENSSLIN, S. R., PACHECO, G. C. "Um estudo sobre segurança em estádios de futebol baseado na análise bibliométrica da literatura internacional", **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 17, n. 2, p. 71–91, jun. 2012. DOI: 10.1590/S1413-99362012000200006. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-99362012000200006&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-99362012000200006&lng=pt&tlng=pt).

ENSSLIN, L., MUSSI, C. C., CHAVES, L. C., *et al.* "Gestão da Terceirização de TI: Identificação do Estado da Arte por Meio de um Processo Construtivista de Investigação e Análise Bibliométrica", **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 12, n. 2, p. 371–392, 1 maio 2015. DOI: 10.4301/S1807-17752015000200010. Disponível em: <http://www.jistem.tecsi.org/index.php/jistem/article/view/10.4301%252FS1807-17752015000200010/530>.

GOMES, D. E., ENSSLIN, S. R., CARDOSO, T. L., *et al.* "Avaliação de desempenho de cursos de graduação ofertados na modalidade de Educação a Distância", **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 25, n. 3, p. 503–524, dez. 2020. DOI: 10.1590/s1414-40772020000300001. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-40772020000300503&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-40772020000300503&tlng=pt).

LAABASSI, H., MAAROUFI, M. "System dynamics modelling method optimizing CAPEX/OPEX Performance in electrical distribution networks", **JOURNAL OF ELECTRICAL SYSTEMS**, v. 16, n. 4, p. 550–568, 2020. .

LOURENÇO, F., DA SILVA FILHO, J. I. "Gestão de ativos em concessionárias de energia elétrica: o uso de Sistema Especialista Paraconsistente para elevação de eficiência e qualidade através da predição", **Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)**, v. 14, n. 9, p. 15625–15641, 27 set. 2023. DOI: 10.7769/gesec.v14i9.2646. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/2646>.

MAAS, L., MALVESTITI, R., GONTIJO, L. A. "Work in organic farming: an overview", **Ciência Rural**, v. 50, n. 4, 2020. DOI: 10.1590/0103-8478cr20190458. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782020000400901&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782020000400901&tlng=en).

MOURA, G. de, LUZ, C. E. da, LOPES, L. F. D. "Análise do processo dos equipamentos especiais em uma distribuidora de energia elétrica", **Revista Economia Política do Desenvolvimento**, v. 14, n. 32, p. 68–95, 22 dez. 2023. DOI: 10.28998/2594-598X.2023v14n32p68-95. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/repd/article/view/16545>.

OLIVEIRA, L. B. **Modelagem Matemática para o Gerenciamento e Planejamento dos Investimentos em Redes de Distribuição de Energia Elétrica com Foco nos Indicadores de Continuidade**. 2024. 1–242 f. Universidade Federal Fluminense, 2024.

RAUSCH, R. L. "Integration of Smart Sensors into Utility Operation and Business Practices". 2014. 58th IEEE Annual Conference on Rural Electric Power (REPC), 20140518,TX, MAY 18-21, 2014. **Anais [...]** [S.l: s.n.], 2014.

RUDIN, C., WALTZ, D., ANDERSON, R. N., *et al.* "Machine Learning for the New York City Power Grid", **IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE**, v. 34, n. 2, p. 328–345, 2012. DOI: 10.1109/TPAMI.2011.108. .

RUSCHEL, E., SANTOS, E. A. P., LOURES, E. de F. R. "Industrial maintenance decision-making: A systematic literature review", **Journal of Manufacturing Systems**, v. 45, p. 180–194, out. 2017. DOI: 10.1016/j.jmsy.2017.09.003. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278612517301309>.

SILVA, R. J. de O., MENDES, D., GAYER, J. A. A., *et al.* **Metodologia de pesquisa para engenharias**. [S.l: s.n.], 2020. v. 6.

ZUPIC, I., ČATER, T. "Bibliometric Methods in Management and Organization", **Organizational Research Methods**, v. 18, n. 3, p. 429–472, 2015. DOI: 10.1177/1094428114562629. .