

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

Luísa Zeredo Pereira

**LEVANTAMENTO SOBRE CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS DE
IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDORES INTELIGENTES**

Florianópolis

2023

Luísa Zeredo Pereira

**LEVANTAMENTO SOBRE CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS DE
IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDORES INTELIGENTES**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Produção Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, com habilitação em Engenharia de Produção Civil. Orientador: Prof. Diego de Castro Fettermann, Dr.

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Pereira, Luísa Zeredo

Levantamento sobre características dos projetos de
implementação de medidores inteligentes / Luísa Zeredo
Pereira ; orientador, Diego de Castro Fettermann, 2023.
111 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia de Produção Civil, Florianópolis,
2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção Civil. 2. Medidor inteligente.
I. Fettermann, Diego de Castro. II. Universidade Federal
de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Produção
Civil. III. Título.

Luísa Zeredo Pereira

**LEVANTAMENTO SOBRE CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS DE
IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDORES INTELIGENTES**

Florianópolis, 27 de junho de 2023.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi avaliado e aprovado pela banca examinadora composta dos seguintes membros

Prof. Diego de Castro Fettermann, Dr.
Orientador

Prof. Sérgio Fernando Mayerle, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Luiz Philipi Calegari, M.Sc.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certifico que esta é a versão final do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado pelo autor e julgado adequado por mim e pelos demais membros da banca para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Prof. Diego de Castro Fettermann, Dr.
Orientador

Dedico este trabalho aos meus avós Walmor e Roberta,
à minha mãe Ana Lúcia e aos meus irmãos Ivan e Roberta.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha mãe Ana Lúcia, que com todo o esforço, sempre me apoiou em todos os aspectos com todo o amor e carinho, me proporcionando as melhores oportunidades e a melhor referência pessoal de independência e caráter para me espelhar. Agradeço meu irmão, Ivan, por todos os conselhos, ajudas, viagens, momentos de alegria, pelo companheirismo, sempre oferecidos incondicionalmente, e por ser meu maior confidente. Sou grata à minha irmã Roberta por todos os momentos leves, de alegria e descontração nestes anos.

Também agradeço à UFSC por oferecer um ambiente repleto de oportunidades acadêmicas, profissionais e internacionais. Gostaria de agradecer especialmente o professor Diego Fettermann pela ajuda, dedicação, paciência, encorajamentos e suporte inigualáveis na orientação deste trabalho e no dia a dia.

Agradeço os amigos que encontrei na UFSC e que vou levar para vida, Amanda, Carol e Samuel, pela amizade, apoio e companheirismo em todos os trabalhos em grupo, frustrações cotidianas e momentos únicos de felicidade nestes seis anos. Um agradecimento especial à Carol, minha dupla, que sempre esteve presente durante as minhas reclamações, tristezas, frustrações e felicidades.

Finalmente, gostaria de agradecer meus avós Walmor e Roberta, que sempre me proporcionaram todas as oportunidades possíveis que poderiam oferecer, pelo companheirismo, apoio, suporte, confiança, amor e carinho imensuráveis. Um agradecimento especial ao meu avô, que sempre foi meu maior exemplo de superação e caráter pessoal e profissional.

RESUMO

Sistemas de comunicação *Internet of Things* (IoT) permitem a estruturação de sistemas tecnológicos interligados em cidades, chamadas de cidades inteligentes (*smart cities*). Dentre estas tecnologias, tem-se os medidores inteligentes, considerados como um elemento tecnológico chave para as cidades inteligentes. A incorporação destas tecnologias permite gerir melhor as redes de fornecimento de recursos (e.g., energia elétrica, água e gás) e, então, alcançar um equilíbrio mais eficiente entre oferta e demanda dos recursos. Este trabalho tem como objetivo associar os padrões de utilização dos medidores inteligentes com as características dos seus projetos de implementação (tecnologias, benefícios e soluções dos projetos). O desenvolvimento deste trabalho apresenta uma análise cientométrica (*scientometrics*) sobre a literatura científica de medidores inteligentes (*smart meters*) a fim de identificar e descrever os agrupamentos (*clusters*) temáticos abordados na literatura sobre o tema. Além disso, foram analisadas características de uma amostra de 79 projetos de implementação de medidores inteligentes realizados e implementados em diversos países, disponíveis na base de dados IoTONE (<https://www.iotone.com/>). As características dos projetos de medidores inteligentes foram analisadas por meio da técnica multivariada de agrupamentos (*clusters*) e a frequência das características por meio do teste qui-quadrado (*crosstabs*) para associação. Assim, como resultado, foram mapeados quatro *clusters* temáticos da literatura sobre medidores inteligentes e dois *clusters* temáticos sobre classificação de utilização (*use cases*) de medidores inteligentes (provenientes da base de dados IoTONE). Os resultados indicam padrões, tecnologias e desafios para o desenvolvimento de soluções incorporadas nos projetos de implementação dos medidores inteligentes. Estes resultados permitem estabelecer um melhor plano para os futuros projetos de implementação de medidores inteligentes a fim de reduzir o impacto de potenciais desafios enfrentados durante a implementação.

Palavras-chave: medidor inteligente; análise de agrupamentos; tabela de associação, cientometria; água, gás, energia.

ABSTRACT

Internet of Things (IoT) communication systems allow the structuring of interconnected technological systems in cities, called smart cities. Among these technologies, there are smart meters, considered as a key technological element for smart cities. The incorporation of these technologies makes it possible to better manage resource supply networks (e.g., electricity, water and gas) and, therefore, achieve a more efficient balance between supply and demand for resources. This work aims to associate the usage patterns of smart meters with the characteristics of their implementation projects (technologies, benefits and project solutions). The development of this work presents a scientometrics analysis on the scientific literature on smart meters (smart meters) in order to identify and describe the thematic clusters addressed in the literature on the subject. In addition, characteristics of a sample of 79 projects for the implementation of smart meters carried out and implemented in several countries, available in the IoTONE database (<https://www.iotone.com/>), were analyzed. The characteristics of smart meter projects were analyzed using the multivariate clustering technique and the frequency of characteristics using the chi-square test (crosstabs) for association. Thus, as a result, four thematic clusters from the literature on smart meters and two thematic clusters on classification of use (use cases) of smart meters (from the IoTONE database) were mapped. The results indicate standards, technologies, and challenges for the development of solutions incorporated in smart meter implementation projects. These results allow establishing a better plan for future smart meter implementation projects to reduce the impact of potential challenges faced during implementation.

Keywords: smart meter, cluster analysis, crosstabs, scientometrics, water, gas, energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aplicações IoT em cidades inteligentes	14
Figura 2 - Principais funcionalidades de um medidor inteligente.....	16
Figura 3 - Etapas da pesquisa sistemática da literatura segundo Kitchenham (2004)	23
Figura 4 - Código R para se verificar documentos duplicados	27
Figura 5 - Produção Científica Anual.....	28
Figura 6 - As 20 fontes mais relevantes	29
Figura 7 - Os 20 autores com maior número de publicações	30
Figura 8 - Os 20 autores mais citados	31
Figura 9 - As 20 afiliações mais relevantes.....	32
Figura 10 - Produção Científica por país.....	33
Figura 11 - Colaborações entre países.....	34
Figura 12 - Distribuição das palavras mais utilizadas no portfólio.....	35
Figura 13 - Evolução temática com base nas <i>Keywords Plus</i>	37
Figura 14 - Mapa Temático dos <i>Clusters</i>	38
Figura 15 - Evolução Temporal dos <i>Clusters</i> Temáticos	40
Figura 16 - Quantidade Anual de Citações por <i>Cluster</i> Temático	40
Figura 17 – Dendrograma que ilustra os métodos de clusterização hierárquica	61
Figura 18 – Ilustração dos elementos envolvidos no cálculo de $s(i)$	62
Figura 19 - Quantidades de projetos por países de empresas contratadas.....	66
Figura 20 - Quantidade de projetos por países de empresas clientes	67
Figura 21 - Tipo de uso dos medidores analisados	68
Figura 22 – Tipos de recurso mensurados	69
Figura 23 - Classificação de utilização.....	71
Figura 24 - Tecnologias empregadas.....	73
Figura 25 - Dados coletados pelos medidores dos projetos	73
Figura 26 - Principais desafios	75
Figura 27 - Principais soluções	78
Figura 28 - Maturidade das soluções.....	80
Figura 29 - Impactos e benefícios dos projetos	81
Figura 30 - Dendrograma da clusterização	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo das buscas.....	26
-----------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Artigos mais citados do portfólio.....	36
Tabela 2 - 20 Artigos com maior NLCS do <i>cluster</i> “ <i>feedback</i> ”	43
Tabela 3 - 20 Artigos com maior NLCS do <i>cluster</i> “ <i>classification</i> ”	47
Tabela 4 - 20 Artigos com maior NLCS do <i>cluster</i> “ <i>privacy</i> ”	52
Tabela 5 - 20 Artigos com maior NLCS do <i>cluster</i> “ <i>system</i> ”	56
Tabela 6 - Pré-visualização reduzida da tabela de dados completa	60
Tabela 7 - Pré-visualização da matriz de dados de clusterização.....	63
Tabela 8 - Relação dos <i>clusters</i> de literatura com os desafios dos projetos de implementação.....	75
Tabela 9 - Relação dos <i>clusters</i> de literatura com as soluções dos projetos de implementação.....	79
Tabela 10 - <i>Clusters</i> identificados de acordo com a classificação de utilização (<i>use cases</i>).....	84
Tabela 11 - Teste qui-quadrado entre casos de uso (<i>use cases</i>) e tecnologias dos projetos	85
Tabela 12 - Teste qui-quadrado entre os casos de uso (<i>use cases</i>) e benefícios dos projetos	86
Tabela 13 – Teste qui-quadrado entre os casos de uso (<i>use cases</i>) e soluções dos projetos	87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABEPRO Associação Brasileira de Engenharia de Produção
AMI Advanced Metering Infrastructure
ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica
API Application Programming Interface
CELESC Centrais Elétricas de Santa Catarina
CG Citações Globais
CL Citações Locais
EAM Enterprise Asset Management Systems
HMI Human Machine Interface
IHD In-home Display
IoT Internet of Things
IaaS Infrastructure as a Service
NLCS Normalized Local Citation Score
PaaS Platform as a Service
RFID Radio-frequency identification
SCP Single Country Publication
SLR Systematic Literature Review

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	JUSTIFICATIVA	9
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	Objetivo Geral.....	12
1.2.2	Objetivos Específicos	13
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1	CIDADES INTELIGENTES.....	13
2.2	MEDIDORES INTELIGENTES.....	15
2.3	CIENCIOMETRIA.....	17
2.3.1	Conceitos e técnicas	17
2.3.2	Ferramentas de análise.....	20
2.4	PESQUISA SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	22
2.4.1	Método de revisão sistemática	22
2.4.2	Análise Cienciométrica (<i>Scientometrics</i>).....	27
2.4.2.1	<i>Análise geral da literatura.....</i>	27
2.4.2.2	<i>Agrupamento (clusters) temático da literatura</i>	37
2.4.2.2.1	“Feedback”	41
2.4.2.2.2	“Classification”.....	45
2.4.2.2.3	“Privacy”.....	49
2.4.2.2.4	“System”	53
3	MÉTODOS ADOTADOS	58
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	58
3.2	COLETA DE DADOS	58
3.3	CLUSTERIZAÇÃO	60
3.4	TESTE QUIQUADRADO	63
4	IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDORES INTELIGENTES.....	65

4.1	CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS	66
4.1.1	Localidade	66
4.1.2	Natureza da aplicação	67
4.1.3	Recursos mensurados	68
4.2	ESCOPO DOS PROJETOS.....	69
4.2.1	Classificação de utilização (<i>Use Cases</i>)	69
4.2.2	Tecnologias utilizadas.....	71
4.2.3	Dados coletados.....	73
4.3	RESULTADOS DE IMPLEMENTAÇÃO	74
4.3.1	Desafios	74
4.3.2	Soluções.....	77
4.3.3	Maturidade.....	80
4.3.4	Benefícios.....	80
5	ANÁLISE DOS <i>CLUSTERS</i> DA CLASSIFICAÇÃO DE UTILIZAÇÃO (<i>USE CASES</i>)	82
5.1	DEFINIÇÃO DOS <i>CLUSTERS</i>	82
5.2	ASSOCIAÇÃO DOS CASOS DE USO (<i>USE CASES</i>) COM AS CARACTERÍSTICAS DOS MEDIDORES	84
5.2.1	Casos de uso (<i>use cases</i>) x Tecnologias	85
5.2.2	Casos de uso (<i>use cases</i>) x Benefícios	85
5.2.3	Casos de uso (<i>use cases</i>) x Soluções.....	86
6	CONCLUSÃO.....	88
	REFERÊNCIAS.....	90
	APÊNDICE A – BASE DE DADOS LEVANTADOS IOTONE.....	111

1 INTRODUÇÃO

O termo “Internet das Coisas” (IoT) se trata de uma rede coletiva de dispositivos conectados com o intuito de se comunicarem com dispositivos da vida cotidiana (e.g. sensores, telefones, *tags* etc.) e usuários (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). Por meio desta comunicação, é possível construir sistemas tecnológicos interligados em cidades, chamadas de cidades inteligentes (*smart cities*). As cidades inteligentes estão diretamente relacionadas com a formulação de políticas sustentáveis (e.g., conservação de energia e redução da poluição), por meio da implementação de infraestruturas necessárias para a conectividade de sistemas de monitoramento de consumo, por exemplo (TALARI *et al.*, 2017). Assim, a instalação de tecnologias de medição, comunicação e automação de rede está incorporada na atualização tecnológica das cidades (LLORET *et al.*, 2016). A partir da incorporação destas tecnologias é possível gerir melhor as redes de fornecimento de recursos (e.g., energia elétrica, água e gás) e, então, alcançar um equilíbrio mais eficiente entre oferta e demanda dos recursos (LLORET *et al.*, 2016). Um elemento tecnológico chave neste contexto é o medidor inteligente, considerando um dispositivo dentro da IoT (LLORET *et al.*, 2016).

A rede de comunicação, o sistema de gerenciamento de dados e os medidores inteligentes, constituem a infraestrutura de medição avançada, que é fundamental para o fluxo de informações bidirecional (WANG, Y. *et al.*, 2019b). Este, por sua vez, é imprescindível para a construção de sistemas de informação em cidades inteligentes e fazer a interligação da rede com o cliente. Os medidores inteligentes permitem o monitoramento em tempo real do consumo de recursos por meio de dispositivos conectados, como telefones celulares (*smartphones*) (FETTERMANN *et al.*, 2021). Com estas informações é possível gerenciar a geração e distribuição de recursos utilizados em diversos tipos de edificações, sejam elas residenciais, industriais ou comerciais. Dessa forma, os usuários residenciais, por exemplo, são estimulados a alterarem comportamentos para reduzir gastos e desperdícios, com as informações coletadas pelos medidores inteligentes (FETTERMANN *et al.*, 2021).

Dentre os dados disponíveis para os usuários em relatórios de medidores inteligentes tem-se como exemplos gerenciamento de interrupção e restauração de serviço, monitoramento de qualidade, pico de demanda, redução de demanda, cobrança ao cliente e planejamento de distribuição (LLORET *et al.*, 2016). Logo, além de fazer apenas o controle de custos, estes sensores permitem o monitoramento de todos os aspectos do recurso para os diferentes tipos de usuários, sejam eles empresas, governos ou a sociedade civil (LLORET *et al.*, 2016). Portanto,

os projetos de implementação de medidores inteligentes devem incorporar aspectos sociais, sustentáveis, políticos e econômicos.

Na última década, com os avanços da tecnologia IoT, medidores inteligentes têm sido cada vez mais instalados em estabelecimentos ao redor do mundo. Os números de medidores inteligentes mais que dobraram em 2013 em comparação com 2012 devido a implementações em 35 países emergentes (ALAHAKOON; YU, 2016). Diversos países do mundo criaram políticas de implementação de medidores inteligentes em estabelecimentos residenciais. Na América do Norte, os Estados Unidos planejaram que 80% das residências tivessem um medidor inteligente até o final de 2020 e mais de 83% dos clientes canadenses foram classificados como usuários de medidores inteligentes em 2018 (LEE; HESS, 2021). Na Europa, o Reino Unido tinha a meta de atingir a maioria das residências até 2024, a Holanda tinha um plano de 100% de instalação de medidores até 2021, a Noruega tinha 98% de instalação de medidores inteligentes em 2019 e a França tinha a meta de atingir 80% das residências até 2020 (LEE; HESS, 2021). Portanto, é evidente que nestes países, a implementação de medidores inteligentes já está mais avançada se comparada com o nível de implementação deste tipo de equipamento no Brasil. Entretanto, diferente do que ocorre nestes países, no Brasil a iniciativa de instalação de medidores residenciais inteligentes é responsabilidade do consumidor, conforme determina a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) (FETTERMANN *et al.*, 2020). Por consequência desta situação, ainda são registrados pouco casos de residências brasileiras com a implementação de medição inteligente de recursos como água e energia (FETTERMANN *et al.*, 2020). Apesar da maior experiência em projetos de implementação de medidores inteligentes, diversos países ainda registram muitas restrições nos projetos realizados, como a dificuldade de aceitação de implementação de medidores inteligentes pelos consumidores (FETTERMANN *et al.*, 2020). Isso pode acontecer por diversos fatores, como dificuldades sociais e técnicas que impedem a compreensão dos dados ou pela desconfiança de como os dados coletados serão tratados (SOVACOOOL *et al.*, 2017).

Assim, o intuito de analisar na prática os principais fatores que impactam e influenciam a implementação de medidores inteligentes, este trabalho realiza o levantamento de características de projetos de implementação de medidores inteligentes. Dessa forma, utiliza-se uma base de dados contendo amostras de estudos de caso de diversos países em contextos diferentes para que a análise seja fiel às diferentes realidades atuais. Esta base de dados traz informações de desafios, tecnologias, soluções, benefícios e dados que são possíveis de se coletar pelos medidores. Os projetos da base de dados são classificados de acordo com sua

utilização (*use cases*), ou seja, o contexto e função no qual os medidores inteligentes são utilizados, como gestão e controle de edifícios ou processos e manutenção preditiva. Logo, o trabalho busca associar os padrões de utilização dos medidores inteligentes com as características dos seus projetos de implementação (tecnologias, benefícios e soluções dos projetos).

Dessa forma, diante da conjuntura tecnológica e sustentável atual apresentada, surgem questionamentos sobre as características de projetos de implementação de medidores inteligentes para torná-los projetos bem-sucedidos. Isto, por sua vez, pode ser afinado com outras perguntas, como: Qual é a evolução da literatura a respeito dos medidores inteligentes? Dentro da literatura, quais são os grupos temáticos relacionados aos medidores inteligentes? Houve um crescimento relativo, o que indicaria um aumento de interesse científico, a algum destes assuntos em específico? Quais são as tecnologias necessárias para esta implementação? Quais são os desafios e benefícios de implementação dos medidores inteligentes? Quais são as principais formas de implementação ou utilização de medidores inteligentes? Os padrões de utilização dos medidores inteligentes em projetos de implementação estão associados com características específicas (e.g., tecnologias, benefícios e soluções)?

Assim, o trabalho foi estruturado em 6 seções. A seção 1 compreende a introdução, objetivos e justificativa do trabalho. A seção 2 é a revisão de literatura, na qual realiza-se uma análise cienciométrica (*scientometrics*) sobre medidores inteligentes. Nesta análise, tem-se o mapeamento dos *clusters* temáticos mais abordados na literatura sobre medidores inteligentes. A seção 3 explica os métodos utilizados no presente trabalho. A seção 4 apresenta a análise dos dados de implementação dos projetos de medidores inteligentes levantados da base de dados IoTONE (<https://www.iotone.com/>). Na seção 5 foram definidos os *clusters* de classificação de utilização (*use cases*) dos projetos estudados. Dentro desta seção realizou-se a associação dos casos de uso (*use cases*) com as características dos projetos de implementação (tecnologias, benefícios e soluções dos projetos). Finalmente, a seção 6 corresponde à conclusão do trabalho.

1.1 JUSTIFICATIVA

A pesquisa realizada neste trabalho está relacionada com a necessidade de gerenciar com eficiência e sustentabilidade o consumo, transmissão e distribuição de utilidades básicas (água, energia, gás) em diferentes estabelecimentos e ambientes, sejam eles industriais, residenciais ou comerciais (CHOURABI *et al.*, 2012). A literatura sobre medidores inteligentes

ainda está concentrada em aspectos relacionados aos medidores de energia (BOYLE *et al.*, 2013; GUMZ; FETTERMANN, 2023). Assim, aspectos relacionados à implementação de outros tipos de medidores, como de água e gás, ainda são pouco explorados na literatura. Este trabalho busca associar os padrões de utilização dos medidores inteligentes com as características dos seus projetos de implementação (tecnologias, benefícios e soluções dos projetos).

Uma significativa parte da literatura sobre casos de implementação de medidores inteligentes reportam sua utilização em ambientes residenciais específicos. Esta restrição também reforça uma visão mais ampla sobre o medidor, visto que este tipo de solução também apresenta aplicações em outros tipos de uso, como industrial e comercial. O conhecimento dos diversos usos de medidores é importante pois estes estão relacionados com a possibilidade de implementação de cidades inteligentes (CHOURABI *et al.*, 2012), as quais precisam da interligação da comunicação entre os sensores de todos os tipos e de todos os usos.

Também, as pesquisas normalmente são referentes a situações específicas, com poucos artigos que conseguem tangenciar uma grande base de dados, provenientes de diferentes países, tipos de medidores inteligentes e projetos de implementação de empresas, para que seja possível ter uma visão geral da situação atual.

A viabilidade de implementação dos medidores depende das características destes e, por isso, é necessário um estudo de desenvolvimento de produto para que este esteja adequado ao ambiente e mercado que será inserido. Logo, esta pesquisa se enquadra na área de Engenharia do Produto e subárea Processo de Desenvolvimento do Produto da ABEPRO (ABEPRO, 2003). Estudar a relação das funcionalidades para cada tipo de medidor é fundamental para a criação de produtos bem-sucedidos e adequados aos diversos tipos de usuários. Também, vale-se ressaltar a importância de compreender as funcionalidades e características imprescindíveis para que seja possível construir um sistema integrado sustentável e tecnológico nas cidades, conhecido como cidades inteligentes.

Assim, é de suma importância analisar as atualizações do mercado e as pesquisas da literatura acadêmica para prever e estimular a concepção das cidades inteligentes. Neste contexto, o poder público deve desempenhar o papel de mediadores trazendo empresas, organizações de pesquisa e a população para trabalhar em conjunto (SCHAFFERS; RATTI; KOMNINOS, 2012). O número de objetos conectados à Internet já ultrapassou o número de seres humanos no mundo. Além disso, a quantidade crescente de dispositivos em rede implantados em ambientes urbanos resultou no crescimento exponencial da quantidade de

dados gerados por medidores inteligentes (BIBRI; KROGSTIE, 2020). Logo, este ecossistema representa atualmente o grande potencial inovador para o desenvolvimento de cidades inteligentes (SCHAFFERS; RATTI; KOMNINOS, 2012).

Além disso, reconhecer as maiores barreiras e benefícios de projetos de implementação de acordo com os tipos de utilização dos medidores é essencial para o planejamento de projeto do produto. Portanto, é fundamental realizar pesquisas sobre estes aspectos ao longo dos anos na literatura acadêmica e no mercado.

Dessa forma, por meio da análise cienciométrica (*scientometrics*), é possível realizar o mapeamento da literatura e investigar tendências temáticas relativas aos medidores inteligentes. Então, após pesquisas nas bases de dados Web of Science® e Scopus®, foi identificada uma carência de estudos na literatura acadêmica de análises cienciométricas (*scientometrics*) sobre o tema de medidores inteligentes. Apesar das pesquisas apresentarem alguns levantamentos de literatura sobre o tema, como a revisão de fatores de sucesso para projetos de implementação de medidores inteligentes (GUMZ; FETTERMANN, 2023) ou meta-análise sobre fatores de aceitação dos equipamentos (GUMZ; FETTERMANN, 2022), não foi possível localizar na literatura estudos com uma análise mais ampla da literatura sobre o tema, como os desenvolvimentos por meio de cienciométrica. O tema de medidores inteligentes é considerado relativamente novo e muito amplo, pois envolve aspectos comportamentais humanos e sociais, tecnológicos e legais, além de serem utilizados em diversas áreas do conhecimento (e.g., construção civil, indústrias mecânicas, cidades inteligentes). Consequentemente, identificar tendências temáticas e classificá-las de acordo com seu impacto e desenvolvimento atual é fundamental para identificar possíveis carências de estudo em alguma destas áreas específicas para que sejam mais desenvolvidas futuramente. Além disso, para pesquisadores, gestores e engenheiros, com a análise cienciométrica, torna-se possível identificar mais facilmente qual área deve ser buscada de acordo com o contexto que o medidor inteligente é utilizado. Assim, demonstra-se a importância deste trabalho acadêmico.

O trabalho ainda busca realizar um levantamento sobre as características dos projetos de implementação de medidores inteligentes utilizando uma base de dados internacional com diversos casos de sucesso e, assim, associar os padrões de utilização dos medidores inteligentes com as características dos seus projetos de implementação (tecnologias, benefícios e soluções dos projetos). Esta associação é importante, pois apesar dos medidores inteligentes possuírem sua funcionalidade bem definida (mensurar recursos de forma precisa e automática), estes são utilizados em contextos e projetos diferentes (*use cases*), os quais requerem tecnologias

específicas (que ainda estão em desenvolvimento) e resultam em soluções e benefícios específicos. Assim, por um lado, um medidor inteligente de gás pode ser utilizado para identificar e mensurar os gases (que podem ser prejudiciais à saúde ou causar explosão) presentes em locais de difícil acesso para operários no contexto da construção civil, proporcionando segurança no trabalho. Por outro lado, medidores inteligentes de gás podem ser implementados em redes de gás para identificar vazamentos, proporcionando economia, segurança e diminuição de desperdícios. Dessa forma, nos dois casos, os medidores inteligentes de gás realizam a mesma tarefa (mensurar a quantidade de gás), mas em contextos completamente diferentes. Consequentemente, necessitam de tecnologias diferentes para viabilizar sua operação em cada situação, ou seja, na primeira situação pode haver problemas de conectividade pela dificuldade de acessar o local e na segunda pode haver problemas de infraestrutura do sistema. Desta forma, a análise das características dos projetos de implementação de medidores inteligentes pode contribuir para identificar quais tecnologias, dificuldades ou aplicações são mais comuns em cada tipo específico de utilização, também denominado de ‘*use cases*’. Ao associar os casos de uso (*use cases*) dos medidores com tecnologias, benefícios e soluções, pode-se determinar em futuros projetos qual ponto deve ser desenvolvido e estudado de forma mais efetiva.

1.2 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste TCC.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa consiste em associar os padrões de utilização dos medidores inteligentes com as características dos seus projetos de implementação. Entende-se como características dos projetos de implementação medidores inteligentes como tecnologias utilizadas nos projetos, os benefícios atingidos pelas implementações e as soluções incorporadas nos projetos de implementação dos medidores. A partir disso, os resultados esperados permitem identificar as tecnologias, benefícios e soluções associadas a padrões de utilização dos projetos de medidores inteligentes. Os resultados ainda fornecem evidências para melhor delinear projetos de implementação de medidores inteligentes no país, como no caso

experimental desenvolvido pela CELESC (CELESC, 2021), utilizando como *benchmarking* projetos internacionais similares.

1.2.2 Objetivos Específicos

A partir do objetivo geral de associar os padrões de utilização dos medidores inteligentes com as características dos seus projetos de implementação (tecnologias, benefícios e soluções dos projetos), foram mapeados os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma análise cienciométrica (*scientometrics*) da literatura sobre medidores inteligentes;
- Levantar e descrever características, escopos e resultados dos projetos de implementação de medidores inteligentes;
- Identificar potenciais contribuições da literatura para o desenvolvimento de soluções incorporadas nos projetos de implementação dos medidores inteligentes e para a identificação dos principais desafios de implementação.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo aborda a fundamentação teórica com os principais conceitos sobre os projetos de medidores inteligentes para auxiliar a compreensão da pesquisa. Também, com o intuito de apresentar uma visão geral das principais pesquisas, autores e instituições mais prolíficos sobre a implementação de medidores inteligente por meio de uma análise cienciométrica (*scientometrics*) sobre o tema. A revisão da literatura foi realizada por meio de uma revisão sistemática de literatura (*Systematic Literature Review – SLR*) (e.g., HAJJAJI *et al.*, 2021; JUSTIN *et al.*, 2021; MASWADI; GHANI; HAMID, 2020; THOMÉ; SCAVARDA; SCAVARDA, 2016).

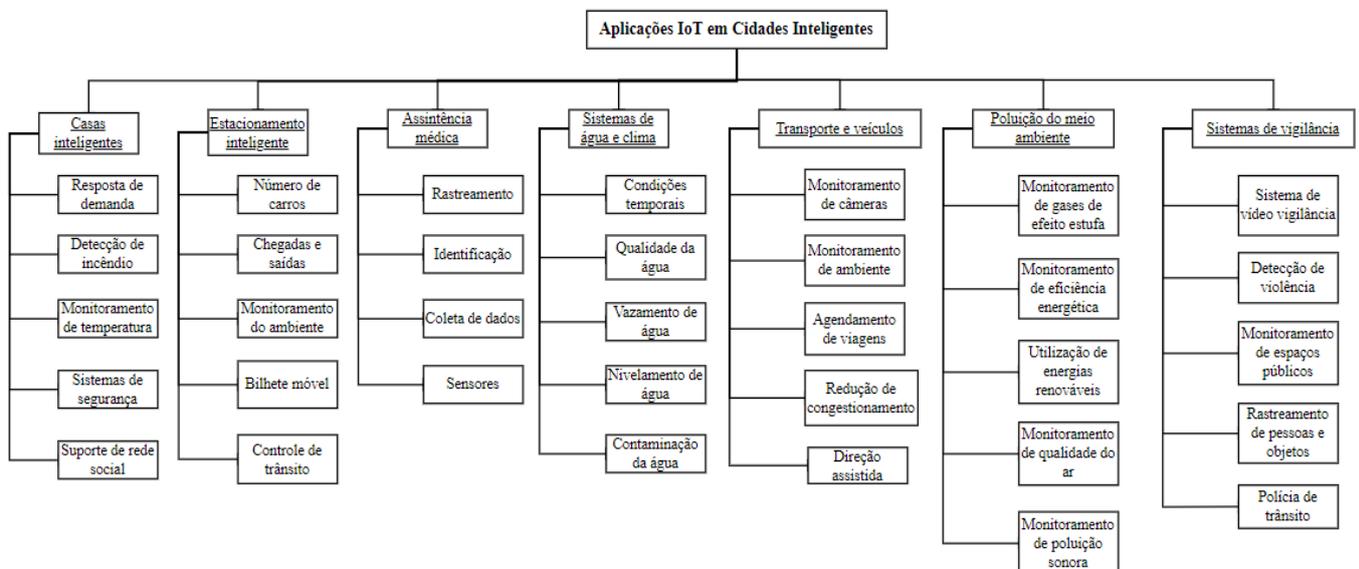
2.1 CIDADES INTELIGENTES

O crescimento populacional urbano apresenta consequências na gestão das cidades, tais como problemas na gestão de resíduos, escassez de recursos, poluição do ar, congestionamento urbano e infraestruturas deterioradas. A partir disso, a estratégia de tornar a cidade “inteligente” é colocada em prática como uma alternativa para mitigar os efeitos destes

problemas (CHOURABI *et al.*, 2012). As cidades inteligentes tendem a possuir serviços públicos mais eficientes, reduzindo o congestionamento do trânsito e aumentando a segurança social (TALARI *et al.*, 2017). O desenvolvimento de uma cidade inteligente também auxilia na formulação de políticas públicas de bem-estar social, como diminuição da poluição e desperdício de energia (TALARI *et al.*, 2017). Existem diversos exemplos internacionais de aplicações de cidades inteligentes que obtiveram resultados satisfatórios, como em Fujisawa (Japão), onde conseguiram reduzir a pegada de carbono em 70%, Amsterdam (Holanda), onde houve redução de tráfego, conservação de energia e melhoria do nível de segurança e Viena (Áustria), onde foi alcançado um aumento da eficiência energética, proteção do clima e redução da pegada de carbono (TALARI *et al.*, 2017).

Para possibilitar a construção de um sistema de cidade inteligente é necessária uma coleção de tecnologias de computação inteligente aplicadas à componentes e serviços de infraestrutura (Figura 1). Estas tecnologias são softwares e dispositivos de rede que fornecem informações em tempo real e análises avançadas para ajudar os usuários (governo, empresas e população em geral) a fazer decisões mais inteligentes e realizar atividades que buscam otimizar os processos em empresas e em ambientes públicos (CHOURABI *et al.*, 2012).

Figura 1 - Aplicações IoT em cidades inteligentes



Fonte: Adaptado de Talari *et al.* (2017).

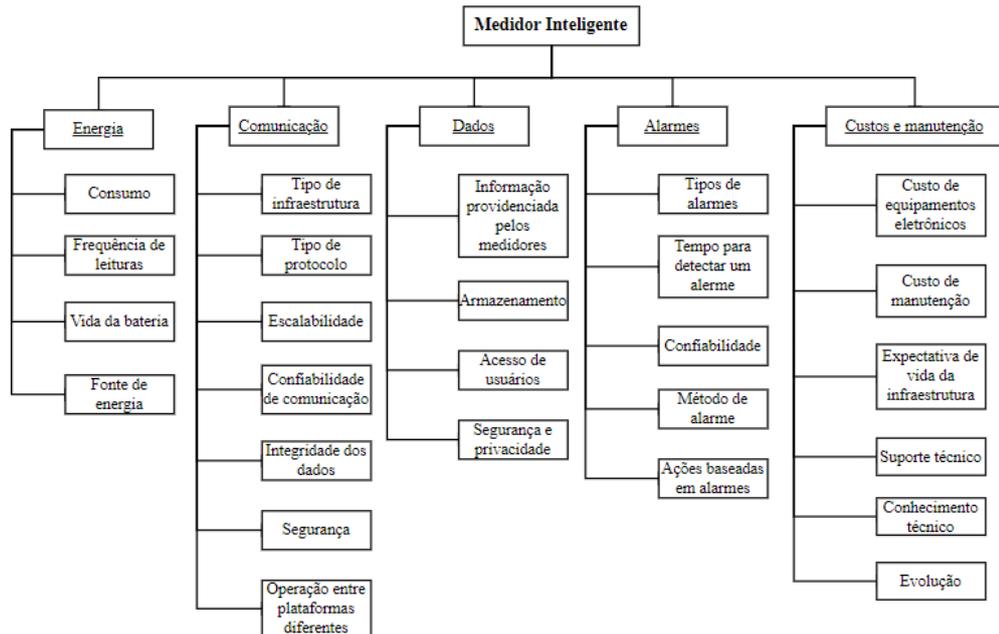
A Internet das Coisas (IoT) é o termo que se refere a uma rede coletiva de dispositivos conectados por meio da tecnologia de forma a permitir a comunicação dos dispositivos da vida

cotidiana (e.g. sensores, telefones, *tags* etc.) entre eles e seus vizinhos para um objetivo em comum (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). Assim, a aplicação da IoT permite que dispositivos sejam equipados com medidores e sensores para comunicação digital que os tornam capazes de se comunicar entre si e com os usuários, tornando-se parte integrante da Internet (ZANELLA *et al.*, 2014). Por meio desta comunicação e medição é possível construir sistemas tecnológicos interligados em cidades, chamadas de cidades inteligentes (*smart cities*). Este monitoramento de toda a infraestrutura urbana é realizado por meio dos sensores ou medidores inteligentes de recursos (como água, eletricidade e gás), segurança, transporte e saúde (TALARI *et al.*, 2017).

2.2 MEDIDORES INTELIGENTES

Os medidores inteligentes representam uma evolução dos medidores convencionais, eletromecânicos (AVANCINI *et al.*, 2019). Enquanto o medidor convencional possui as funções de leitura e cobrança total, com conexão física, o medidor inteligente possui funções de armazenamento e gerenciamento de dados, medição e cobrança bidirecional remota, em pequenos intervalos de tempo, detecção de falhas no sistema, detecção de vazamentos, tela interativa (IHD) e variação da tarifa conforme a oferta e a demanda (AVANCINI *et al.*, 2019; BOYLE *et al.*, 2013). Assim, um sistema de medição inteligente de água, gás e eletricidade permite a leitura e registro contínuos do consumo em intervalos de tempo, relatórios, monitoramento ou faturamento diários (LLORET *et al.*, 2016). Dentre os dados disponíveis para os usuários tem-se como exemplos gerenciamento de interrupção do fornecimento, restauração de serviço, monitoramento de qualidade, pico de demanda, redução de demanda, cobrança ao cliente e planejamento de distribuição (LLORET *et al.*, 2016). A Figura 2 apresenta diversos exemplos dos potenciais funcionalidades de um medidor inteligente de recursos residencial.

Figura 2 - Principais funcionalidades de um medidor inteligente



Fonte: Adaptado de Lloret *et al.* (2016).

O aumento da urbanização e, conseqüentemente, o aumento da utilização de recursos essenciais, a diminuição dos custos de tecnologia e a conscientização da sociedade em relação à importância da sustentabilidade e o crescente reconhecimento da importância do comportamento do cliente nos mercados de energia trouxeram uma mudança na maneira que a energia é ofertada em diversos locais do mundo, como na Europa (TORRITI; HASSAN; LEACH, 2010). Estas mudanças estão diretamente relacionadas com a implementação de medidores inteligentes em residências e políticas de incentivo governamentais (FETTERMANN *et al.*, 2021).

Assim, diversas iniciativas de implementação em larga escala de medidores inteligentes de energia estão sendo realizadas pela Europa, Ásia, Oceania, Estados Unidos e Canadá (GUMZ; FETTERMANN, 2023; SHABHA; BARBER; LAYCOCK, 2021). Países da Europa, por exemplo, apresentam a meta de atingir a implementação de medidores inteligentes em 72% das residências até 2026 (BERG INSIGHT AB, 2021). Na Índia, estabeleceu-se uma política de implementar medidores inteligentes em residências que prevê cerca de 130 milhões de medidores inteligentes instalados (SHABHA; BARBER; LAYCOCK, 2021). Também, a Alemanha tornou obrigatório que todos os edifícios novos ou totalmente renovados tenham um medidor inteligente instalado (SHABHA; BARBER; LAYCOCK, 2021). No Brasil, ainda existe uma perspectiva de substituição de 64 milhões de medidores de energia no país até 2030,

num investimento variando entre 46 e 91 bilhões de reais para os próximos anos (ANEEL, 2019).

O foco de projetos de implementação e estudo de medidores inteligentes está na aplicação no setor de energia elétrica, porém, existem os medidores de outros recursos, como gás e água (GUMZ; FETTERMANN, 2023). Em 2009, os projetos de medição inteligente de água representaram apenas cerca de 18% do número total de projetos de medição inteligente dos dois recursos (água e energia) (BOYLE *et al.*, 2013). A Austrália é um dos países que mais apresenta estudos focados na implementação de medidores para controlar o consumo de água (GUMZ; FETTERMANN, 2023). Porém, a maioria das implementações de medidores de água ocorre, principalmente, na Europa e na América do Norte (BOYLE *et al.*, 2013).

O monitoramento de gás também é de extrema importância na conjuntura político-econômica atual, devido aos cortes da Rússia nas entregas de gás por gasoduto (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), 2022b). Isso gerou preços extremamente voláteis e muitas residências e setores industriais sofreram, assim como muitos países importadores de gás em todo o mundo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), 2022a). Ademais, em 2019, o gás natural representou 25,4% do consumo interno bruto da União Europeia, sendo uma de suas fontes de energia mais importantes (SMAJLA *et al.*, 2021). Por isso, alguns países da Europa com mercados de gás bem desenvolvidos, como Grã-Bretanha, Holanda, França, Itália, Áustria e Suécia, iniciaram ou estão considerando projetos de grande escala para instalar medidores inteligentes de eletricidade e/ou gás em residências (SMAJLA *et al.*, 2021).

2.3 CIENCIOMETRIA

Esta seção aborda os diversos conceitos e técnicas abordadas para análise de dados de revisões de literatura com grande número de artigos, também denominadas de cienciométricas. Além disso, também são abordadas as ferramentas computacionais utilizadas para realizar as análises dos dados de revisões de literatura cienciométricas.

2.3.1 Conceitos e técnicas

Nos últimos anos houve um aumento da possibilidade de acesso a artigos e livros e, portanto, com o grande volume de informações, conceitos e dados, a bibliometria passou a

desempenhar um papel importante na medição e avaliação do desempenho da pesquisa (MINGERS; LEYDESDORFF, 2015). A partir desse crescimento foi desenvolvida a análise cienciométrica (*scientometrics*), que consiste em uma técnica que permite uma captura e mapeamento mais amplo e conciso de uma área do conhecimento científico, por meio da identificação de fronteiras de pesquisas e de padrões por meio de fórmulas matemáticas e visualização dos dados (OLAWUMI; CHAN, 2018). Os termos bibliometria (*bibliometrics*), cienciométrica (*scientometrics*) e infometria (*informetrics*) referem-se ao estudo da dinâmica das disciplinas refletidas na produção de sua literatura. Estes estudos podem ser o mapeamento de alterações na produção de um campo ou pesquisa acadêmica ao longo do tempo e entre países, até problemas de identificação da baixa produtividade de publicação de pesquisadores (HOOD; WILSON, 2001).

Os métodos bibliométricos abordam quantitativamente a descrição, avaliação e monitoramento das pesquisas publicadas. Além disso, possibilitam orientar o pesquisador nas revisões de literatura antes mesmo do início da leitura, ao demonstrar as obras e autores mais influentes e mapear o campo de pesquisa sem viés subjetivo (ZUPIC; ČATER, 2015). A bibliometria proporciona análises mais objetivas, confiáveis e reprodutíveis, pois permite inferir tendências temporais, agrupamento de temas, assuntos mais pesquisados, identificar mudanças nas fronteiras das disciplinas, detectar os acadêmicos e instituições mais prolíficos (ARIA; CUCCURULLO, 2017).

A análise bibliométrica pode ser desenvolvida a partir da análise de desempenho da literatura e do mapeamento científico. A análise de desempenho refere-se aos elementos das publicações (autores, instituições, países e periódicos científicos), enquanto o mapeamento científico refere-se às relações entre estes elementos (ARIA; CUCCURULLO, 2017; COBO et al., 2011). Portanto, o mapeamento científico permite visualizar as relações das principais obras e autores do tema estudado com mais precisão e transparência, por meio da representação de interações, conexões padrões conceituais dentro do acervo estudado. A análise cienciométrica (*scientometrics*) foi utilizada neste trabalho para realizar um mapeamento de toda a literatura acadêmica referente aos medidores inteligentes ao longo dos anos. Em razão de que as buscas sobre uma literatura de uma forma ampla tendem a resultados em uma quantidade de trabalhos grande para ser analisada de forma tradicional, a cienciométrica (*scientometrics*) viabiliza uma pesquisa completa de uma amostra da literatura acadêmica de grande volume.

Existem várias técnicas bibliométricas de mapeamento científico que podem ser utilizadas dependendo da análise desejada, tais como *o Co-Word, Co-Citation e Co-Autorship*,

Bibliographic Coupling (ARIA; CUCCURULLO, 2017; KESSLER, 1963; MARKSCHEFFEL; SCHRÖTER, 2021):

- *Co-Word* utiliza uma rede de coocorrência (*Co-Occurance*) de palavras para mapear e agrupar termos extraídos de palavras-chave, títulos ou resumos. Assim, padrões conceituais que se repetem no acervo bibliométrico podem ser identificados (DERVIS, 2019);
- *Co-Citation* ocorre quando ambos são citados em um terceiro artigo. Portanto, identifica a similaridade entre duas publicações quando estas são referenciadas em conjunto por outra publicação (SMALL, 1973). É utilizada para fazer análises de textos mais antigos, ou análises temporais, pois se concentra nas listas de referências das publicações do acervo estudado (ARIA; CUCCURULLO, 2017).
- *Co-Autorship* é uma rede de colaboração científica é onde os nós são autores e os links são coautorias;
- *Bibliographic Coupling* (agrupamento bibliográfico) ou *clustering by coupling*, ou seja, duas publicações são acopladas bibliograficamente se houver uma terceira publicação que seja citada por ambas as publicações. É utilizada para analisar o desenvolvimento atual de um tema específico em um campo de pesquisa ou as tendências de seu desenvolvimento (DONTHU *et al.*, 2021).

Algumas das técnicas acima beneficiam análises de temas mais antigos e consolidados, como as análises de *co-citation* e *co-word*, por exemplo. A primeira, naturalmente, precisa de tempo para acumular citações e a segunda prejudica a análise de termos que não estão consolidados ainda e podem ser utilizados em outros contextos ou com diferentes significados (ARIA; CUCCURULLO, 2017; ZUPIC; ČATER, 2015). A partir destas limitações, o *Bibliographic Coupling* (agrupamento bibliográfico) é recomendado para uma análise de temas mais recentes e emergentes na literatura (como é o caso dos medidores inteligentes), pois o foco está na similaridade das referências e não na quantidade de citações das publicações (DONTHU *et al.*, 2021). A partir disso, nesta pesquisa foi utilizada a técnica *Bibliographic Coupling* (agrupamento bibliográfico) para realizar o mapeamento científico, visto que esta técnica está alinhada com as características da amostra de literatura coletada ser relativamente recente e ainda em desenvolvimento (DONTHU *et al.*, 2021; ZUPIC; ČATER, 2015). Além disso, a técnica de *bibliographic coupling* é amplamente utilizada na literatura, como em estudos

bibliométricos sobre modelos de negócio (e.g., BUDLER; ŽUPIČ; TRKMAN, 2021), gestão e evolução na indústria 4.0 (e.g., MARIANI; BORGHI, 2019), OLED (diodo emissor de luz) (e.g., HUANG; CHANG, 2014), pedagogia e psicologia (e.g., KARAKUS; USAK; ERSOZLU, 2021), turismo contemporâneo (e.g., YUAN; GRETZEL; TSENG, 2015), nanotecnologia (e.g., KUUSI; MEYER, 2007; LI; PORTER; WANG, 2017), empreendedorismo (e.g., TAN; PHAN TAN, 2022) e medicina (e.g., JARNEVING, 2001).

2.3.2 Ferramentas de análise

Entre as diversas ferramentas para a análise cientiométrica (*scientometrics*) disponíveis, os aplicativos mais utilizados são VOSViewer (e.g., MILANEZ *et al.*, 2017; ORDUÑA-MALEA, 2020), CiteSpace (e.g., CUI; LIU; MOU, 2018) ou a aplicação R por meio da biblioteca “Bibliometrix” com o programa “Biblioshiny” (e.g., ARISTIZÁBAL-TORRES; BARRERA-RODRÍGUEZ; ECHEVERRI-GUTIÉRREZ, 2022; CORZO; ALVAREZ-AROS, 2021). Todas estas ferramentas possibilitam o mapeamento científico por meio do protocolo geral que deve ser seguido para fazer a análise dos dados: recuperação de dados, pré-processamento, extração de rede, normalização, mapeamento, análise, visualização e interpretação. (MARKSCHEFFEL; SCHRÖTER, 2021).

As diferenças das ferramentas estão na interface, algoritmos e funcionalidades. O VOSviewer é uma ferramenta de *software* projetada especificamente para a construção e visualização de mapas bibliométricos, com foco para a representação gráfica dos mapas. Assim, é recomendado para representar mapas grandes, pois são usadas funcionalidades de zoom e algoritmos especiais de rotulagem (COBO *et al.*, 2011). Segundo Markscheffel e Schröter (2021), as visualizações criadas com o VOSviewer possuem melhor clareza e facilidade de uso, enquanto o CiteSpace oferece vantagens na análise avaliativa de visualizações de rede de agrupamento (*clusters*). Além disso, o CiteSpace tem como objetivo principal facilitar a análise de tendências emergentes em um domínio do conhecimento, então, se concentra na identificação de pontos críticos no desenvolvimento de um campo ou domínio, especialmente pontos de virada intelectual e pontos centrais (ARIA; CUCCURULLO, 2017; COBO *et al.*, 2011). O Bibliometrix, por ser programado em R, é uma ferramenta flexível e pode ser rapidamente atualizada e integrada a outros pacotes estatísticos R (ARIA; CUCCURULLO, 2017).

O desenvolvimento da cienciometria neste trabalho selecionou a ferramenta Bibliometrix pela facilidade de uso da interface, sua flexibilidade, quantidade de opções de análise e por viabilizar a análise de *Bibliographic Coupling* (agrupamento bibliográfico), que é utilizada para mapear um tema de pesquisa atual, na qual não há uma grande mudança de frentes ao longo do tempo (ZUPIC; ČATER, 2015). Também, comparada com a maioria das ferramentas citadas, o Bibliometrix não se concentra apenas na visualização de dados, mas também na precisão e integridade estatística dos resultados, permitindo a análise do portfólio em diferentes aspectos, como impacto e dinâmica da fonte, análise de palavras, etc. (DERVIS, 2019).

A utilização dos pacotes em R, com destaque o Bibliometrix nas análises de bibliometria é reportada em diversos estudos na literatura, como nas áreas de medicina (e.g., CAMPRA *et al.*, 2022; ZHAO; LI, 2023), engenharia biomédica (e.g., ALI *et al.*, 2022), turismo (e.g., TRINDADE *et al.*, 2022), comunicação (e.g., ABBAS *et al.*, 2022), *machine learning* (e.g., OYEWOLA; DADA, 2022), empreendedorismo (e.g., GULERIA; KAUR, 2021), administração (e.g., ARISTIZÁBAL-TORRES; BARRERA-RODRÍGUEZ; ECHEVERRI-GUTIÉRREZ, 2022), agricultura (e.g., RODRÍGUEZ-SOLER; URIBE-TORIL; DE PABLO VALENCIANO, 2020). Inclusive, a utilização das bibliotecas em R, como o Bibliometrix tem sido amplamente recomendada pela literatura (e.g., ARIA; CUCCURULLO, 2017; DERSVIS, 2019; ZHAO; LI, 2023).

Dentre as bases de dados bibliográficas possíveis para a pesquisa tem-se duas mais relevantes para analisar indicadores de desenvolvimento: Scopus® e Web of Science® (MILANEZ *et al.*, 2017). Cada base de dados tem seu próprio formato de dados bibliométricos, o que dificulta sua combinação em um único formato (DONTU *et al.*, 2021). Por isso, recomenda-se escolher apenas uma base para mitigar a necessidade dessa consolidação e, conseqüentemente, minimizar possíveis erros humanos (DONTU *et al.*, 2021). Assim, neste trabalho utilizou-se a Web of Science® devido à sua natureza e abrangência multidisciplinar, além de seu uso recorrente internacional (PELICIONI *et al.*, 2018). Também, é a base de dados sugerida pelo Bibliometrix em razão da qualidade de seus dados, que são padronizados e não precisam ser combinados no algoritmo. Além disso, possuem poucos dados faltantes além de ter a disponibilidade do *Keywords Plus* (BIBLIOMETRIX - FAQ, 2023). Estas são palavras ou expressões extraídas de títulos, por meio de um algoritmo, das referências de um artigo, mas não aparecem no seu próprio título (ZHANG, J. *et al.*, 2016). Assim, estes termos são capazes de capturar o conteúdo de um artigo com maior profundidade e variedade e atualmente são

utilizados para identificar tendências de pesquisa em diferentes campos científicos (ZHANG, J. *et al.*, 2016).

2.4 PESQUISA SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Existem diversos métodos para realizar a revisão da literatura: sistemático ou síntese de evidências, narrativa, conceitual, rápida, realista, crítica, especialista e estado da arte (THOMÉ; SCAVARDA; SCAVARDA, 2016). Por um lado, as revisões tradicionais utilizam principalmente o título e resumos para categorizar os artigos pesquisados e extrair conclusões relacionadas a pontos específicos de pesquisa (QASAIMAH; AL-QASSAS; ALJAWARNEH, 2019). Por outro lado, as revisões sistemáticas permitem realizar o estudo de forma sintética, transparente e reprodutível por meio de protocolos estruturados de pesquisa (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003). Estes protocolos possuem etapas como fase de definição das questões de pesquisa, fase de busca e fase de especificação dos critérios de inclusão e exclusão (HAJJAJI *et al.*, 2021).

Assim, os métodos de revisão sistemática de literatura conduzem a pesquisa de forma mais pragmática e disciplinada, além de possibilitar a utilização de métodos estatísticos para obter as conclusões extraídas (QASAIMAH; AL-QASSAS; ALJAWARNEH, 2019). Por esta razão, nas últimas décadas diversas áreas avançaram significativamente na tentativa de melhorar a qualidade do processo de revisão de literatura ao utilizar a abordagem sistemática em seus estudos (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003). Segundo Justin *et al.* (2021), a pesquisa sistemática deve ser utilizada para evitar estudos replicados que não avancem substancialmente o conhecimento, orientar o planejamento de novas pesquisas para avançar de forma considerável o conhecimento e apoiar reivindicações de inovação quando conhecimento antigo e novo são contrastados.

2.4.1 Método de revisão sistemática

Entre os métodos para Revisão Sistemática da Literatura (SLR), existe o proposto por Kitchenham (2004), amplamente utilizado na literatura em diversas áreas, como medidores inteligentes (MASWADI; GHANI; HAMID, 2020; NASCIMENTO *et al.*, 2022), *machine learning* (KANG; CATAL; TEKINERDOGAN, 2020; SILVA; ANDRADE; FERREIRA, 2020), gestão de projetos (MUSAWIR; ABD-KARIM; MOHD-DANURI, 2020) e inteligência

artificial (SPOLAÔR *et al.*, 2020). Então, para realizar a pesquisa sistemática da literatura utilizou-se o processo proposto por Kitchenham (2004), que propõe por três etapas básicas: planejamento da revisão, condução da revisão e relato da revisão (Figura 3).

Figura 3 - Etapas da pesquisa sistemática da literatura segundo Kitchenham (2004)



Fonte: Autoria Própria (2022).

Primeiro, tem-se a etapa de planejamento, na qual deve ser identificada a necessidade de uma revisão sistemática, que constata as principais contribuições científicas para um campo ou pesquisa de forma completa, imparcial e replicável (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003). Para isso, os objetivos da pesquisa devem estar definidos para se determinar o melhor método para desenvolvê-los. Assim, deve-se seguir com o protocolo de revisão, guiado pelas questões de pesquisa delineadas para que a pesquisa esteja delimitada com as especificidades do estudo em questão e, portanto, escolha-se os termos de pesquisa e as bases de dados que serão utilizadas (KITCHENHAM, 2004).

O objetivo do trabalho consiste em associar os padrões de utilização dos medidores inteligentes com as características dos seus projetos de implementação (tecnologias, benefícios e soluções dos projetos). Então, as questões de pesquisa para a análise bibliométrica foram determinadas para buscar os possíveis temas e agrupamentos destes projetos, além de buscar as principais e mais confiáveis fontes de dados da área. Dessa forma, para este trabalho foram determinadas as questões de pesquisa:

- Quais são os agrupamentos (*clusters*) da literatura sobre medidores inteligentes e sua evolução?
- Qual é a evolução temporal e temática da literatura internacional sobre medidores inteligentes?
- Quais são os principais pesquisadores e os periódicos que publicam estudos científicos sobre os medidores inteligentes?
- Quais são os países mais prolíficos em pesquisas sobre medidores inteligentes?

Segundo, tem-se a etapa de condução da pesquisa, na qual é definido o protocolo de pesquisa. Assim, com as questões de pesquisa, é possível estabelecer estratégias para guiar a pesquisa, como a escolha das palavras-chave de pesquisa com critérios de seleção, exclusão e inclusão de pesquisas (KITCHENHAM, 2004). Para auxiliar o gerenciamento da bibliografia, pode se utilizar ferramentas como softwares que permitem a documentação e controle de um grande volume de referências. A análise dos artigos sobre o tema provenientes da SLR pode ser utilizada inicialmente para se ter um panorama de todos os estudos do tema de pesquisa e posteriormente ser feita uma seleção por meio dos critérios de exclusão e inclusão escolhidos (KITCHENHAM, 2004).

Para a definição das palavras de busca foi realizada uma análise prévia de diversos artigos sobre medidores inteligentes na literatura (e.g., ADAMS, J. N. *et al.*, 2021; ADAMS, M. N.; JOKONYA, 2022; AVANCINI *et al.*, 2019; BOYLE *et al.*, 2013; CHEN, Z. *et al.*, 2023; COMINOLA *et al.*, 2015; DEWANGAN; ABDELAZIZ; BISWAL, 2023; FAROKHI, 2020; TURECZEK; NIELSEN, 2017; URIBE-PÉREZ *et al.*, 2016; WANG, Y. *et al.*, 2019b). A análise destes artigos evidenciou o termo “*smart meter*” como o mais utilizado na literatura (e.g., KABALCI *et al.*, 2019; LLORET *et al.*, 2016; TALARI *et al.*, 2017). Apesar disso, também são utilizados os termos “*intelligent meter*” (e.g., AZIZ *et al.*, 2013; BOYLE *et al.*, 2013; WANG, P. *et al.*, 2011) “*utility meter*” (e.g., IYER *et al.*, 2011; MARVIN; CHAPPELLS; GUY, 1999; PETERSEN *et al.*, 2007). Além disso, esta análise prévia da literatura também identificou artigos que utilizam como descritor o tipo de recurso a ser monitorado, como energia ou eletricidade (e.g., ALAHAKOON; YU, 2016; AVANCINI *et al.*, 2019; CHUI; LYTRAS; VISVIZI, 2018; WANG, Y. *et al.*, 2019), água (e.g., ADAMS; JOKONYA, 2021; BOYLE *et al.*, 2013) ou mesmo gás (e.g., BIANCHINI *et al.*, 2018; SMAJLA *et al.*, 2021). A literatura sobre a utilização de medidores inteligentes de gás e água é mais reduzida comparada com a literatura direcionada para medidores de energia (BOYLE *et al.*, 2013; FETTERMANN *et al.*, 2020; GUMZ; FETTERMANN, 2023; SØNDERLUND *et al.*, 2016). Apesar disso, esta pesquisa não está restrita ao tipo de recurso a ser mensurado pelo medidor. Desta forma, não foi utilizado nenhum termo complementar relacionado ao tipo de recurso.

Além da restrição referente ao tipo de recurso mensurado pelo medidor, a análise da literatura ainda evidenciou a utilização do tipo de unidade a ser implementado o medidor inteligente como um complemento, apresentando algumas vezes o complemento *household* (e.g., BECKEL *et al.*, 2014; LIAO; STANKOVIC; STANKOVIC, 2014; RAUSSER; STRIELKOWSKI; ŠTREIMIKIENĖ, 2018; SØNDERLUND *et al.*, 2016; SUN *et al.*, 2019),

home (e.g., HUSSAIN *et al.*, 2018; KALOGRIDIS; FAN; BASUTKAR, 2011; OH; HABERL; BALTAZAR, 2020; SZABO *et al.*, 2016), *residential* (e.g., CHOU; GUSTI AYU NOVI YUTAMI, 2014; DAMINATO *et al.*, 2021; HABEN; SINGLETON; GRINDROD, 2016; PEREIRA; COSTA; RIBEIRO, 2022; TASDIGHI; GHASEMI; RAHIMI-KIAN, 2014). Também foram identificados estudos, com menor frequência, destinados a implementação de medidores inteligentes comerciais ou industriais (e.g., ASLAM *et al.*, 2015; EISSA, 2019; LIVINGSTON *et al.*, 2018). Porém, como o foco deste estudo é a realização de um mapeamento da literatura amplo e irrestrito sobre o estado da arte sobre medidores inteligentes, optou-se por não utilizar nenhum termo complementar que restrinja os resultados da busca.

Entre as bases de dado científicas para os artigos a serem analisados foi selecionada a base de dados Web of Science[®] pela qualidade do banco de dados, abrangência multidisciplinar e uso recorrente internacional (PELICIONI *et al.*, 2018). A restrição de artigos publicados em periódicos científicos revisados por pares é uma prática bem comum nos levantamentos bibliográficos na literatura (e.g., CALEGARI *et al.*, 2022; GUMZ; FETTERMANN, 2022, 2023; NASCIMENTO *et al.*, 2022; NASCIMENTO; TORTORELLA; FETTERMANN, 2022). Esta restrição visa buscar evidências mais confiáveis sobre o tema, sendo aplicada na busca na base de dados neste trabalho. A fim de selecionar um maior número de artigos e obter um amplo mapeamento da literatura sobre medidores inteligentes não foi estabelecido nenhuma restrição temporal para os artigos.

Desta forma, pesquisou-se todas as palavras chaves referentes ao medidor inteligente encontradas na literatura: “*smart meter**”, “*intelligent meter**” e “*utility meter**”. O asterisco “*” foi utilizado ao final das palavras para pesquisar suas variações, como o plural (*smart meters*, por exemplo) ou gerúndio (*smart metering*, por exemplo). Como a ideia é entender o panorama completo referente ao medidor inteligente e seus projetos de aplicação e temáticas, estas foram as palavras chaves escolhidas para a pesquisa primária e análise cienciométrica (*scientometrics*). A busca foi realizada na base de dados Web of Science[®] em março de 2023.

Desta pesquisa resultaram-se 7.787 documentos, buscados na base de dados da Web of Science[®], com os termos buscados em “tópico”, ou seja, títulos, abstract e *indexing*. Em seguida, os resultados foram filtrados em artigos e artigos de revisão, ambos publicados em periódicos, o que resultou em 3.708 documentos. A análise de uma amostra de 100 artigos provenientes desta busca evidenciou alguns documentos de outras áreas de conhecimento, como materiais/química (e.g., BISWAS *et al.*, 2020), agricultura (e.g., HAUGHERY *et al.*, 2022; UPTON *et al.*, 2013), geologia (e.g., MCCAFFREY; BUHR, 2008; PILLSBURY, 2007),

medicina (e.g., PALL, 2016, 2022), principalmente relacionado com ondas de radiofrequência emitidas por aparelhos eletrônicos (como medidores inteligentes, smartphones, etc.) e suas causas para o corpo humano. Também, foram encontrados artigos que não se incluem especificamente na temática de medidores inteligentes e apenas os citam ou exemplificam (e.g., CASTRO *et al.*, 2020; SOVACOOOL *et al.*, 2019). A partir desta baixa aderência ao tema do estudo foi realizada uma segunda com os mesmos termos, mas com a busca dos termos apenas nos títulos dos documentos, resultando em 2.067 documentos. Novamente, como critérios de exclusão, filtrou-se os documentos em artigos e artigos de revisão, totalizando 888 documentos. A análise de uma amostra de 100 artigos provenientes da busca evidenciou uma melhora na aderência dos artigos ao tema, não identificando nesta amostra nenhum artigo considerado fora do escopo de literatura sobre medidores inteligentes. Portanto, tem-se o Quadro 1 com as informações das buscas resumidas e a *string* utilizada na busca na base de dados Web of Science®:

(TI=("smart meter*" OR "intelligent meter*" OR "utility meter*")) AND (DT=("ARTICLE" OR "REVIEW"))

Quadro 1 - Resumo das buscas

Busca	Base de Dados	Palavras	Campo de busca	Número de documentos	Artigos em periódicos
1	Web of Science®	"smart meter*" OR "intelligent meter*" OR "utility meter*"	Tópico	7787	3708
2			Título	2067	888

Fonte: Autoria Própria.

Recomenda-se que após a finalização da busca sejam conferidos os documentos resultantes e eliminados possíveis duplicados. Esta limpeza dos dados é essencial, pois essas bases de dados não são destinadas exclusivamente à análise bibliométrica (DONTHU *et al.*, 2021). Então, após a exportação dos documentos, por meio do R Studio® verificou-se que não existiam documentos duplicados (Figura 4). Como o Web of Science® só permite a exportação de 500 documentos por vez no formato *plaintext* recomendado pelo Bibliometrix, foi necessário uni-los antes. Assim, o resultado da busca final após os critérios de exclusão e processo de conferência de duplicidade resultou em 888 artigos publicados em periódicos que serão analisados por meio da análise bibliométrica.

Figura 4 - Código R para se verificar documentos duplicados

```

1 library(Bibliometrix)
2
3 # Convertendo os dados da base Web of Science
4 w1 <- convert2df("C:/Users/lzper/OneDrive/Documents/TCC/Bibliometrix/savedrecs_1.txt", dbsource = "wos", format = "plaintext")
5 w2 <- convert2df("C:/Users/lzper/OneDrive/Documents/TCC/Bibliometrix/savedrecs_2.txt", dbsource = "wos", format = "plaintext")
6
7 #Unindo as duas bases e removendo duplicados
8 u <- mergeDbSources(w1, w2, remove.duplicated = TRUE)
9
10 #Removendo duplicados que possuem semelhança de 95% no título (888)
11 u <- duplicatedMatching(u, Field = "TI", exact = FALSE, tol = 0.95)

```

Fonte: Autoria Própria (2023).

Finalmente, tem-se o relato de revisão, o qual tem o intuito de representar os resultados da revisão sistemática realizada. Neste trabalho, estes resultados foram constituídos pela análise cienciométrica (*scientometrics*) ou bibliométrica e a posterior análise qualitativa dos agrupamentos (*clusters*) derivados desta primeira. A análise bibliométrica do portfólio de artigos permite a classificação de áreas temáticas, campos de pesquisa e pesquisadores relacionados a *clusters* (agrupamentos), e a identificação e visualização de temas contemporâneos e emergentes (THOMÉ; SCAVARDA; SCAVARDA, 2016). Assim, a análise bibliométrica permite sintetizar os dados de uma grande amostra de pesquisa (KITCHENHAM, 2004).

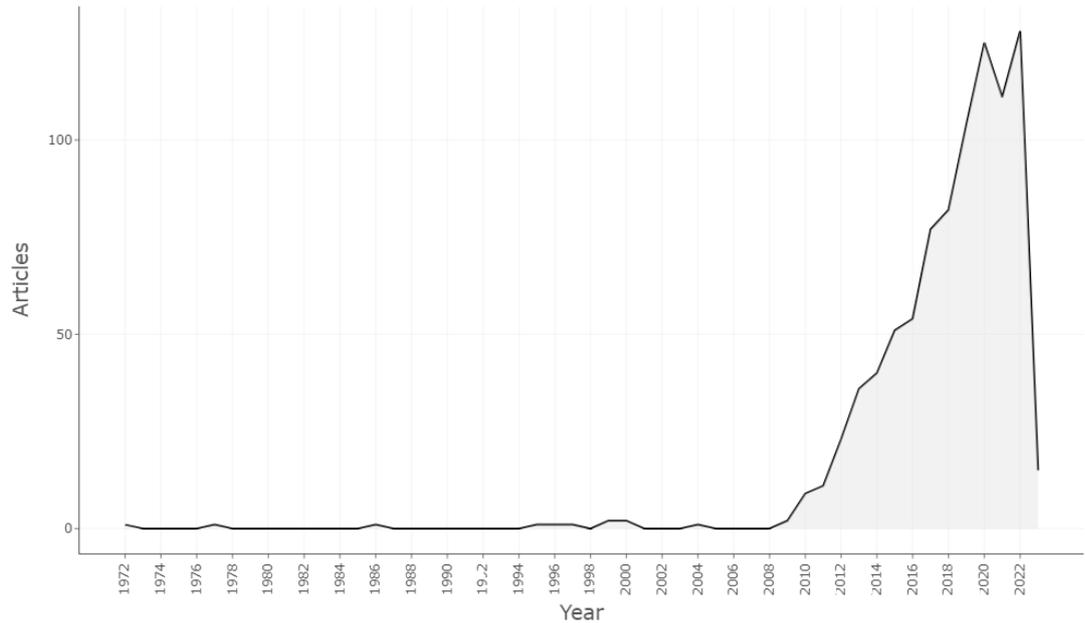
2.4.2 Análise Cienciométrica (*Scientometrics*)

2.4.2.1 Análise geral da literatura

O portfólio de artigos corresponde ao montante da literatura sobre medidores inteligentes, que é composta por 888 artigos publicados em periódicos indexados na base de dados Web of Science®. O primeiro artigo sobre o tema a ser publicado é datado em 1972 (BAILEY, 1972), com um grande crescimento de publicações após 2008 (Figura 5). O portfólio de artigos apresenta 2.614 diferentes autores com publicações em 316 diferentes periódicos científicos.

A análise temporal das publicações sobre medidores inteligentes é apresentada na Figura 5. Os resultados indicam um acentuado crescimento de produção científica sobre o tema, principalmente a partir do ano de 2008. Vale ressaltar que como a busca por artigos na base de dados Web of Science® foi realizada em 18 de março de 2023, os dados referentes ao ano 2023 se encontram reportados parcialmente na Figura 5, não indicando uma tendência de redução de publicações sobre o tema na literatura neste ano.

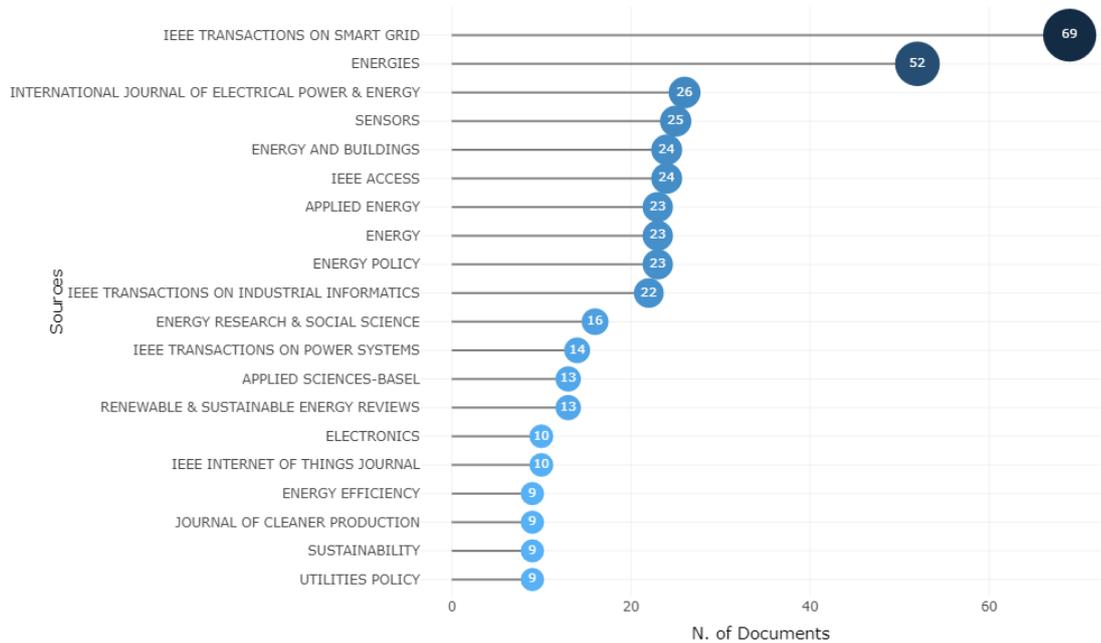
Figura 5 - Produção Científica Anual



Fonte: Autoria Própria (2023).

Dentre os 316 diferentes periódicos com publicações sobre o tema de medidores inteligentes se verifica uma maior concentração de estudos publicados em periódicos direcionadas a energia. Entre os 20 periódicos com maior número de publicações, 11 apresentam foco na área de energia (Figura 6), ressaltando a concentração de estudos de medidores inteligentes de energia, como já ressaltado na literatura (BOYLE *et al.*, 2013; GUMZ; FETTERMANN, 2023). Entre os periódicos mais proeminentes sobre o tema, não foi identificado nenhum direcionado especificadamente à água, indicando uma menor disseminação de aplicações de medidores inteligentes de água. Apesar disso, foi possível localizar estudos sobre a implementação de medidores inteligentes de água em periódicos diferentes (e.g., BEAL; FLYNN, 2015; BOOYSEN; VISSER; BURGER, 2019; BOYLE *et al.*, 2013; DAMINATO *et al.*, 2021; COLE; STEWART, 2013).

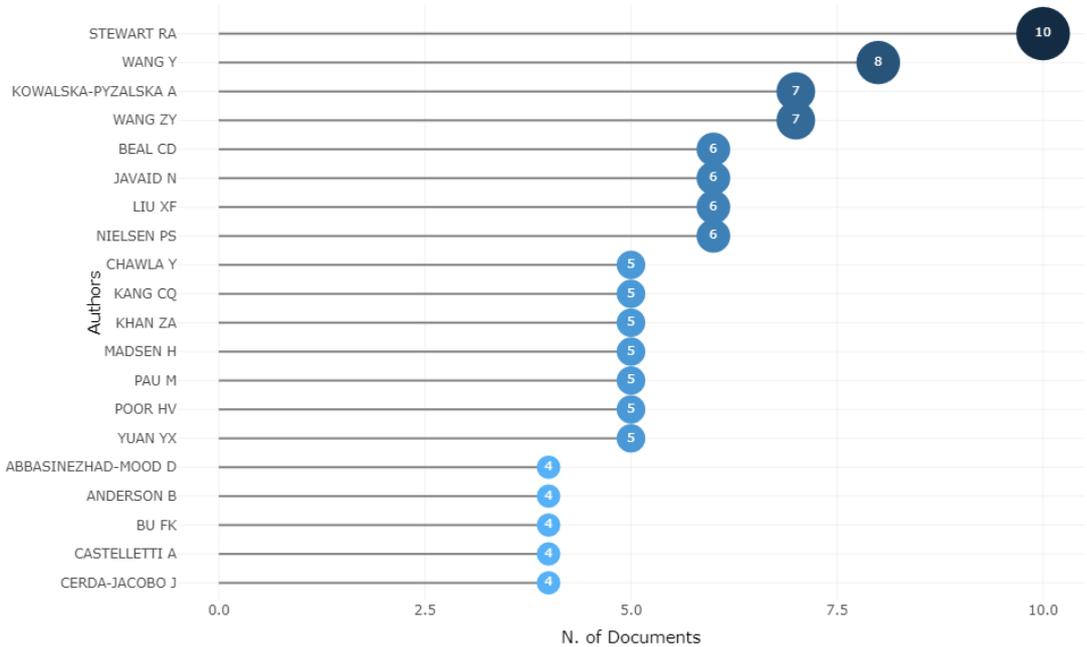
Figura 6 - As 20 fontes mais relevantes



Fonte: Autoria Própria (2023).

A literatura sobre medidores inteligentes apresenta um total de 2.614 diferentes autores. Dentre estes, os autores com maior número de publicações estão apresentados na Figura 7. Neste sentido, se destaca o autor Rodney Stewart, com diversos estudos focados na temática de medidores inteligentes de água (e.g., BEAL, C. *et al.*, 2011; BEAL, C.; STEWART; FIELDING, 2013; BOYLE *et al.*, 2013; COLE; STEWART, 2013; COMINOLA *et al.*, 2019; GIURCO; WHITE; STEWART, 2010; GURUNG *et al.*, 2016; NGUYEN *et al.*, 2018). Também, tem-se o autor Yi Wang que se sobressai na área de múltiplos sistemas de energia e aplicativos de big data na rede inteligente (e.g., LANG *et al.*, 2022; SUN, M. *et al.*, 2019; WANG, Y.; CHEN; KANG, 2020a, 2020c, 2020b). Além disso, tem-se Anna Kowalska-Pyzalska, autora que se evidencia na área comportamental e educacional de aceitação de medidores inteligentes (e.g., CHAWLA; KOWALSKA-PYZALSKA, 2019; CHAWLA; KOWALSKA-PYZALSKA; ORALHAN, 2020; CHAWLA; KOWALSKA-PYZALSKA; SILVEIRA, 2020; CHAWLA; KOWALSKA-PYZALSKA; WIDAYAT, 2019; WERON; KOWALSKA-PYZALSKA; WERON, 2018).

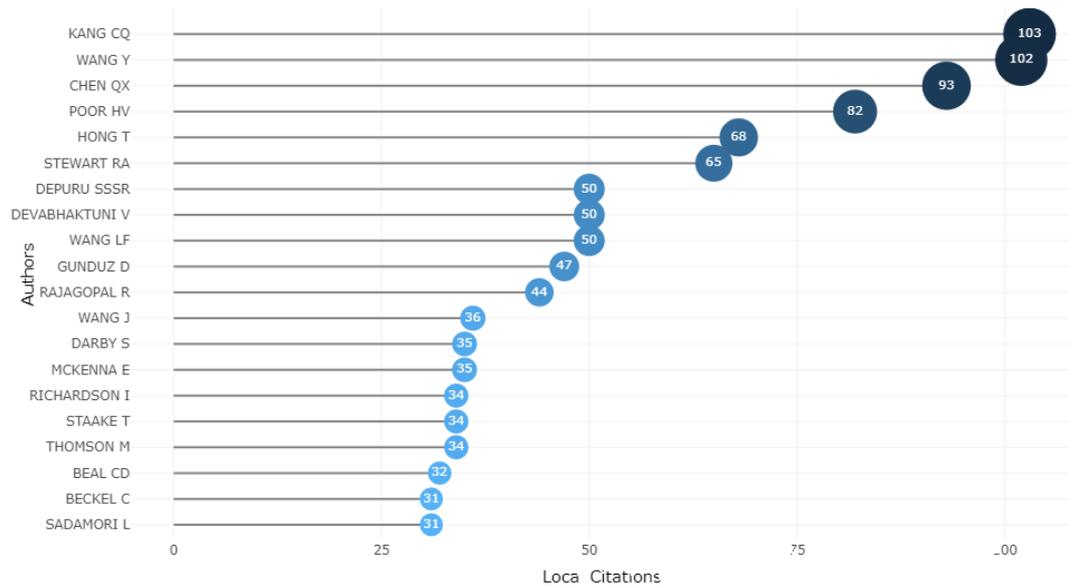
Figura 7 - Os 20 autores com maior número de publicações



Fonte: Autoria Própria (2023).

Apesar de alguns autores apresentarem uma maior quantidade de artigos publicados na área, o impacto dos autores na literatura é dado pelo número de citações. Nesse sentido, foi mensurado o número de citações dos autores dentro do portfólio de 888 artigos publicados sobre o tema de medidores inteligentes na base de dados Web of Science[®]. Os resultados indicam que o autor que apresenta maior impacto na literatura é Kang CQ, que apesar de apresentar cinco publicações sobre o tema, apresenta o maior número de citações pela literatura de medidores inteligentes. A produção científica do autor Kang está principalmente direcionada a eletricidade de baixo carbono, planejamento de sistema de energia e otimização de programação de geração (e.g., SUN, M. *et al.*, 2019; TONG; KANG; XIA, 2016; WANG, Y. *et al.*, 2017, 2019b, 2019a). O impacto da produção científica de Kang QG é muito próximo do autor Wang Y, com 102 citações na literatura sobre medidores inteligentes. Estes dois autores colaboraram em diversos artigos.

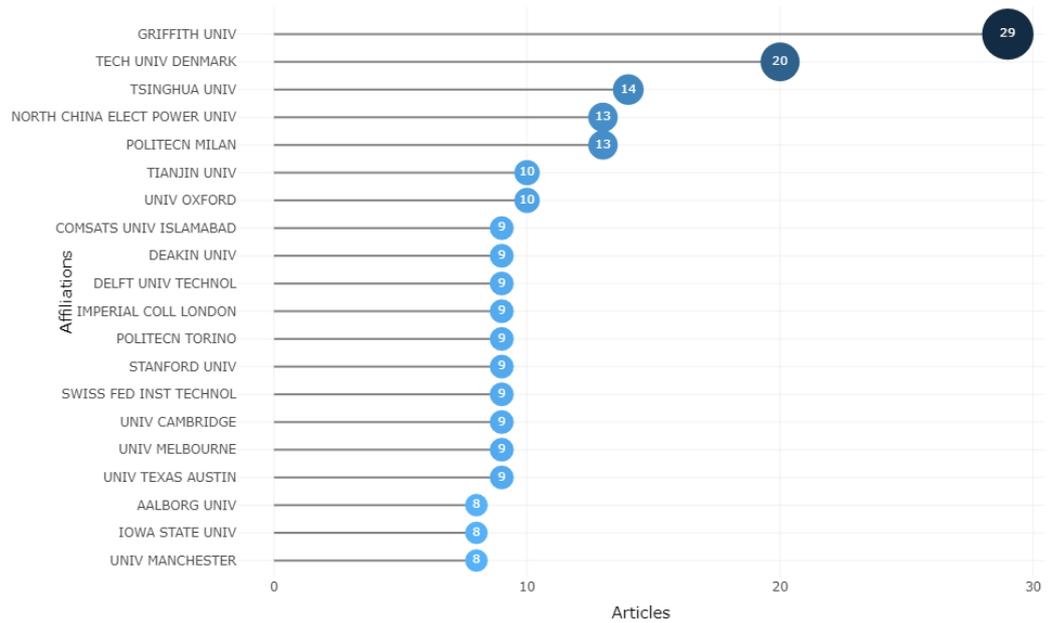
Figura 8 - Os 20 autores mais citados



Fonte: Autoria Própria (2023).

As instituições sede dos autores com maior número de artigos publicados correspondem aos centros de pesquisa sobre um tema de estudo, no caso medidores inteligentes. As instituições sede dos autores com maior número de artigos publicados sobre o tema estão apresentadas na Figura 9. Observa-se no eixo horizontal do gráfico a quantidade de artigos publicados por autores de cada instituição. A instituição com maior número de publicações sobre o tema é a Griffith University, localizada na Austrália. Esta é a instituição sede dos autores Rodney Stewart, Thulo Ram Gurung e Cara Beal. As pesquisas destes autores abordam principalmente os tema de medidores inteligentes de água, suas implementações, demanda, planejamento e análise de dados (e.g., BEAL, C. *et al.*, 2011; BEAL, C.; STEWART; FIELDING, 2013; BOYLE *et al.*, 2013; COMINOLA *et al.*, 2019; GURUNG *et al.*, 2014, 2015, 2016). Além disso, também se destacam como centro de pesquisa sobre medidores inteligentes das instituições localizadas na China (Tsinghua University, North China Electric Power University, Tianjin University), Estados Unidos (Stanford, Texas, Iowa) e Inglaterra (Oxford University, Imperial College London, Cambridge University, Manchester University). É possível constatar que a maior parte destas afiliações estão nos Estados Unidos, Europa e China.

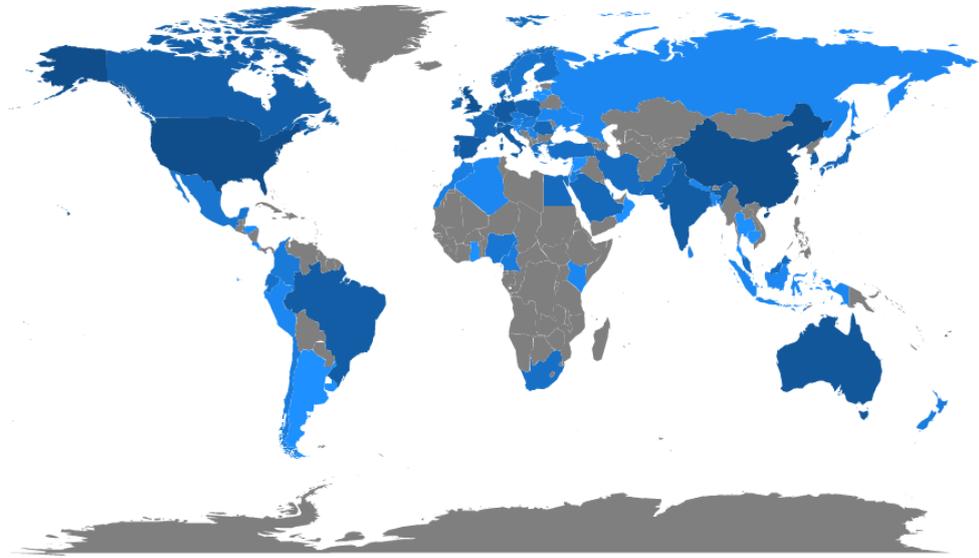
Figura 9 - As 20 afiliações mais relevantes



Fonte: Autoria Própria (2023).

A Figura 10 apresenta o panorama geral do mundo da produção científica sobre medidores inteligentes por quantidade de publicações por país. Quanto maior a intensidade de cor do país (mais escura), maior é o número de publicações referente ao tema de medidores inteligentes. O país com maior quantidade de produção científica é o Estados Unidos com 247 publicações, seguido da China e Reino Unido, com 225 e 174 publicações, respectivamente. Na América do Sul o Brasil se destaca com 65 publicações sobre o tema. Na Figura 10 é possível observar que o Brasil possui a maior quantidade de publicações da América do Sul.

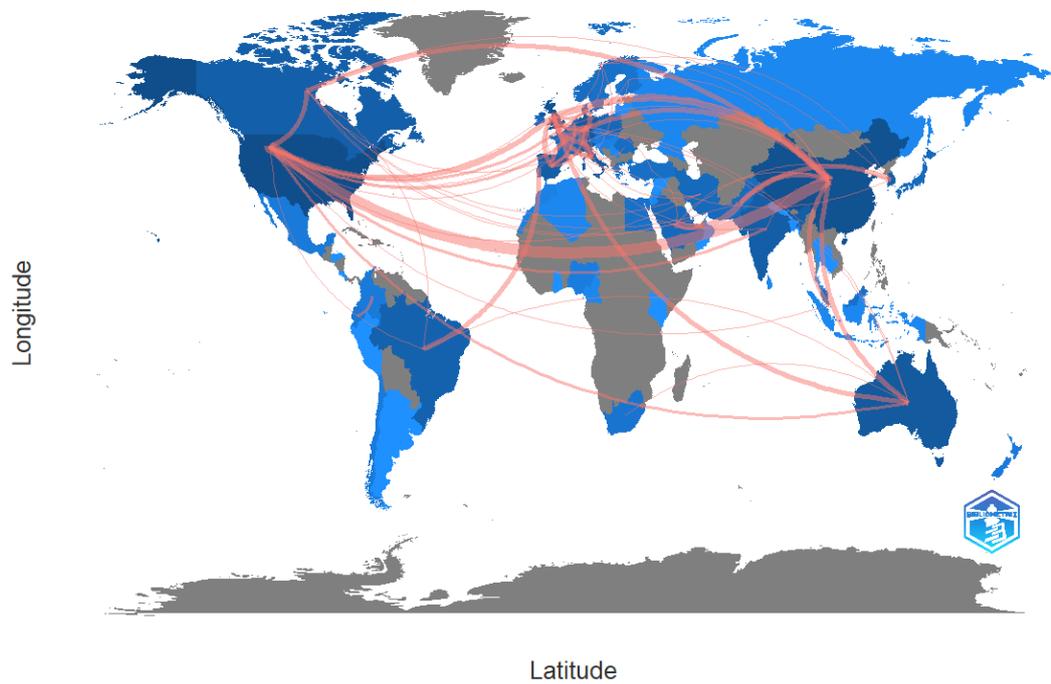
Figura 10 - Produção Científica por país



Fonte: Autoria Própria (2023).

Acerca das colaborações entre os países, tem-se a Figura 11, onde a tonalidade de azul indica maior número de colaborações internacionais do país, as linhas vermelhas conectam os países em cooperação e representam as frequências destas colaborações. Observa-se que a maior rede de conexões está presente no Hemisfério Norte, principalmente entre Estados Unidos e China (20 colaborações). No Hemisfério Sul, os dois países com número de colaborações são o Brasil (11) e a Austrália (16). Na América do Sul, o Brasil é o país com maior número de colaborações, principalmente com países europeus, ou seja, dentre a 11 colaborações brasileiras, 8 são com pesquisadores sediados em instituições na Europa.

Figura 11 - Colaborações entre países



Fonte: Autoria Própria (2023).

Em relação às palavras mais utilizadas dos artigos do portfólio, tem-se a Figura 12 com a distribuição percentual destas palavras. Observa-se que “*management*” (gestão, em português), “*model*” (modelo, em português), “*consumption*” (consumo, em português), “*system*” e “*systems*” (sistema e sistemas, em português), “*demand*” (demanda, em português) são as palavras mais mencionadas.

Figura 12 - Distribuição das palavras mais utilizadas no portfólio



Fonte: Aatoria Própria (2023).

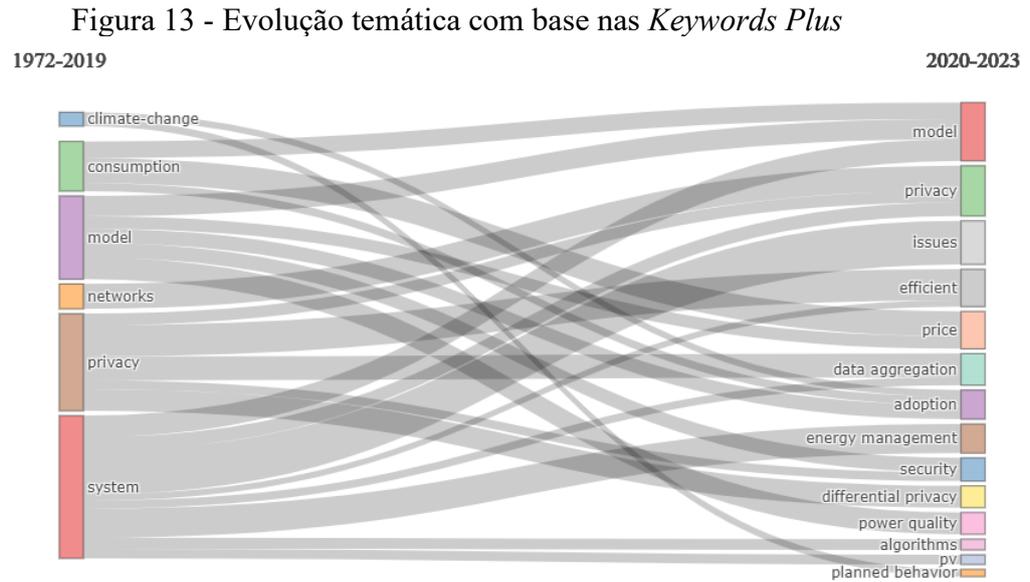
No que diz respeito aos documentos presentes no portfólio, na Tabela 1 tem-se os 20 artigos mais citados, seus respectivos anos de publicação, números de citações locais (CL) e globais (CG) e a porcentagem destas citações em relação a todo o portfólio. Enquanto as citações locais (CL) se referem à quantidade de vezes que o artigo foi citado dentro da amostra de portfólio estudada (888 artigos), as citações globais (CG) se referem à quantidade de vezes que o artigo foi citado mundialmente, dentro de todas as bases de dados (Web of Science[®], Scopus[®] etc.). A partir dos resultados apresentados na Tabela 1, é possível perceber o impacto destes artigos no portfólio estudado e de forma geral mundialmente. Neste sentido se destaca o trabalho desenvolvido por Wang (2019), que é uma revisão da literatura sobre a análise de dados de medidores inteligentes, no qual estudam-se aplicações, metodologias e desafios deste tema. Entre os periódicos se destacam IEEE Transactions on Smart Grid e Energy Policy, com seis e quatro artigos entre os mais citados no portfólio de estudos sobre medidores inteligentes, respectivamente.

Tabela 1 - Artigos mais citados do portfólio

Autoria	Periódico	Ano	Citações Locais (CL)	CL %	Citações Globais (CG)	CL %
Wang Y	IEEE Transactions on Smart Grid	2019	68	2,94%	466	2,32%
Depuru SSSR	Renewable & Sustainable Energy Reviews	2011	38	1,64%	341	1,70%
Darby S	Building Research and Information	2010	35	1,51%	274	1,37%
Mckenna E	Energy Policy	2012	34	1,47%	204	1,02%
Beckel C	Energy	2014	31	1,34%	150	0,75%
Krishnamurti T	Energy Policy	2012	29	1,25%	143	0,71%
Mcloughlin F	Applied Energy	2015	29	1,25%	276	1,38%
Zhou S	Journal of Cleaner Production	2017	27	1,17%	87	0,43%
Sankar L	IEEE Transactions on Smart Grid	2013	24	1,04%	160	0,80%
Kavousian A	Energy	2013	24	1,04%	334	1,66%
Haben S	IEEE Transactions on Smart Grid	2016	24	1,04%	184	0,92%
Kabalci Y	Renewable & Sustainable Energy Reviews	2016	22	0,95%	292	1,46%
Faruqui A	Energy Policy	2010	21	0,91%	182	0,91%
Tan O	IEEE Journal on Selected Areas in Communications	2013	21	0,91%	109	0,54%
Quilumba FL	IEEE Transactions on Smart Grid	2015	21	0,91%	283	1,41%
Asghar MR	IEEE Communications Surveys & Tutorials	2017	21	0,91%	119	0,59%
Albert A	IEEE Transactions on Power Systems	2013	19	0,82%	142	0,71%
Sovacool BK	Energy Policy	2017	19	0,82%	92	0,46%
Gans W	Energy Economics	2013	18	0,78%	139	0,69%
Yang L	IEEE Transactions on Smart Grid	2015	18	0,78%	87	0,43%
Demais			1770	76,52%	15997	79,74%
Total			2313	100,00%	20061	100,00%

Fonte: Autoria Própria (2023).

A evolução temática com base nas *Keywords Plus* ao longo do tempo está representada na Figura 13. A divisão do período do gráfico foi realizada com base nos períodos de tempos que houve maior diferenciação das temáticas. Assim, apesar do ano de 2008 ser o ano em que as publicações começaram seu crescimento mais acentuado, as temáticas mudaram mais a partir de 2019. Percebe-se que os temas anteriores foram divididos em várias categorias diferentes, o que demonstra pesquisas mais profundas acerca de cada um. Além disso, observa-se o crescimento de assuntos voltados para segurança, dados, gestão, eficiência e programação dos medidores (*algorithms, planned behavior*).



Fonte: Autoria Própria (2023).

2.4.2.2 Agrupamento (*clusters*) temático da literatura

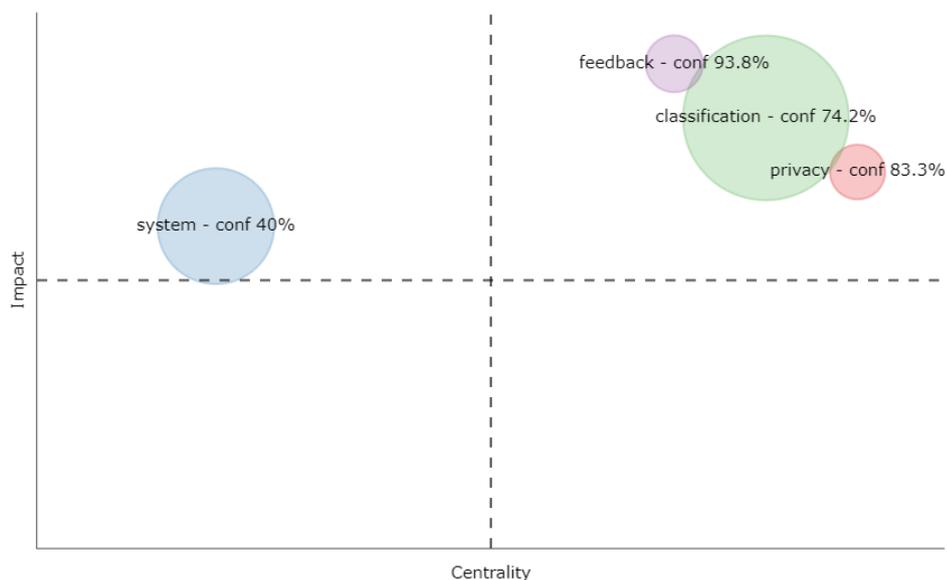
Os agrupamentos (*clustering*) temáticos foram realizados pela análise *clustering by coupling* ou *Bibliographic Coupling* (agrupamento bibliográfico), com o agrupamento medido pelas referências dos 888 artigos estudados na literatura e nomeados por meio das *Keywords Plus*. O agrupamento bibliográfico pode ser utilizado com unidades de análise diferentes: autores, documentos ou fontes. A primeira análise se refere a autores e considera as relações de coautoria entre autores que citam as mesmas referências, identificando agrupamentos de autores (COBO *et al.*, 2011). A segunda análise se refere aos documentos, neste caso os artigos, realizando o agrupamento de acordo com os artigos que citam as mesmas referências. A terceira análise se refere às fontes, neste caso as fontes de dados (*sources*), ou seja, os periódicos, realizando agrupamentos dos periódicos (COBO *et al.*, 2011). Assim, a análise neste estudo se refere ao agrupamento de artigos que identificam os temas de pesquisa, utilizando a análise referente aos documentos (artigos).

Para a formação dos clusters da literatura se indicou uma restrição em relação ao número de artigos presentes no *cluster* sobre o tema na literatura. Esta restrição busca limitar a formação de agrupamentos da literatura que sejam pouco representativos sobre o tema. Para tanto, foi utilizado um percentual de artigos mínimo classificados nos agrupamentos da literatura, sendo estabelecido que a formação de um *cluster* de literatura para ser representativo deve atingir um número mínimo de 10% dos artigos classificados neste agrupamento. Este limite de 10% de artigos, corresponde a pelo menos 88 artigos classificados em um

agrupamento do total de 888 artigos sobre medidores inteligentes identificados na base de dados Web of Science®. Do total de 888 artigos analisados, 744 foram classificados em quatro clusters principais da literatura de medidores inteligentes, sendo que os 144 artigos restantes são classificados em outros cinco (5) agrupamentos menores da literatura e que não serão abordados no decorrer deste trabalho.

A análise dos 744 artigos sobre o tema de medidores inteligentes publicados na base de dados Web of Science® analisados de acordo com suas referências (*bibliographic coupling*) indicam a formação quatro principais clusters da literatura sobre o tema: (1) *feedback*, (2) *classification*, (3) *privacy* e (4) *system*. A partir da definição destes quatro grandes temas sobre medidores inteligentes identificados por meio da aplicação da técnica de *bibliographic coupling* foi construído o mapa temático da Figura 14. Cada círculo representa um *cluster* (agrupamento) de um tema, o qual é nomeado pelas palavras-chaves (*Keywords Plus*) de maior frequência do grupo. O tamanho do círculo representa a quantidade de artigos classificado no respectivo cluster da literatura. Desta forma, o maior agrupamento da literatura corresponde ao cluster denominado de “*classification*”, com 223 artigos. O segundo maior *cluster* é o “*system*”, com 194 artigos, seguido do *cluster* “*feedback*” e do “*privacy*”, com 164 e 163 artigos, respectivamente. Finalmente, cada círculo está posicionado em um quadrante do gráfico de acordo com seu impacto e centralidade. O impacto representa a medida de desenvolvimento ou força do tema, enquanto a centralidade representa a importância do tema em todo o campo de pesquisa (COBO et al., 2011; 2012).

Figura 14 - Mapa Temático dos *Clusters*



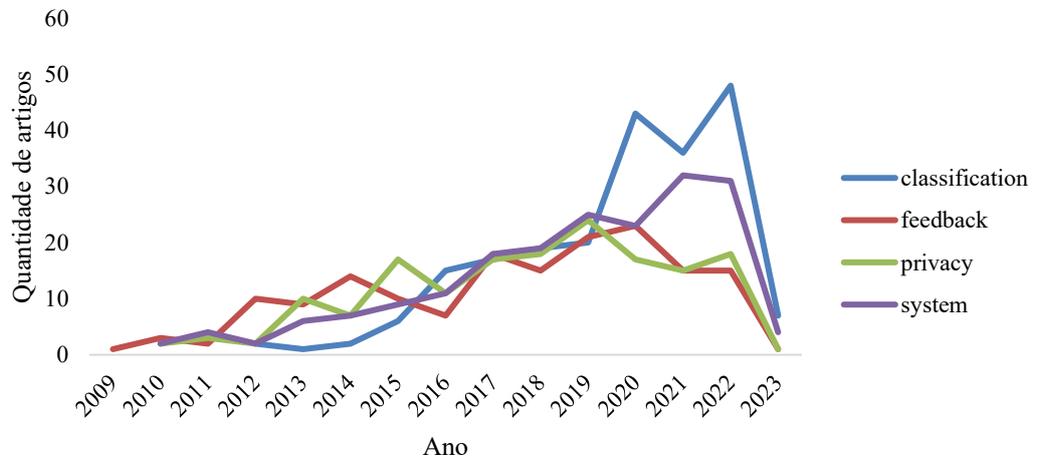
Fonte: Aatoria Própria (2023).

O mapa temático permite interpretar estrategicamente os clusters de acordo com sua localização nos quadrantes do gráfico (COBO *et al.*, 2018):

- ***Primeiro quadrante*** (superior direito): são temas bem desenvolvidos e importantes para a estrutura do campo de pesquisa. Como apresentam alta centralidade e impacto, estes são “temas-motores” da pesquisa.
- ***Segundo quadrante*** (superior esquerdo): são temas com as conexões apenas internas bem desenvolvidas (citações locais), ou seja, tem importância superficial para a pesquisa (alto impacto e baixa centralidade).
- ***Terceiro quadrante*** (inferior esquerdo): são temas superficiais e pouco desenvolvidos, assim, são considerados como emergentes ou em extinção (baixa centralidade e impacto)
- ***Quarto quadrante*** (inferior direito): são temas importantes para a pesquisa (alta centralidade), mas pouco desenvolvidos (baixo impacto).

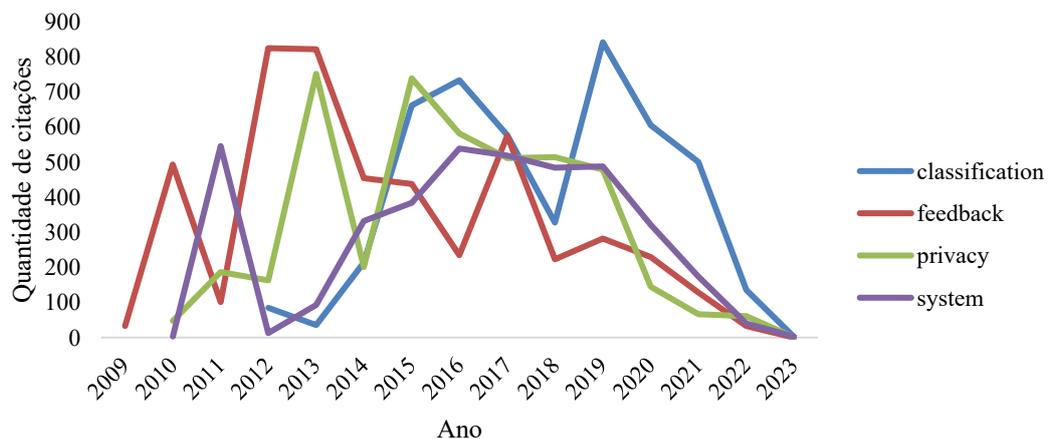
É possível observar na Figura 14 que os três clusters “*feedback*”, “*classification*” e “*privacy*” estão dispostos no primeiro quadrante e, então, são temas-motores na literatura sobre medidores inteligentes. Assim, estes três clusters possuem alto impacto e centralidade. Dentre eles o de maior impacto é o “*feedback*” e o menor é “*privacy*”. Além disso, tem-se o tema “*system*”, localizado no segundo quadrante, que tem alto impacto, mas baixa centralidade. Dessa forma, possui muitas citações locais (dentro do portfólio de 888 artigos estudados), mas tem importância superficial para a pesquisa como um todo.

Na Figura 15 está representada a evolução temporal dos clusters temáticos, por meio do gráfico da quantidade de artigos publicados por *cluster* anualmente. Assim, para as condições aplicadas no agrupamento (mínimo de frequência de 88 para formar um *cluster*), o artigo mais antigo é de 2009, representado pelo cluster “*feedback*”. Além disso, constata-se que nos últimos quatro anos o cluster “*classification*” foi o tema mais publicado, seguido de “*system*”.

Figura 15 - Evolução Temporal dos *Clusters* Temáticos

Fonte: Autoria Própria (2023).

Na Figura 16 está representada a quantidade anual de citações presentes na coleção principal da Web of Science[®] por *cluster*. Dessa forma, constata-se que nos últimos quatro anos os *clusters* mais citados foram “*classification*” e “*system*”, que também são os maiores agrupamentos da literatura sobre medidores inteligentes, com 223 e 194 artigos respectivamente.

Figura 16 - Quantidade Anual de Citações por *Cluster* Temático

Fonte: Autoria Própria (2023).

A seguir serão apresentadas as análises de cada *cluster* específico. Para isso, primeiro serão descritos os *clusters* considerados como “temas-motores” da literatura, localizados no primeiro quadrante do mapa temático da Figura 14, ou seja, (1) *feedback*, (2) *classification*, (3) *privacy* e depois será descrito o *cluster* (4) “*system*”, localizada no segundo quadrante.

2.4.2.2.1 “Feedback”

No primeiro quadrante tem-se o *cluster* “*feedback*”, que se caracteriza como um tema-motor dentro da literatura, ou seja, de alta importância e impacto. Este *cluster* da literatura sobre medidores inteligentes é formado por um total de 164 artigos, representando 18,36% do total de publicações sobre medidores inteligentes identificadas na base de dados Web of Science® (888 artigos). O termo “*feedback*” se refere ao *feedback* dos medidores inteligentes para os consumidores, ou seja, o retorno de informações coletadas pelos medidores para estes consumidores (KRISHNAMURTI *et al.*, 2012).

De forma geral, o *cluster* da literatura sobre medidores inteligentes denominado de “*feedback*” se apresenta como um tema-motor da literatura, pois é imprescindível compreender a percepção dos usuários em relação aos medidores inteligentes para a sua disseminação. Logo, para que isso aconteça, é necessário que estes consumidores recebam as informações provenientes dos medidores inteligentes (*feedback*). Estudos indicam que o conhecimento e interesse limitados em relação aos medidores inteligentes entre os consumidores e os clientes geram preocupações quanto sua aceitação (CHAWLA; KOWALSKA-PYZALSKA, 2019). Conseqüentemente, saber por que as pessoas resistem aos medidores inteligentes fornece aos fornecedores, fabricantes e governo o conhecimento do que precisa ser enfatizado nas mensagens de comunicação para desenvolver políticas e campanhas de comunicação que possam aumentar a adoção de medidores inteligentes (HMIELOWSKI *et al.*, 2019).

Os artigos deste *cluster* abordam um enfoque na análise social e humana da implementação e percepção referente aos medidores inteligentes. Estes artigos abordam dados e inferências empíricas para exemplificar e explicar as barreiras de aceitação e engajamento dos consumidores com os medidores inteligentes (e.g., BUGDEN; STEDMAN, 2019; CHAWLA; KOWALSKA-PYZALSKA; SKOWRONSKA-SZMER, 2020; DARBY, 2010; SOVACOOOL *et al.*, 2017), fatores de aceitação dos medidores inteligentes (e.g., CHAWLA; KOWALSKA-PYZALSKA; WIDAYAT, 2019; CHEN; XU; ARPAN, 2017) e a importância do *feedback* dos dados coletados pelos medidores para os consumidores (e.g., FETTERMANN *et al.*, 2020; MOGLES *et al.*, 2017; NACHREINER *et al.*, 2015).

O *cluster* da literatura sobre medidores inteligentes denominado de “*feedback*” traz duas frentes principais de estudos: (i) o estudo de aceitação ou rejeição dos medidores inteligentes pelos consumidores (e.g., BUGDEN; STEDMAN, 2019) e (ii) as características e

influências do *feedback* nesta aceitação (e.g., CHAWLA; KOWALSKA-PYZALSKA; SILVEIRA, 2020; NACHREINER *et al.*, 2015).

O estudo sobre a aceitação ou rejeição dos medidores inteligentes (i) indica que a falta de aceitação e engajamento do consumidor em relação aos medidores inteligentes é considerado como uma das diversas barreiras para disseminar sua implementação (BUGDEN; STEDMAN, 2019). O engajamento dos consumidores se faz importante, pois simplesmente aceitar a instalação de medidores inteligentes não é suficiente para se atingir os benefícios significativos, ou seja, os usuários devem estar dispostos e aptos a se engajar com as funcionalidades dos aparelhos (BUGDEN; STEDMAN, 2019). Dessa forma, apenas a implementação dos medidores inteligentes não é suficiente para uma redução significativa do consumo de recursos, sendo necessária também mudança comportamental dos consumidores (BUGDEN; STEDMAN, 2019).

O estudo sobre as características e influências do *feedback* para melhorar a efetividade da implementação dos medidores inteligentes (ii) buscam explorar o efeito dos estímulos, tais como fatores mais concretos, por exemplo, financeiro, meio-ambiente e incentivos sociais (CHAWLA; KOWALSKA-PYZALSKA; SILVEIRA, 2020; NACHREINER *et al.*, 2015). A necessidade destes estímulos é acentuada no caso da eletricidade, visto que é uma *commodity* considerada abstrata e “invisível”, sendo que as pessoas normalmente não se engajam com a sua conservação se não estiverem estimuladas (CHAWLA; KOWALSKA-PYZALSKA; ORALHAN, 2020; NACHREINER *et al.*, 2015). Assim, o *feedback* que os medidores inteligentes podem trazer para os usuários por meio de aplicativos de *smartphones* e *displays* tem potencial para estimular e facilitar seu engajamento com os medidores por tornar os recursos, como eletricidade, mais visíveis (NACHREINER *et al.*, 2015). Estes *displays* são dispositivos digitais que fornecem aos clientes informações sobre seu consumo, como o histórico de uso em tempo real e/ou seu uso específico de eletrodomésticos e avisos sobre horários de pico (KRISHNAMURTI *et al.*, 2012). Logo, esse tipo de aparelho permite que os usuários tomem decisões mais informadas sobre o horário de pico ou sobre o uso geral de eletricidade, fornecendo-lhes *feedback* regular e personalizável (KRISHNAMURTI *et al.*, 2012).

Para analisar o *cluster “feedback”* foram considerados os 20 artigos (Tabela 2) com maior pontuação (*score*) de normalização de citações locais (NLCS), o que é calculado dividindo a contagem real de itens citantes pela taxa de citação esperada para documentos com

o mesmo ano de publicação (BORNMANN; MARX; BARTH, 2013). O *score* NLSC corresponde a um indicativo do impacto do artigo sobre o tema de estudo.

Tabela 2 - 20 Artigos com maior NLCS do *cluster* “*feedback*”

Autor	Ano	Periódico	NLCS	Título
Zhou S	2017	Journal of Cleaner Production	6,71	Smart Meter Deployment in Europe: A Comparative Case Study on the Impacts of National Policy Schemes
Mckenna E	2012	Energy Policy	5,59	Smart Meter Data: Balancing Consumer Privacy Concerns with Legitimate Applications
Bugden D	2019	Energy Research and Social Science	5,22	A Synthetic View of Acceptance and Engagement with Smart Meters in the United States
Krishnamurti T	2012	Energy Policy	4,76	Preparing for Smart Grid Technologies: A Behavioral Decision Research Approach to Understanding Consumer Expectations About Smart Meters
Sovacool BK	2017	Energy Policy	4,72	Vulnerability and Resistance in The United Kingdom's Smart Meter Transition
Darby S	2010	Building Research and Information	4,57	Smart Metering: What Potential for Householder Engagement?
Kavousian A	2013	Energy	3,34	Determinants Of Residential Electricity Consumption: Using Smart Meter Data to Examine the Effect of Climate, Building Characteristics, Appliance Stock, and Occupants' Behavior
Chen CF	2017	Energy Research and Social Science	3,23	Between The Technology Acceptance Model and Sustainable Energy Technology Acceptance Model: Investigating Smart Meter Acceptance in The United States
Lee D	2021	Utilities Policy	3,19	Data Privacy and Residential Smart Meters: Comparative Analysis and Harmonization Potential
Alkaws GA	2021	Alexandria Engineering Journal	3,19	A Hybrid Sem-Neural Network Method for Identifying Acceptance Factors of The Smart Meters in Malaysia: Challenges Perspective
Nachreiner M	2015	Energy Research and Social Science	3,19	An Analysis of Smart Metering Information Systems: A Psychological Model of Self-Regulated Behavioural Change
Buchanan K	2016	Energy Policy	2,83	The British Public's Perception of The UK Smart Metering Initiative: Threats and Opportunities
Faruqui A	2010	Energy Policy	2,74	Unlocking The €53 Billion Savings from Smart Meters in The Eu: How Increasing the Adoption of Dynamic Tariffs Could Make or Break the EU'S Smart Grid Investment
Gans W	2013	Energy Economics	2,5	Smart Meter Devices and the Effect of Feedback on Residential Electricity Consumption: Evidence from a Natural Experiment in Northern Ireland
Mogles N	2017	Building and Environment	2,48	How Smart Do Smart Meters Need to Be?
Gerpott TJ	2013	Energy Policy	2,36	Determinants Of Willingness to Pay for Smart Meters: An Empirical Analysis of Household Customers in Germany
Fettermann DC	2020	Energy Policy	2,31	Configuration of a Smart Meter for Brazilian Customers
Kochanski M	2020	Energies	2,31	Technology Innovation System Analysis of Electricity Smart Metering in The European Union

Chawla Y	2020	Energy Policy	2,31	Perspectives Of Smart Meters' Roll-Out in India: An Empirical Analysis of Consumers' Awareness and Preferences
Alkawsı GA	2020	IEEE Access	2,31	An Empirical Study of The Acceptance of Iot-Based Smart Meter in Malaysia: The Effect of Electricity-Saving Knowledge and Environmental Awareness

Fonte: Autoria Própria (2023).

Na Tabela 2 destaca-se o periódico *Energy Policy* e o autor Gamal Abdalnaser Alkawsı para o *cluster* “*feedback*”. O periódico *Energy Policy* predomina a lista de periódicos com nove publicações entre as 20 com maior impacto dentro do *cluster*. Além disso, o autor Gamal Abdalnaser Alkawsı, sediado na *Universiti Tenaga Nasional* (Malásia), possui dois artigos publicados dentre os de maior impacto no cluster (ALKAWSI *et al.*, 2021; ALKAWSI; ALI; BAASHAR, 2020). Estas publicações estão baseadas na mesma amostra de dados coletadas em duas cidades da Malásia (Putrajaya e Malaca) de 318 usuários residenciais de medidores inteligentes (ALKAWSI *et al.*, 2021; ALKAWSI; ALI; BAASHAR, 2020). Um dos artigos investiga os fatores que influenciam a aceitação de sistemas de medidores inteligentes nas cidades citadas (ALKAWSI; ALI; BAASHAR, 2020) e o outro explora os desafios do uso do medidor inteligente e do comportamento dos usuários em relação à aceitação do medidor inteligente (ALKAWSI *et al.*, 2021).

Dentro deste portfólio referente às publicações sobre medidores inteligentes classificados no agrupamento “*feedback*”, tem-se artigos nas temáticas de aceitação de medidores inteligentes e suas barreiras, predominantemente por meio de estudos sobre as percepções e comportamentos dos consumidores após a implementação dos medidores em diversos países, como Malásia (ALKAWSI *et al.*, 2021; ALKAWSI; ALI; BAASHAR, 2020), Estados Unidos (KAVOUSIAN; RAJAGOPAL; FISCHER, 2013), Irlanda do Norte (GANS; ALBERINI; LONGO, 2013) e Reino Unido (MOGLES *et al.*, 2017). Além disso, o portfólio contém pesquisas referentes à impressão dos consumidores em geral (antes da implementação dos medidores) em países como Reino Unido (BUCHANAN *et al.*, 2016), Estados Unidos (BUGDEN; STEDMAN, 2019; CHEN, C.; XU; ARPAN, 2017; KRISHNAMURTI *et al.*, 2012), Brasil (FETTERMANN *et al.*, 2020) e Alemanha (GERPOTT; PAUKERT, 2013). Neste aspecto, tem-se o artigo de Chawla (2020) que analisa consumidores na Índia que já possuem o medidor inteligente instalado, em processo de instalação e que gostariam de possuir o medidor inteligente no futuro (CHAWLA; KOWALSKA-PYZALSKA; SKOWRONSKA-SZMER, 2020). Ainda são registrados artigos que estudam diferentes políticas de implementação de medidores inteligentes, características e consequentes impactos (e.g.,

FARUQUI; HARRIS; HLEDIK, 2010; LEE; HESS, 2021; ZHOU; BROWN, 2017). Outro tema recorrente é a privacidade e segurança dos dados, que está diretamente relacionado com políticas sociais e com as principais barreiras de aceitação dos medidores inteligentes pela população (e.g., LEE; HESS, 2021; MCKENNA; RICHARDSON; THOMSON, 2012). Finalmente, tem-se artigos que fazem revisões de literatura, nas quais trazem uma visão geral e abrangente da implementação de medidores inteligentes, por meio de aspectos técnicos, sociais, políticos e econômicos (e.g., DARBY, 2010; KOCHAŃSKI; KORCZAK; SKOCZKOWSKI, 2020; NACHREINER *et al.*, 2015; SOVACOOOL *et al.*, 2017).

Além disso, por meio da análise dos artigos da Tabela 2, constata-se que um método de pesquisa comum nas publicações agrupadas no *cluster feedback* é a utilização de estudos do tipo *survey* com amostras da população (e.g., ALKAWSI; ALI; BAASHAR, 2020; BUGDEN; STEDMAN, 2019; CHAWLA; KOWALSKA-PYZALSKA; SKOWRONSKA-SZMER, 2020; CHEN, C. fei; XU; ARPAN, 2017; FETTERMANN *et al.*, 2020; GERPOTT; PAUKERT, 2013; KAVOUSIAN; RAJAGOPAL; FISCHER, 2013; KRISHNAMURTI *et al.*, 2012).

2.4.2.2.2 “Classification”

O *cluster “classification”*, localizado no primeiro quadrante do mapa temático da Figura 14, se caracteriza como um tema-motor dentro da literatura, ou seja, de alta importância e impacto. Este é o maior *cluster* da literatura sobre medidores inteligentes, formado por um total de 223 artigos, representando 25,11% do total de publicações sobre medidores inteligentes identificadas na base de dados Web of Science® (888 artigos).

O termo “*classification*” se trata de um método supervisionado de mineração dos dados (provenientes dos medidores inteligentes) utilizado na análise de curva de carga residencial para revelar relações significativas entre os perfis de carga e os dados de pesquisas domiciliares, como localidade, informações demográficas e antropológicas (YILDIZ *et al.*, 2017). A análise de curva de carga permite obter uma melhor compreensão do comportamento de ocupação, inferir padrões de consumo e identificar potenciais opções de eficiência energética e resposta à demanda, o que pode ajudar operadores de rede a criar estratégias de gerenciamento de oferta de recursos (e.g., energia, água e gás) (YILDIZ *et al.*, 2017). O método de classificação muitas vezes é utilizado em conjunto com o método de *clustering*, pois procura identificar atributos de pesquisas domiciliares que apresentem correlação significativa com a probabilidade de um domicílio pertencer a um determinado *cluster* (YILDIZ *et al.*, 2017).

De forma geral, os artigos categorizados no *cluster* de “*classification*” (classificação) buscam identificar os perfis dos consumidores e, conseqüentemente, quais características dos consumidores geram diferenças de comportamento de consumo (VIEGAS *et al.*, 2016). Essa identificação precisa dos perfis domiciliares (por exemplo, tipo de casa, número de ocupantes) é a chave para a implementação bem-sucedida da resposta à demanda comportamental (WANG, F. *et al.*, 2022). Assim, isso pode contribuir para um melhor engajamento dos consumidores e desenvolvimento de medidas para aumentar a eficiência da rede elétrica no caso de medidores de energia elétrica (VIEGAS *et al.*, 2016). Ademais, a classificação do cliente é muito necessária e útil no trabalho prático, pois é difícil para o provedor de serviços detectar as mudanças de grupos de clientes apenas com base nas informações de faturamento (WANG, Y. *et al.*, 2017). Dessa forma, o método de *classification* pode ajudar os especialistas a desenvolver ferramentas que possibilitem obter informações importantes sobre os clientes, para fornecer programas de eficiência energética personalizados e escaláveis (BECKEL *et al.*, 2014).

Para estudar o *cluster* “*classification*” foram analisados os 20 artigos com maior NLCS referentes a este agrupamento (Tabela 3). Assim destaca-se o periódico Energy, com seis artigos presentes na Tabela 3. Além disso, destaca-se Yi Wang, sediado na *University of Hong Kong* (China), autor com três artigos dentre os mais influentes, sendo um destes o artigo com maior NLCS. Entre os artigos desenvolvidos por Wang está presente uma revisão orientada a aplicações de análise de dados de medidores inteligentes, identificando as principais áreas de aplicação (e.g., análise de carga, previsão de carga, gerenciamento de carga), revisando técnicas e metodologias adotadas ou desenvolvidas para atender a cada aplicação e discutindo tendências de pesquisa (e.g., *big data*, *machine learning*, novos modelos de negócios, privacidade e segurança de dados) (WANG, Y. *et al.*, 2019b). Os outros dois artigos de Wang se referem à análise de uma grande base de dados. Por um lado, um utiliza metodologias que permitem que os dados do medidor inteligente sejam compactados, padrões ocultos de consumo de eletricidade sejam extraídos e, posteriormente, classifica-se os perfis de carga em grupos com base nos padrões extraídos (WANG, Y. *et al.*, 2017). O terceiro artigo proposto por Wang também investiga como características dos consumidores podem ser inferidas a partir de dados refinados de medidores inteligentes (WANG, Y. *et al.*, 2019a).

Tabela 3 - 20 Artigos com maior NLCS do *cluster* “*classification*”

Autor	Ano	Periódico	NLCS	Título
Wang Y	2019	IEEE Transactions on Smart Grid	22,17	Review Of Smart Meter Data Analytics: Applications, Methodologies, And Challenges
Beckel C	2014	Energy	7,38	Revealing Household Characteristics from Smart Meter Data
Mcloughlin F	2015	Applied Energy	5,14	A Clustering Approach to Domestic Electricity Load Profile Characterisation Using Smart Metering Data
Haben S	2016	IEEE Transactions on Smart Grid	4,53	Analysis And Clustering of Residential Customers Energy Behavioral Demand Using Smart Meter Data
Wang Y	2019	IEEE Transactions on Smart Grid	3,91	Deep Learning-Based Socio-Demographic Information Identification from Smart Meter Data
Wang F	2022	Energy	3,74	Household Profile Identification for Behavioral Demand Response: A Semi-Supervised Learning Approach Using Smart Meter Data
Quilumba FL	2015	IEEE Transactions on Smart Grid	3,72	Using Smart Meter Data to Improve the Accuracy of Intraday Load Forecasting Considering Customer Behavior Similarities
Yan SQ	2020	IEEE Transactions on Industry Applications	3,47	Time-Frequency Feature Combination Based Household Characteristic Identification Approach Using Smart Meter Data
Fekri MN	2021	Applied Energy	3,19	Deep Learning for Load Forecasting with Smart Meter Data: Online Adaptive Recurrent Neural Network
Niu ZB	2021	Energy	3,19	Understanding Energy Demand Behaviors Through Spatio-Temporal Smart Meter Data Analysis
Viegas JL	2016	Energy	3,02	Classification Of New Electricity Customers Based on Surveys and Smart Metering Data
Ullah A	2020	Sensors	2,89	Deep Learning Assisted Buildings Energy Consumption Profiling Using Smart Meter Data
Yildiz B	2017	Applied Energy	2,73	Recent Advances in The Analysis of Residential Electricity Consumption and Applications of Smart Meter Data
Gouveia JP	2016	Energy and Buildings	2,64	Unraveling Electricity Consumption Profiles in Households Through Clusters: Combining Smart Meters and Door-To-Door Surveys
Wen LL	2018	Renewable and Sustainable Energy Reviews	2,53	Compression Of Smart Meter Big Data: A Survey
Wang Y	2017	IEEE Transactions on Power Systems	2,48	Sparse And Redundant Representation-Based Smart Meter Data Compression and Pattern Extraction
Melillo A	2020	Energy	2,31	First Results of Remote Building Characterisation Based on Smart Meter Measurement Data
Donaldson DL	2020	International Journal of Electrical Power & Energy Systems	2,31	Effective Solar Prosumer Identification Using Net Smart Meter Data
Westerman P	2020	Applied Energy	2,31	Unsupervised Learning of Energy Signatures to Identify the Heating System and Building Type Using Smart Meter Data
Wang ZK	2020	Energy	2,31	Sizing Of District Heating Systems Based on Smart Meter Data: Quantifying the Aggregated Domestic Energy Demand and Demand Diversity in the UK

Fonte: Autoria Própria (2023).

Os documentos da Tabela 3 que representam o cluster “*classification*” são artigos que fazem a análise de uma grande base de dados provindos de medidores inteligentes para identificar perfis de consumidores e padrões de consumo (BECKEL *et al.*, 2014; DONALDSON; JAYAWEERA, 2020; GOUVEIA; SEIXAS, 2016; HABEN; SINGLETON; GRINDROD, 2016; MCLOUGHLIN; DUFFY; CONLON, 2015; NIU *et al.*, 2021; QUILUMBA *et al.*, 2015; ULLAH *et al.*, 2020; WANG, Y. *et al.*, 2017; WANG, Z. *et al.*, 2020; WESTERMANN *et al.*, 2020), revisões da literatura em relação a metodologias e técnicas para esta análise de dados (WANG, Y. *et al.*, 2019b; WEN *et al.*, 2018; YILDIZ *et al.*, 2017) e propõem algumas metodologias para fazer esta análise e, em seguida, identificam os perfis de consumidores ou casas (BECKEL *et al.*, 2014; DONALDSON; JAYAWEERA, 2020; FEKRI *et al.*, 2021; MELILLO *et al.*, 2020; NIU *et al.*, 2021; VIEGAS *et al.*, 2016; WANG, F. *et al.*, 2022; WANG, Y. *et al.*, 2017, 2019a; WESTERMANN *et al.*, 2020; YAN *et al.*, 2020). Dentre os artigos que apresentam a análise de dados, grande parte utiliza dados de consumidores residenciais da Irlanda (BECKEL *et al.*, 2014; HABEN; SINGLETON; GRINDROD, 2016; MCLOUGHLIN; DUFFY; CONLON, 2015; QUILUMBA *et al.*, 2015; VIEGAS *et al.*, 2016; WANG, F. *et al.*, 2022; WANG, Y. *et al.*, 2017, 2019a; YAN *et al.*, 2020). Isso ocorre pois esta é uma base de dados que foi disponibilizada abertamente após o lançamento de um projeto no país (WANG, Y. *et al.*, 2019b). A Comissão de Regulamentação Energética (*The Commission for Energy Regulation*), reguladora dos setores de eletricidade e gás natural na Irlanda, lançou um projeto para conduzir ensaios de comportamento do cliente para determinar como a medição inteligente pode ajudar a moldar o comportamento do uso de energia por meio de dados demográficos, estilos de vida e tamanhos de casas (WANG, Y. *et al.*, 2019b).

Além disso, diversos artigos apresentados na Tabela 3 utilizam *clustering* em conjunto com *classification* para fazer as análises dos dados de medidores inteligentes e definir padrões de consumo e perfis de consumidores (e.g., DONALDSON; JAYAWEERA, 2020; HABEN; SINGLETON; GRINDROD, 2016; MCLOUGHLIN; DUFFY; CONLON, 2015; VIEGAS *et al.*, 2016). Assim, enquanto o *clustering* (método de mineração de dados não supervisionado), pode ser usado para agrupar perfis de carga diária semelhantes nos mesmos grupos, *classification* (método de mineração de dados supervisionado), pode ser utilizado para revelar relações significativas entre os perfis de carga e os dados de pesquisas domiciliares (YILDIZ *et al.*, 2017). A abordagem combinada de *clustering* e *classification* pode melhorar os recursos de análise de perfis de carga doméstica em conjunto com informações de pesquisa do tipo *survey* (YILDIZ *et al.*, 2017). Inclusive, no estudo de caso de Viegas *et al.* (2016), demonstra-

se que o uso de dados de pesquisa do tipo *survey* aumentou significativamente a precisão da classificação em até 20%. Dessa forma, os métodos de aprendizado supervisionados, como *classification*, podem alcançar um bom desempenho com dados rotulados suficientes, mas mostram baixa precisão se os dados rotulados forem insuficientes ou indisponíveis (WANG, F. *et al.*, 2022). Porém, a aquisição de dados rotulados com precisão (geralmente obtidos por pesquisa do tipo *survey*) é muito difícil, cara e demorada na prática devido a vários motivos, como preocupações com a privacidade pelo lado dos consumidores (WANG, F. *et al.*, 2022). Assim, tem-se a importância de desenvolver melhores ferramentas que possibilitem a análise de dados de medidores inteligentes para traçar perfis de consumidores sem a necessidade de utilizar pesquisas do tipo *survey* por meio de métodos como *classification*.

2.4.2.2.3 “Privacy”

O *cluster* “*privacy*”, localizado no primeiro quadrante do mapa temático da Figura 14, se caracteriza como um tema-motor dentro da literatura, ou seja, de alta importância e impacto. Este *cluster* é formado por um total de 163 artigos, representando 18,36% do total de publicações sobre medidores inteligentes identificadas na base de dados Web of Science® (888 artigos).

O *cluster* “*privacy*” é um tema muito mencionado quando se trata de medidores inteligentes, pois a preocupação com a privacidade é uma das maiores barreiras de aceitação dos consumidores para a implementação de medidores (MCKENNA; RICHARDSON; THOMSON, 2012; SOVACOOOL *et al.*, 2017). Essa preocupação com a privacidade dos usuários de medidores inteligentes também é evidenciada e abordada nos artigos do *cluster* “*feedback*”, onde é vista como uma desconfiança de como os dados de consumo e utilização dos recursos (água, energia e gás) aferidos nos medidores são tratados (e.g., BUGDEN; STEDMAN, 2019; CHEN, C.; XU; ARPAN, 2017; NACHREINER *et al.*, 2015). Esta preocupação sobre a privacidade dos dados provenientes dos medidores inteligentes é uma insegurança internacional e vem sendo abordada de formas diversas em países e culturas diferentes (BUGDEN; STEDMAN, 2019; CHEN, C.; XU; ARPAN, 2017; NACHREINER *et al.*, 2015).

A desconfiança dos usuários sobre o tratamento dos dados provenientes do medidor inteligente normalmente são justificadas pelo receio que estes dados possam ser usados para inferir as atividades privadas que ocorrem dentro de uma residência (MCKENNA;

RICHARDSON; THOMSON, 2012). Dentro destas preocupações de privacidade incluem-se diversos tipos de utilização indevida dos dados: para propósitos ilegais (e.g., assaltantes e assediadores podem utilizar os dados com suas vítimas), para fins comerciais (e.g., os dados podem ser utilizados para fazer propaganda alvo), por órgãos públicos do governo e polícia (e.g., verificar álibis), dentro de algum processo legal (e.g., batalhas de custódia) ou por pessoas conhecidas e que habitam a mesma casa (e.g., casais investigando um ao outro) (MCKENNA; RICHARDSON; THOMSON, 2012).

As preocupações com a privacidade e sua percepção pelo público prejudicaram e atrasaram a implementação de medidores inteligentes em vários países e exigem novas soluções técnicas (ASGHAR *et al.*, 2017). O que diferencia o problema da segurança e privacidade de dados provindos dos medidores inteligentes da questão padrão de segurança de dados geral é a combinação de três fatores: o legado de tecnologias de energia baseadas em sistemas fechados, o vínculo com aspectos legais e regulatórios que trazem mais limitações e a estrutura complexa do setor de energia mundial, com uma variedade de *stakeholders* interconectados, exigindo, então, soluções mais padronizadas (ASGHAR *et al.*, 2017).

Embora a implantação de uma infraestrutura de medidores inteligentes avançada já esteja acontecendo há algum tempo em diversos países, as regulamentações de privacidade não acompanharam as mudanças tecnológicas (LEE; HESS, 2021). Lee e Hess (2021) analisaram políticas governamentais em diversos países e definiram estratégias de implementação de políticas de privacidade para infraestruturas de medição avançada: opção de que o cidadão recuse o medidor inteligente (para implementações governamentais), deixar opcional que o consumidor participe de programas de gestão de demanda e compartilhamento de dados, possibilitar armazenamento de dados independente, estabelecer regras para o compartilhamento de dados e criar uma agência ou departamento governamental separado que supervisione as práticas relacionadas à privacidade. Utilizar essas estratégias podem cooperar para que esta infraestrutura de medição avançada tenha a confiança do público (LEE; HESS, 2021). Ademais, são considerações importantes para que os projetistas de sistemas construam tecnologias que possam ser usadas em vários países sem encontrar restrições imprevistas impostas por diferenças regulamentares de privacidade de acordo com o país (LEE; HESS, 2021). Afinal, medidas políticas que abordam barreiras de aceitação regulatórias, financeiras e sociais tendem a ser mais eficazes para facilitar a difusão de medidores inteligentes (ZHOU; BROWN, 2017).

Para estudar este *cluster* foram analisados os 20 artigos com maior NLCS referentes a este agrupamento (Tabela 4). Assim destaca-se o periódico IEEE Transactions on Smart Grid,

com sete artigos presentes na Tabela 4. Além disso, destacam-se os autores Giulio Giaconi, atualmente um cientista pesquisador da *BT Applied Research, Security Futures Practice* e Farhad Farokhi, sediado na *University of Melbourne* (Austrália), com dois artigos cada um dentre os 20 mais influentes presentes na Tabela 4. A publicação de Giaconi com maior NLCS estuda a privacidade do consumidor em relação aos dados do medidor inteligente considerando a presença de uma fonte de energia renovável e uma bateria recarregável, que podem ser utilizadas para ocultar parcialmente o comportamento de consumo de energia do consumidor (GIACONI; GUNDUZ; POOR, 2018b). A outra publicação do autor discorre sobre técnicas de gerenciamento de energia para aumentar a privacidade que fornecem informações precisas sobre o consumo de energia ao operador da rede sem sacrificar a privacidade do consumidor, com enfoque para baterias recarregáveis, fontes de energia renováveis e modelagem de demanda (GIACONI; GUNDUZ; POOR, 2018a). A publicação de Farokhi com maior NLCS se trata de uma revisão dos mecanismos para garantir a privacidade do medidor inteligente, que se enquadram em amplas categorias de manipulação de dados, modelagem de demanda e agendamento de carga (FAROKHI, 2020). A outra publicação do autor estuda a utilização de baterias para preservar a privacidade de residências com medidores inteligentes (FAROKHI; SANDBERG, 2018).

Tabela 4 - 20 Artigos com maior NLCS do cluster “*privacy*”

Autor	Ano	Periódico	NLCS	Título
Asghar MR	2017	IEEE Communications Surveys & Tutorials	5,22	Smart Meter Data Privacy: A Survey
Van Aubel P	2019	International Journal of Electrical Power & Energy Systems	4,24	Smart Metering in The Netherlands: What, How, And Why
Kabalci Y	2016	Renewable and Sustainable Energy Reviews	4,15	A Survey on Smart Metering and Smart Grid Communication
Giaconi G	2018	IEEE Transactions on Information Forensics and Security	3,97	Smart Meter Privacy with Renewable Energy and An Energy Storage Device
Gough MB	2022	IEEE Transactions on Industrial Informatics	3,74	Preserving Privacy of Smart Meter Data in A Smart Grid Environment
Sankar L	2013	IEEE Transactions on Smart Grid	3,34	Smart Meter Privacy: A Theoretical Framework
Zhang ZJ	2017	IEEE Transactions on Smart Grid	3,23	Cost-Friendly Differential Privacy for Smart Meters: Exploiting the Dual Roles of The Noise
Yang L	2015	IEEE Transactions on Smart Grid	3,19	Cost-Effective And Privacy-Preserving Energy Management for Smart Meters
Tan O	2013	IEEE Journal on Selected Areas in Communications	2,92	Increasing Smart Meter Privacy Through Energy Harvesting and Storage Devices
Sun YN	2018	IEEE Internet of Things Journal	2,89	Smart Meter Privacy: Exploiting the Potential of Household Energy Storage Units
Farokhi F	2020	IET Smart Grid	2,89	Review Of Results on Smart-Meter Privacy by Data Manipulation, Demand Shaping, And Load Scheduling
Giaconi G	2018	IEEE Signal Processing Magazine	2,89	Privacy-Aware Smart Metering Progress and Challenges
Albert A	2013	IEEE Transactions on Power Systems	2,64	Smart Meter Driven Segmentation: What Your Consumption Says About You
Khwaja AS	2020	IEEE Internet of Things Journal	2,31	Smart Meter Data Obfuscation Using Correlated Noise
Razavi R	2019	Energy and Buildings	2,28	Occupancy Detection of Residential Buildings Using Smart Meter Data: A Large-Scale Study
Erkin Z	2013	IEEE Signal Processing Magazine	2,22	Privacy-Preserving Data Aggregation in Smart Metering Systems
Farokhi F	2018	IEEE Transactions on Smart Grid	2,17	Fisher Information as A Measure of Privacy: Preserving Privacy of Households with Smart Meters Using Batteries
Wang S	2012	IEEE Transactions on Smart Grid	2,14	A Randomized Response Model for Privacy Preserving Smart Metering
Chen D	2015	IEEE Transactions on Smart Grid	1,95	Preventing Occupancy Detection from Smart Meters
Eibl G	2015	IEEE Transactions on Smart Grid	1,95	Influence of Data Granularity on Smart Meter Privacy

Fonte: Autoria Própria.

Os artigos referenciados na Tabela 4 abordam a temática de privacidade por meio de revisões da literatura, tanto mais abrangentes que trazem a questão da segurança de dados e privacidade dos consumidores dos medidores inteligentes (e.g., ASGHAR *et al.*, 2017), quanto mais focadas em mecanismos de preservação da privacidade dos consumidores (e.g., FAROKHI, 2020). Além disso, tem-se artigos que apresentam técnicas de gestão de energia

evidenciando soluções que preservem a privacidade dos dados dos consumidores por meio de bateria recarregável (e.g., FAROKHI; SANDBERG, 2018; GIACONI; GUNDUZ; POOR, 2018b, 2018a; TAN, O.; GUNDUZ; POOR, 2013; YANG *et al.*, 2015; ZHANG, Z. *et al.*, 2017), algoritmo compatível (e.g., GOUGH *et al.*, 2022), armazenamento de energia térmica de aquecedores elétricos de água (e.g., CHEN, D. *et al.*, 2015), combinação de veículos elétricos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (e.g., SUN, Y.; LAMPE; WONG, 2018), modelo de distorção dos dados (e.g., SANKAR *et al.*, 2013), ou ruído correlacionado aditivo (e.g., KHWAJA *et al.*, 2020). Ademais, alguns artigos também investigam os impactos da granularidade dos dados disponibilizados pelos medidores inteligentes na privacidade dos consumidores, ou seja, se com a precisão dos dados medidos é possível prever demanda, ocupação ou comportamento dos consumidores e a que extensão isso é possível (e.g., ALBERT; RAJAGOPAL, 2013; EIBL; ENGEL, 2015; ERKIN *et al.*, 2013; RAZAVI *et al.*, 2019). Por fim, um dos artigos aborda uma visão geral da infraestrutura de medição inteligente na Holanda e discute as mudanças feitas pelo país em resposta a questões de privacidade e segurança (VAN AUBEL; POLL, 2019).

2.4.2.2.4 “System”

O *cluster* “*system*”, localizado no segundo quadrante do mapa temático da Figura 14, se caracteriza como um tema bem desenvolvido, mas com importância menor na literatura (alto impacto e baixa centralidade). Este *cluster* é formado por um total de 194 artigos, representando 21,85% do total de publicações sobre medidores inteligentes identificadas na base de dados Web of Science® (888 artigos).

A palavra *system* é utilizada em diversos contextos nos artigos presentes no *cluster* “*system*”, mas é utilizada predominantemente para se referir à infraestrutura avançada de medidores (*Advanced Metering Infrastructure* - AMI). A AMI é um sistema que mede, coleta e analisa a distribuição e o consumo de serviços públicos e se comunica com os dispositivos de medição de acordo com uma programação ou mediante solicitação (LLORET *et al.*, 2016). Dessa forma, é uma infraestrutura que integra uma série de tecnologias, incluindo medidores inteligentes, redes de comunicação e sistemas de gerenciamento de dados (MOGHADDASS; WANG, 2018).

Dessa forma, o *cluster* “*system*” aborda diversos sistemas presentes na AMI para resolver desafios originados da implementação de medidores inteligentes. Logo, os artigos

classificados no *cluster* propõem sistemas para solucionar a questão da grande análise de dados (provenientes dos medidores inteligentes) necessária para detectar anomalias no consumo (e.g., BUZAU *et al.*, 2019; GUL *et al.*, 2020; MOGHADDASS; WANG, 2018; RAGGI *et al.*, 2020; SIAL; SINGH; MAHANTI, 2021). Além disso, também são identificados artigos que abordam a infraestrutura da rede inteligente como um todo (e.g., DEPURU; WANG; DEVABHAKTUNI, 2011; LLORET *et al.*, 2016; PAU *et al.*, 2018; URIBE-PÉREZ *et al.*, 2016), redes de baixa tensão (e.g., ANDREADOU; GUARDIOLA; FULLI, 2016; KEMAL *et al.*, 2020; KHAN; HAYES, 2022; NI *et al.*, 2018; PAPPU *et al.*, 2018), conectividade e comunicação (e.g., ANDREADOU; GUARDIOLA; FULLI, 2016; ERLINGHAGEN; LICHTENSTEIGER; MARKARD, 2015; LUAN *et al.*, 2015; VAN DE KAA *et al.*, 2019), sincronização de dados (e.g., ALIMARDANI *et al.*, 2015), proteção e monitoramento do sistema (e.g., CHAKRABORTY *et al.*, 2021) e inovação ao propor novos modelos de medidor inteligente (e.g., VICIANA *et al.*, 2018).

Dentre os desafios apresentados no *cluster* “*system*”, observa-se que um dos mais proeminentes é a detecção de perdas não-técnicas de energia elétrica, ou seja, anomalias na demanda. As perdas de eletricidade (técnicas e não-técnicas) ocorrem durante a geração, transmissão e distribuição (GUL *et al.*, 2020). As perdas técnicas ocorrem no sistema através de ações internas (e.g., problema no transformador ou nas linhas de transmissão) (GUL *et al.*, 2020). As perdas não técnicas ocorrem no sistema elétrico através de ações externas (e.g., fluxo desconhecido e incorreto de eletricidade, leituras imprecisas ou defeituosas dos medidores, não pagamento de contas, erros na manutenção de registros do banco de dados), sendo o roubo de eletricidade uma das principais causas das perdas não técnicas (GUL *et al.*, 2020). As perdas não técnicas são causa relevante de perda de receita para concessionárias e redução da eficiência energética nos sistemas de distribuição, o que motiva agências reguladoras e concessionárias a investigar e desenvolver novos métodos de detecção e localização de perdas não-técnicas (RAGGI *et al.*, 2020). No Brasil, por exemplo, o custo associado às perdas não-técnicas é estimado em US\$ 2,3 bilhões por ano, correspondendo a aproximadamente 8% do consumo nacional de energia residencial e comercial (RAGGI *et al.*, 2020).

Para solucionar a questão da detecção das perdas de energia elétrica não-técnicas, as soluções baseadas em *hardware* são consideradas as mais eficientes, mas seu custo de implantação é alto (GUL *et al.*, 2020). Então, as soluções baseadas em *software* são mais econômicas e baseada em dados (GUL *et al.*, 2020). Assim, as soluções de *software* estão relacionadas com a necessidade de *big data* para análise e inteligência artificial e técnicas de

machine learning (GUL *et al.*, 2020). Com o advento da AMI, diversas soluções baseadas em software tornaram-se populares (PAPPU *et al.*, 2018).

Para estudar este *cluster* foram analisados os 20 artigos com maior NLCS referentes a este agrupamento (Tabela 5). Assim, destaca-se o periódico IEEE Transactions on Smart Grid, com quatro artigos entre os mais importantes do *cluster*. Além disso, tem-se o autor Soma Shekara Sreenadh Reddy Depuru, sediado na The *University of Toledo* (Estados Unidos) com o artigo de maior NLCS da Tabela 5. O artigo de Depuru descreve desafios, problemas, vantagens e as situações atuais referentes aos medidores na rede inteligente de energia (DEPURU; WANG; DEVABHAKTUNI, 2011). Dessa forma, o artigo discute várias funcionalidades e tecnologias que podem ser integradas a um medidor inteligente, desafios envolvidos no projeto, implantação, utilização e manutenção da infraestrutura de medidores inteligentes. Além disso, explica a importância da introdução de medidores inteligentes em países em desenvolvimento e o status da medição inteligente em vários países.

Tabela 5 - 20 Artigos com maior NLCS do *cluster* “*system*”

Autor	Ano	Periódico	NLCS	Título
Depuru SSSR	2011	Renewable and Sustainable Energy Reviews	4,45	Smart Meters for Power Grid: Challenges, Issues, Advantages and Status
Ni F	2018	International Journal of Electrical Power & Energy Systems	3,61	Three-Phase State Estimation in The Medium-Voltage Network with Aggregated Smart Meter Data
Uribe-Perez N	2016	Applied Science	3,21	State of the Art and Trends Review of Smart Metering in Electricity Grids
Chakraborty S	2021	International Journal of Electrical Power & Energy Systems	3,19	Smart Meters for Enhancing Protection and Monitoring Functions in Emerging Distribution Systems
Sial A	2021	Wireless Networks	3,19	Detecting Anomalous Energy Consumption Using Contextual Analysis of Smart Meter Data
Luan WP	2015	IEEE Transactions on Smart Grid	3,01	Smart Meter Data Analytics for Distribution Network Connectivity Verification
Gul H	2020	Applied Science	2,89	Detection Of Non-Technical Losses Using Sostlink and Bidirectional Gated Recurrent Unit to Secure Smart Meters
Buzau MM	2019	IEEE Transactions on Smart Grid	2,61	Detection Of Non-Technical Losses Using Smart Meter Data and Supervised Learning
Pappu SJ	2018	IEEE Transactions on Smart Grid	2,53	Identifying Topology of Low Voltage Distribution Networks Based on Smart Meter Data
Erlinghagen S	2015	Renewable and Sustainable Energy Reviews	2,48	Smart Meter Communication Standards in Europe - A Comparison
Kemal M	2020	International Journal of Electrical Power & Energy Systems	2,31	On The Trade-Off Between Timeliness and Accuracy for Low Voltage Distribution System Grid Monitoring Utilizing Smart Meter Data
Lloret J	2016	IEEE Communications Magazine	2,27	An Integrated Iot Architecture for Smart Metering
Viciania E	2018	Sustainability	2,17	Openzmeter: An Efficient Low-Cost Energy Smart Meter and Power Quality Analyzer
Moghaddass R	2018	IEEE Transactions on Smart Grid	2,17	A Hierarchical Framework for Smart Grid Anomaly Detection Using Large-Scale Smart Meter Data
Van De Kaa G	2019	Renewable and Sustainable Energy Reviews	1,96	Realizing Smart Meter Connectivity: Analyzing the Competing Technologies Power Line Communication, Mobile Telephony, And Radio Frequency Using the Best Worst Method
Alimardani A	2015	IEEE Transactions on Smart Grid	1,95	Distribution System State Estimation Based on Nonsynchronized Smart Meters
Andreadou N	2016	Energies	1,89	Telecommunication Technologies for Smart Grid Projects with Focus on Smart Metering Applications
Khan MA	2022	IEEE Transactions on Industrial Informatics	1,87	Smart Meter Based Two-Layer Distribution System State Estimation in Unbalanced MV/LV Networks
Pau M	2018	Sustainable Energy, Grids and Networks	1,81	A Cloud-Based Smart Metering Infrastructure for Distribution Grid Services and Automation
Raggi LMR	2020	IEEE Transactions on Power Delivery	1,74	Non-Technical Loss Identification by Using Data Analytics and Customer Smart Meters

Fonte: Aatoria Própria (2023).

Os artigos da Tabela 5 que representam o cluster “*system*” são artigos que propõem um sistema de análise de dados provindos de medidores de energia para detectar perdas de

cargas não-técnicas no sistema (anomalias) (BUZAU *et al.*, 2019; GUL *et al.*, 2020; MOGHADDASS; WANG, 2018; RAGGI *et al.*, 2020; SIAL; SINGH; MAHANTI, 2021). Além disso, alguns artigos abordam a rede inteligente de forma abrangente apresentando os desafios de implementação de medidores, vantagens, tendências, tecnologias do sistema e a situação de implementação em diversos países (e.g., DEPURU; WANG; DEVABHAKTUNI, 2011; URIBE-PÉREZ *et al.*, 2016).

Ademais, entre os artigos mais importantes do cluster “systems” se verificam documentos que apresentam uma proposta de arquitetura ou infraestrutura (por meio da análise de dados provindos dos medidores inteligente em tempo real) para redes de medidores inteligentes integrada com a Internet das Coisas (IoT) (LLORET *et al.*, 2016), ou com base na tecnologia de nuvem (PAU *et al.*, 2018). Dessa forma, os artigos citados apresentam estas propostas de análise de dados em tempo real com o intuito de automatizá-la como serviço para que os consumidores, distribuidores e empresas tenham *feedbacks* rápidos e suas repostas frente aos dados de demanda e oferta seja imediata e eficiente (LLORET *et al.*, 2016; PAU *et al.*, 2018). Assim, é possível otimizar a gestão das redes de fornecimento de recursos (energia, água e gás) e um equilíbrio eficiente entre demanda e oferta (LLORET *et al.*, 2016).

Outra questão abordada constantemente nos artigos da Tabela 5 é focada nas redes de baixa tensão de medição inteligente. Assim, tem-se artigos que propõem abordagens para identificar a topologia de rede para redes de distribuição de baixa tensão (PAPPU *et al.*, 2018), para monitorar dados da rede de distribuição acessando dados de medidores inteligentes em uma área de rede de baixa tensão (KEMAL *et al.*, 2020) e para realizar esse monitoramento de forma integrado de redes de distribuição de energia de média tensão e baixa tensão (KHAN; HAYES, 2022; NI *et al.*, 2018). Ainda nesse contexto, também tem-se um estudo dos projetos de redes inteligentes realizados na Europa, que apresenta suas soluções tecnológicas com foco em aplicações de baixa tensão, no qual tem-se um foco para as tecnologias de telecomunicações utilizadas (ANDREADOU; GUARDIOLA; FULLI, 2016).

Além disso, tem-se artigos que estudam o âmbito da comunicação e conectividade dos medidores inteligentes. Primeiro, tem-se uma comparação com tecnologias concorrentes (e.g., comunicação por linha de energia, telefonia móvel e radiofrequência) para um meio padrão de interface entre o medidor inteligente e o ponto de concentração para coleta de dados do medidor (VAN DE KAA *et al.*, 2019). Segundo, tem-se um estudo sobre os padrões de comunicação usados para medição inteligente na Europa, no qual é feito uma comparação destes padrões com critérios técnicos e não-técnicos relevantes para a escolha de cada padrão (ERLINGHAGEN;

LICHTENSTEIGER; MARKARD, 2015). Terceiro, é apresentado um algoritmo baseado em análise de dados de medidor inteligente para verificação de conectividade de rede de distribuição (LUAN *et al.*, 2015).

Por fim, alguns artigos ainda abordam temas mais específicos. Primeiro, tem-se um método para estimar o estado do sistema de distribuição a partir de medidores inteligentes não sincronizados, com base na credibilidade de cada medição disponível e ajustando adequadamente a variância dos dispositivos de medição (ALIMARDANI *et al.*, 2015). Segundo, apresenta-se um medidor de energia inovador, de código aberto, baixo custo, preciso e confiável, que pode ser facilmente instalado e gerenciado por qualquer usuário inexperiente em sua própria casa em áreas urbanas ou rurais (VICIANA *et al.*, 2018). Terceiro, propõe-se algumas aplicações potenciais na proteção e monitoramento do sistema de distribuição por meio de medidores inteligentes (CHAKRABORTY *et al.*, 2021).

3 MÉTODOS ADOTADOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho busca realizar um levantamento de uma base de dados para associar os padrões de utilização dos medidores inteligentes com as características dos seus projetos de implementação (tecnologias, benefícios e soluções dos projetos). Portanto, caracteriza-se por uma pesquisa com abordagem quantitativa descritiva, a qual “tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis” (GIL, 1994). Para tanto, esta pesquisa utiliza métodos estatísticos para melhor compreender o problema e apresentar os resultados.

Em relação aos procedimentos técnicos, utilizou-se o levantamento de dados, pois analisa-se a base de dados de diversos projetos de implementação de medidores inteligentes de uma empresa de consultoria IoT. Também, fez-se uma análise bibliográfica sistemática e bibliométrica.

3.2 COLETA DE DADOS

O levantamento dos dados foi realizado por meio da base de dados aberta ao público da empresa sediada na China IoTONE (IOT ONE - RESEARCH AND STRATEGY FOR

ENTERPRISE DIGITALIZATION, 2022), considerada como uma fonte confiável para informações estruturadas sobre a Internet das Coisas Industrial (IIoT) (GUPTA; QUAMARA, 2020). A literatura tem reportado diversos estudos internacionais utilizando como fonte de evidência os casos reportados na plataforma IoTONE, como no caso de arquétipos de plataformas digitais (e.g., ARNOLD *et al.*, 2022), avaliação de qualidade de produtos IoT orientada aos consumidores (e.g., NAEM; KOUDIL; OULDIMAM, 2022) e no desenvolvimento de um módulo analítico baseado em nuvem para manutenção preditiva de processos de fabricação têxtil (e.g., CHANG; LEE; HUNG, 2021). Esta recorrência indica a confiabilidade dos dados apresentados, com estudos reportados na literatura utilizando os dados disponíveis na IoTONE (e.g., ARNOLD *et al.*, 2022).

A IoTONE é uma empresa de pesquisa, consultoria e desenvolvimento de soluções dedicada a ajudar as empresas a criar valor a partir de dados (IOT ONE - RESEARCH AND STRATEGY FOR ENTERPRISE DIGITALIZATION, 2022). A maioria dos estudos de caso presente na base de dados são contribuídos por provedores de tecnologia IoT, considerados como bem-sucedidos por seus clientes. Por um lado, esse cenário pode enviesar a representatividade dos casos. Por outro lado, o grande tamanho do banco de dados e sua ampla amostragem em termos de internacionalização, indústria e áreas funcionais envolvidas nos projetos fornecem informações úteis sobre a adoção de IoT (ANCARANI *et al.*, 2020).

No banco de dados IoTONE, filtrou-se em “*Study cases*” (estudos de casos) por tipos de sensores “*Utility meters*” (medidores de utilidades), em que estão registrados um total de 79 estudos de casos internacionais de projetos de implementação de medidores inteligentes. Os estudos de casos são categorizados em tecnológicas aplicadas, benefícios, impactos, desafio de implementação, caracterização do cliente (empresa provedora da tecnologia) e solução. Assim, com esta padronização, é possível realizar comparações e relações entre cada caso. Uma amostra reduzida dos dados de implementação dos medidores inteligentes levantados é apresentada na Tabela 6. As linhas tracejadas representam cortes na tabela, ou seja, nestes locais existem mais variáveis. O banco de dados completo está disponível no Apêndice A.

Tabela 6 - Pré-visualização reduzida da tabela de dados completa

Projeto (n°)	Empresa contratada	País da empresa contratada	Tipos de uso				Tecnologia			Use Cases			Desafios		Solução		Maturidade			Dados coletados			Impactos/Benefícios			Recurso				
			Pública	Privada	Residencial	Industrial	APIs	Monitoramento remoto	AMI	Controle e otimização de processo	Local Remoto	Integração/comunicação	Cliente	Instalação de medidor inteligente	Instalação de hardware no medidor	Emergente	Madura	Não informado	Consumo do recurso	Consumo de combustível	Redução de custo	Gestão de Dados	País do cliente	Energia	Gás					
1	Altizon	US	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	Sheltrex	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	IN	1	0
2	Vodafone	GB	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	AMS	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	NZ	1	0	
3	NI	US	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	Zenitaka	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	JP	1	1		
79	Enlighted	US	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	AT&T	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	US	1	0		

Fonte: Autoria Própria (2023).

3.3 CLUSTERIZAÇÃO

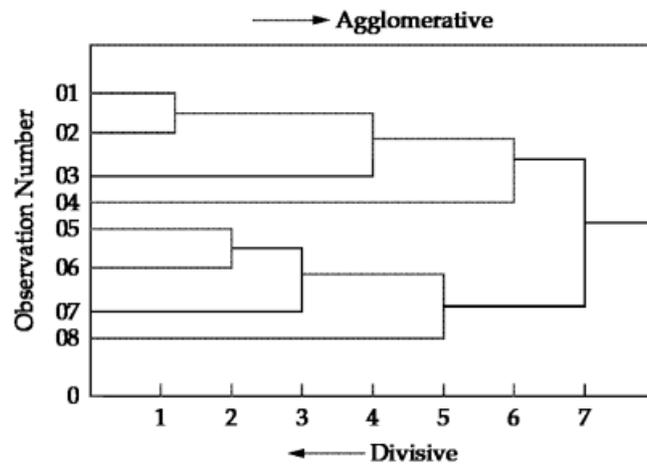
A análise de *cluster* ou agrupamento consiste em uma técnica estatística multivariada direcionada para classificar observações de acordo com suas características em grupos com homogeneidade interna e heterogeneidade entre os grupos (HAIR JR *et al.*, 2005; NORUŠIS, 2011). No caso deste trabalho, o objetivo de utilização desta técnica é de buscar identificar grupos homogêneos de projetos de implementação de medidores inteligentes de acordo com a sua classificação de utilização (*use cases*).

De forma geral existem dois principais procedimentos para clusterização: os métodos hierárquico e não hierárquico (HAIR JR *et al.*, 2005; RENCHER, 2003). Os procedimentos hierárquicos envolvem n-1 decisões (considerando n observações), as quais agrupam as observações em estruturas de árvore (*treelike structures*) (HAIR JR *et al.*, 2005). Os procedimentos não-hierárquicos, entretanto, não possuem o processo de agrupar observações em estruturas de árvore (HAIR JR *et al.*, 2005). Em vez disso, estes procedimentos atribuem as observações dentro de *clusters*, com o número de *clusters* totais já definidos, como o método *k-means* (HAIR JR *et al.*, 2005; RENCHER, 2003).

O presente trabalho utiliza o procedimento hierárquico. Assim, existem dois métodos para o procedimento hierárquico: aglomerativo e divisivo (HAIR JR *et al.*, 2005). No caso do método aglomerativo, cada observação inicia-se em seu próprio *cluster* e, então, as observações seguintes são sucessivamente agrupadas em *clusters* similares (HAIR JR *et al.*, 2005). Já no caso divisivo, todas as observações iniciam-se em um único *cluster* e são sucessivamente

divididas em *clusters* diferentes (HAIR JR *et al.*, 2005). Dessa forma, utiliza-se o dendrograma (ou gráfico de árvore) como forma de visualizar os métodos de clusterização hierárquica (aglomerativo da esquerda para direita e divisivo da direita para esquerda), como pode ser observado na Figura 17. No caso deste trabalho foi utilizado o método hierárquico aglomerativo para construção dos *clusters* de casos de uso (*use cases*).

Figura 17 – Dendrograma que ilustra os métodos de clusterização hierárquica



Fonte: Hair JR *et al.* (2005).

Além disso, neste trabalho, foi utilizada a medida de similaridade de *Jaccard* (MILLIGAN; COOPER, 1986), devido à característica binária dos dados e ao interesse exclusivo em ocorrências em que o *i* projeto está associado ao *j* caso de uso (*use case*). Para melhor avaliar o arranjo (números de *clusters*), considera-se a coesão entre as ocorrências, análise gráfica do dendrograma, bem como a separação entre *clusters* medida por meio do coeficiente *Silhouette* (ROUSSEUW, 1987; NORUŠIS, 2011). As análises propostas foram realizadas com os softwares Excel® e SPSS v.24®.

Para construir *silhouettes* é necessário a distribuição de *clusters* obtida e as proximidades entre as observações ou objetos (ROUSSEUW, 1987). Assim, para cada objeto *i*, se introduz um valor $s(i)$ e, então, esses números são combinados (ROUSSEUW, 1987). Considerando o caso genérico (Figura 18), para o cálculo do coeficiente de *Silhouette*, primeiro deve-se definir os números $s(i)$ em caso de dissimilaridades (ROUSSEUW, 1987). Assim, denota-se como A o nome do *cluster* que contém o objeto *i* e quando o cluster A contém outros objetos, computa-se a Equação 1, que representa a média de todas as linhas dentro do *cluster* A (ROUSSEUW, 1987):

$$a(i) = \text{m\u00e9dia de dissimilaridade de } i \text{ para todos os outros objetos de } A \quad (1)$$

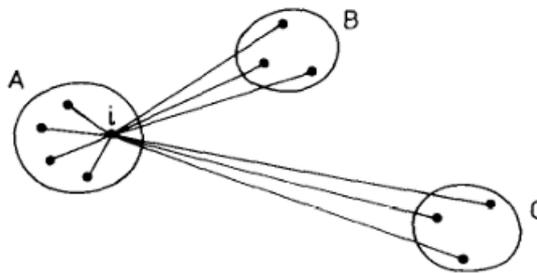
Similarmente, realiza-se o c\u00e1lculo de dissimilaridade para o *cluster* C (diferente de A), como na Equa\u00e7\u00e3o 2 (ROUSSEUW, 1987):

$$d(i, C) = \text{m\u00e9dia de dissimilaridade de } i \text{ para todos os outros objetos de } C \quad (2)$$

Em seguida, deve-se selecionar os menores destes n\u00fameros e denot\u00e1-los de acordo com a Equa\u00e7\u00e3o 3 (ROUSSEUW, 1987):

$$b(i) = \text{m\u00ednimo}_{C \neq A} d(i, C) \quad (3)$$

Figura 18 – Ilustra\u00e7\u00e3o dos elementos envolvidos no c\u00e1lculo de $s(i)$



Fonte: Rousseuw (1987).

Assim, o *cluster* B \u00e9 definido pelos n\u00fameros da Equa\u00e7\u00e3o 3 e, ent\u00e3o, cont\u00e9m os objetos mais pr\u00f3ximos de i que n\u00e3o foram acomodados no *cluster* A (ROUSSEUW, 1987). Dessa forma, o n\u00famero $s(i)$ \u00e9 obtido ao combinar $a(i)$ com $b(i)$ (Equa\u00e7\u00e3o 4) (ROUSSEUW, 1987):

$$s(i) = \begin{cases} 1 - a(i)/b(i), & \text{se } a(i) < b(i) \\ 0, & \text{se } a(i) = b(i) \\ b(i)/a(i) - 1, & \text{se } a(i) > b(i) \end{cases} \quad (4)$$

Tamb\u00e9m, \u00e9 poss\u00edvel resumir isto na Equa\u00e7\u00e3o 5 (ROUSSEUW, 1987):

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\text{m\u00e1x}\{a(i), b(i)\}}$$

Segundo Rousseuw (1987), quando o *cluster* A cont\u00e9m um \u00fanico objeto, deve-se definir $s(i)$ como zero, assim, tem-se para cada objeto i :

$$-1 \leq s(i) \leq 1 \quad (5)$$

Como resultado foi desenvolvida uma matriz (Tabela 7), na qual i projetos de medidores inteligentes e j casos de uso (*use cases*). Na Tabela 7, os i projetos de medidores inteligentes s\u00e3o identificados como “1” quando apresenta utiliza\u00e7\u00e3o no j uso (*use cases*). Nos casos quando o i projeto de medidor inteligente n\u00e3o possui utiliza\u00e7\u00e3o no j uso (*use cases*) \u00e9 identificado como “0”. Em seguida, prop\u00f5e-se a an\u00e1lise de *cluster* para a identifica\u00e7\u00e3o de

projetos de medidores inteligentes que sejam semelhantes quanto ao seu uso. Neste caso, a análise de cluster busca identificar padrões semelhantes entre o *i-ésimo* projeto associado ao *j-ésimo* uso do medidor inteligente.

Tabela 7 - Pré-visualização da matriz de dados de clusterização

<i>i</i>	Projeto (<i>i</i>)	Use Cases (<i>j</i>)								
		AMI	Controle e otimização de processo	Manutenção preditiva	Building Utility Management	Building Automation & Control	Remote Asset Management	Microgrid	Factory Operations Visibility & Intelligence	Smart City Operations
1	IoT Solutions for Smart City Internet of Things Case Study	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	GPRS Mobile Network for Smart Metering	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	IoT System for Tunnel Construction	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	IoT Solution for Cold Chain	0	0	0	1	1	0	0	0	0
5	NB-IoT connected smart meters to improve gas metering in Shenzhen	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	British Gas Modernizes its Operations with Innovative Smart Metering Deployment	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Intelligent Building Automation System and Energy Saving Solution	0	0	0	1	0	0	0	0	0
79	AT&T utilizes Enlightened Advanced Sensors to produce millions of dollars in energy	1	0	0	1	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria Própria (2023).

3.4 TESTE QUIQUADRADO

Os 79 estudos de caso de projetos de implementação de medidores inteligentes disponíveis na base de dados IoT ONE forneceram os dados da análise de associação. A utilização do teste estatístico de associação verifica se as classificações de uso (*use cases*) estão associadas às características aplicadas nos projetos (tecnologias, benefícios e soluções).

Para determinar a associação entre estas variáveis categóricas foi utilizado o teste Qui-Quadrado de independência, que é utilizado para verificar a hipótese de que as frequências na tabela de contingência são independentes (TABACHNICK; FIDELL, 2013). Assim, o teste qui-quadrado de independência avalia uma hipótese nula e uma alternativa para determinar se duas variáveis são relacionadas (SIEGEL; CASTELLAN, 1988):

- Hipótese nula: variável 1 (*use cases*) e variável 2 (tecnologias, benefícios ou soluções) não estão associadas na população. Logo, as proporções da variável 1 são as mesmas para diferentes valores da variável 2.
- Hipótese alternativa: variável 1 (*use cases*) e variável 2 (tecnologias, benefícios ou soluções) estão associadas na população. Logo, as proporções da variável 1 não são as mesmas para diferentes valores da variável 2.

Dessa forma, o teste qui-quadrado calcula o quanto as frequências observadas são diferentes das frequências esperadas, caso as duas variáveis analisadas não estivessem associadas (SIEGEL; CASTELLAN, 1988). Vale ressaltar que este teste é realizado em tabelas de i linhas (representam a variável 1, neste trabalho, *use cases*) e j colunas (representam a variável 2, neste trabalho, características de projetos de implementação, como tecnologias, benefícios e soluções). Para calcular a estatística em relação as frequências observadas e esperadas, tem-se a Equação 6, apresentada a seguir (SIEGEL; CASTELLAN, 1988):

$$X^2 = \sum_{ij} \frac{(f_{oij} - f_{eij})^2}{f_{eij}} \quad (6)$$

Onde:

X^2 : estatística do teste-quadrado de Pearson

f_{oij} : frequência observada na linha i e coluna j

f_{eij} : frequência esperada na linha i e coluna j

Neste caso, a frequência esperada é calculada por da Equação 7, apresentada a seguir:

$$f_{eij} = \frac{\sum_i f_{oij} \times \sum_j f_{oij}}{\sum_{ij} f_{oij}} \quad (7)$$

Em seguida, para determinar-se se as variáveis são independentes, deve-se calcular o valor crítico para compará-lo com o valor da estatística do teste qui-quadrado de Pearson (X^2) (SIEGEL; CASTELLAN, 1988). Dessa forma, se o valor X^2 for maior que o valor crítico, a diferença entre as frequências observada e esperada é significativa (rejeita-se a hipótese nula) e, se o valor X^2 for menor que o valor crítico, então a diferença entre as frequências observada e esperada não é significativa (não se rejeita a hipótese nula) (SIEGEL; CASTELLAN, 1988). O valor crítico pode ser encontrado em uma tabela de valor crítico qui-quadrado, realizando-se a combinação entre os graus de liberdade (g_l) e a significância (α) (SIEGEL; CASTELLAN, 1988). Os graus de liberdade são determinados pela Equação 8:

$$g_l = (i - 1) \times (j - 1) \quad (8)$$

Finalmente, para determinar quais valores geram esta significância, é necessário calcular o resíduo ajustado de Pearson (r_{ij}), determinados pela Equação 9, apresentada a seguir, onde N representa o número total de observações (SIEGEL; CASTELLAN, 1988):

$$r_{ij} = \frac{f_{oij} - f_{eij}}{\sqrt{f_{eij} \times \left(1 - \frac{\sum_i f_{oij}}{N}\right) \times \left(1 - \frac{\sum_j f_{oij}}{N}\right)}} \quad (9)$$

Então, são consideradas associações significativas aquelas com valor de resíduo ajustado maior que |2,58| para $\alpha = 0,01$, maior que |1,96| para $\alpha = 0,05$ e maior que |1,64| para $\alpha = 0,1$ (ANCARANI *et al.*, 2020), como amplamente utilizadas na literatura para definir a significância das associações (e.g., ECHEVESTE; ROZENFELD; FETTERMANN, 2017; FETTERMANN *et al.*, 2018; TORTORELLA; FETTERMANN, 2018; FETTERMANN; ECHEVESTE; TORTORELLA, 2017).

4 IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDORES INTELIGENTES

A análise de dados dos 79 estudos de caso presentes na base de dados IoT ONE permitem realizar um mapeamento dos projetos de implementação de medidores inteligentes realizados no mundo. O descritivo dos casos está organizado em três diferentes subseções. A primeira, denominada “Características dos Projetos”, apresenta dados sobre a localidade das empresas desenvolvedoras da solução, a natureza da aplicação (comercial, residencial ou industrial) e tipo de recurso monitorado (energia, água ou gás). A segunda, denominada “Escopo dos Projetos”, apresenta a classificação de utilização dos projetos (*use cases*, em inglês), as tecnologias utilizadas em cada um dos casos e os dados coletados por medidores inteligentes em cada projeto. Por fim, a terceira subseção, denominada “Resultados de Implementação”, apresenta os desafios ou barreiras encontradas durante o projeto de implementação do medidor inteligente, as soluções adotadas, os benefícios obtidos assim como a maturidade de cada projeto.

Diversas soluções, tecnologias e aplicações apresentam características específicas de sua aplicação, sendo que o relato de cada um dos casos de implementação de medidores inteligentes analisados é reportado em língua inglesa. Desta forma, a fim de manter a fidedignidade dos termos utilizados, assim como evitar potenciais problemas de interpretação devido a tradução de termos ainda não consolidados na língua portuguesa, a redação deste trabalho de conclusão optou por apresentar muito dos termos utilizados assim como reportados na fonte de dados, ou seja, em língua inglesa. Desta forma, pretende-se garantir uma maior

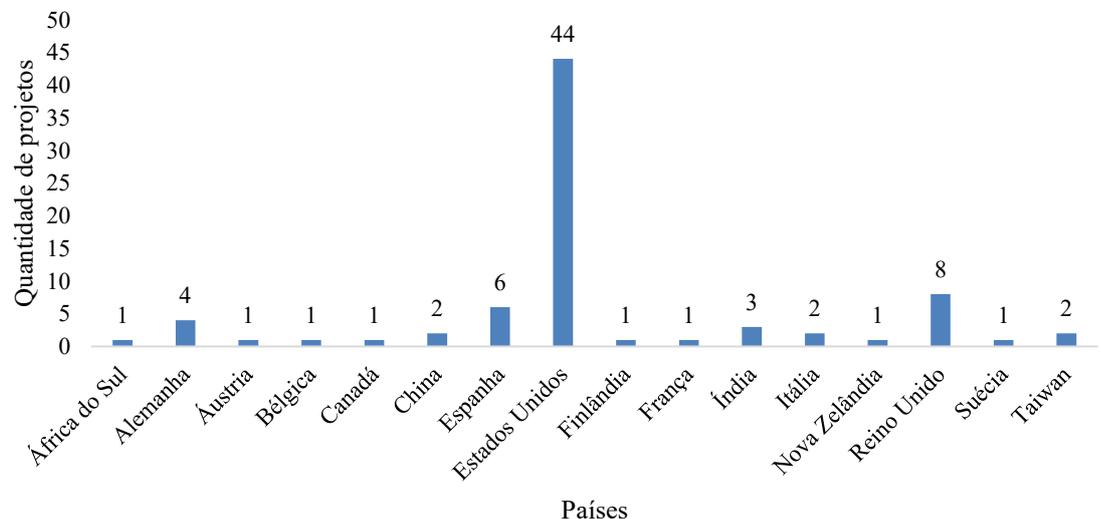
fidedignidade ao sentido original do termo e evitar que a tradução de determinadas palavras possa resultar em interpretações pouco precisas se comparadas ao utilizado originalmente nos descritivos dos casos analisados.

4.1 CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS

4.1.1 Localidade

A partir do levantamento dos casos de implementação de medidores inteligentes é possível fazer um estudo de localidade, ou seja, os países que mais possuem empresas que fornecem serviços e soluções relacionadas a medidores inteligentes dentro dos 79 estudos de caso. Na Figura 19 observa-se que mais da metade dos projetos foram realizados por empresas dos Estados Unidos (44 no total). Assim, a maior concentração das empresas prestadoras de serviços relacionados aos medidores inteligentes neste banco de dados está localizada na América no Norte (45 empresas) e Europa (25 empresas), respectivamente. Além disso, dentre os 79 estudos de caso, foram contratadas 56 empresas diferentes e 67% dos projetos foram realizados por empresas privadas, enquanto 33% foram realizadas por empresas públicas. Entre as empresas com casos relatados podem ser citadas a Bosch, Dell Technologies, Intel, Vodafone. Este resultado indica que as tecnologias para implementação das soluções associadas aos medidores inteligentes ainda estão sendo dominadas e disseminadas por empresas sediadas na América do Norte e Europa.

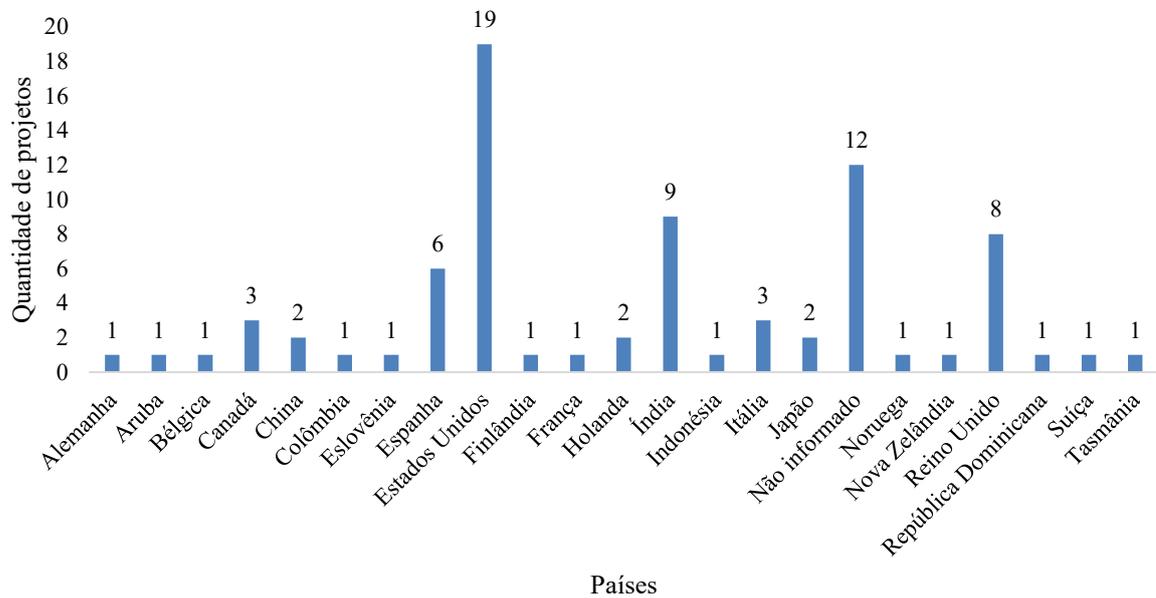
Figura 19 - Quantidades de projetos por países de empresas contratadas



Fonte: Autoria Própria (2023).

Similarmente, em relação à localidade de projetos aplicados, ou seja, o país que possui a maior quantidade de clientes é os Estados Unidos (Figura 20). Porém, a maior concentração de serviços prestados é na Europa (26 empresas clientes), seguida da América do Norte (22 empresas clientes). Assim como as empresas desenvolvedoras das soluções de medidores inteligentes, as aplicações destas soluções também apresentam maior concentração nos Estados Unidos e Europa.

Figura 20 - Quantidade de projetos por países de empresas clientes

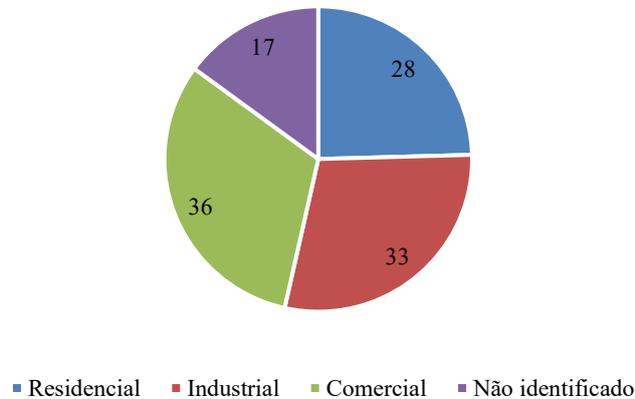


Fonte: Autoria Própria (2023).

4.1.2 Natureza da aplicação

Identificou-se a natureza da aplicação dos medidores inteligentes utilizados nos projetos de implementação, os quais foram classificados em industrial, residencial e comercial ou não identificado, para os projetos os quais não foi possível identificar um uso específico (Figura 21). Alguns projetos foram identificados com mais de um tipo de uso. Dessa forma, observa-se que a utilização para cada tipo é similar, ou seja, não há uma diferenciação mais acentuada para algum tipo específico de uso.

Figura 21 - Tipo de uso dos medidores analisados

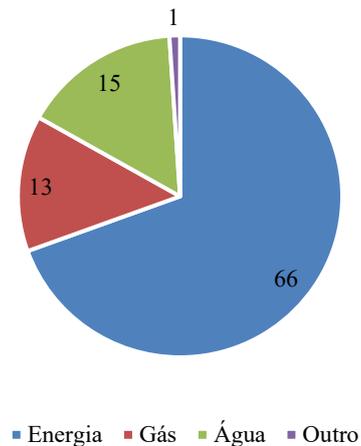


Fonte: Autoria Própria (2023).

4.1.3 Recursos mensurados

Além do tipo de uso dos medidores, também foram identificados o recurso mensurado como água, energia, gás e outro (Figura 22). Foram identificados como “outro”, outros recursos mensurados, como movimento, tempos de permanência, utilização do espaço e interações de pessoas, como reportado no caso “Sirqul and Catalyst Workplace Activation Reveal the Future of Smart Offices” para escritórios inteligentes. Também é possível identificar casos que viabilizam o monitoramento do consumo de mais de um tipo de recurso, como “IoT System for Tunnel Construction” (construções de túneis no Japão), “British Gas Modernizes its Operations with Innovative Smart Metering Deployment” (operações de gás no Reino Unido) e “Water District Improves Meter Read Accuracy” (medição de água nos Estados Unidos). Os resultados indicam que a maior parte dos projetos é referente aos medidores de energia, enquanto os medidores de água e gás possuem uma quantidade de projetos similar. A concentração de soluções direcionadas ao monitoramento de energia também é reportada na literatura (e.g., BOYLE *et al.*, 2013; GUMZ; FETTERMANN, 2023), sendo que o levantamento de casos aplicados confirma esta tendência.

Figura 22 – Tipos de recurso mensurados



Fonte: Autoria Própria (2023).

4.2 ESCOPO DOS PROJETOS

4.2.1 Classificação de utilização (*Use Cases*)

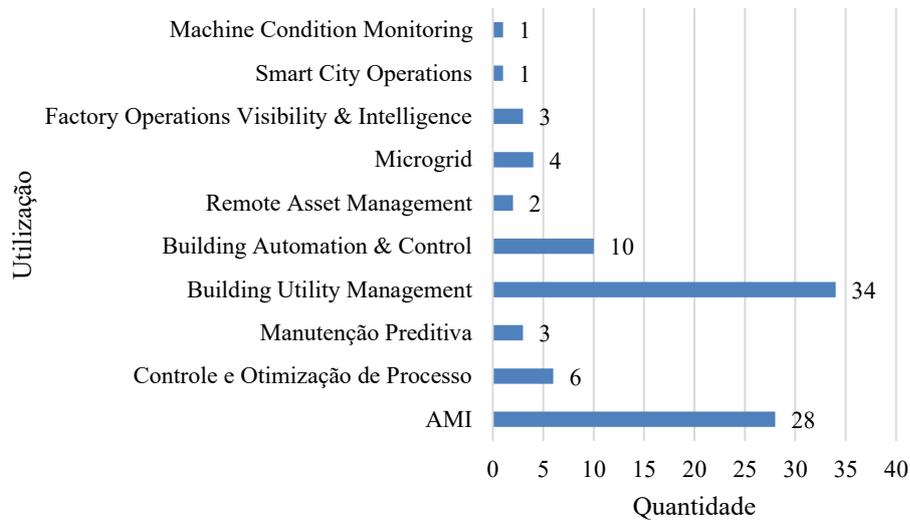
Na plataforma IoT ONE os projetos são identificados de acordo com sua classificação de utilização (Figura 23). Diversos projetos estão categorizados com mais de um tipo de classificação. Esta utilização se refere ao escopo da solução proposta no caso reportado de implementação de medidor inteligente. Neste caso, são reportadas dez diferentes utilizações: (i) *Machine Condition Monitoring*, (ii) *Smart City Operations*, (iii) *Factory Operation Visibility and Intelligence*, (iv) *Microgrid*, (v) *Remote Asset Management*, (vi) *Building Automation and Control*, (vii) *Building Utility Management*, (viii) *Manutenção Preditiva*, (ix) *Controle e Otimização de Processo*, (x) *Advanced Metering Infrastructure*. O escopo de cada utilização do medidor inteligente reportada é detalhado a seguir.

O “*Machine Condition Monitoring*” se refere ao monitoramento e controle de funcionamento da máquina para inspecionar as condições de operação da máquina, o que pode ser feito por meio de sensores instalados para coletar estas informações (DINARDO; FABBIANO; VACCA, 2018). “*Smart City Operations*” se refere a estudos relacionados com medidores conectados com o sistema de operações de cidades inteligentes. “*Factory Operations Visibility and Intelligence*” se refere a projetos de medidores inteligentes com foco em indústrias inteligentes. “*Microgrid*” é um grupo de recursos de energia distribuídos que atuam como uma única entidade controlável em relação à rede (PRABAKAR *et al.*, 2020). Estas redes

podem melhorar a confiabilidade e a resiliência às perturbações da rede (PRABAKAR *et al.*, 2020). “*Remote Asset Management*” (gerenciamento remoto de ativos, em português) permite fortalecer o sistema de gestão de ativos, usando técnicas e métodos avançados de gerenciamento para aumentar a competitividade do mercado no qual o ativo está localizado, como em hospitais, por exemplo (LI, Y.; TAN; WANG, 2015). “*Building Automation and Control*” (automação e controle prediais, em português) se refere a projetos que utilizam medidores inteligentes em edifícios buscando otimizar a utilização de recursos através de automações ou controle por meio de informações provindas dos medidores. “*Building Utility Management*” (gerenciamento de utilidades prediais, em português) é aplicado no gerenciamento de recursos (energia, água ou gás) de um edifício. “Manutenção preditiva” está direcionada para a utilização de dados históricos ou modelos para prever tendências, padrões de comportamento e correlações por modelos estatísticos ou de aprendizado de máquina. Assim, é possível antecipar falhas e, conseqüentemente, otimizar a manutenção das máquinas evitando principalmente o tempo de inatividade (ZONTA *et al.*, 2020). “Controle e Otimização de Processo” se referem a projetos que buscam, por meio da instalação de medidores inteligentes, realizar um controle mais efetivo de suas atividades e processos, através da utilização de dados em tempo real, ou dados precisos, por exemplo. Por fim, “*Advanced Metering Infrastructure*” (AMI) é um sistema que mede, coleta e analisa a distribuição e o consumo de serviços públicos e se comunica com os dispositivos de medição de acordo com uma programação ou mediante solicitação (LLORET *et al.*, 2016). Dessa forma, é uma infraestrutura que integra uma série de tecnologias, incluindo medidores inteligentes, redes de comunicação e sistemas de gerenciamento de dados (MOGHADDASS; WANG, 2018).

Na Figura 23 pode-se observar que *Building Utility Management*, *AMI* e *Building Automation and Control* são os tipos de utilização de medidores inteligentes mais reportados entre os casos presentes na base de dados IoT ONE.

Figura 23 - Classificação de utilização



Fonte: Aatoria Própria (2023).

4.2.2 Tecnologias utilizadas

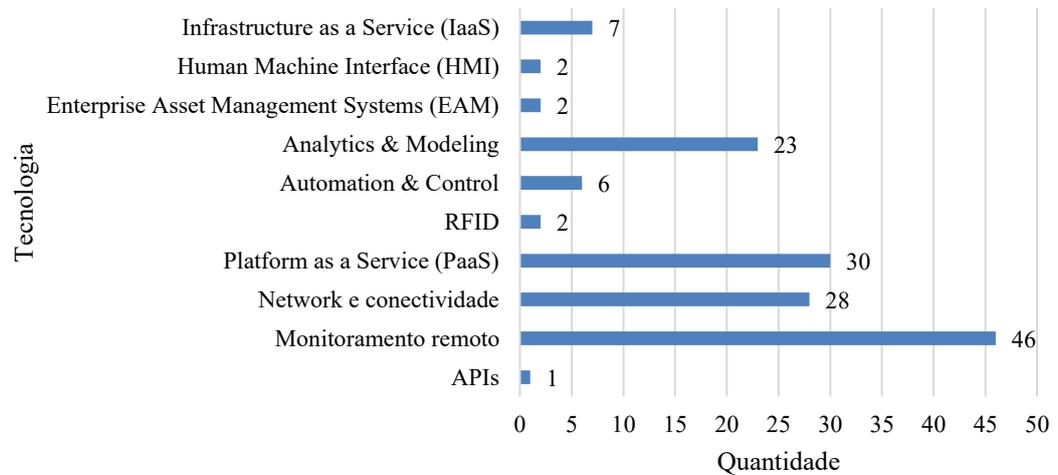
Cada projeto de implementação de medidor inteligente utiliza um conjunto de tecnologias para propiciar o funcionamento dos medidores inteligentes. Ao total foram identificadas dez tecnologias: (i) *Infrastructure as a Service*, (ii) *Platform as a Service*, (iii) *Human Machine Interface*, (iv) *Enterprise Asset Management Systems*, (v) *Analytics and Modeling*, (vi) *Automation and Control*, (vii) *Radio-frequency identification (RFID)*, (viii) *Network* e conectividade, (ix) Monitoramento remoto, (x) *Application Programming Interface (API)*. O escopo de cada tecnologia utilizada nos projetos é detalhado a seguir.

A tecnologia “*Infrastructure as a Service*” (IaaS) fornece um conjunto de recursos de computação virtualizados (processamento, armazenamento e rede) (SARASWAT; TRIPATHI, 2020). Já a “*Platform as a Service*” (PaaS) permite aos clientes modelar, projetar, desenvolver e testar aplicativos diretamente na nuvem (SARASWAT; TRIPATHI, 2020). A “*Human Machine Interface*” (HMI), interface homem-máquina, em português, é utilizada como um painel de controle do operador para as máquinas (KNAPP, 2011). Assim, permitem que os operadores iniciem e parem ciclos, realizem ajustes e executem outras funções necessárias para ajustar e interagir com um processo de controle (KNAPP, 2011). As HMIs são baseadas em *software*, então, substituem fios físicos e controles por parâmetros de *software*, permitindo que sejam adaptados e ajustados mais facilmente (KNAPP, 2011). Os “*Enterprise Asset Management Systems*” (EAM), sistemas de gerenciamento de ativos corporativos, em português, são necessários quando o método e a tecnologia de gerenciamento de estoque de

ativos corporativos tradicionais não conseguem atender à demanda de forma efetiva, seja por falta de dados precisos ou muitos processos feitos manualmente (LI, Y.; TAN; WANG, 2015). Assim, são criados sistemas (EAM) que auxiliam na otimização do gerenciamento de ativos corporativos por meio de tecnologia IoT (LI, Y.; TAN; WANG, 2015). Os “*Analytics and Modeling*” se referem a métodos de análise e modelagem de dados providos dos medidores inteligentes, utilizando tecnologias como *predictive analytics*, *big data analytics*, *machine learning* e análise de dados em tempo real. “*Automation and Control*” remete a projetos que utilizam automação e controle por meio dos dados providos de medidores inteligentes instalados. “RFID” (*Radio-frequency identification*) é uma tecnologia utilizada em etiquetas ou *tags* com alta capacidade de penetração e memória de dados, que podem ser lidas e escritas diversas vezes (LI, Y.; TAN; WANG, 2015). Além disso, as etiquetas RFID são de baixo custo, pequenas e fáceis de usar, possuem alta confiabilidade e vida útil, e podem suportar ambientes hostis (LI, Y.; TAN; WANG, 2015). “*Network e conectividade*” se referem às tecnologias utilizadas para possibilitar a conectividade dos medidores inteligentes com a rede, como roteadores, dados móveis (*cellular*), *ethernet*, *gateways*, *wi-fi*, *low-power wide-area network*. “Monitoramento remoto” se refere a possibilidade de monitorar os recursos (água, gás, energia ou máquinas) remotamente por meio dos dados fornecidos através dos medidores inteligentes. Por fim, “API” (*Application Programming Interface*) forma a janela para que os dados e serviços de uma empresa sejam acessados por diversos canais, aplicativos e dispositivos digitais, fazendo com que estes se comuniquem entre si usando um protocolo leve como o HTTP (DE, 2017).

A Figura 24 apresenta a quantidade das tecnologias empregadas nos projetos listados na IoT ONE. Mais da metade dos projetos utilizam monitoramento remoto. Além disso, a maioria dos projetos aplicam uma plataforma como um serviço (PaaS), utilizam alguma forma de network e conectividade ou algum método de análise e modelagem de dados (*Analytics and Modeling*).

Figura 24 - Tecnologias empregadas

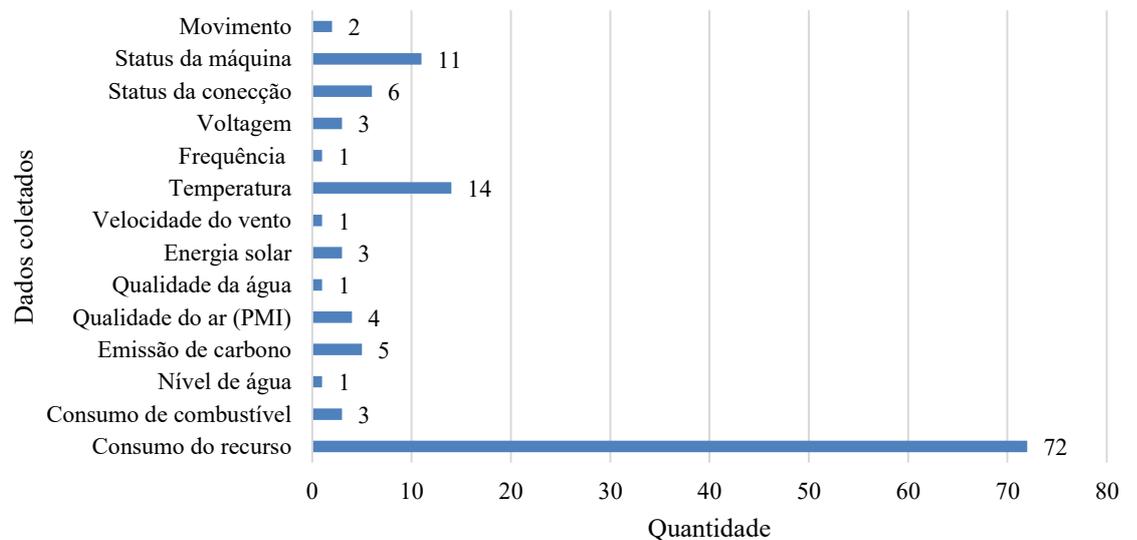


Fonte: Autoria Própria (2023).

4.2.3 Dados coletados

Dentre as soluções propostas nos casos reportados de implementação de medidores inteligentes é possível identificar diversos dados coletados por estes medidores. Os diferentes tipos de dados coletados foram mapeados e quantificados na Figura 25. Alguns dados são coletados por meio de sensores, como movimento, por exemplo, o qual verificava os movimentos de pessoas em escritórios inteligentes. Além disso, nível de água se refere à medição do nível de água em represas e praias. Observa-se que praticamente todos os projetos possibilitaram coletar o consumo do recurso mensurado (água, energia, gás).

Figura 25 - Dados coletados pelos medidores dos projetos



Fonte: Autoria Própria (2023).

4.3 RESULTADOS DE IMPLEMENTAÇÃO

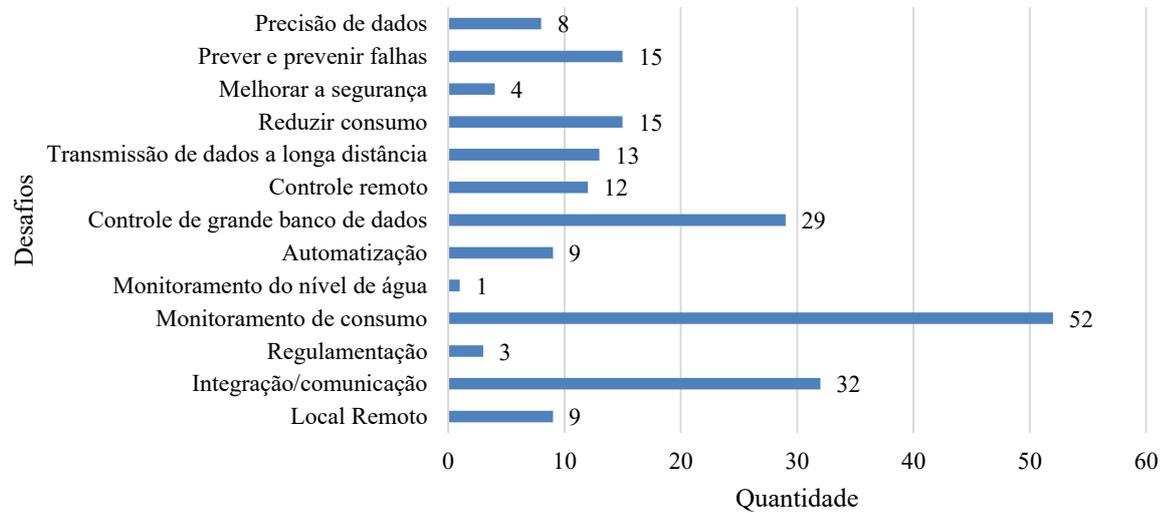
4.3.1 Desafios

Os principais desafios dos clientes dos projetos de implementação de medidores inteligentes do banco de dados da IoT ONE foram mapeados (Figura 26). Cada projeto pode possuir mais de um desafio. Os principais desafios encontrados foram “Precisão de dados”, “Prever e prevenir falhas”, “Melhorar a segurança”, “Reduzir o consumo”, “Transmitir dados a longa distância”, “Controle remoto”, “Controle de grande banco de dados”, “Automatização”, “Monitoramento do nível de água”, “Monitoramento de consumo”, “Regulamentação”, “Integração/comunicação” e “Local remoto”. O escopo de cada desafio encontrado nos projetos é detalhado a seguir.

“Precisão de dados” se refere a melhorar a exatidão dos dados coletados. “Prever e prevenir falhas” aborda a melhora da qualidade de processos e serviços, possibilitando manutenção preditiva, por exemplo. “Melhorar a segurança” se trata da segurança do banco de dados referente aos recursos mensurados. “Reduzir o consumo” se refere à redução do consumo do recurso mensurado. “Monitoramento do nível de água” se refere a monitorar o nível de água em represas ou praias, por exemplo. “Transmissão de dados à longa distância” e “Local remoto” se referem à dificuldade de chegar até o local no qual desejavam realizar a coleta de dados. Ainda, diversos clientes buscavam não só monitorar os dados remotamente (“Monitoramento de consumo”), como fazer o controle remoto (“Controle remoto”) dos recursos mensurados ou buscavam a automatização de processos ou serviços para otimizar e facilitar a tomada de decisão e diminuir falhas humanas (“Automatização”). Problemas de “Integração/comunicação” se trata de como conectar várias bases de dados e diferentes sistemas. O “Controle de grande banco de dados” é um desafio porque, com os medidores inteligentes, torna-se possível coletar dados em pequenos intervalos de tempo ou até em tempo real. Por fim, o desafio de “Regulamentação” se refere à adequar-se à regulamentação local de implementação de medidores inteligentes, principalmente no Reino Unido, onde o governo tem metas de instalar medidores inteligentes em todas as residências.

Na Figura 26 é possível observar que mais da metade dos clientes buscavam monitorar seus recursos remotamente. Além disso, controlar um grande banco de dados e realizar a integração ou comunicação de diferentes sistemas ou banco de dados são os principais desafios dos projetos de implementação.

Figura 26 - Principais desafios



Fonte: Autoria Própria (2023).

A partir dos resultados apresentados é possível identificar como os *clusters* identificados na literatura (“*system*”, “*classification*”, “*feedback*” e “*privacy*”) podem contribuir para mitigar os 13 desafios mapeados. Dessa forma, pode-se fazer uma comparação do impacto de cada *cluster* na literatura na mitigação dos desafios de implementação de medidores inteligentes (Tabela 8).

Tabela 8 - Relação dos *clusters* de literatura com os desafios dos projetos de implementação

Desafios	Clusters da literatura			
	<i>Feedback</i>	<i>Classification</i>	<i>Privacy</i>	<i>System</i>
Local Remoto				1
Integração/comunicação				1
Regulamentação			1	
Monitoramento de consumo	1	1	1	1
Monitoramento do nível de água	1	1		1
Automatização	1			1
Controle de grande banco de dados				1
Controle remoto				1
Transmissão de dados a longa distância			1	1
Reduzir consumo	1	1		
Melhorar a segurança			1	
Prever e prevenir falhas	1	1		1
Precisão de dados				1
Total	5	4	4	10

Fonte: Autoria Própria (2023).

Identifica-se a associação do *cluster* “*feedback*” em cinco desafios (monitoramento de consumo, monitoramento do nível de água, automatização, reduzir consumo, prever e prevenir falhas), “*classification*” em quatro desafios (monitoramento de consumo, monitoramento do nível de água, reduzir consumo, prever e prevenir falhas), “*privacy*” em quatro desafios (regulamentação, monitoramento de consumo, transmissão de dados a longa distância e melhorar a segurança) e “*system*” em dez desafios (local remoto, integração/comunicação, monitoramento de consumo, monitoramento do nível de água, automatização, controle de grande banco de dados, controle remoto, transmissão a longa distância, prever e prevenir falhas e precisão de dados).

Os resultados indicam que o *cluster* “*system*” é o mais associado dentro das soluções, seguido de “*feedback*”, “*privacy*” e “*classification*”. Portanto, apesar de ser um tema considerado como menos importante dentre os quatro *clusters* dentro da literatura, “*system*” é o tema mais fundamental e o mais requisitado quando se trata de soluções de implementação dos medidores inteligentes. Assim, a maior parte dos desafios de implementação faz parte deste *cluster*. Entretanto, o *cluster* “*classification*”, considerado como tema-motor na literatura, com alta importância, impacto e maior *cluster* dentro os quatro, possui menos da metade de associação do *cluster* “*system*”. Dessa forma, apesar de ser altamente tratado na pesquisa, este tema não é o mais influente dentro dos desafios de implementação de medidores inteligentes, mas ainda possui uma quantidade de citações expressiva. Por fim, os *clusters* “*feedback*” e “*privacy*” também representam uma quantidade significativa de associações de desafios, o que está semelhante ao cenário apresentado na literatura, que os indica como tema-motores.

É importante citar a importância do *cluster* “*classification*” relacionando-o com o *cluster* “*feedback*” para o monitoramento do consumo. O *feedback* associado apenas aos medidores inteligentes não é suficiente para trazer grandes mudanças comportamentais dos usuários, de modo que suas preferências também devem ser consideradas ao selecionar a forma de fornecer *feedback* de consumo (FETTERMANN *et al.*, 2020). Segundo Fettermann *et al.* (2020), o uso de IoT em conjunto com os medidores possibilita fornecer *feedback* personalizado e adicionar novas funcionalidades aos medidores inteligentes, como o envio de alertas, dicas, incentivos de acordo com o perfil do usuário. Assim, o uso de aplicativos de telefone conectados com outros medidores por meio de IoT, como uma integração do controle de diferentes recursos (água, eletricidade e gás) permite o gerenciamento de dados e a customização de funcionalidades de acordo com o perfil dos clientes (mapeados por meio de “*classification*”), a

fim de fornecer um *feedback* mais preciso (FETTERMANN *et al.*, 2020; MOGLES *et al.*, 2017).

4.3.2 Soluções

A Figura 27 apresenta as principais soluções dos projetos de implementação de medidores inteligentes propostas pelas empresas contratadas. Em geral, os projetos utilizam mais de uma solução. As principais soluções encontradas foram “Monitoramento de dados em tempo real”, “Automatização”, “Conectividade”, “Comunicação entre sistemas”, “Regulamentação local”, “Envio de dados automático”, “Controle remoto”, “Pagamento de conta”, “Feedback”, “Instalação de hardware ao medidor”, “Instalação de medidor inteligente”. O escopo de cada desafio encontrado nos projetos é detalhado a seguir.

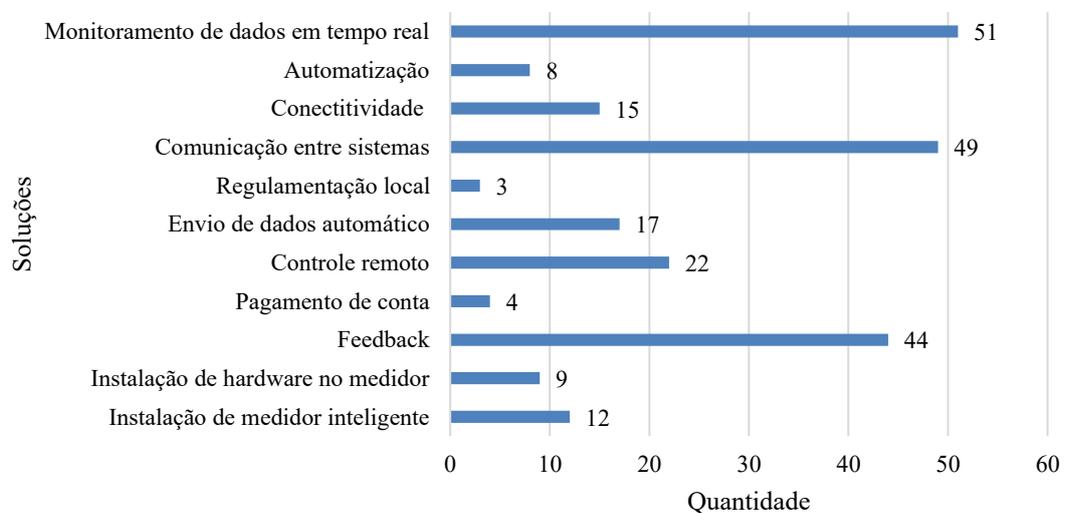
Alguns clientes já utilizavam os dados de recursos mensurados, mas necessitavam do “monitoramento de dados em tempo real”, ou seja, aumentar a coleta e leitura de dados. Para isso, muitas vezes é necessário que os dados sejam enviados no momento da coleta (“envio de dados automático”). Estas duas soluções auxiliam a “automatização” de sistemas ou máquinas. Dessa forma, com a coleta de dados em tempo real é possível programar sistemas para que realizem atividades ou enviem notificações de problemas, necessidade de manutenção de máquinas etc. “Controle remoto” se trata de controlar os recursos, processos ou sistemas sem ser necessário estar presente no local. “Conectividade” se refere à problemas de conectividade que foram solucionados com os projetos. “Comunicação entre sistemas” se trata da integração de diferentes bancos de dados ou sistemas. “Regulamentação local” se refere a soluções nas quais foi necessário adequar o sistema ou o medidor inteligente às leis e normativas regionais de instalação, implementação ou segurança. “Pagamento de conta” se refere à possibilidade do cliente de empresas fornecedoras de recursos (energia, água ou gás) de pagar ou visualizar as faturas de forma mais fácil, seja por meio de aplicativos, *displays* ou sites. “Feedback” se trata do retorno das informações ou dados coletados pelos medidores inteligentes, também por meio de aplicativos ou *displays*. “Instalação de hardware no medidor” foi necessária em alguns dos projetos para que a solução final fosse efetivada. Por exemplo, tem projetos que possibilitam a conectividade por meio de tecnologia de chips de celular, então foi necessário instalar chips nos medidores para que houvesse a conexão. Finalmente, alguns dos projetos já possuíam medidores inteligentes e havia outros problemas de conectividade ou integração com outros

sistemas, por exemplo. Então, “Instalação de medidores inteligentes” se refere a projetos nos quais efetivamente foram instalados medidores inteligentes como parte da solução.

Muitos dos projetos da base de dados IoTONE de implementação de medidores inteligentes busca solucionar problemas após a implementação de medidores. A literatura referente ao *cluster* “*feedback*” cita barreiras de aceitação dos medidores pelos consumidores. Estudos mostram que mesmo após a implementação dos medidores inteligentes em conjunto com o *feedback*, os consumidores podem perder o interesse nos dados em tempo real (FETTERMANN *et al.*, 2020; SOVACOOOL *et al.*, 2017). Em geral, pesquisas mostram que apenas 60% dos usuários continuam olhando os *displays* de *feedback* dos medidores (SOVACOOOL *et al.*, 2017). Algumas das razões são dificuldades sociais e técnicas que impedem a compreensão dos dados (SOVACOOOL *et al.*, 2017).

Na Figura 27 é possível observar que as principais soluções estão relacionadas com o monitoramento de dados em tempo real, a comunicação entre sistemas e o *feedback*.

Figura 27 - Principais soluções



Fonte: Autoria Própria (2023).

A partir dos resultados apresentados é possível relacionar as 11 soluções mapeadas com os *clusters* da literatura (“*system*”, “*classification*”, “*feedback*” e “*privacy*”), o que permite identificar quais temas dentro dos *clusters* podem ser utilizados na implementação de medidores inteligentes. Dessa forma, pode-se fazer uma comparação do impacto de cada *cluster* na literatura e na implementação de medidores inteligentes (Tabela 9).

Tabela 9 - Relação dos *clusters* de literatura com as soluções dos projetos de implementação

Soluções	Clusters da literatura			
	<i>Feedback</i>	<i>Classification</i>	<i>Privacy</i>	<i>System</i>
Instalação de medidor inteligente	1		1	1
Instalação de hardware no medidor				1
Feedback	1			
Pagamento de conta	1		1	1
Controle remoto	1	1		1
Envio de dados automático				1
Regulamentação local			1	1
Comunicação entre sistemas				1
Conectividade			1	1
Automatização	1			1
Monitoramento de dados em tempo real	1	1	1	1
Total	6	2	5	10

Fonte: Autoria Própria (2023).

Identifica-se o cluster “*feedback*” em seis soluções (*feedback*, pagamento de conta, controle remoto, instalação de medidor inteligente, automatização e monitoramento de dados em tempo real), “*classification*” em duas soluções (monitoramento de dados em tempo real e controle remoto), “*privacy*” em cinco soluções (instalação de medidor inteligente, monitoramento de dados em tempo real, regulamentação local, conectividade e pagamento de conta) e “*system*” em dez soluções (instalação de medidor inteligente, instalação de hardware no medidor, pagamento de conta, controle remoto, envio de dados automático, regulamentação local, comunicação entre sistemas, conectividade, automatização e monitoramento de dados em tempo real).

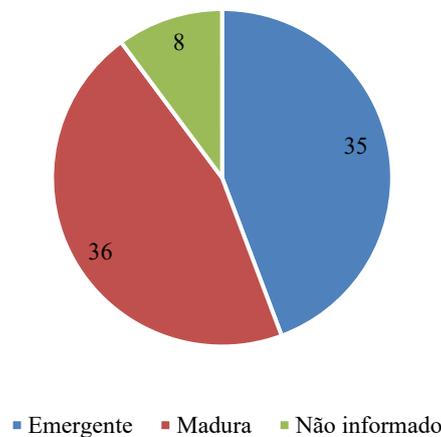
Os resultados indicam que o *cluster* “*system*” é o mais associado dentro das soluções, seguido de “*feedback*”, “*privacy*” e “*classification*”. Portanto, apesar de ser um tema considerado como menos importante dentro os quatro *clusters* dentro da literatura, “*system*” é o tema mais fundamental e o mais requisitado quando se trata de soluções de implementação dos medidores inteligentes. Assim, a maior parte dos problemas é solucionada dentro deste tema. Entretanto, o *cluster* “*classification*”, considerado como tema-motor na literatura, com alta importância, impacto e maior *cluster* dentre os quatro, é o *cluster* com menor associação de soluções. Dessa forma, apesar de ser altamente tratado na pesquisa, este tema representa a menor influência sobre as soluções de implementação de medidores inteligentes. Por fim, os

clusters “*feedback*” e “*privacy*” representam uma quantidade significativa de associações de soluções, o que está semelhante ao cenário apresentado na literatura, que os indica como temas-motores.

4.3.3 Maturidade

Na base de dados IoT ONE classificou-se as soluções utilizadas nos projetos de implementação de medidores inteligentes de acordo com sua maturidade, ou seja, se as tecnologias empregadas eram novas ou antigas. Assim, é possível identificar se são soluções já testadas e consolidadas no mercado ou se ainda são novas e estão em fase de testes. As soluções “emergentes” são referentes a tecnologias que estão presentes no mercado a mais de dois anos, enquanto as soluções “maduras” se referem a tecnologias que estão presentes no mercado a mais de cinco anos. Na Figura 28 constata-se que há um equilíbrio entre as soluções consideradas emergentes e maduras.

Figura 28 - Maturidade das soluções



Fonte: Autoria Própria (2023).

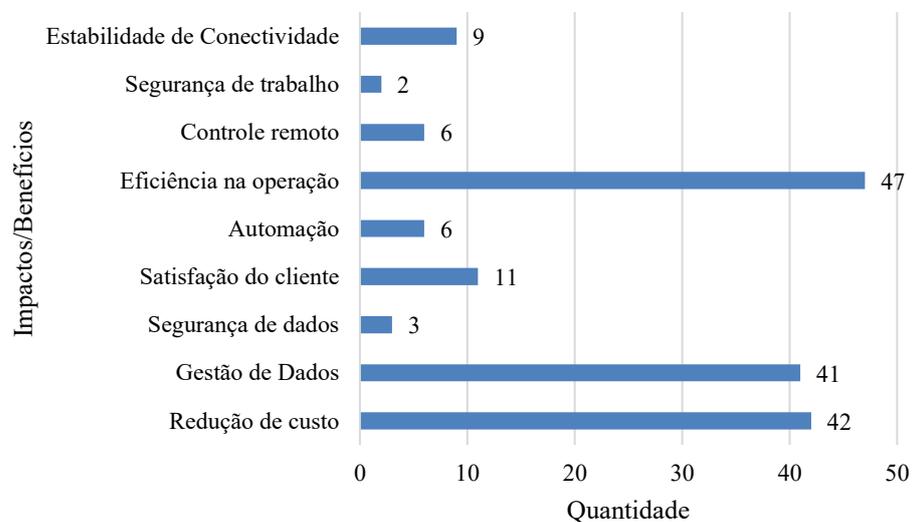
4.3.4 Benefícios

Os projetos de implementação de medidores inteligentes resultaram em impactos e benefícios listados e quantificados na Figura 29. Os principais impactos e benefícios encontrados foram identificados como “Estabilidade de conectividade”, “Segurança do trabalho”, “Controle remoto”, “Eficiência na operação”, “Automação”, “Satisfação do cliente”, “Segurança de dados”, “Gestão de dados” e “Redução de custo”. O escopo de cada impacto e benefício encontrado nos projetos é detalhado a seguir.

Muitos projetos apresentavam problemas de estabilidade do sistema, seja por local de difícil conectividade, locais remotos ou problemas de estabilidade regionais. Então, “estabilidade de conectividade” foi um dos benefícios identificados depois da implementação dos projetos. A “segurança do trabalho” se refere à segurança da mão de obra, como no caso de operários que deveriam acessar locais remotos ou de difícil acesso para coletar dados de recursos. O “controle remoto” possibilita diminuir a quantidade de trabalhadores do local, sendo considerado um impacto pois causa grande alteração nos processos e serviços das empresas. “Eficiência na operação” e “automação” são consideradas benefícios devido à diminuição de trabalhos realizados manualmente. A maioria dos projetos que resultaram em melhor “satisfação do cliente” ocorreu devido à disponibilidade de *feedback* dos dados dos recursos mensurados. Por fim, os projetos de medidores inteligentes possibilitaram melhor “segurança dos dados”, “gestão de dados” e “redução de custos”.

Na Figura 29, mais da metade dos projetos os possibilitaram maior eficiência na operação, gestão de dados e geraram uma redução de custos.

Figura 29 - Impactos e benefícios dos projetos



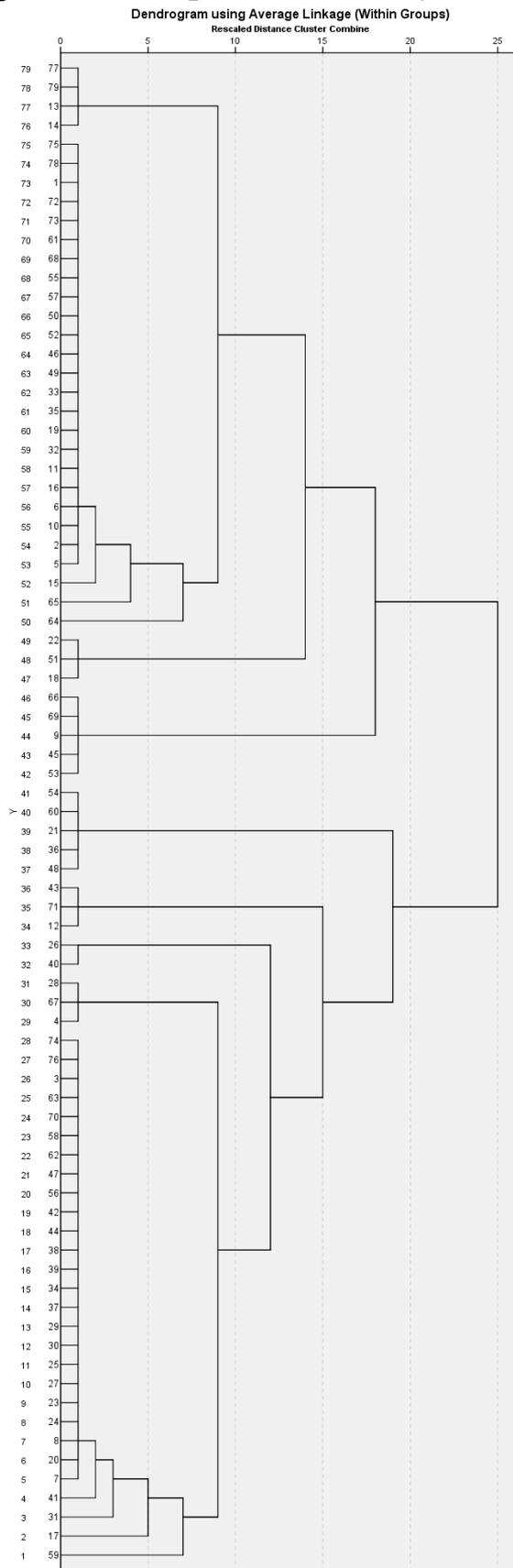
Fonte: Autoria Própria (2023).

5 ANÁLISE DOS *CLUSTERS* DA CLASSIFICAÇÃO DE UTILIZAÇÃO (*USE CASES*)

5.1 DEFINIÇÃO DOS *CLUSTERS*

A partir da matriz de dados, a análise de *cluster* agrupou os i projetos de implementação de medidores inteligentes de acordo com os j casos de uso (*use cases*). A análise do coeficiente de *Silhouette* (S_i) (ROUSSEEUW, 1987), assim como a análise gráfica do dendrograma (Figura 30) indicam um melhor ajuste para a formação de modelo como a identificação de dois *clusters*. Uma análise descritiva dos *clusters* identificados é apresentada na Tabela 10.

Figura 30 - Dendrograma da clusterização



Fonte: Autoria Própria (2023).

Tabela 10 - *Clusters* identificados de acordo com a classificação de utilização (*use cases*)

Clusters	Classificação de utilização (<i>Use Cases</i>)									
	AMI	Controle e otimização de processo	Manutenção preditiva	Building Utility Management	Building Automation & Control	Remote Asset Management	Microgrid	Factory Operations Visibility & Intelligence	Smart City Operations	Machine Condition Monitoring
C1	28	6	0	4	0	1	3	0	0	1
C2	0	0	3	30	10	1	1	3	1	0

Fonte: Autoria Própria (2023).

A Tabela 10 destaca que a maioria dos projetos de implementação de medidores inteligentes classificados como *cluster 1* (C1) apresentam caso de uso (*use cases*) classificados em “AMI” e “Controle e otimização de processo”. Da mesma forma, a maioria dos projetos classificados no *cluster 2* (C2) apresentam caso de uso (*use cases*) como “*Building Utility Management*” e “*Building Automation and Control*”, conforme destacado na Tabela 10. A partir dos resultados obtidos, os *clusters* foram denominados como “Infraestrutura e otimização” (C1) e “Gestão e controle de edifícios” (C2). O *cluster* “Gestão e controle de edifícios” (C2) é maior que “Infraestrutura e otimização” (C1), pois cada um apresentou um total de citações de 41 e 38 (totalizando 79 projetos), respectivamente.

5.2 ASSOCIAÇÃO DOS CASOS DE USO (*USE CASES*) COM AS CARACTERÍSTICAS DOS MEDIDORES

Os casos de uso (*use cases*) correspondem à forma de utilização dos medidores inteligentes nos projetos estudados. Assim, com o intuito de associar os casos de uso com as características dos projetos de medidores inteligentes (tecnologias, benefícios e soluções) foi realizado o teste de associação qui-quadrado entre os *clusters* dos casos de usos (*use cases*) e as características dos projetos. É importante mencionar que os testes de associação foram realizados com base em uma amostra de 79 projetos de implementação de medidores inteligentes de diversas localidades do mundo. Estes projetos são casos reportados na base de dados IoT ONE (IOT ONE - RESEARCH AND STRATEGY FOR ENTERPRISE DIGITALIZATION, 2022), considerada como uma fonte confiável para informações estruturadas sobre a Internet das Coisas Industrial (IIoT) (GUPTA; QUAMARA, 2020).

5.2.1 Casos de uso (*use cases*) x Tecnologias

A Tabela 11 apresenta os resultados do teste qui-quadrado (*crosstabs*) entre os casos de uso (*use cases*) e as tecnologias dos projetos de medidores inteligentes. Dessa forma, é testada associação entre os dois *clusters* de uso com as dez tecnologias utilizadas nos projetos de implementação de medidores inteligentes. O resultado do teste busca evidenciar a associação significativa entre um tipo específico de uso dos projetos de implementação de medidores inteligentes com uma dada tecnologia. Os resultados apresentados na Tabela 11 evidenciam um resíduo ajustado maior que $|1,96|$, indicando uma associação significativa em 5% entre uma tecnologia dos projetos e os *clusters* de casos de uso (*use cases*). Dessa forma, o resíduo positivo igual a 2,1 indica que o *cluster* “Infraestrutura e otimização” está associado à tecnologia de “Network e conectividade”, com significância de 5%. Logo, “Network e conectividade” é uma tecnologia que está mais presente em projetos de “Infraestrutura e automação”.

Tabela 11 - Teste qui-quadrado entre casos de uso (*use cases*) e tecnologias dos projetos

Clusters	Tecnologias aplicadas aos projetos de implementação de medidores inteligentes										Total
	APIs	Monitoramento remoto	Network e conectividade	Platform as a Service (PaaS)	RFID	Automation & Control	Analytics & Modeling	Enterprise Asset Management Systems (EAM)	Human Machine Interface (HMI)	Infrastructure as a Service (IaaS)	
Infraestrutura e otimização	1 (1,0)	23 (0,4)	18 (2,1)**	12 (-1,1)	0 (-1,4)	1 (-1,6)	8 (-1,5)	1 (0,1)	0 (-1,4)	5 (1,3)	69
Gestão e controle de edifícios	0 (-1,0)	23 (-0,4)	10 (-2,1)**	18 (1,1)	2 (1,4)	5 (1,6)	15 (1,5)	1 (-0,1)	2 (1,4)	2 (-1,3)	78
Total	1	46	28	30	2	6	23	2	2	7	147

Nota: Frequência (resíduo ajustado)

* Significante a 10%; **Significante a 5%, *** Significante a 1%

Fonte: Autoria Própria (2023).

5.2.2 Casos de uso (*use cases*) x Benefícios

A Tabela 12 apresenta os resultados do teste qui-quadrado (*crosstabs*) entre os casos de uso (*use cases*) e os benefícios dos projetos de medidores inteligentes. Dessa forma, é testada associação entre os dois *clusters* de uso com os nove benefícios dos projetos de implementação de medidores inteligentes. O resultado do teste busca evidenciar a associação significativa entre um tipo específico de uso dos projetos de implementação de medidores inteligentes com um

benefício específico. Os resultados apresentados na Tabela 12 evidenciam resíduos ajustados maiores que $|1,64|$ e $|1,96|$, indicando que há associações significantes em 10% e 5%, respectivamente, entre dois benefícios dos projetos e os *clusters* de casos de uso (*use cases*).

Dessa forma, o resíduo ajustado positivo de 1,7 para o *cluster* “Gestão e controle de edifícios” indica que a “Eficiência da operação” é um benefício que está associado ao *cluster*. Portanto, a “Eficiência da operação” é um benefício que está mais presente em projetos de “Gestão e controle de edifícios” que em projetos de “Infraestrutura e otimização”. Além disso, o resíduo positivo de 2,4 para o *cluster* “Infraestrutura e otimização” indica que o benefício “Satisfação do cliente” está associado ao *cluster*. Portanto, “Satisfação do cliente” é um benefício que está mais presente em projetos de “Infraestrutura e otimização”.

Tabela 12 - Teste qui-quadrado entre os casos de uso (*use cases*) e benefícios dos projetos

Clusters	Benefícios dos projetos de implementação de medidores inteligentes									Total
	Redução de custo	Gestão de Dados	Segurança de dados	Satisfação do cliente	Automação	Eficiência na operação	Controle remoto	Segurança de trabalho	Estabilidade de Conectividade	
Infraestrutura e otimização	18 (-1,0)	21 (0,6)	2 (0,7)	9 (2,4)**	4 (0,9)	19 (-1,7)*	1 (-1,6)	1 (0,1)	6 (1,2)	81
Gestão e controle de edifícios	24 (1,0)	20 (-0,6)	1 (-0,7)	2 (-2,4)**	2 (-0,9)	28 (1,7)*	5 (1,6)	1 (-0,1)	3 (-1,2)	86
Total	42	41	3	11	6	47	6	2	9	167

Nota: Frequência (resíduo ajustado)

* Significante a 10%; **Significante a 5%, *** Significante a 1%

Fonte: Autoria Própria (2023).

5.2.3 Casos de uso (*use cases*) x Soluções

A Tabela 13 apresenta os resultados do teste qui-quadrado (*crosstabs*) entre os casos de uso (*use cases*) e as soluções dos projetos de medidores inteligentes. Dessa forma, é testada associação entre os dois *clusters* de uso com as 11 soluções encontradas nos projetos de implementação de medidores inteligentes. O resultado do teste busca evidenciar a associação significativa entre um tipo específico de uso dos projetos de implementação de medidores inteligentes com uma dada solução. Os resultados apresentados na Tabela 13 evidenciam resíduos ajustados maiores que $|1,64|$ e $|1,96|$, indicando que há associações significantes em 10% e 5%, respectivamente, entre cinco soluções dos projetos e os *clusters* de casos de uso.

Dessa forma, o resíduo positivo igual a 2,1 indica que o *cluster* “Infraestrutura e otimização” está associado à solução de “Pagamento de conta”, com significância de 5%. Logo,

“Pagamento de conta” é uma solução que está mais presente em projetos de “Infraestrutura e otimização”. Além disso, os resíduos positivos iguais a 1,8 para as soluções de “Controle remoto” e “Regulamentação local” indicam que estas estão associadas aos *clusters* de “Gestão e controle de edifícios” e “Infraestrutura e otimização”, respectivamente, com significância de 10%. Assim, “Controle remoto” está mais presente em projetos de “Gestão e controle de edifícios” e “Regulamentação local” está mais presente em projetos de “Infraestrutura e otimização”. Ademais, o resíduo positivo igual a 1,7 indica que o *cluster* “Gestão e controle de edifícios” está associado à solução “Envio de dados automático”, com significância de 10%. Logo, “Envio de dados automático” é uma solução que está mais presente em casos de uso (*use cases*) de “Gestão e controle de edifícios”. Por fim, o resíduo ajustado positivo de 2,2 indica que o *cluster* “Infraestrutura e otimização” está relacionado com a solução de projetos “Conectividade”, com significância a 5%. Assim, “Conectividade” é uma solução que está mais presente em projetos de “Infraestrutura e otimização”.

A maior quantidade de resultados de associação (comparada com os resultados de tecnologias e benefícios) presentes na Tabela 13 indicam que as soluções dos projetos de implementação de medidores inteligentes é uma característica destes projetos que está mais associada com os casos de uso (*use cases*). Portanto, algumas soluções estão associadas especificamente com os mesmos casos de uso (*use cases*).

Tabela 13 – Teste qui-quadrado entre os casos de uso (*use cases*) e soluções dos projetos

Clusters	Soluções de projetos de implementação de medidores inteligentes											Total
	Instalação de medidor inteligente	Instalação de hardware no medidor	Feedback	Pagamento de conta	Controle remoto	Envio de dados automático	Regulamentação local	Comunicação entre sistemas	Conectividade	Automatização	Monitoramento de dados em tempo real	
Infraestrutura e otimização	5 (-0,5)	4 (-0,2)	23 (0,8)	4 (2,1)**	7 (-1,8)*	5 (-1,7)*	3 (1,8)*	23 (-0,3)	11 (2,2)**	5 (0,9)	25 (0,2)	115
Gestão e controle de edifícios	7 (0,5)	5 (0,2)	21 (-0,8)	0 (-2,1)**	15 (1,8)*	12 (1,7)*	0 (-1,8)*	26 (0,3)	4 (-2,2)**	3 (-0,9)	26 (-0,2)	119
Total	12	9	44	4	22	17	3	49	15	8	51	234

Nota: Frequência (resíduo ajustado)

* Significante a 10%; **Significante a 5%, *** Significante a 1%

Fonte: Autoria Própria (2023).

6 CONCLUSÃO

O objetivo geral do trabalho foi associar os padrões de utilização dos medidores inteligentes com as características dos seus projetos de implementação (tecnologias, benefícios e soluções dos projetos). Assim, a aplicação do teste de associação qui-quadrado entre os dois *clusters* da base de dados IoTONE de projetos de implementação de medidores inteligentes (infraestrutura e automação e gestão e controle de edifícios) e as tecnologias, benefícios e soluções destes projetos possibilitou atender ao objetivo geral proposto.

Em relação aos objetivos específicos foi realizada uma análise cientométrica (*scientometrics*) da literatura sobre medidores inteligentes, na qual foi possível determinar quatro *clusters* de temas mais abordados no portfólio de artigos referente a medidores inteligentes (“*feedback*”, “*classification*”, “*privacy*” e “*system*”). Além disso, foi necessário levantar e descrever características, escopos e resultados dos projetos de implementação de medidores inteligentes, o que foi realizado por meio da análise da base de dados IoTONE. Por fim, por meio das informações de desafios e soluções dos projetos de implementação de medidores inteligentes coletadas, foi possível identificar as contribuições da literatura para o desenvolvimento de soluções e identificação dos principais desafios de implementação. As contribuições da literatura foram relacionadas com os desafios e soluções de projetos de implementação de medidores inteligentes, por meio dos *clusters* identificados na análise cientométrica (*scientometrics*).

Dessa forma, este trabalho resultou em contribuições teóricas e práticas acerca do tema de medidores inteligentes. Como contribuição teórica tem-se a compilação de projetos de implementação de medidores inteligentes em uma única base de dados (79 projetos), ainda não identificado na literatura. Além disso, também realizou-se a análise cientométrica (*scientometrics*) sobre medidores inteligentes. Até o momento final deste trabalho, não foram encontrados estudos acerca deste tipo de análise sobre o tema de medidores inteligentes na literatura acadêmica. Ainda como contribuição teórica, tem-se as associações dos padrões de utilização dos medidores inteligentes (*use cases*) com as características dos seus projetos de implementação (tecnologias, benefícios e soluções dos projetos). Finalmente, como contribuição prática, gestores e pesquisadores podem utilizar as informações coletadas e analisadas neste trabalho acadêmico para propor soluções mais efetivas e embasadas em novos projetos de implementação de medidores inteligentes.

Como sugestões de trabalhos futuros, pode-se considerar estruturar projetos de implementação de medição inteligente com base nas características dos projetos estudados (e.g., desafios, soluções, dados coletados) e analisados neste trabalho. Assim, os resultados destes trabalhos fornecem evidências para melhor delinear projetos de implementação de medidores inteligentes no país, como no caso experimental desenvolvido pela CELESC (CELESC, 2021). O maior *cluster* de casos de uso (*use cases*) é o de gestão e controle de edifícios, o que demonstra um enfoque de aplicação da implementação deste padrão de utilização dentre os projetos analisados na base de dados IoTONE. Por fim, outra sugestão é realizar estudos referentes à viabilidade de incorporar a medição inteligente e suas tecnologias em edificações.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, Alhamzah F. *et al.* Bibliometrix analysis of information sharing in social media. **Cogent Business and Management**, [s. l.], v. 9, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/23311975.2021.2016556>
- ABEPRO. **Áreas e Sub-áreas de Engenharia de Produção**. [S. l.], 2003. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/interna.asp?c=362>. Acesso em: 10 jul. 2022.
- ADAMS, Jacqueline Nicole *et al.* How smart meter data analysis can support understanding the impact of occupant behavior on building energy performance: a comprehensive review. **Energies**, [s. l.], v. 14, n. 9, p. 2502, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/EN14092502/S1>. Acesso em: 9 abr. 2023.
- ADAMS, Mogamad Nieyaaz; JOKONYA, Osden. An investigation of smart water meter adoption factors at universities. **Procedia Computer Science**, [s. l.], v. 196, p. 324–331, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.020>
- ALAHAKOON, Damminda; YU, Xinghuo. Smart Electricity Meter Data Intelligence for Future Energy Systems: A Survey. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 425–436, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TII.2015.2414355>
- ALBERT, Adrian; RAJAGOPAL, Ram. Smart meter driven segmentation: What your consumption says about you. **IEEE Transactions on Power Systems**, [s. l.], v. 28, n. 4, p. 4019–4030, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2013.2266122>
- ALI, Javed *et al.* Wearable Devices in Healthcare Services. Bibliometrix Analysis by using R Package. **International journal of online and biomedical engineering**, [s. l.], v. 18, n. 8, p. 61–86, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3991/IJOE.V18I08.31785>
- ALIMARDANI, Arash *et al.* Distribution System State Estimation Based on Nonsynchronized Smart Meters. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 6, n. 6, p. 2919–2928, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2015.2429640>
- ALKAWSI, Gamal Abdalnaser *et al.* A hybrid SEM-neural network method for identifying acceptance factors of the smart meters in Malaysia: Challenges perspective. **Alexandria Engineering Journal**, [s. l.], v. 60, n. 1, p. 227–240, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.AEJ.2020.07.002>
- ALKAWSI, Gamal Abdalnaser; ALI, Nor’ashikin; BAASHAR, Yahia. An Empirical Study of the Acceptance of IoT-Based Smart Meter in Malaysia: The Effect of Electricity-Saving Knowledge and Environmental Awareness. **IEEE Access**, [s. l.], v. 8, p. 42794–42804, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2977060>
- ANCARANI, Alessandro *et al.* Internet of things adoption: a typology of projects. **International Journal of Operations and Production Management**, [s. l.], v. 40, n. 6, p. 849–872, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2019-0095>
- ANDREADOU, Nikoleta; GUARDIOLA, Miguel Olariaga; FULLI, Gianluca. Telecommunication Technologies for Smart Grid Projects with Focus on Smart Metering Applications. **Energies**, [s. l.], v. 9, n. 5, p. 375, 2016. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/EN9050375>. Acesso em: 15 abr. 2023.

ANEEL. Aprimora os procedimentos de medição e leitura para acessantes conectados ao sistema de distribuição. **Resolução Normativa N° 863**. Brasília, 10 dez. 2019

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>

ARISTIZÁBAL-TORRES, Daniel; BARRERA-RODRÍGUEZ, Ana María; ECHEVERRI-GUTIÉRREZ, Paola. COVID-19 in business, management, and economics: Research perspectives and bibliometric analysis. **BAR –Brazilian Administration Review**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 1–28, 2022. Disponível em: <https://bar.anpad.org.br/index.php/bar/article/view/559/484>

ARNOLD, Laurin *et al.* IIoT platforms’ architectural features – a taxonomy and five prevalent archetypes. **Electronic Markets**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00520-0>

ASGHAR, Muhammad Rizwan *et al.* Smart meter data privacy: A survey. **IEEE Communications Surveys and Tutorials**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 2820–2835, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2720195>

ASLAM, Waleed *et al.* Smart meters for industrial energy conservation and efficiency optimization in Pakistan: Scope, technology and applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 44, p. 933–943, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.004>

ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. The Internet of Things: A survey. **Computer Networks**, [s. l.], v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>

AVANCINI, Danielly B. *et al.* Energy meters evolution in smart grids: A review. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 217, p. 702–715, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.229>

AZIZ, A. F.A. *et al.* Artificial intelligent meter development based on advanced metering infrastructure technology. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 27, p. 191–197, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.051>

BAILEY, S. Remote Reading of Utility Meters. **Control Engineering**, vol. 19, n.6, p. 52, 1972.

BEAL, Cara *et al.* Using smart meters to identify social and technological impacts on residential water consumption. **Water Supply**, [s. l.], v. 11, n. 5, p. 527–533, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/WS.2011.088>

BEAL, C. D.; FLYNN, J. Toward the digital water age: Survey and case studies of Australian water utility smart-metering programs. **Utilities Policy**, [s. l.], v. 32, p. 29–37, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JUP.2014.12.006>

BEAL, Cara; STEWART, Rodney; FIELDING, Kelly. A novel mixed method smart metering approach to reconciling differences between perceived and actual residential end use water consumption. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 60, p. 116–128, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2011.09.007>

BECKEL, Christian *et al.* Revealing household characteristics from smart meter data. **Energy**, [s. l.], v. 78, p. 397–410, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2014.10.025>

BERG INSIGHT AB. **Smart Metering in Europe** – 16th Edition. Berg Insight, 2021.

BIANCHINI, A. *et al.* Gas smart metering in Italy: State of the art and analysis of potentials and technical issues. In: , 2018. **Proceedings of the Summer School Francesco Turco**. [S. l.: s. n.], 2018. p. 49–55.

BIBLIOMETRIX - FAQ. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.bibliometrix.org/home/index.php/faq>. Acesso em: 20 mar. 2023.

BIBRI, Simon Elias; KROGSTIE, John. Environmentally data-driven smart sustainable cities: applied innovative solutions for energy efficiency, pollution reduction, and urban metabolism. **Energy Informatics**, [s. l.], v. 3, n. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s42162-020-00130-8>

BISWAS, Swarup *et al.* Efficiency improvement of indoor organic solar cell by optimization of the doping level of the hole extraction layer. **Dyes and Pigments**, [s. l.], v. 183, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.DYEPIG.2020.108719>

BOOYSEN, M. J.; VISSER, M.; BURGER, R. Temporal case study of household behavioural response to Cape Town’s “Day Zero” using smart meter data. **Water Research**, [s. l.], v. 149, p. 414–420, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.11.035>

BORNMANN, Lutz; MARX, Werner; BARTH, Andreas. The normalization of citation counts based on classification systems. **Publications**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 78–86, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/publications1020078>

BOYLE, Thomas *et al.* Intelligent metering for urban water: A review. **Water (Switzerland)**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 1052–1081, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w5031052>

BUCHANAN, Kathryn *et al.* The British public’s perception of the UK smart metering initiative: Threats and opportunities. **Energy Policy**, [s. l.], v. 91, p. 87–97, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2016.01.003>

BUDLER, Marko; ŽUPIČ, Ivan; TRKMAN, Peter. The development of business model research: A bibliometric review. **Journal of Business Research**, [s. l.], v. 135, p. 480–495, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.06.045>

BUGDEN, Dylan; STEDMAN, Richard. A synthetic view of acceptance and engagement with smart meters in the United States. **Energy Research and Social Science**, [s. l.], v. 47, p. 137–145, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.08.025>

BUZAU, Madalina Mihaela *et al.* Detection of non-technical losses using smart meter data

and supervised learning. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 2661–2670, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2018.2807925>

CALEGARI, Luiz Philipi *et al.* Analysis of barriers and benefits associated with e-health technology applications. **Journal of technology management & innovation**, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 106–116, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4067/S0718-27242022000400106>. Acesso em: 27 mar. 2023.

CAMPRA, Maura *et al.* Bibliometrix analysis of medical tourism. **Health Services Management Research**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 172–188, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/09514848211011738>

CASTRO, Juana *et al.* A review of agent-based modeling of climate-energy policy. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, [s. l.], v. 11, n. 4, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/WCC.647>

CELESC. **Araranguá é a primeira cidade com medição inteligente de energia**, 2021. Disponível em <https://novoportal.celesc.com.br/listagem-noticias/pioneirismo-ararangua-e-a-primeira-cidade-com-medicao-inteligente-de-energia>. Acesso em 13 jul. 2022.

CHAKRABORTY, Soham *et al.* Smart meters for enhancing protection and monitoring functions in emerging distribution systems. **International Journal of Electrical Power and Energy Systems**, [s. l.], v. 127, n. 106626, p. 1–15, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106626>

CHANG, Ray I.; LEE, Chia Yun; HUNG, Yu Hsin. Cloud-based analytics module for predictive maintenance of the textile manufacturing process. **Applied Sciences (Switzerland)**, [s. l.], v. 11, n. 1–22, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app11219945>

CHAWLA, Yash; KOWALSKA-PYZALSKA, Anna. Public Awareness and Consumer Acceptance of Smart Meters among Polish Social Media Users. **Energies**, [s. l.], v. 12, n. 2759, p. 1–27, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/EN12142759>. Acesso em: 29 mar. 2023.

CHAWLA, Yash; KOWALSKA-PYZALSKA, Anna; ORALHAN, Burcu. Attitudes and Opinions of Social Media Users Towards Smart Meters’ Rollout in Turkey. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 732, p. 1–27, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/EN13030732>. Acesso em: 29 mar. 2023.

CHAWLA, Yash; KOWALSKA-PYZALSKA, Anna; SILVEIRA, Paulo Duarte. Marketing and communications channels for diffusion of electricity smart meters in Portugal. **Telematics and Informatics**, [s. l.], v. 50, n. 101385, p. 101385, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.TELE.2020.101385>

CHAWLA, Yash; KOWALSKA-PYZALSKA, Anna; SKOWRONSKA-SZMER, Anna. Perspectives of smart meters’ roll-out in India: an empirical analysis of consumers’ awareness and preferences. **Energy Policy**, [s. l.], v. 146, n. 111798, p. 1–31, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111798>

CHAWLA, Yash; KOWALSKA-PYZALSKA, Anna; WIDAYAT, Widayat. Consumer Willingness and Acceptance of Smart Meters in Indonesia. **Resources**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 177, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/RESOURCES8040177>. Acesso em: 29 mar. 2023.

CHEN, Chien; XU, Xiaojing; ARPAN, Laura. Between the technology acceptance model and sustainable energy technology acceptance model: Investigating smart meter acceptance in the United States. **Energy Research and Social Science**, [s. l.], v. 25, p. 93–104, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.12.011>

CHEN, Dong *et al.* Preventing occupancy detection from smart meters. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 6, n. 5, p. 2426–2434, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2015.2402224>

CHEN, Zhiyi *et al.* Control and Optimisation of Power Grids Using Smart Meter Data: A Review. **Sensors**, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 1–26, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/S23042118>. Acesso em: 9 abr. 2023.

CHOU, Jui Sheng; YUTAMI, Gusti Ayu Novi. Smart meter adoption and deployment strategy for residential buildings in Indonesia. **Applied Energy**, [s. l.], v. 128, n. 2014, p. 336–349, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.04.083>

CHOURABI, Hafedh *et al.* Understanding smart cities: An integrative framework. **Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences**, [s. l.], p. 2289–2297, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/HICSS.2012.615>

CHUI, Kwok Tai; LYTRAS, Miltiadis D.; VISVIZI, Anna. Energy sustainability in smart cities: Artificial intelligence, smart monitoring, and optimization of energy consumption. **Energies**, [s. l.], v. 11, n. 11, p. 1–20, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en11112869>

COBO, M. J. *et al.* Industry 4.0: A perspective based on bibliometric analysis. **Procedia Computer Science**, [s. l.], v. 139, p. 364–371, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.278>

COBO, M.J. *et al.* Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, [s. l.], v. 62, n. 7, p. 1382–1402, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/asi.21525>

COBO, M.J. *et al.* SciMAT: A new science mapping analysis software tool. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, [s. l.], v. 63, n. 8, p. 1609–1630, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/asi.22688>

COLE, Graham; STEWART, Rodney A. Smart meter enabled disaggregation of urban peak water demand: precursor to effective urban water planning. **Urban Water Journal**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 174–194, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2012.716446>. Acesso em: 29 mar. 2023.

COMINOLA, A. *et al.* Benefits and challenges of using smart meters for advancing residential water demand modeling and management: A review. **Environmental Modelling and Software**, [s. l.], v. 72, p. 198–214, 2015. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.07.012>

COMINOLA, A. *et al.* Data Mining to Uncover Heterogeneous Water Use Behaviors From Smart Meter Data. **Water Resources Research**, [s. l.], v. 55, n. 11, p. 9315–9333, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2019WR024897>. Acesso em: 29 mar. 2023.

CORZO, German D.; ALVAREZ-AROS, Erick L. Technological competitiveness strategies in mobile connectivity and industry 4.0 communications in Latin America. **Informacion Tecnologica**, [s. l.], v. 31, n. 6, p. 183–192, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000600183>

CUI, Yi; LIU, Yanping; MOU, Jian. Bibliometric analysis of organisational culture using CiteSpace. **South African Journal of Economic and Management Sciences**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 1–12, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4102/sajems.v21i1.2030>

DAMINATO, Claudio *et al.* The impact of smart meters on residential water consumption: Evidence from a natural experiment in the Canary Islands. **Resource and Energy Economics**, [s. l.], v. 64, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2021.101221>

DARBY, Sarah. Smart metering: What potential for householder engagement? **Building Research and Information**, [s. l.], v. 38, n. 5, p. 442–457, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09613218.2010.492660>

DE, Brajesh. API Management. *In*: API MANAGEMENT. [S. l.]: Apress, Berkeley, CA, 2017. p. 15–28. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-1305-6_2. Acesso em: 6 maio 2023.

DEPURU, Soma Shekara Sreenadh Reddy; WANG, Lingfeng; DEVABHAKTUNI, Vijay. Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 15, n. 6, p. 2736–2742, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.039>

DERVIS, Hamid. Bibliometric analysis using bibliometrix an R package. **Journal of Scientometric Research**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 156–160, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5530/JSCIRES.8.3.32>

DEWANGAN, Fanidhar; ABDELAZIZ, Almoataz Y.; BISWAL, Monalisa. Load Forecasting Models in Smart Grid Using Smart Meter Information: A Review. **Energies**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 1–55, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/EN16031404>. Acesso em: 9 abr. 2023.

DINARDO, G.; FABBIANO, L.; VACCA, G. A smart and intuitive machine condition monitoring in the Industry 4.0 scenario. **Measurement: Journal of the International Measurement Confederation**, [s. l.], v. 126, p. 1–12, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.05.041>

DONALDSON, Daniel L.; JAYAWEERA, Dilan. Effective solar prosumer identification using net smart meter data. **International Journal of Electrical Power and Energy Systems**, [s. l.], v. 118, n. 105823, 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.105823>

DONTHU, Naveen *et al.* How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, [s. l.], v. 133, n. April, p. 285–296, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>

ECHEVESTE, Marcia Elisa Soares; ROZENFELD, Henrique; FETTERMANN, Diego de Castro. Customizing practices based on the frequency of problems in new product development process. **Concurrent Engineering: Research and Applications**, v. 25, n. 3, p. 245-261, 2017.

EIBL, Gunther; ENGEL, Dominik. Influence of data granularity on smart meter privacy. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 930–939, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2014.2376613>

EISSA, M. M. Developing incentive demand response with commercial energy management system (CEMS) based on diffusion model, smart meters and new communication protocol. **Applied Energy**, [s. l.], v. 236, n. November 2018, p. 273–292, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.11.083>

ERKIN, Zekeriya *et al.* Privacy-preserving data aggregation in smart metering systems. **IEEE Signal Processing Magazine**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 75–86, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MSP.2012.2228343>

ERLINGHAGEN, Sabine; LICHTENSTEIGER, Bill; MARKARD, Jochen. Smart meter communication standards in Europe - A comparison. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 43, p. 1249–1262, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.065>

FAROKHI, Farhad. Review of results on smart-meter privacy by data manipulation, demand shaping, and load scheduling. **IET Smart Grid**, [s. l.], v. 3, n. 5, p. 605–613, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1049/IET-STG.2020.0129>. Acesso em: 3 abr. 2023.

FAROKHI, Farhad; SANDBERG, Henrik. Fisher information as a measure of privacy: Preserving privacy of households with smart meters using batteries. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 9, n. 5, p. 4726–4734, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2017.2667702>

FARUQUI, Ahmad; HARRIS, Dan; HLEDIK, Ryan. Unlocking the €53 billion savings from smart meters in the EU: How increasing the adoption of dynamic tariffs could make or break the EU’s smart grid investment. **Energy Policy**, [s. l.], v. 38, p. 6222–6231, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2010.06.010>

FEKRI, Mohammad Navid *et al.* Deep learning for load forecasting with smart meter data: Online Adaptive Recurrent Neural Network. **Applied Energy**, [s. l.], v. 282, n. 116177, p. 1–17, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2020.116177>

FETTERMANN, Diego Castro; ECHEVESTE, Márcia Elisa Soares; TORTORELLA, Guilherme Luz. The benchmarking of the use of toolkit for mass customization in the automobile industry. **Benchmarking: An International Journal**, v. 24, n. 6, p. 1767-1783, 2017.

- FETTERMANN, Diego Castro *et al.* Configuration of a smart meter for Brazilian customers. **Energy Policy**, [s. l.], v. 139, n. February, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111309>
- FETTERMANN, Diego Castro *et al.* Getting smarter about household energy: the who and what of demand for smart meters. **Building Research and Information**, [s. l.], v. 49, n. 1, p. 100–112, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09613218.2020.1807896>
- FETTERMANN, Diego Castro *et al.* How does Industry 4.0 contribute to operations management? **Journal of Industrial and Production Engineering**, v. 35, n. 4, p. 255-268, 2018.
- GANS, Will; ALBERINI, Anna; LONGO, Alberto. Smart meter devices and the effect of feedback on residential electricity consumption: Evidence from a natural experiment in Northern Ireland. **Energy Economics**, [s. l.], v. 36, p. 729–743, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.11.022>
- GERPOTT, Torsten J.; PAUKERT, Mathias. Determinants of willingness to pay for smart meters: An empirical analysis of household customers in Germany. **Energy Policy**, [s. l.], v. 61, p. 483–495, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.012>
- GIACONI, Giulio; GUNDUZ, Deniz; POOR, H. Vincent. Privacy-Aware Smart Metering: Progress and Challenges. **IEEE Signal Processing Magazine**, [s. l.], v. 35, n. 6, p. 59–78, 2018a. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MSP.2018.2841410>
- GIACONI, Giulio; GUNDUZ, Deniz; POOR, H. Vincent. Smart Meter Privacy with Renewable Energy and an Energy Storage Device. **IEEE Transactions on Information Forensics and Security**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 129–142, 2018b. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TIFS.2017.2744601>
- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994.
- GIURCO, Damien P.; WHITE, Stuart B.; STEWART, Rodney A. Smart Metering and Water End-Use Data: Conservation Benefits and Privacy Risks. **Water** 2010, Vol. 2, Pages 461-467, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 461–467, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/W2030461>. Acesso em: 29 mar. 2023.
- GOUGH, Matthew B. *et al.* Preserving Privacy of Smart Meter Data in a Smart Grid Environment. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 707–718, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TII.2021.3074915>
- GOUVEIA, João Pedro; SEIXAS, Júlia. Unraveling electricity consumption profiles in households through clusters: Combining smart meters and door-to-door surveys. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 116, p. 666–676, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.01.043>
- GUL, Hira *et al.* Detection of Non-Technical Losses Using SOSTLink and Bidirectional Gated Recurrent Unit to Secure Smart Meters. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 10, n. 9, p. 1–21, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/APP10093151>. Acesso em: 15 abr. 2023.

GULERIA, Deepa; KAUR, Gurvinder. Bibliometric analysis of ecopreneurship using VOSviewer and RStudio Bibliometrix, 1989–2019. **Library Hi Tech**, [s. l.], v. 39, n. 4, p. 1001–1024, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/LHT-09-2020-0218>

GUMZ, Jonathan; FETTERMANN, Diego Castro. Better deployments come with acceptance: an investigation of factors driving consumers' acceptance of smart meters. **Current Sustainable/Renewable Energy Reports**, [s. l.], n. 0123456789, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40518-023-00208-3>

GUMZ, Jonathan; FETTERMANN, Diego Castro. What improves smart meters' implementation? A statistical meta-analysis on smart meters' acceptance. **Smart and Sustainable Built Environment**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 1116–1136, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/SASBE-05-2021-0080>

GUPTA, B.B.; QUAMARA, M. An overview of Internet of Things (IoT): Architectural aspects, challenges, and protocols. **Concurrency and Computation: Practice and Experience**, [s. l.], v. 32, n. 21, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cpe.4946>

GURUNG, Thulo Ram *et al.* Smart meter enabled informatics for economically efficient diversified water supply infrastructure planning. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 135, p. 1023–1033, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.07.017>

GURUNG, Thulo Ram *et al.* Smart meter enabled water end-use demand data: platform for the enhanced infrastructure planning of contemporary urban water supply networks. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 87, n. 1, p. 642–654, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2014.09.054>

GURUNG, Thulo Ram *et al.* Smart meters for enhanced water supply network modelling and infrastructure planning. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 90, p. 34–50, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2014.06.005>

HABEN, Stephen; SINGLETON, Colin; GRINDROD, Peter. Analysis and clustering of residential customers energy behavioral demand using smart meter data. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 136–144, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2015.2409786>

HAIR JR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM; R.L.; BLACK, W.C. **Multivariate Data Analysis**. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2005.

HAJJAJI, Yosra *et al.* Big data and IoT-based applications in smart environments: A systematic review. **Computer Science Review**, [s. l.], v. 39, p. 100318, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100318>

HAUGHERY, J. R. *et al.* Characterizing manure drying practices in Iowa commercial egg production facilities. **Journal of Applied Poultry Research**, [s. l.], v. 31, n. 3, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JAPR.2022.100269>

HMIELOWSKI, Jay D. *et al.* The social dimensions of smart meters in the United States: Demographics, privacy, and technology readiness. **Energy Research and Social Science**, [s. l.], v. 55, p. 189–197, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.05.003>

HOOD, William W.; WILSON, Concepción S. The literature of bibliometrics, scientometrics, and informetrics. **Scientometrics**, [s. l.], v. 52, n. 2, p. 291–314, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1017919924342>

HUANG, Mu Hsuan; CHANG, Chia Pin. Detecting research fronts in OLED field using bibliographic coupling with sliding window. **Scientometrics**, [s. l.], v. 98, n. 3, p. 1721–1744, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S11192-013-1126-1/FIGURES/8>. Acesso em: 9 abr. 2023.

HUSSAIN, S. M.Suhail *et al.* Communication Modeling of Solar Home System and Smart Meter in Smart Grids. **IEEE Access**, [s. l.], v. 6, p. 16985–16996, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2800279>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **How to Avoid Gas Shortages in the European Union in 2023**. [S. l.: s. n.], 2022a.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Natural gas markets expected to remain tight into 2023 as Russia further reduces supplies to Europe**. [S. l.], 2022b. Disponível em: <https://www.iea.org/news/natural-gas-markets-expected-to-remain-tight-into-2023-as-russia-further-reduces-supplies-to-europe>. Acesso em: 9 abr. 2023.

IOT ONE - RESEARCH AND STRATEGY FOR ENTERPRISE DIGITALIZATION. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.iotone.com/>. Acesso em: 9 jul. 2022.

IYER, Gopalakrishnan *et al.* Performance analysis of wireless mesh routing protocols for smart utility networks. **2011 IEEE International Conference on Smart Grid Communications, SmartGridComm 2011**, [s. l.], p. 114–119, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/SmartGridComm.2011.6102301>

JARNEVING, Bo. The cognitive structure of current cardiovascular research. **Scientometrics**, [s. l.], v. 50, n. 3, p. 365–389, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1010546312154>

JUSTIN, Paul *et al.* Scientific procedures and rationales for systematic literature reviews SPAR-4-SLR. **Internastional Journal of Consumer Studies**, [s. l.], v. 45, n. 4, p. 1–16, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijcs.12695>

KABALCI, Yasin *et al.* Internet of things applications as energy internet in smart grids and smart environments. **Electronics (Switzerland)**, [s. l.], v. 8, n. 9, p. 1–16, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/electronics8090972>

KALOGRIDIS, Georgios; FAN, Zhong; BASUTKAR, Sagar. Affordable privacy for home smart meters. **Proceedings - 9th IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications Workshops, ISPAW 2011 - ICASE 2011, SGH 2011, GSDP 2011**, [s. l.], p. 77–84, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ISPAW.2011.42>

KANG, Ziqiu; CATAL, Cagatay; TEKINERDOGAN, Bedir. Machine learning applications in production lines: A systematic literature review. **Computers & Industrial Engineering**, [s. l.], v. 149, p. 106773, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2020.106773>

KARAKUS, Mehmet; USAK, Muhammet; ERSOZLU, Alpay. Emotions in Learning, Teaching, and Leadership: A Bibliometric Review of Asian Literature (1990–2018). **Sage Open**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 1–18, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/2158244020988865>. Acesso em: 9 abr. 2023.

KAVOUSIAN, Amir; RAJAGOPAL, Ram; FISCHER, Martin. Determinants of residential electricity consumption: Using smart meter data to examine the effect of climate, building characteristics, appliance stock, and occupants' behavior. **Energy**, [s. l.], v. 55, p. 184–194, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2013.03.086>

KEMAL, Mohammed *et al.* On the trade-off between timeliness and accuracy for low voltage distribution system grid monitoring utilizing smart meter data. **International Journal of Electrical Power and Energy Systems**, [s. l.], v. 121, n. 106090, p. 1–9, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106090>

KESSLER, M. M. Bibliographic coupling between scientific papers. **American Documentation**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 10–25, 1963. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ASI.5090140103>. Acesso em: 30 jul. 2022.

KHAN, Maman Ahmad; HAYES, Barry. Smart Meter Based Two-Layer Distribution System State Estimation in Unbalanced MV/LV Networks. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 688–697, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TII.2021.3079267>

KHWAJA, Ahmed Shaharyar *et al.* Smart Meter Data Obfuscation Using Correlated Noise. **IEEE Internet of Things Journal**, [s. l.], v. 7, n. 8, p. 7250–7264, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2983213>

KITCHENHAM, Barbara. Procedures for Performing Systematic Reviews Kitchenham, B., 2004. **Keele, UK, Keele University**, vol. 33, no. 2004, p. 1–26, 2004.

KNAPP, Eric. How Industrial Networks Operate. **Industrial Network Security**, [s. l.], p. 89–110, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-1-59749-645-2.00005-7>

KOCHAŃSKI, Maksymilian; KORCZAK, Katarzyna; SKOCZKOWSKI, Tadeusz. Technology Innovation System Analysis of Electricity Smart Metering in the European Union. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 916, p. 1–25, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/EN13040916>. Acesso em: 5 abr. 2023.

KRISHNAMURTI, Tamar *et al.* Preparing for smart grid technologies: A behavioral decision research approach to understanding consumer expectations about smart meters. **Energy Policy**, [s. l.], v. 41, p. 790–797, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.047>

KUUSI, Osmo; MEYER, Martin. Anticipating technological breakthroughs: Using bibliographic coupling to explore the nanotubes paradigm. **Scientometrics**, [s. l.], v. 70, n. 3, p. 759–777, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S11192-007-0311-5>

LANG, Adrian *et al.* Data Aggregation Point Placement for Smart Meters in the Smart Grid. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 541–554, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2021.3119904>

- LEE, Dasom; HESS, David J. Data privacy and residential smart meters: Comparative analysis and harmonization potential. **Utilities Policy**, [s. l.], v. 70, n. 101188, p. 1–10, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JUP.2021.101188>
- LI, Munan; PORTER, Alan L.; WANG, Zhong Lin. Evolutionary trend analysis of nanogenerator research based on a novel perspective of phased bibliographic coupling. **Nano Energy**, [s. l.], v. 34, p. 93–102, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.NANOEN.2017.02.020>
- LI, Yaning; TAN, Jie; WANG, Minli. Design and implementation of enterprise asset management system based on IOT technology. *In:* , 2015. **Proceedings of 2015 IEEE International Conference on Communication Software and Networks**. [S. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2015. p. 384–388. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICCSN.2015.7296188>
- LIAO, Jing; STANKOVIC, Lina; STANKOVIC, Vladimir. Detecting household activity patterns from smart meter data. **Proceedings - 2014 International Conference on Intelligent Environments, IE 2014**, [s. l.], p. 71–78, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IE.2014.18>
- LIVINGSTON, Olga V. *et al.* An analysis of utility meter data aggregation and tenant privacy to support energy use disclosure in commercial buildings. **Energy**, [s. l.], v. 159, p. 302–309, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.133>
- LLORET, Jaime *et al.* An Integrated IoT Architecture for Smart Metering. **IEEE Communications Magazine**, [s. l.], v. 54, n. 12, p. 50–57, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2016.1600647CM>
- LUAN, Wenpeng *et al.* Smart Meter Data Analytics for Distribution Network Connectivity Verification. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 1964–1971, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2015.2421304>
- MARIANI, Marcello; BORGHI, Matteo. Industry 4.0: A bibliometric review of its managerial intellectual structure and potential evolution in the service industries. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 149, p. 1–59, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119752>
- MARKSCHEFFEL, Bernd; SCHRÖTER, Felix. Comparison of two science mapping tools based on software technical evaluation and bibliometric case studies. <https://doi.org/10.1080/09737766.2021.1960220>, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 365–396, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09737766.2021.1960220>. Acesso em: 30 jul. 2022.
- MARVIN, S.; CHAPPELLS, H.; GUY, S. Pathways of smart metering development: Shaping environmental innovation. **Computers, Environment and Urban Systems**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 109–126, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(99\)00011-3](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(99)00011-3)
- MASWADI, Kholoud; GHANI, Norjihani Binti Abdul; HAMID, Suraya Binti. Systematic Literature Review of Smart Home Monitoring Technologies Based on IoT for the Elderly. **IEEE Access**, [s. l.], v. 8, p. 92244–92261, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2992727>

MCCAFFREY, Mark S.; BUHR, Susan M. Clarifying climate confusion: Addressing systemic holes, cognitive gaps, and misconceptions through climate literacy. **Physical Geography**, [s. l.], v. 29, n. 6, p. 512–528, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.2747/0272-3646.29.6.512>

MCKENNA, Eoghan; RICHARDSON, Ian; THOMSON, Murray. Smart meter data: Balancing consumer privacy concerns with legitimate applications. **Energy Policy**, [s. l.], v. 41, p. 807–814, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.049>

MCLOUGHLIN, Fintan; DUFFY, Aidan; CONLON, Michael. A clustering approach to domestic electricity load profile characterisation using smart metering data. **Applied Energy**, [s. l.], v. 141, p. 190–199, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2014.12.039>

MELILLO, Andreas *et al.* First results of remote building characterisation based on smart meter measurement data. **Energy**, [s. l.], v. 200, n. 117525, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117525>

MILANEZ, Douglas Henrique *et al.* Assessing collaboration and knowledge flow on coatings of metallic glasses obtained from thermal spraying processes using bibliometrics and science mapping. **Materials Research**, [s. l.], v. 20, p. 71–80, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2017-0297>

MILLIGAN, G. W.; COOPER, M. A Study of the Comparability of External Criteria for Hierarchical Cluster Analysis. **Multivariate Behavioral Research**, v.21, n.4, 1986.

MINGERS, John; LEYDESDORFF, Loet. A review of theory and practice in scientometrics. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 246, n. 1, p. 1–19, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.04.002>

MOGHADDASS, Ramin; WANG, Jianhui. A hierarchical framework for smart grid anomaly detection using large-scale smart meter data. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 9, n. 6, p. 5820–5830, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2017.2697440>

MOGLES, Nataliya *et al.* How smart do smart meters need to be? **Building and Environment**, [s. l.], v. 125, p. 439–450, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2017.09.008>

MUSAWIR, Ata ul; ABD-KARIM, Saipol Bari; MOHD-DANURI, Mohd Suhaimi. Project governance and its role in enabling organizational strategy implementation: A systematic literature review. **International Journal of Project Management**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 1–16, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.IJPROMAN.2019.09.007>

NACHREINER, Malte *et al.* An analysis of smart metering information systems: A psychological model of self-regulated behavioural change. **Energy Research and Social Science**, [s. l.], v. 9, p. 85–97, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.08.016>

NAEM, Mohammed Sharief Abdelrahman; KOUDIL, Mouloud; OULDIMAM, Zineeddine. Product Quality Assessment in the Internet of Things: A Consumer-Oriented Approach. **Sensors**, [s. l.], v. 22, p. 1–20, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s22062215>

NASCIMENTO, D. R. *et al.* The acceptance process of smart homes by users: a statistical meta-analysis. **Behaviour and Information Technology**, [s. l.], p. 1–18, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2146534>

NASCIMENTO, D. R.; TORTORELLA, Guilherme Luz; FETTERMANN, Diego. Association between the benefits and barriers perceived by the users in smart home services implementation. **Kybernetes**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/K-02-2022-0232>

NGUYEN, Khoi A. *et al.* Re-engineering traditional urban water management practices with smart metering and informatics. **Environmental Modelling & Software**, [s. l.], v. 101, p. 256–267, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ENVSOF.2017.12.015>

NI, F. *et al.* Three-phase state estimation in the medium-voltage network with aggregated smart meter data. **International Journal of Electrical Power and Energy Systems**, [s. l.], v. 98, p. 463–473, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2017.12.033>

NIU, Zhibin *et al.* Understanding energy demand behaviors through spatio-temporal smart meter data analysis. **Energy**, [s. l.], v. 226, n. 120493, p. 1–15, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120493>

NORUŠIS, M. J. **IBM SPSS statistics 19 statistical procedures companion**. Chicago, IL: Addison Wesley, 2011.

OH, Sukjoon; HABERL, Jeff S.; BALTAZAR, Juan Carlos. Analysis methods for characterizing energy saving opportunities from home automation devices using smart meter data. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 216, p. 109955, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109955>

OLAWUMI, Timothy O.; CHAN, Daniel W.M. A scientometric review of global research on sustainability and sustainable development. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 183, p. 231–250, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.162>

ORDUÑA-MALEA, Enrique. Do Latin American universities engage industry in the scientific publication? A bibliometrics approach through Scopus. [s. l.], 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.24215/18539912e100>

OYEWOLA, David Opeoluwa; DADA, Emmanuel Gbenga. Exploring machine learning: a scientometrics approach using bibliometrix and VOSviewer. **SN Applied Sciences**, [s. l.], v. 4, n. 5, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S42452-022-05027-7>

PALL, Martin L. Low Intensity Electromagnetic Fields Act via Voltage-Gated Calcium Channel (VGCC) Activation to Cause Very Early Onset Alzheimer's Disease: 18 Distinct Types of Evidence. **Current Alzheimer Research**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 119–132, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.2174/1567205019666220202114510>

PALL, Martin L. Microwave frequency electromagnetic fields (EMFs) produce widespread neuropsychiatric effects including depression. **Journal of Chemical Neuroanatomy**, [s. l.], v. 75, p. 43–51, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JCHEMNEU.2015.08.001>

- PAPPU, Satya Jayadev *et al.* Identifying Topology of Low Voltage Distribution Networks Based on Smart Meter Data. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 9, n. 5, p. 5113–5122, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2017.2680542>
- PAU, Marco *et al.* A cloud-based smart metering infrastructure for distribution grid services and automation. **Sustainable Energy, Grids and Networks**, [s. l.], v. 15, n. SI, p. 14–25, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.segan.2017.08.001>
- PELICIONI, Luciele Cristina *et al.* Application of a bibliometric tool for studying space technology trends. **Journal of Aerospace Technology and Management**, [s. l.], v. 10, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5028/jatm.v10.830>
- PEREIRA, Lucas; COSTA, Donovan; RIBEIRO, Miguel. A residential labeled dataset for smart meter data analytics. **Scientific Data**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1–11, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01252-2>
- PETERSEN, John E. *et al.* Dormitory residents reduce electricity consumption when exposed to real-time visual feedback and incentives. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 16–33, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/14676370710717562>
- PILLSBURY, G. D. Techniques employed for detection of hot particles in the marine environment. **Journal of radiological protection : official journal of the Society for Radiological Protection**, [s. l.], v. 27, n. 3 A, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/0952-4746/27/3A/S05>
- PRABAKAR, Kumaraguru *et al.* Remote Hardware-in-the-Loop Approach for Microgrid Controller Evaluation. *In:* , 2020. **Clemson University Power Systems Conference, PSC 2020**. [S. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. p. 1–8. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/PSC50246.2020.9131282>
- QASAIMAH, Malik; AL-QASSAS, Raad S.; ALJAWARNEH, Shadi. Recent development in smart grid authentication approaches: A systematic literature review. **Cybernetics and Information Technologies**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 27–52, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/CAIT-2019-0002>
- QUILUMBA, Franklin L. *et al.* Using smart meter data to improve the accuracy of intraday load forecasting considering customer behavior similarities. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 911–918, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2014.2364233>
- RAGGI, Livia M.R. *et al.* Non-Technical Loss Identification by Using Data Analytics and Customer Smart Meters. **IEEE Transactions on Power Delivery**, [s. l.], v. 35, n. 6, p. 2700–2710, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2020.2974132>
- RAUSSER, G.; STRIELKOWSKI, W.; ŠTREIMIKIENĖ, D. Smart meters and household electricity consumption: A case study in Ireland. **Energy and Environment**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 131–146, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0958305X17741385>
- RAZAVI, Rouzbeh *et al.* Occupancy detection of residential buildings using smart meter data: A large-scale study. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 183, p. 195–208, 2019. Disponível em:

em: <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2018.11.025>

RENCHER, A. C. **Methods of Multivariate Analysis**. 2 ed. [s.l.] John Wiley & Sons, 2003.

RODRÍGUEZ-SOLER, Rocío; URIBE-TORIL, Juan; DE PABLO VALENCIANO, Jaime. Worldwide trends in the scientific production on rural depopulation, a bibliometric analysis using bibliometrix R-tool. **Land Use Policy**, [s. l.], v. 97, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2020.104787>

ROUSSEEUW, P. J. Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v.20, 53–65, 1987.

SANKAR, Lalitha *et al.* Smart meter privacy: A theoretical framework. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 837–846, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2012.2211046>

SARASWAT, Manish; TRIPATHI, R. C. Cloud Computing: Analysis of Top 5 CSPs in SaaS, PaaS and IaaS Platforms. *In:* , 2020. **9th International Conference on System Modeling and Advancement in Research Trends, SMART 2020**. [S. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. p. 300–305. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/SMART50582.2020.9337157>

SCHAFFERS, Hans; RATTI, Carlo; KOMNINOS, Nicos. Special issue on smart applications for smart cities - new approaches to innovation: Guest editors' introduction. **Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research**, [s. l.], v. 7, n. 3, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.4067/S0718-18762012000300005>

SHABHA, Ghasson; BARBER, Francesca; LAYCOCK, Paul. A qualitative assessment of the impact of smart homes and environmentally beneficial technologies on the UK 2050 net-zero carbon emission target. **Smart and Sustainable Built Environment**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 341–360, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/SASBE-07-2021-0112>

SIAL, Ankur; SINGH, Amarjeet; MAHANTI, Aniket. Detecting anomalous energy consumption using contextual analysis of smart meter data. **Wireless Networks**, [s. l.], v. 27, n. 6, p. 4275–4292, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S11276-019-02074-8/FIGURES/11>. Acesso em: 15 abr. 2023.

SIEGEL, Sidney; CASTELLAN, N. John. JR. **Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences**. McGraw-HiU Book Company, New York, 1988.

SILVA, Philippe Barbosa; ANDRADE, Michelle; FERREIRA, Sara. Machine learning applied to road safety modeling: A systematic literature review. **Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)**, [s. l.], v. 7, n. 6, p. 775–790, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JTTE.2020.07.004>

SMAJLA, Ivan *et al.* Influence of smart meters on the accuracy of methods for forecasting natural gas consumption. **Energy Reports**, [s. l.], v. 7, p. 8287–8297, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.06.014>

SMALL, Henry. Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship

between two documents. **Journal of the American Society for Information Science**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 265–269, 1973. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ASI.4630240406>. Acesso em: 22 mar. 2023.

SØNDERLUND, Anders L. *et al.* Effectiveness of Smart Meter-Based Consumption Feedback in Curbing Household Water Use: Knowns and Unknowns. **Journal of Water Resources Planning and Management**, [s. l.], v. 142, n. 12, 2016. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0000703](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000703)

SOVACOOOL, Benjamin K. *et al.* Decarbonization and its discontents: a critical energy justice perspective on four low-carbon transitions. **Climatic Change**, [s. l.], v. 155, n. 4, p. 581–619, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S10584-019-02521-7>

SOVACOOOL, Benjamin K. *et al.* Vulnerability and resistance in the United Kingdom's smart meter transition. **Energy Policy**, [s. l.], v. 109, p. 767–781, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.07.037>

SPOLAÔR, Newton *et al.* A systematic review on content-based video retrieval. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, [s. l.], v. 90, p. 103557, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ENGAPPAI.2020.103557>

SUN, Gan *et al.* Joint Household Characteristic Prediction via Smart Meter Data. **IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 1834–1844, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2017.2778428>

SUN, Mingyang *et al.* Probabilistic Peak Load Estimation in Smart Cities Using Smart Meter Data. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, [s. l.], v. 66, n. 2, p. 1608–1618, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TIE.2018.2803732>

SUN, Yanan; LAMPE, Lutz; WONG, Vincent W.S. Smart Meter Privacy: Exploiting the Potential of Household Energy Storage Units. **IEEE Internet of Things Journal**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 69–78, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2771370>

SZABO, Z. *et al.* Remotely Controlled Smart Metering for the Smart Home. **IFAC-PapersOnLine**, [s. l.], v. 49, n. 25, p. 235–240, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.040>

TABACHNICK, B. G.; FIDELL, L. S. **Using multivariate statistics**. 6th. ed. Boston: Pearson Education, 2013.

TALARI, Saber *et al.* A review of smart cities based on the internet of things concept. **Energies**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 1–23, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en10040421>

TAN, Luc Phan; PHAN TAN, Luc. Bibliometrics of social entrepreneurship research: Cocitation and bibliographic coupling analyses. **Cogent Business & Management**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1–11, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/23311975.2022.2124594>. Acesso em: 9 abr. 2023.

TAN, Onur; GUNDUZ, Deniz; POOR, H. Vincent. Increasing smart meter privacy through energy harvesting and storage devices. **IEEE Journal on Selected Areas in**

Communications, [s. l.], v. 31, n. 7, p. 1331–1341, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/JSAC.2013.130715>

TASDIGHI, Mohammad; GHASEMI, Hassan; RAHIMI-KIAN, Ashkan. Residential microgrid scheduling based on smart meters data and temperature dependent thermal load modeling. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 349–357, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2013.2261829>

THOMÉ, Antônio Márcio Tavares; SCAVARDA, Luiz Felipe; SCAVARDA, Annibal José. Conducting systematic literature review in operations management. **Production Planning and Control**, [s. l.], v. 27, n. 5, p. 408–420, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1129464>

TONG, Xing; KANG, Chongqing; XIA, Qing. Smart Metering Load Data Compression Based on Load Feature Identification. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 7, n. 5, p. 2414–2422, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2016.2544883>

TORRITI, Jacopo; HASSAN, Mohamed G.; LEACH, Matthew. Demand response experience in Europe: Policies, programmes and implementation. **Energy**, [s. l.], v. 35, n. 4, p. 1575–1583, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.05.021>

TORTORELLA, Guilherme Luz; FETTERMANN, Diego. Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2975–2987, 2018.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, [s. l.], v. 14, p. 207–222, 2003.

TRINDADE, Jaiany Rocha *et al.* Discussão teórica sobre os conceitos de sustentabilidade no enoturismo através do bibliometrix. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, [s. l.], v. 16, p. 1–21, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.7784/RBTUR.V16.2644>

TURECZEK, Alexander Martin; NIELSEN, Per Sieverts. Structured Literature Review of Electricity Consumption Classification Using Smart Meter Data. **Energies**, [s. l.], v. 10, n. 5, p. 1–19, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/EN10050584>. Acesso em: 9 abr. 2023.

ULLAH, Amin *et al.* Deep Learning Assisted Buildings Energy Consumption Profiling Using Smart Meter Data. **Sensors**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 873, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/S20030873>. Acesso em: 13 abr. 2023.

UPTON, J. *et al.* Energy demand on dairy farms in Ireland. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 96, n. 10, p. 6489–6498, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/JDS.2013-6874>

URIBE-PÉREZ, Noelia *et al.* State of the Art and Trends Review of Smart Metering in Electricity Grids. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 1–24, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/APP6030068>. Acesso em: 9 abr. 2023.

VAN AUBEL, Pol; POLL, Erik. Smart metering in the Netherlands: What, how, and why. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, [s. l.], v. 109, p. 719–725,

2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.IJEPES.2019.01.001>

VAN DE KAA, G. *et al.* Realizing smart meter connectivity: Analyzing the competing technologies Power line communication, mobile telephony, and radio frequency using the best worst method. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 103, p. 320–327, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.035>

VICIANA, Eduardo *et al.* OpenZmeter: An Efficient Low-Cost Energy Smart Meter and Power Quality Analyzer. **Sustainability** 2018, Vol. 10, Page 4038, [s. l.], v. 10, n. 11, p. 1–13, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/SU10114038>. Acesso em: 15 abr. 2023.

VIEGAS, Joaquim L. *et al.* Classification of new electricity customers based on surveys and smart metering data. **Energy**, [s. l.], v. 107, p. 804–817, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.04.065>

WANG, F. *et al.* Household profile identification for behavioral demand response: A semi-supervised learning approach using smart meter data. **Energy**, [s. l.], v. 238, n. 121728, p. 1–12, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121728>

WANG, P. *et al.* Demand side load management of smart grids using intelligent trading/metering/ billing system. **2011 IEEE PES Trondheim PowerTech: The Power of Technology for a Sustainable Society, POWERTECH 2011**, [s. l.], p. 1–6, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/PTC.2011.6019420>

WANG, Yi *et al.* Deep learning-based socio-demographic information identification from smart meter data. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 2593–2602, 2019a. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2018.2805723>

WANG, Yi *et al.* Review of Smart Meter Data Analytics: Applications, Methodologies, and Challenges. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 3125–3148, 2019b. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2018.2818167>

WANG, Yi *et al.* Sparse and Redundant Representation-Based Smart Meter Data Compression and Pattern Extraction. **IEEE Transactions on Power Systems**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 2142–2151, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2016.2604389>

WANG, Yi; CHEN, Qixin; KANG, Chongqing. Overview of Smart Meter Data Analytics. **Smart Meter Data Analytics**, [s. l.], p. 1–35, 2020a. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-15-2624-4_1. Acesso em: 29 mar. 2023.

WANG, Yi; CHEN, Qixin; KANG, Chongqing. Smart meter data analytics: Electricity consumer behavior modeling, aggregation, and forecasting. **Smart Meter Data Analytics: Electricity Consumer Behavior Modeling, Aggregation, and Forecasting**, [s. l.], p. 1–293, 2020b. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-981-15-2624-4/COVER>

WANG, Yi; CHEN, Qixin; KANG, Chongqing. Smart Meter Data Compression. **Smart Meter Data Analytics**, [s. l.], p. 59–78, 2020c. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-15-2624-4_3. Acesso em: 29 mar. 2023.

WANG, Zhikun *et al.* Sizing of district heating systems based on smart meter data: Quantifying the aggregated domestic energy demand and demand diversity in the UK.

Energy, [s. l.], v. 193, n. 116780, p. 1–12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116780>

WEN, Lulu *et al.* Compression of smart meter big data: A survey. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 91, p. 59–69, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.088>

WERON, Tomasz; KOWALSKA-PYZALSKA, Anna; WERON, Rafał. The role of educational trainings in the diffusion of smart metering platforms: An agent-based modeling approach. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, [s. l.], v. 505, p. 591–600, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.PHYSA.2018.03.086>

WESTERMANN, P. *et al.* Unsupervised learning of energy signatures to identify the heating system and building type using smart meter data. **Applied Energy**, [s. l.], v. 264, n. 114715, p. 1–14, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114715>

YAN, S. *et al.* Time-Frequency Feature Combination Based Household Characteristic Identification Approach Using Smart Meter Data. **IEEE Transactions on Industry Applications**, [s. l.], v. 56, n. 3, p. 2251–2262, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TIA.2020.2981916>

YANG, Lei *et al.* Cost-effective and privacy-preserving energy management for smart meters. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 486–495, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2014.2343611>

YILDIZ, B. *et al.* Recent advances in the analysis of residential electricity consumption and applications of smart meter data. **Applied Energy**, [s. l.], v. 208, p. 402–427, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.014>

YUAN, Yulan; GRETZEL, Ulrike; TSENG, Yuen Hsien. Revealing the Nature of Contemporary Tourism Research: Extracting Common Subject Areas through Bibliographic Coupling. **International Journal of Tourism Research**, [s. l.], v. 17, n. 5, p. 417–431, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/JTR.2004>. Acesso em: 9 abr. 2023.

ZANELLA, Andrea *et al.* Internet of things for smart cities. **IEEE Internet of Things Journal**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 22–32, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328>

ZHANG, Juan *et al.* Comparing Keywords Plus of WOS and Author Keywords: A Case Study of Patient Adherence Research. **JOURNAL OF THE ASSOCIATION FOR INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY**, [s. l.], v. 67, n. 4, p. 967–972, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/asi.23437>

ZHANG, Zijian *et al.* Cost-Friendly Differential Privacy for Smart Meters: Exploiting the Dual Roles of the Noise. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 619–626, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2016.2585963>

ZHAO, Jing Yi; LI, Min. Worldwide trends in prediabetes from 1985 to 2022: A bibliometric analysis using bibliometrix R-tool. **Frontiers in Public Health**, [s. l.], v. 11, p. 1–14, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/FPUBH.2023.1072521>

ZHOU, Shan; BROWN, Marilyn A. Smart meter deployment in Europe: A comparative case study on the impacts of national policy schemes. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 144, p. 22–32, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.12.031>

ZONTA, Tiago *et al.* Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. **Computers and Industrial Engineering**, [s. l.], v. 150, p. 1–17, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106889>

ZUPIC, Ivan; ČATER, Tomaz. Bibliometric Methods in Management and Organization. **Organizational Research Methods**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 429–472, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>

APÊNDICE A – BASE DE DADOS LEVANTADOS IOTONE

A base de dados utilizada neste trabalho está disponível no link:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1lvhwKqp1q7h61Jlko02DfxUWGluQPUj7/e/dit?usp=sharing&ouid=112793921258196535491&rtpof=true&sd=true>