

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Patrícia Stefan de Carvalho

**FRAMEWORK PARA O CENÁRIO DE REGULAMENTAÇÃO DA
SMART ENERGY**

Santa Maria, RS
2023

Patrícia Stefan de Carvalho

**FRAMEWORK PARA O CENÁRIO DE REGULAMENTAÇÃO DA
SMART ENERGY**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Área de Concentração em Gerência da Produção, Linha de Pesquisa Gestão Integrada e de Energia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para a obtenção do título de **Doutora em Engenharia de Produção**.

Orientador: Prof. Dr. Julio Cezar Mairesse Siluk

Santa Maria, RS
2023

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

de Carvalho, Patrícia Stefan
Framework para o cenário de regulamentação da Smart
Energy / Patrícia Stefan de Carvalho.- 2023.
200 p.; 30 cm

Orientador: Julio Cezar Mairesse Siluk
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção, RS, 2023

1. Cenário regulatório de energia 2. Gestão de energia
3. Energy Cloud 4. Smart Energy I. Mairesse Siluk, Julio
Cezar II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, PATRÍCIA STEFAN DE CARVALHO, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Patrícia Stefan de Carvalho

FRAMEWORK PARA O CENÁRIO DE REGULAMENTAÇÃO DA SMART ENERGY

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Área de Concentração em Gerência da Produção, Linha de Pesquisa Gestão Integrada e de Energia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para a obtenção do título de **Doutora em Engenharia de Produção**.

Aprovado em 18 de setembro de 2023:

Julio Cezar Mairesse Siluk, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Jones Luís Schaefer, Dr. (PUCPR)

José Renes Pinheiro, Dr. (UFBA)

Vinicius Jacques Garcia, Dr. (UFSM)

Ricardo Augusto Cassel, Dr. (UFRGS)

Santa Maria, RS
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, cujo incentivo e orientação têm sido fundamentais na minha jornada acadêmica: à minha mãe, Dulci, fonte de carinho e cuidado, presente em todos os momentos; ao meu pai, Mauri, símbolo de proteção, sua presença é meu porto seguro; e ao meu irmão, Vinícius (o artista da família), por ser meu fiel parceirinho.

Agradeço ao meu companheiro Vinícius, meu esposo, amigo e cúmplice na jornada da vida. Agradeço por ser minha âncora de tranquilidade e diversão, e por tornar todos os dias mais leves.

Gostaria de expressar minha gratidão ao meu professor orientador, Dr. Julio Cezar Mairesse Siluk. Seus sábios conselhos desempenharam um papel crucial no meu percurso de pesquisa, uma referência exemplar tanto como profissional quanto como ser humano.

Agradeço também ao meu amigo e colega de pesquisa Jones, por ter compartilhado tantas ideias valiosas sobre o tema da minha tese. Sua contribuição foi essencial para a minha jornada e teve um impacto significativo no alcance dos meus objetivos.

Gostaria de agradecer ao Núcleo de Inovação e Competitividade (NIC), por ter proporcionado um ambiente de aprendizado e por ter me permitido construir amizades que levarei para a vida. Aproveito para agradecer à Laura e à Marcia, secretarias do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, pela agilidade e eficiência em fornecer todo o suporte necessário. E à Universidade Federal de Santa Maria pela estrutura e acesso ao conhecimento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 88887.486410/2020-00.

*"Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem
ela tampouco a sociedade muda."*

Paulo Freire

RESUMO

FRAMEWORK PARA O CENÁRIO DE REGULAMENTAÇÃO DA SMART ENERGY

AUTOR: Patrícia Stefan de Carvalho
ORIENTADOR: Prof. Dr. Julio Cezar Mairesse Siluk

O setor de energia está passando por um processo de transição, no qual se encaminha para um cenário mais distribuído, bidirecional, mais limpo e dinâmico. Nesse cenário, os sistemas energéticos serão mais digitalizados, descentralizados e descarbonizados, e irão contemplar grande quantidade de armazenamento de dados em relação a oferta, demanda, consumo, e compartilhamento de energia, além da análise em tempo real desses dados. A Energy Cloud (EC) ou Smart Energy (SE) atende aos requisitos de gerenciamento de energia considerando essa transição flexível e dinâmica. A EC pode ser descrita como uma plataforma que irá usar recursos da computação em nuvem e vai integrar as tecnologias de armazenamento, análise em tempo real e gerenciamento de uma grande quantidade de dados. Por isso, existe a necessidade de modificar os marcos regulatórios para se adaptar a esse novo modelo de gerenciamento de energia baseado na nuvem. Nesse sentido, o objetivo geral dessa tese é propor um framework para o cenário de regulamentação da Energy Cloud que possa auxiliar os órgãos reguladores de energia no processo de transição para esse modelo. A tese foi construída em cinco etapas, projetadas para abordar cinco objetivos específicos definidos para alcançar o objetivo geral. O primeiro objetivo específico é identificar as regulamentações técnicas, econômicas e ambientais para a gestão de EC, contrastando o que existe ou é proposto na literatura com as prováveis necessidades futuras. O segundo objetivo específico é mapear os atores e processos da regulamentação dos sistemas energéticos, estabelecer as relações entre ambos, e traçar diretrizes para o estabelecimento e/ou modificação de regulamentos relativos à transição dos sistemas de energia para a EC. O terceiro objetivo é identificar os fatores que interferem no processo regulatório do setor de energia. O quarto objetivo é propor um diagnóstico para o processo de regulamentação da EC. O quinto objetivo é estruturar um framework acerca do cenário regulatório de energia com oportunidades para a implementação da EC. Metodologicamente, a pesquisa foi amparada por pesquisas bibliográficas, documentais, pesquisas com especialistas da área e grupo focal. Essa pesquisa contribui com o cenário regulatório de energia com ênfase no desenvolvimento e evolução da EC, pois apresenta uma visão sistêmica dos problemas que atrasam esse processo e apresenta um framework com oportunidades para o sistema regulatório de modo a não causar atrasos no desenvolvimento e evolução desse modelo de gestão de energia.

Palavras-chave: Gestão de energia. Energy Cloud. Smart Energy. Regulamentação de energia. Regulamentação de Smart Energy.

ABSTRACT

FRAMEWORK FOR THE SMART ENERGY REGULATORY SCENARIO

AUTHOR: Patrícia Stefan de Carvalho
ADVISOR: Prof. Julio Cezar Mairesse Siluk, Ph.D.

The energy sector is going through a transition process, in which it is heading towards a more distributed, bidirectional, cleaner and dynamic scenario. In this scenario, energy systems will be more digitized, decentralized and decarbonized, and will include a large amount of data storage in relation to supply, demand, consumption, and energy sharing, in addition to real-time analysis of these data. Energy Cloud (EC) or Smart Energy (SE) meets energy management requirements considering this flexible and dynamic transition. EC can be described as a platform that will use cloud computing resources and will integrate storage technologies, real-time analysis and management of a large amount of data. Therefore, there is a need to modify regulatory frameworks to adapt to this new cloud-based energy management model. In this sense, the general objective of this thesis is to propose a framework for the Energy Cloud regulatory scenario that can help energy regulators in the transition process to this model. The thesis was built in five steps, designed to address five specific objectives defined to achieve the general objective. The first specific objective is to identify technical, economic and environmental regulations for EC management, contrasting what exists or is proposed in the literature with likely future needs. The second specific objective is to map the actors and processes of regulation of energy systems, establish the relationships between both, and outline guidelines for the establishment and/or modification of regulations related to the transition of energy systems to EC. The third objective is to identify the factors that interfere in the regulatory process of the energy sector. The fourth objective is to propose a diagnosis for the EC regulatory process. The fifth objective is to structure a framework around the energy regulatory scenario with opportunities for EC implementation. Methodologically, the research was supported by bibliographical and documentary research, research with specialists in the area and focus group. This research contributes to the energy regulatory scenario with an emphasis on the development and evolution of EC, as it presents a systemic view of the problems that delay this process and presents a framework with opportunities for the regulatory system so as not to cause delays in the development and evolution of this energy management model.

Keywords: Energy management. Energy Cloud. Smart Energy. Energy regulation. Regulation of Smart Energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação entre <i>Smart Grid</i> e Smart Energy	27
Figura 2 - Aspectos metodológicos da pesquisa	32
Figura 3 - Estrutura da Pesquisa	34
Figura 4 - Caracterização das etapas	38
Figura 6 - Protocolo de pesquisa.....	50
Figura 7 - Camadas da Energy Cloud com a Regulamentação.....	53
Figura 8 - Protocolo de revisão sistemática da literatura	84
Figura 9 - Mapa mental do processo regulatório do setor de energia	88
Figura 10 - Rede de relacionamento dos processos da regulamentação de energia	92
Figura 11- Rede de relacionamento dos atores da regulamentação de energia	95
Figura 12 - Protocolo da revisão sistemática da literatura	121
Figura 13 - PVF e FCS que interferem no processo regulatório de energia	124
Figura 14 - Etapas para elaboração e construção da ARA.....	148
Figura 15 - Árvore da Realidade Atual do cenário regulatório de energia atual direcionado para a Smart Energy	151
Figura 16 - Recorte da ARA para exemplo de leitura.....	152
Figura 17 - Mapa mental do cenário de regulamentação da Smart Energy	180
Figura 18 - Framework para o processo de regulamentação da Smart Energy.....	181

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Camadas que compõem a Energy Cloud	48
Tabela 2 - Sugestões de regulamentações para a Energy Cloud.....	53
Tabela 3 - Classificação das sugestões de regulamentações.....	67
Tabela 4 - Filtros de pesquisa usados em bancos de dados	84
Tabela 5 - Número de artigos usados na extração de dados	87
Tabela 6 - Listagem e citações de processos de regulamentação energética	89
Tabela 7 - Regras de relacionamento do algoritmo Apriori.....	91
Tabela 8 - Listagem e citações de atores da regulamentação de energia.....	94
Tabela 9 - Regras de relacionamento do algoritmo Apriori para atores	94
Tabela 10 - Filtros de busca usados nas bases de dados	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Caracterização dos respondentes	146
Quadro 2 - Especialistas do primeiro grupo focal.....	149
Quadro 3 - Especialistas do segundo grupo focal	150
Quadro 4 - Causas raiz e ações dos fatores econômicos/socioeconômicos	153
Quadro 5 - Causas raiz e ações dos fatores pessoais ou socioculturais	156
Quadro 6 - Causas raiz e ações dos fatores de disponibilidade	158
Quadro 7 - Causas raiz e ações dos fatores institucionais e de mercado	160
Quadro 8 - Causas raiz e ações dos fatores de infraestrutura regulatória	161
Quadro 9 - Causas raiz e ações dos fatores externos e de informação.....	164
Quadro 10 - Causas raiz e ações dos fatores de ideologia embutida na regulamentação	167

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Energy Cloud	EC
Smart Energy	SE
ARA	Árvore da Realidade Atual
IoT	Internet das Coisas
EI	Efeito Indesejado
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
IoE	Internet of Everything
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
CoAP	Constrained Application Protocol
API	Interface de Programação de Aplicação
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
XMPP	Extensible Messaging and Presence Protocol
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
e-CAB	Energy-Efficient Context-Aware Broker
PUE	Power Unit Effectiveness
UPAPS	User Profile Policy Exchange
MV	Máquina Virtual
SOA	Service-oriented architecture
CSBs	Cloud Service Brokers
SLA	Acordo de Nível de Serviço
FB	Federation Broker
SOA	Arquitetura Orientada a Serviços
CES	Cloud Energy Storage
ORT	Optimize Response Time
BEMS	Building Energy Management System
SSPs	Service security policies
VSaaS	Varredura de vírus como serviço
DSaaS	Decision Support-as-a-Service
PaaS	Plataforma como serviço
MF	Máquina física

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
1.1 TEMA E OBJETIVOS	29
1.2 JUSTIFICATIVA	29
1.3 DELINEAMENTO DO ESTUDO	32
1.3.1 Método de pesquisa	32
1.3.2 Método de trabalho	33
1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	40
1.5 ESTRUTURA DA TESE	40
2 ARTIGO 1 - PROPOSTA DE UMA NOVA CAMADA PARA O GERENCIAMENTO DE NUVEM DE ENERGIA: A CAMADA REGULATÓRIA	42
2.1 INTRODUÇÃO.....	43
2.2 ENERGY CLOUD	45
2.2.1 Camadas da Energy Cloud	46
2.2.2 Desafios regulatórios	49
2.3 MÉTODOS.....	50
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
2.4.1 Quais são as sugestões de regulamentos.....	53
2.4.2 Physical	56
2.4.3 Fog	56
2.4.4 Network	57
2.4.5 Cloud.....	58
2.4.6 Service	60
2.4.7 Session	61
2.4.8 Application.....	61
2.4.9 Broker	62
2.4.10 Security and Privacy	64
2.4.11 Third-Party Services	65
2.4.12 Cloud Auditor	66
2.5 O QUE PRECISA SER MUDADO E AINDA PRECISA SER FEITO.....	66
2.6 CONCLUSÕES	69
2.7 REFERÊNCIAS	71
3 ARTIGO 2 – MAPEAMENTO DOS ATORES E PROCESSOS REGULATÓRIOS RELACIONADOS A AMBIENTES DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA BASEADOS EM NUVEM USANDO O ALGORITMO APRIORI.	78
3.1 INTRODUÇÃO.....	79
3.2 ENERGY CLOUD	81

3.3 REGULAMENTAÇÃO DO SETOR DE ENERGIA	82
3.4 MATERIAIS E MÉTODOS	83
3.4.1 Etapa 1 - Revisão Sistemática da Literatura	83
3.4.2 Etapa 2 – Construção da rede de relacionamentos.....	85
3.5 RESULTADOS.....	87
3.5.1 Mapa mental dos processos de regulamentação de energia.....	87
3.5.2 Apresentação da rede de processos	89
3.5.3 Apresentação da rede de atores	93
3.6 DISCUSSÃO	96
3.6.1 Pesquisa de política regulatória	96
3.6.2 Códigos e padrões de energia	98
3.6.3 Fase orientada para o mercado.....	100
3.6.4 Processo de desenvolvimento padrão	102
3.6.5 Apoio governamental.....	104
3.6.6 Processo administrativo	105
3.6.7 Financiamento/incentivos de crédito	107
3.7 CONCLUSÃO	108
3.8 REFERÊNCIAS.....	110
4 ARTIGO 3 – ESTUDO DOS FATORES QUE INTERFEREM NO PROCESSO REGULATÓRIO DE ENERGIA COM ÊNFASE EM ENERGY CLOUD	116
4.1 INTRODUÇÃO	116
4.2 ENERGY CLOUD.....	119
4.3 PONTOS DE VISTA FUNDAMENTAIS (PVF) E FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO (FCS).....	120
4.4 MÉTODO	120
4.4.1 Revisão sistemática da literatura.....	121
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	123
4.5.1 Fatores econômicos/socioeconômicos	125
4.5.2 Fatores pessoais ou socioculturais	127
4.5.3 Fatores de disponibilidade	129
4.5.4 Fatores institucionais e de mercado	130
4.5.5 Fatores de infraestrutura regulatória	131
4.5.6 Fatores externos e de informação	132
4.5.7 Fatores de ideologia embutida na regulamentação	134
4.6 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS PARA FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS E REGULAÇÕES	134
4.7 CONCLUSÕES	135
4.8 REFERÊNCIAS.....	136
5 ARTIGO 4 – DIAGNÓSTICO DO CENÁRIO REGULATÓRIO DE ENERGIA COM ÊNFASE EM SMART ENERGY	140

5.1 INTRODUÇÃO.....	140
APÊNDICE	172
APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE PESQUISA I – ROTEIRO DAS ENTREVISTAS PARA A ARA	172
6 FRAMEWORK - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	178
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	192
7.1 CONTRIBUIÇÕES ACADÊMICAS.....	194
7.2 CONTRIBUIÇÕES PRÁTICAS.....	195
7.4 LIMITAÇÕES E OPORTUNIDADES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	196
REFERÊNCIAS	197

1 INTRODUÇÃO

O setor energético passa por um processo de transição, no qual se encaminha para um cenário digitalizado e dinâmico. Os recursos de energia convencionais atendem uma parcela significativa da demanda energética (SRILAKSHMI; SINGH, 2022), mas os consumidores de energia vêm se adequando a novas formas de consumo. Esses, além de apenas consumir, estão gerando sua própria energia por meio de instalações de geração de pequena escala (YUE *et al.*, 2019). Assim, são desenvolvidos agrupamentos e gestão de pequenos produtores e/ou consumidores, que participam de forma flexível nas atividades de mercado (KERSCHER; ARBOLEYA, 2022). Desse modo, surge o conceito de *smart grid*, usada no fornecimento de eletricidade por meio de comunicação digital (TOLBA; AL-MAKHADMEH, 2021). A *smart grid* permite a coleta de informações de sensores distribuídos, o que facilita a coordenação avançada de recursos de energia distribuída para controlar o consumo e a geração, permitindo a participação informada do consumidor (ORDA; GEHRKE; BINDNER, 2021). Essa rede de conexão entre consumidores é capaz de coordenar e controlar a demanda e políticas de mercado em tempo real, de modo que a diferença da rede elétrica atual (BEN SLAMA, 2021).

Nesse contexto, a *smart grid* faz uso de dispositivos inteligentes que geram grandes quantidades de dados (QURESHI; HUSSAIN; JEON, 2020). A computação em nuvem é uma tecnologia que armazena, monitora e controla remotamente quaisquer quantidade de dados (KULKARNI; LALITHA; DEOKAR, 2019), e aparece como uma alternativa a gestão de grande quantidade de dados. É um modelo no qual recursos de computação, como servidores, armazenamento, dados e aplicativos, são fornecidos aos usuários como serviços que podem ser usados e liberados rapidamente (YANG, Chao; MING, 2021). Como a computação em nuvem possui características flexíveis e escaláveis, também pode ser aplicada em cenários de *smart grid* (DILEEP, 2020), e por isso, os consumidores necessitam de sistemas que gerenciem e analisem grandes quantidades de dados para o gerenciamento de energia (YASSINE *et al.*, 2019).

A Smart Energy (SE) ou Energy Cloud (EC) é uma opção que atende aos requisitos de gerenciamento de energia com uso de dados por meio da computação em nuvem. A SE pode ser descrita como uma plataforma de gestão de energia, baseada em aspectos técnicos e econômicos, que possibilita a integração de fontes renováveis de energia à rede por meio de tecnologias como microrredes, medidores inteligentes, instalações de armazenamento, Internet das Coisas (IoT), nuvem e Big Data (GIORDANO, Andrea *et al.*, 2019). Assim, a SE conecta diferentes usuários e coordena o uso de energia conforme consumo e geração, podendo ainda

ajustar a capacidade ótima de armazenamento (LI, S. *et al.*, 2019). As partes interessadas podem interagir diretamente, sem supervisão centralizada ou intervenção de terceiros, e vendedores e compradores irão negociar livremente por meio de uma plataforma (BEN ABDELJAWED; AMRAOUI, 2021). Esse modelo de gestão de energia baseado na nuvem pode ser implementado em diferentes tipos de ambientes como comunidades de microrredes, plantas de energia virtuais, hubs de energia, grupos de comunidades de prosumidores, sistemas de energia em comunidade e sistemas de energia em comunidade integrados (GIORDANO, Andrea *et al.*, 2019). A SE pode ser considerada como uma modalidade de gestão de energia com a melhor configuração sistêmica, pois propicia a maior flexibilidade e dinamicidade possível aos usuários (LEITHON; WERNER; KOIVUNEN, 2020).

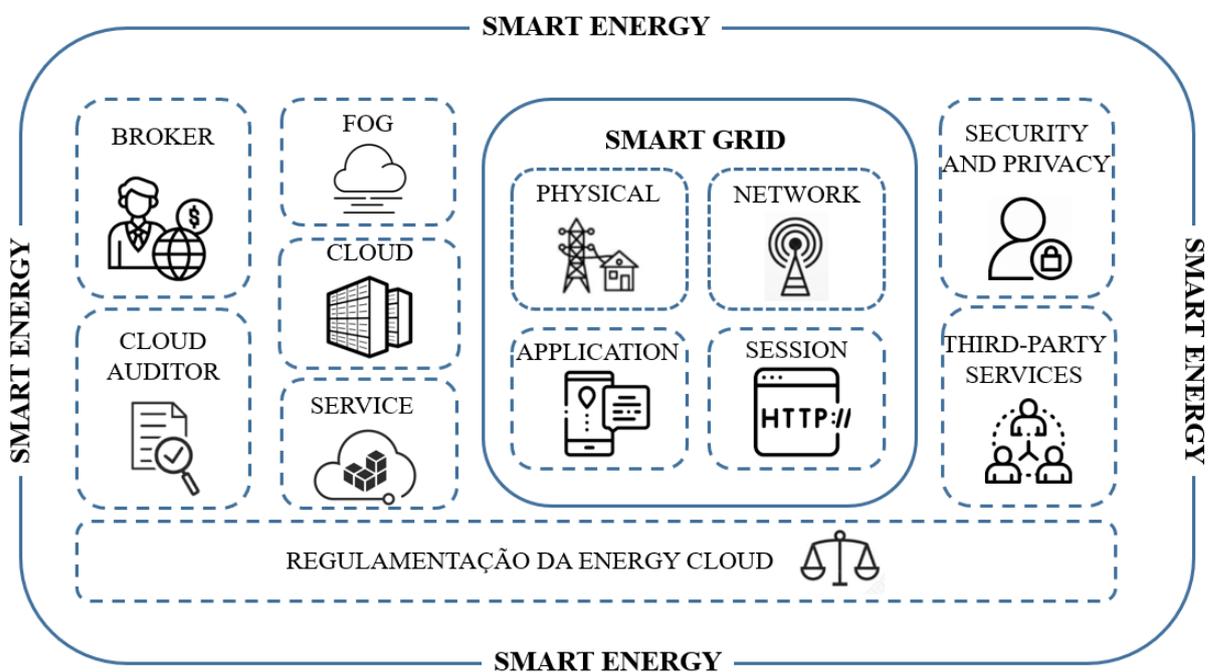
Além disso, os veículos elétricos estão provocando mudanças na forma de consumir energia e já estão contribuindo para a consolidação da SE. Isso porque realizam solicitações de carregamento por meio de plataformas em nuvem, que analisam e processam essas solicitações, e recomendam locais de carregamento conforme localização (LI; HAN; TANG, 2020). Esses veículos necessitam de proteção e segurança contra invasores, vírus e *malwares* indesejados (MOHAMMADI; MOHASEFI, 2022), e a SE é capaz de atender a essa necessidade. Os sistemas de armazenamento de energia elétrica são outro vetor que contribui para o desenvolvimento da SE. O armazenamento de energia oferece flexibilidade para a geração de energia moderna e pode ser caracterizado como um facilitador chave das redes inteligentes (LAMNATOU; CHEMISANA; CRISTOFARI, 2022).

A SE possui um layout estruturado em treze camadas, sendo elas: a camada Physical, que compreende as estruturas em geral (para geração, transmissão, distribuição, armazenamento e consumo); a camada Fog, que faz a concentração e preparação dos dados recebidos dos dispositivos IoT para enviar para a nuvem; a camada Network, que inclui todas as redes de comunicação; na camada Cloud, encontra-se o armazenamento e o gerenciamento de dados; na camada Service, é feito o processamento dos dados; a camada Session, que faz a intermediação das solicitações dos usuários por serviços; Application, que são os painéis e sistemas de gerenciamento de energia; a camada Broker, que é responsável pelos serviços do mercado de energia; Security and Privacy aborda a segurança dos dados; Third-Party Services contempla os serviços terceirizados; a camada Cloud Auditor faz as auditorias de segurança, de impacto de privacidade e auditorias de desempenho; e por fim, a camada Regulation é responsável pela regulamentação de todo sistema (SCHAEFER, J.L. *et al.*, 2020, CARVALHO *et al.*, 2021).

É importante ressaltar onde a *smart grid* está identificada dentro das camadas da SE,

por isso, a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** esboça essa relação. Dessa forma, quatro camadas principais são englobadas pelas *smart grid*, são elas: *physical*, pois abrange as estruturas responsáveis por toda a geração e distribuição de energia; e considerando a comunicação digital e transmissão de dados envolvida na *smart grid*, a camada *network* também entra aqui; a camada *session*, pois faz a intermediação das solicitações dos usuários para a camada *application*, que também é englobada pela *smart grid*. Portanto, a *smart grid* em conjunto com as outras três camadas principais e os blocos de suporte, são englobadas pela Smart Energy.

Figura 1 - Relação entre *Smart Grid* e Smart Energy



Existem na literatura outros termos que fazem referência a esses sistemas de gestão de energia, como: Cloud-based Energy Management Systems (GOVINDARAJAN; MEIKANDASIVAM; VIJAYAKUMAR, 2019), Internet of Energy (IoE) (MOHAMMADIAN, 2019), Energy Management-as-a-Service (CHEN; CHANG, 2015; FARUQUE; VATANPARVAR, 2016), Energy 4.0 (KLUCZEK, ŽEGLEŃ; MATUŠÍKOVÁ, 2021), Energy Cloud 4.0 (LAWRENCE et al., 2018), Transactive Energy (ZAMANI; PARSA MOGHADDAM; HAGHIFAM, 2022), entre outros. Na presente pesquisa, o sistema de gerenciamento de energia baseado na nuvem foi chamado de Energy Cloud ou Smart Energy, tendo em vista que são os termos mais populares no meio acadêmico e científico.

A rápida evolução dos sistemas de energia por meio da integração de tecnologias com-

putacionais, mostra a necessidade de maior agilidade no estabelecimento e adaptação de aspectos regulatórios (SCHAEFER, J.L. *et al.*, 2020). Por isso, existe a necessidade de modificar os marcos regulatórios no mundo inteiro para se adaptar à inserção da energia gerada por fontes renováveis e distribuídas (GIORDANO, Andrea *et al.*, 2019). Nesse viés de inovação energética, governos e formuladores de políticas são incentivados a assumir um papel de liderança na implementação de políticas que auxiliem na inserção de energias renováveis em mercados mais flexíveis e dinâmicos (BISHOGE; KOMBE; MVILE, 2020). A rápida evolução do desenvolvimento tecnológico contrasta com a falta de avanço dos marcos regulatórios, especialmente no contexto brasileiro. A presente pesquisa foi conduzida no Brasil, embasada no cenário regulatório do país, mas pode ser utilizada como referência também em outros países.

Considerando essas mudanças no setor elétrico, as empresas de energia precisam adotar modelos de negócio inovadores, e é com base nisso que as regulamentações precisam acompanhar tal caminhada de evolução. Esse cenário de evolução tecnológica em conjunto com o contexto regulatório, vem apresentando sinalizações positivas para a expansão da SE (CARMICHAEL *et al.*, 2021). Existem ferramentas que podem auxiliar na compreensão e desenvolvimento regulatório desse modelo de gestão de energia baseado em nuvem, como ferramentas diagnósticas e framework que aborde todo o cenário. A ferramenta de diagnóstico serve para auxiliar as empresas a manterem o desempenho de forma proativa (ABOKERSH *et al.*, 2021) descrevendo um roteiro para os profissionais, facilitando a identificação, integração, medição de desempenho e melhoria de parâmetros estabelecidos (BASTAS; LIYANAGE, 2019). Portanto, o estudo do contexto regulatório energético, considerando essas evoluções que se encaminham para um contexto de Smart Energy, pode oferecer suporte para órgãos reguladores e assim benefícios para a sociedade. Por isso, as seguintes questões de pesquisa norteiam essa tese:

- a) Quais são os possíveis aspectos regulatórios relacionados aos fatores técnicos, econômicos e ambientais que podem influenciar o desenvolvimento e a difusão da Smart Energy?
- b) Quais são os atores e processos que compõem a regulamentação dos sistemas energéticos e como esses se relacionam?
- c) Quais os fatores que afetam a criação de políticas de desenvolvimento e adoção da Smart Energy?
- d) Quais são as ações norteadoras para auxiliar na transição para o cenário de regulamentação da Smart Energy?
- e) Como estruturar um framework que apresente o cenário de regulamentação de energia

com oportunidades para a implementação da Smart Energy?

Assim, a presente tese visa, por meio do aprofundamento dessas questões de pesquisa, ampliar o estado atual do conhecimento sobre a temática e propor direcionamentos para órgãos reguladores de energia, de modo a contribuir com o desenvolvimento e evolução do ambiente de SE. Dessa forma, assume-se que existem fatores que interferem no processo de regulamentação da SE. Esses fatores devem ser observados pelos diferentes atores desse processo, para que sejam identificados os efeitos indesejados que causam atraso no desenvolvimento da SE e assim propor melhorias.

1.1 TEMA E OBJETIVOS

O tema de pesquisa desta tese é o cenário regulatório de ambientes de SE e como desenvolver esse cenário. Tendo em vista a atual transformação global no cenário de energia, caminha-se para uma distribuição de energia bilateral, com mudanças em toda a cadeia do setor. Por isso, existe a necessidade da realização de pesquisas que abordem estratégias focadas em mudanças no âmbito regulatório da cadeia energética, considerando a direção para um ecossistema de energia cada vez mais móvel e distribuído. Portanto, o objetivo geral desta tese é propor um framework para o cenário de regulamentação da Smart Energy que possa auxiliar os órgãos reguladores de energia no processo de transição para esse modelo. Para isso, os seguintes objetivos específicos foram definidos para alcançar o objetivo geral:

- a) identificar regulamentações técnicas, econômicas e ambientais para a gestão de SE, e contrastar o que existe ou é proposto na literatura com as prováveis necessidades futuras;
- b) mapear os atores e processos da regulamentação dos sistemas energéticos, estabelecer as relações entre ambos, e traçar as diretrizes para o estabelecimento e/ou modificação de políticas, leis e regulamentos relativos à transição dos sistemas de energia para a SE;
- c) identificar os fatores que interferem no processo regulatório do setor de energia;
- d) propor ações norteadoras para o cenário regulatório de energia atual direcionado para a Smart Energy;
- e) estruturar um framework acerca do cenário regulatório de energia com oportunidades para a implementação da EC.

1.2 JUSTIFICATIVA

Vários fatores estão impulsionando o desenvolvimento de uma arquitetura de gestão de energia baseada em nuvem. A propagação dos recursos distribuídos, de dispositivos de armazenamento de energia com recursos renováveis controláveis, dos avanços na infraestrutura de telecomunicações, e ainda de esquemas de controle automatizado, estão criando novas oportunidades para aumentar a flexibilidade dos sistemas de energia (OIKONOMOU; PARVANIA; KHATAMI, 2020). A autonomia do consumidor é outra questão que acarreta na maior flexibilidade desses sistemas. Uma maior autonomia energética pode levar a sistemas de energia mais descentralizados, menores custos de transmissão, permite que os usuários participem de um conjunto mais amplo de atividades dentro da cadeia de valor em comparação com a geração centralizada, participando das decisões sobre escolhas tecnológicas, expansão e financiamento (JUNTUNEN; MARTISKAINEN, 2021). Existe também a possibilidade de geração de renda para os consumidores a partir da venda do excedente de energia (GÖRGÜLÜ *et al.*, 2022).

Além disso, a geração distribuída de energia de fontes renováveis, os veículos elétricos e os sistemas de armazenamento de energia elétrica, são outros vetores que estão impulsionando o desenvolvimento da EC. A substituição dos veículos convencionais por veículos elétricos movidos a eletricidade renovável, é um dos pilares da descarbonização dos transportes. (MANGIPINTO *et al.*, 2022). Esses recursos citados, em conjunto com o desenvolvimento tecnológico relacionado ao armazenamento de energia, bem como a evolução das tecnologias da Indústria 4.0, permitem o gerenciamento de energia em um ambiente de computação em nuvem (CARVALHO, Patrícia Stefan *et al.*, 2021).

A EC conecta os usuários para que possam gerenciar sua energia por meio das plataformas digitais (CARVALHO, Patrícia Stefan *et al.*, 2021) e permite a integração dinâmica de diferentes tecnologias em um ambiente de rede inteligente (SCHAEFER *et al.*, 2020). Por isso que a EC suporta essa transição energética, tendo em vista que oferece condições técnicas e econômicas para apoiar a geração distribuída de energia e ativar programas locais de atendimento à demanda (GIORDANO *et al.*, 2019). Compreender esse modelo é uma necessidade, visto que a EC é um modelo de gestão que contempla a compra, venda, troca, armazenamento e consumo de energia, se apresentando como uma demanda presente e futura.

Apesar do termo Smart Energy ser recente, é evidente que o cenário energético está em transformação, onde vem apresentando característica cada vez mais limpa, móvel, inteligente e distribuída. Considerando esse panorama, sabe-se que um sistema de controle integrado em várias escalas de redes de energia capaz de monitorar, avaliar e gerenciar esses sistemas em tempo real (TALAAT *et al.*, 2020) vem para contribuir com a sociedade em diferentes panoramas. Isso porque a EC promove a sustentabilidade por meio do uso mais eficiente dos recursos

energéticos, reduz custos, através do uso de tecnologias inteligentes para monitoramento preciso do consumo, melhora a confiabilidade do fornecimento de energia, envolve os consumidores e impulsiona a inovação, resultando em benefícios econômicos, ambientais e sociais para a sociedade. Com isso, o sistema elétrico, incluindo usuários da rede, produtores, operadores, participantes do mercado ou partes interessadas no setor de energia, vem passando por uma fase de transição (KERSCHER; ARBOLEYA, 2022). Em vista disso, as regulamentações relacionadas ao uso de energia também devem passar por transformações.

Governos e formuladores de políticas são incentivados a liderar a inserção de energias renováveis em mercados mais flexíveis e dinâmicos, por meio de políticas, leis e recomendações que ajudem a superar os desafios relacionados à essas questões (BISHOGE; KOMBE; MVILE, 2020). Essas políticas devem ser formuladas e implementadas de modo que garantam a segurança energética e minimizem os efeitos negativos sobre o meio ambiente (DAHALL; JUHOLA; NIEMELÄ, 2018). Portanto, adequar os órgãos regulatórios de energia à uma gestão que segue os preceitos da EC é fundamental para o funcionamento dessa transformação energética. Tendo em vista que a regulamentação terá uma contribuição significativa na caminhada para novas tecnologias relacionadas à geração, distribuição, armazenamento e consumo de energia (CARVALHO, Patrícia Stefan *et al.*, 2021). O desafio dessa transição, é como essas políticas podem ser adotadas e implementadas de forma mais ampla entre um maior número e diversidade de governos (ARMSTRONG, 2019). É necessária uma estrutura para que o governo e o operador de mercado possam quantificar o benefício associado à participação do lado da demanda, permitindo o desenvolvimento de políticas que promovam a participação agregada de prosumidores (XIAO *et al.*, 2020).

É importante ressaltar que existe uma regulamentação consistente quanto à geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica por órgãos reguladores em todo o mundo. Porém, não existe um órgão regulamentador e ações que se destinem a uma rede de distribuição e comércio bilateral de energia, que faça uso de infraestrutura digitalizada e tratamento de dados por meio do Big Data. Assim, é necessária uma regulamentação capaz de reger, capitalizar e atender os interesses dos modelos de negócio de empresas, concessionárias e consumidores. Nesse sentido, uma pesquisa com foco na apresentação dos aspectos regulatórios acerca de todo o cenário desse sistema é de grande importância. Dito isso, as propostas apresentadas na presente tese, como a proposta de um diagnóstico e framework desse cenário, irão contribuir como uma oportunidade para o amadurecimento e implementação dos ambientes da EC, contribuindo também com pesquisas futuras por meio do aprimoramento desta, e com organizações e atores do sistema.

1.3 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Depois de definidas as questões de pesquisa, os objetivos e apresentada a justificativa e relevância da tese, esta seção traz o delineamento do estudo. Inicialmente, o método de pesquisa contendo os aspectos metodológicos é apresentado, e após isso, o método de trabalho, que aborda a forma com que a presente tese foi estruturada.

1.3.1 Método de pesquisa

Uma pesquisa é caracterizada por métodos científicos que compreendem atividades sistemáticas e racionais para produzir conhecimentos válidos e verdadeiros (MARCONI; LAKATOS, 2019), e assim, traçam de modo ordenado a forma com que o cientista irá proceder ao longo de um percurso para alcançar um objetivo preestabelecido (PEREIRA, 2019). A Figura 2 contempla as informações referentes aos aspectos metodológicos da presente tese.

Figura 2 - Aspectos metodológicos da pesquisa

Aspectos metodológicos				
Natureza	Objetivos	Método científico	Abordagem	Procedimentos Técnicos
Aplicada	Exploratório	Indutivo	Qualitativa	Pesquisa bibliográfica Pesquisa documental Levantamento Estudo de caso

Essa pesquisa possui natureza aplicada, visto que faz o uso de pesquisas básicas anteriormente realizadas (CASARIN; CASARIN, 2012). Quanto aos seus objetivos, é exploratório, uma vez que envolve levantamento bibliográfico e entrevistas com especialistas da área a respeito do processo regulatório de energia (GIL, 2018). O ambiente regulatório de energia com ênfase na EC, incluindo políticas, processos, atores e fatores, foi mapeado, e esse compilado de informações gerais irá servir como base para um objetivo maior. Dito isso, o método científico utilizado na pesquisa é o indutivo, considerando que o mesmo possibilita a extensão do conhecimento a partir de um caso particular, para chegar à proposição geral (SANTOS; PARRA FILHO, 2011). A abordagem caracteriza-se como qualitativa, pois envolve revisões sistemáticas da literatura e análises descritivas de entrevistas, e assim estuda fenômenos que não podem

ser quantificados ao procurar compreender a dinâmica das relações do objeto pesquisado (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

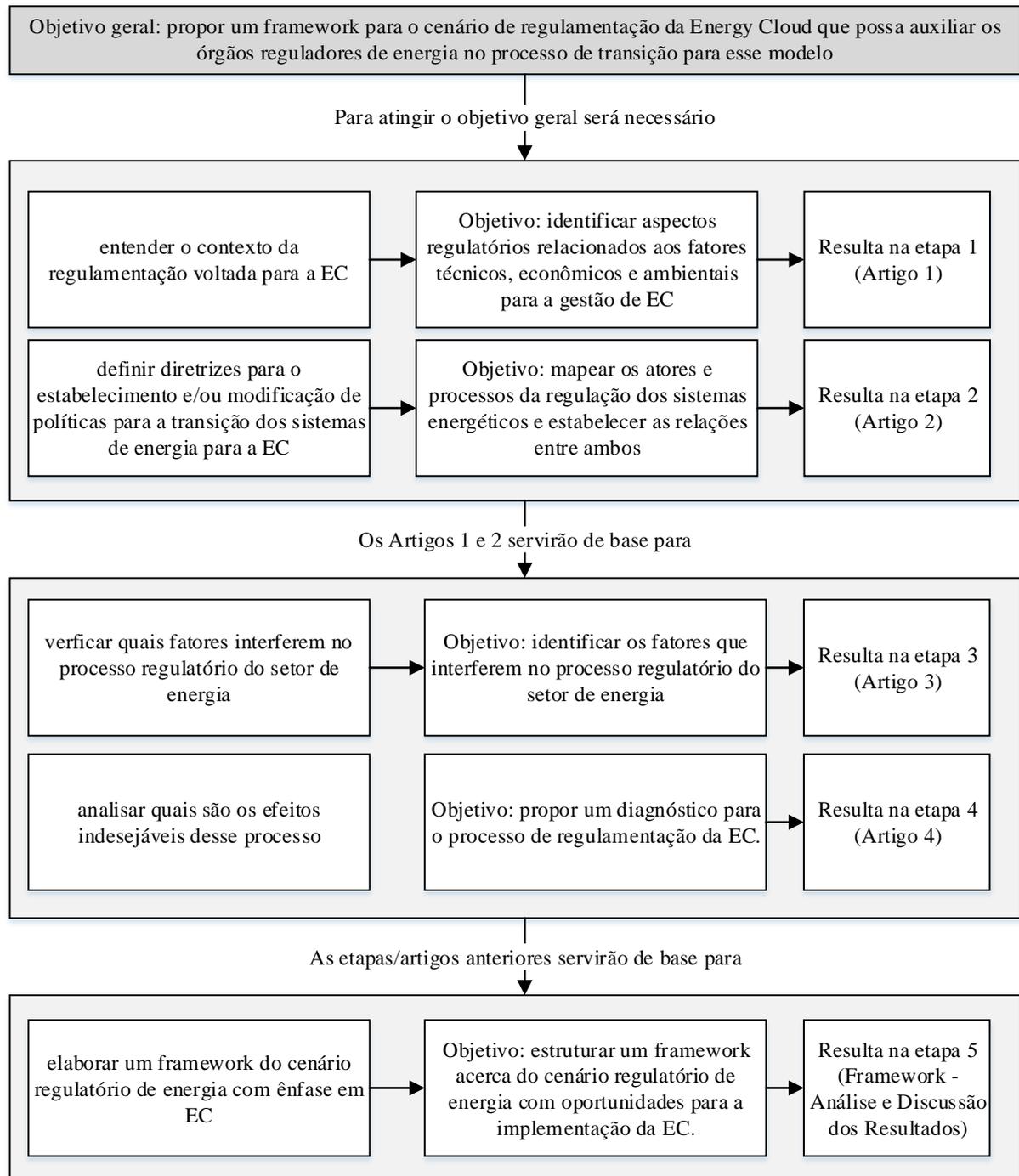
Os procedimentos técnicos usados na pesquisa são a pesquisa bibliográfica, ao passo que para sua elaboração foram usados materiais já publicados, como livros e artigos (FARRIAS FILHO; ARRUDA FILHO, 2015). Também fará uso da pesquisa documental, pois irá trabalhar com material que ainda não recebeu um tratamento analítico e poderá receber esse tratamento pelo pesquisar, uma vez que a pesquisa contempla o estudo sobre a regulamentação de energia com foco em EC, podendo passar por alterações. E ainda, fará uso da técnica de levantamento e estudo de caso. O levantamento está presente na coleta de informações por meio das entrevistas, onde será feita uma análise aprofundada dos fatos, e também do uso de grupo focal, para colher opiniões de um grupo, por meio da comunicação e interação dos integrantes desse grupo previamente escolhido (LOZADA; NUNES, 2018). A técnica de estudo de caso se dá ao passo que será feito um estudo profundo e exaustivo dos objetos para permitir um amplo e detalhado conhecimento (FARRIAS FILHO; ARRUDA FILHO, 2015).

1.3.2 Método de trabalho

Essa tese consiste em realizar um framework para o cenário de regulamentação da Energy Cloud que possa auxiliar os órgãos reguladores de energia no processo de transição para esse ambiente. Para atender a esse objetivo, cinco etapas são abordadas. Cada etapa contempla um objetivo específico e contém seu próprio método de trabalho. A

Figura 3 resume essa relação entre objetivos e etapas, exibindo como a tese foi estruturada.

Figura 3 - Estrutura da Pesquisa



O Artigo 1 identifica uma série de regulamentações técnicas, econômicas e ambientais para a gestão de EC, explanando o que já existe ou é proposto na literatura em termos de regulamentação para esse cenário e quais são as prováveis necessidades futuras. O Artigo 2 apresenta em seu escopo o levantamento dos processos e atores da regulamentação dos sistemas energéticos e estabelece as relações entre ambos, com o fim de entender e analisar quem faz parte desse sistema. Assim, um artigo complementa e serve como base para o outro. Os dois primeiros estudos são análises preliminares que servem para entender o contexto regulatório

com ênfase na EC, e para analisar como poderiam ser traçadas diretrizes para essa transição energética. Após entender esse cenário, ambos os estudos auxiliam no desenvolvimento do terceiro e quarto artigos.

No Artigo 3, são constatados quais são os fatores que interferem no processo regulatório do setor de energia e assim compreender quais são as barreiras para essa transição regulatória, sendo que posteriormente esses dados irão embasar um instrumento de pesquisa para o quarto artigo. O Artigo 4 contempla a realização de um diagnóstico para o processo de regulamentação da EC por meio da Árvore da Realidade Atual (ARA). Um instrumento de pesquisa é aplicado a especialistas da área com o objetivo de compreender por que os fatores elencados no Artigo 3 são considerados barreiras para esse processo. Além disso, mais fatores sob a perspectiva desses atores foram coletados, a ARA foi construída e validada por meio de um grupo focal, onde foi possível analisar quais as causas que atrasam esse cenário e oportunidades para os reguladores foram identificadas.

Os artigos ou etapas 1,2, 3 e 4 serviram de embasamento para a etapa 5, pois contempla um framework acerca de todo cenário regulatório da EC. A

Figura 4 aborda a caracterização dos artigos e etapas propostos que compõem a tese.

Figura 4 - Caracterização das etapas

Etapas	Objetivos	Questão de pesquisa	Método de pesquisa	Contribuições
Etapa 1 (Artigo 1)	Identificar regulamentações técnicas, econômicas e ambientais para a gestão de EC.	Como regular as sete camadas da Energy Cloud dando mais autonomia aos usuários da rede elétrica?	Revisão sistemática da literatura.	Foi contrastado o que é proposto na literatura com as prováveis necessidades futuras, onde 72 sugestões de regulamentações foram sugeridas. Foi possível analisar quais são as fragilidades desse ambiente de gestão de energia, sendo sugerida um quinto bloco de apoio para EC, a Regulamentação.
Etapa 2 (Artigo 2)	Mapear os processos e atores da regulamentação dos sistemas energéticos, estabelecer as relações entre ambos, e traçar as diretrizes para o estabelecimento de políticas para a transição dos sistemas de energia para a EC	Como mapear o processo regulatório do setor de energia?	Revisão sistemática da literatura e Algoritmo Apriori.	Foram identificados 28 processos regulatórios (delineados e apresentados por meio de um mapa mental) e 24 atores que compõem esses processos. O algoritmo Apriori estabeleceu as relações entre os dados. O artigo traz uma discussão detalhada por meio das relações dos dados apresentados, contribuindo para a elaboração de uma estrutura regulatória que considere a difusão da EC por meio da adaptação do esquema processual apresentado nesse estudo.
Etapa 3 (Artigo 3)	Verificar quais são os fatores que interferem no processo regulatório do setor de energia.	Quais são os fatores que interferem no processo regulatório para um ambiente de Energy Cloud?	Revisão sistemática da literatura.	O processo de revisão da literatura deste trabalho permitiu elencar e detalhar quais são os fatores que interferem e atrasam a implementação de um contexto regulatório para a Energy Cloud. Além disso, esses dados serviram como base para um instrumento de pesquisa aplicado no próximo estudo.
Etapa 4 (Artigo 4)	Propor um diagnóstico para o processo de regulamentação da EC.	Como desenvolver um diagnóstico para auxiliar no desenvolvimento e propagação de políticas voltadas à EC?	Entrevistas semiestruturadas e ferramenta Árvore da Realidade Atual (ARA).	Foram identificadas as causas básicas que afetam o ecossistema de regulamentação de EC. Essas causas básicas limitam o desenvolvimento e propagação desse ambiente, sendo que a caracterização das mesmas possibilitou o desenvolvimento de planos de ação, onde 38 ações foram sugeridas e discutidas.
Etapa 5	Estruturar um framework acerca do cenário regulatório da EC.	Como estruturar um framework do cenário de regulamentação de energia com oportunidades para a implementação da EC?	Framework	Esse framework serve de auxílio na gestão do ambiente regulatório da EC, pois representa todo o cenário acerca do tema, como processos principais, processos secundários, atores, ações e oportunidades regulatórias, servindo como oportunidade para a implantação desse ambiente dinâmico.

O Artigo 1 – “Proposta de uma nova camada para o gerenciamento de nuvem de energia: a camada regulamentação”, apresentou uma compilação de aspectos relacionados às regulamentações técnicas, econômicas e ambientais que podem influenciar o desenvolvimento e a difusão da EC. Portanto, 72 sugestões de regulamentações foram apresentadas. Os regulamentos sugeridos incluem políticas para lidar com serviços de névoa, algoritmos para tráfego de rede e transmissão de dados, soluções para eficiência energética e armazenamento em data centers, algoritmos para processamento de dados, sugestões para interfaces de usuário, regras para preços e compra e venda de serviços na nuvem e mercado de energia, algoritmos e protocolos para segurança e privacidade de dados e políticas para serviços terceirizados. Nesse sentido, visto que a EC possui camadas e blocos de apoio conforme apresentado por SCHAEFER et al. (2020), nessa pesquisa foi sugerida mais uma camada para o cenário de gestão da EC, o quinto

bloco de apoio, denominado Regulamentação.

O Artigo 2 – “Mapeamento de atores regulatórios e processos relacionados a ambientes de gerenciamento de energia baseados em nuvem usando o algoritmo Apriori”, por meio de uma revisão sistemática da literatura, possibilitou elencar 24 atores e 28 processos que compõem o cenário regulatório de energia, dando ênfase à EC. Esses dados foram trabalhados utilizando o algoritmo Apriori, que estabeleceu a rede de relações entre essas informações. Conforme os resultados do artigo, 18 processos e 16 atores alcançaram relevância por meio das regras Apriori e apareceram nas redes de relacionamento. Assim, foi possível discutir as relações e analisar as informações mais relevantes no contexto regulatório dos sistemas energéticos, traçando as diretrizes para o estabelecimento ou modificação de políticas, leis e regulamentos relacionados com a transição dos sistemas de gestão de energia para a EC.

No Artigo 3 – “Estudo dos fatores que interferem no processo regulatório de energia com ênfase em Energy Cloud” foram elencados e apresentados em uma estrutura hierárquica, 7 Pontos de Vista Fundamentais (PVF) (fatores econômicos/socioeconômicos, fatores pessoais ou socioculturais, fatores de disponibilidade, fatores institucionais e de mercado, fatores de infraestrutura regulatória, fatores externos e de informação e fatores de ideologia embutida na regulamentação) e 29 Fatores Críticos de Sucesso (FCS) que interferem no processo regulatório de energia. Esses fatores foram descritos em seções que detalham como afetam esse processo e porque são barreiras para a difusão da EC. Visto que esse é um modelo novo de gestão de energia, um estudo que evidencie como esses fatores atrasam o processo regulatório com viés para EC é necessário, uma vez que isso traz contribuições na tomada de decisão futura.

No Artigo 4 – “Diagnóstico do cenário regulatório de energia com ênfase em Smart Energy” foram identificadas as causas básicas que afetam e limitam o cenário de regulamentação de energia voltado à EC. Para isso, foi utilizado um instrumento de pesquisa que teve como base os fatores elencados no Artigo 3. Esse instrumento teve 23 questões abertas e possibilitou a coleta de informações e opiniões de 21 especialistas e atores do meio regulatório de energia. Assim, possuiu duas fontes de dados, sendo o que foi explorado em documentos da revisão sistemática da literatura (Artigo 3) e o que foi coletado em entrevistas com especialistas da área. A partir dessa coleta, por meio da elaboração da Árvore da Realidade Atual (ARA), foram identificados os efeitos indesejáveis (EIs) e as causas básicas que limitam o desenvolvimento e propagação das energias renováveis direcionadas ao ambiente descentralizado e autônomo da Energy Cloud. A ARA foi validada por especialistas através de grupos focais. A caracterização das causas básicas possibilitou o desenvolvimento de planos de ação, onde 38 ações ou oportunidades foram sugeridas.

A etapa 5 consiste no fechamento da pesquisa e apresenta um framework para o processo de regulamentação da Smart Energy. Esse framework, teve como base os resultados dos artigos anteriores, e por isso considera todo o contexto acerca do tema. Contempla o papel de todos os envolvidos no processo regulatório e aborda estratégias e oportunidades para o desenvolvimento desse cenário. Esse estudo teve contribuições acadêmicas por auxiliar a expandir o tema. Sob o ponto de vista prático, essa pesquisa apresenta contribuições ao compilar oportunidades para ampliar as capacidades dos atores envolvidos no processo regulatório da EC, auxiliando na gestão para implementação desse ambiente e assim contribuindo com o desenvolvimento e evolução do processo de regulamentação.

1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Algumas delimitações foram estabelecidas para o desenvolvimento dessa tese. Sabe-se que existe um órgão regulatório de energia no mundo todo, porém nessa pesquisa, foi considerado o contexto de regulamentação de energia direcionado a um cenário de Energy Cloud. Em vista disso, o primeiro artigo da tese se comprometeu em compilar aspectos relacionados às regulamentações técnicas, econômicas e ambientais que poderiam ser usadas em cada camada da EC, sem se preocupar com a estruturação de um roteiro com os caminhos que os órgãos reguladores deveriam seguir para implementar os aspectos regulatórios relativos ao desenvolvimento da EC.

O segundo artigo limitou-se a uma pesquisa nas bases de dados no período de tempo de 10 anos até o presente momento, considerando que a temática é nova e artigos anteriores a esse momento não teriam forte relevância no embasamento dos resultados. O terceiro artigo consiste em apresentar os fatores que interferem no processo regulatório de energia. Esses fatores foram retirados de uma revisão sistemática da literatura, e não foi considerada a opinião de especialistas. O quarto artigo e a quinta etapa concentram-se em apresentar uma ferramenta diagnóstica e um framework para o ambiente de energia baseado na nuvem. Nessas etapas, não foi estudado e contextualizado o atual arranjo regulatório relacionado ao tema.

1.5 ESTRUTURA DA TESE

Esta tese contempla sete capítulos principais. O primeiro, é o capítulo introdutório, o qual apresenta as questões de pesquisa e objetivos da tese, além da justificativa da relevância

da pesquisa sob os pontos de vista acadêmico e prático. Além disso, apresenta também os métodos de pesquisa e de trabalho, apresentando como o estudo será desenvolvido, e ainda, as delimitações e estrutura da tese.

O segundo capítulo apresenta o primeiro artigo proposto, que consiste em elencar uma série de possíveis regulamentações técnicas, econômicas e ambientais para a Energy Cloud, onde 72 sugestões foram apresentadas. O terceiro capítulo contempla o segundo artigo da tese, onde foram levantados os atores e processos que compõem o contexto regulatório de energia, analisando como essas informações se relacionam na cadeira regulatória.

O quarto capítulo compreende o Artigo 3, onde 7 Pontos de Vista Fundamentais e 29 Fatores Críticos de Sucesso que interferem no processo regulatório de energia são apresentados e discutidos. O quinto capítulo aborda o Artigo 4, que contribui com a identificação das causas básicas que afetam e limitam o processo de regulamentação de energia voltado à EC e a sugestão de ações ou oportunidades para o cenário.

O sexto capítulo abrange a quinta etapa que consiste na apresentação do framework sobre o cenário regulatório da EC. O sétimo capítulo aborda as considerações finais da tese, englobando os resultados obtidos sob as perspectivas acadêmica e prática e evidenciando as limitações e os direcionamentos para pesquisas futuras.

2 ARTIGO 1 - PROPOSTA DE UMA NOVA CAMADA PARA O GERENCIAMENTO DE NUVEM DE ENERGIA: A CAMADA REGULATÓRIA

Patrícia Stefan de Carvalho

Julio Cezar Mairesse Siluk

Jones Luís Schaefer

José Renes Pinheiro

Paulo Smith Schneider

Uma versão deste artigo foi publicada em 21/01/2021 no periódico *IEEE International Journal of Energy Research* (Qualis A2; Fator de Impacto: 5.164; Percentil Scopus: 90%).

Resumo: A matriz energética global vem se transformando nos últimos anos e hoje caminha para uma forma descentralizada de gestão para a geração de energia limpa em todo o mundo. Com isso, novas formas de gestão para o ambiente energético têm surgido, sendo a Energy Cloud (EC), por meio da computação em nuvem, uma dessas tendências que busca otimizar o processo de geração, distribuição, armazenamento e consumo de energia, tornando a mercado de energia mais flexível e dinâmico. Diante dessas motivações, o objetivo deste artigo é discutir a proposta de uma série de normas técnicas, econômicas e ambientais para o gerenciamento de energia em um ambiente de computação em nuvem. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática para identificar essas sugestões regulatórias, onde através da leitura e análise de 121 artigos, 72 sugestões foram extraídas e classificadas de acordo com as camadas e blocos de apoio à gestão do ambiente de gestão da EC. Além disso, essas políticas foram agrupadas de acordo com sua abordagem em fatores técnicos, econômicos e ambientais para identificar o que já foi proposto pelos autores da academia e quais são as deficiências regulatórias para a EC. Essas sugestões regulatórias podem ser usadas por formuladores de políticas, pesquisadores e gestores desse ambiente inovador de gestão de energia, que é a EC.

Palavras-chave: Nuvem de energia. Gerenciamento de energia. Regulamento da Nuvem de Energia. Política de nuvem de energia. Computação em nuvem.

2.1 INTRODUÇÃO

As necessidades de energia deste século estão aumentando muito rapidamente devido ao crescimento populacional nas sociedades (BABAR; TARIQ; JAN, 2020) e, dessa forma, as empresas de energia, que controlam a rede elétrica, precisam produzir energia para mais de 7,53 bilhões de pessoas em todo o mundo (AHMAD, T.; ZHANG; YAN, 2020). O processo de produção de energia ainda depende de fontes convencionais e isso levanta preocupações climáticas mais sérias (AHMAD, T.; ZHANG; YAN, 2020). Assim, o aquecimento global e o aumento do uso de energia proveniente de combustíveis fósseis têm levado ao desenvolvimento de novas tecnologias baseadas em fontes renováveis e naturais (DE CARVALHO; NORA; DA ROSA, 2020). Nesse sentido, a *smart grid* vem para lidar com a complexidade da rede elétrica e o aumento da demanda (SIVAPRAGASH; THILAGA; SURESH KUMAR, 2012). Portanto, o crescimento dessas tecnologias de informação tem levado o setor de energia a adotar medidas inovadoras para fazer negócios (RADENKOVIĆ et al., 2020) com base em novos comportamentos de consumidores (PERRI; GIGLIO; CORVELLO, 2020). Aqui, as *smart grids* monitoram e gerenciam o fluxo físico e de informações de uma cidade (WANG et al., 2019), permitindo que as residências participem do mercado de energia por meio do uso inteligente de seus dispositivos (RADENKOVIĆ et al., 2020). Essas *smart grids* podem ser acessadas por meio de serviços em nuvem (SURESH KUMAR; SIVAPRAGASH, 2016).

Devido ao amplo monitoramento, medição e controle, uma grande quantidade de dados é gerada (SIVAPRAGASH et al., 2019). No entanto, armazenamento, análise em tempo real e otimização de uma grande quantidade de dados são tarefas não triviais para concessionárias de eletricidade tradicionais (MA et al., 2018). Assim, a computação em nuvem é usada em *smart grids* para resolver a questão do gerenciamento de grandes informações (MA et al., 2018), e com a ajuda de técnicas de processamento computacional, é capaz de obter insights para atingir o gerenciamento dessas informações por meio da descoberta de padrões (MORAES et al., 2019), apoiando uma tomada de decisão mais eficaz e eficiente (ZHOU; FU; YANG, 2016).

Nesse quadro, sabe-se que o setor de energia está em uma fase de transição com foco em metas de sustentabilidade e eficiência, além de investimentos em inovação tecnológica que tem levado a uma revolução na cadeia de valor e ao surgimento de novas produções de energia (CORSINI et al., 2019). Na realidade, não existe um sistema de controle integrado em várias escalas de redes de energia capaz de monitorar, avaliar, operar, controlar e gerenciar esses sistemas em tempo real (TALAAT et al., 2020). Nesse contexto, o paradigma Cloud (BRUNEO; LONGO; PULIAFITO, 2011) é capaz de armazenar uma enorme quantidade de informações

(KUMAR; CHIDAMBARAM, 2014) e, em conjunto com a Internet das Coisas (IoT) e técnicas de gestão de energia, garante aos usuários autonomia no monitoramento e controle de sua energia. Nesse sentido, é apresentada a Energy Cloud (EC).

Portanto, a EC começa a surgir como uma alternativa aos requisitos de integração de várias redes de energia e gerenciamento desses sistemas. A EC oferece uma solução para facilitar a integração de sistemas de energia renovável distribuídos com novas tecnologias ecologicamente corretas e inteligentes, como micro e nano-redes, medidores inteligentes, tecnologias IoT e instalações de armazenamento (GIORDANO et al., 2019). Considerando este quadro, existe a necessidade de gerenciar esses dispositivos que contribuem para a geração distribuída de energia renovável.

Assim, entre as motivações que levaram ao desenvolvimento deste artigo, podemos citar a expansão da modalidade de geração distribuída de energia renovável, o desenvolvimento tecnológico relacionado ao armazenamento de energia e veículos elétricos. Da mesma forma, a evolução das tecnologias da Indústria 4.0 permitiu o gerenciamento de energia em um ambiente de computação em nuvem ou gerenciamento de EC. Isso tem levado os usuários de energia a explorar novas fronteiras, marcadas pela integração de tecnologias, criando ambientes interativos e em tempo real onde os usuários podem gerenciar a energia gerada, armazenada e consumida. Para que essa integração tecnológica em função da expansão da geração distribuída de energias renováveis aconteça de forma isonômica entre os usuários, mantendo os preceitos da liberdade econômica, é necessário adaptar e/ou implementar diversos aspectos regulatórios, tanto técnicos, quanto econômicos, bem como ambientais.

É importante destacar a diferenciação entre os termos da legislação, política e regulamentação mencionados durante esta pesquisa. A legislação é significativamente mais rígida e estável, e uma política pode se ajustar com mais flexibilidade de acordo com a situação e sua aplicação não pode ser cumprida pelo estado, como a legislação pode (FENG; LIAO, 2016). E é por meio da regulamentação que os atores públicos produzem os documentos legislativos. Esses documentos servem para evitar que indivíduos, empresas ou outras unidades de governo realizem ações que tenham consequências negativas para a sociedade ou para dar resposta a um problema que surgiu como significativo no passado recente do país (MOURAO; MARTINHO, 2016).

Já foi descrita uma plataforma de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para o modelo de gestão de EC, que maximiza o autoconsumo de energia (GIORDANO et al., 2019). Em outra pesquisa, uma arquitetura de Big Data para a nuvem de energia foi descrita (CHEN;

CHO; HUANG, 2016) e uma plataforma de e-commerce para o uso eficiente de fontes renováveis de energia também foi apresentada (BRANDHERM; BAUS; FREY, 2012). Dentre esses e outros trabalhos que abordaram o tema EC, nenhum revisou sistematicamente as possíveis regulamentações desse modelo de gestão energética. Portanto, a grande novidade deste artigo é a sugestão dessas regulamentações em relação a todo o ambiente de gestão da EC.

Este artigo busca contribuir para a elaboração de uma compilação de aspectos relacionados às regulamentações técnicas, econômicas e ambientais que podem influenciar o desenvolvimento e a difusão da EC. Com essa compilação, será estabelecida uma relação entre o que foi proposto pelos autores da academia e a discussão dessas propostas que possam ser adequadas para serem implementadas na forma de marcos regulatórios para a implantação e gestão dos preceitos tecnológicos que envolvem a EC.

Portanto, o objetivo deste artigo é apresentar uma série de regulamentações técnicas, econômicas e ambientais para a gestão de EC, contrastando o que existe ou é proposto na literatura com as prováveis necessidades futuras.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2.2 é apresentado o referencial teórico que conceitua e sustenta os temas desenvolvidos no artigo, na Seção 2.3 são detalhados os procedimentos metodológicos realizados, enquanto na Seção 2.4 os resultados são apresentados e discutidos, e, por fim, a Seção 2.5 traz as conclusões, limitações e sugestões para pesquisas futuras.

2.2 ENERGY CLOUD

O consumo de energia é um desafio de alta prioridade (SWARNA et al., 2020) e fornecedores e consumidores de energia estão trabalhando juntos para manter a demanda em níveis aceitáveis e seguros (SEQUEIRA et al., 2014). Para isso, as indústrias devem encontrar ineficiências e reduzir o consumo de energia sem afetar seus negócios e processos de produção (SEQUEIRA et al., 2014). No modelo de EC, a energia segue um fluxo de energia bidirecional, flexível, distribuído e mais limpo. Assim, a EC conecta os usuários para que possam gerenciar sua energia por meio das plataformas digitais da EC, podendo também considerar modelos de nuvem pública, privada ou híbrida.

Nesse sentido, a EC permite a integração dinâmica de diferentes tecnologias em um ambiente de rede inteligente (SCHAEFER et al., 2020). O cenário da EC depende da computação em nuvem. A computação em nuvem funciona como um modelo que permite o acesso ubíquo e sob demanda à rede de um a vários recursos computacionais configuráveis (MELL;

GRANCE, 2011). Esses recursos podem ser rapidamente provisionados e liberados com pouca interação ou gerenciamento do provedor de serviços (MELL; GRANCE, 2011).

Assim, a EC oferece condições técnicas e econômicas para apoiar a geração distribuída de energia e para ativar programas locais de atendimento à demanda (GIORDANO et al., 2019). Vários fatores estão contribuindo para a evolução da EC. Primeiro, novas regulamentações sobre geração de eletricidade estão conduzindo a mudança para o uso massivo de recursos energéticos distribuídos; segundo, o custo dessas tecnologias está diminuindo rapidamente (GIORDANO et al., 2019). Em terceiro lugar, graças às TIC e à lacuna entre os serviços ao cliente e as preferências do cliente (BAIERLE et al., 2020), os consumidores de energia estão se tornando mais ativos e o desenvolvimento da infraestrutura de rede inteligente está agora maduro o suficiente para suportar a digitalização da rede de energia (GIORDANO et al., 2019).

Assim, a transição de uma rede de energia tradicional para um ambiente da EC seria capaz de fornecer um grande potencial de economia de energia. Os governos poderão realizar análises científicas do potencial de economia de energia e prever o perfil de uso da energia, onde os usuários poderão estar atentos ao seu consumo e avançar na mudança da intenção comportamental de conservar eletricidade. Por se tratar de um tema recente, a área de pesquisa com foco em EC ainda está em desenvolvimento. Foram estudados os elementos e requisitos básicos para a EC e sua gestão (SCHAEFER et al., 2020), bem como a migração de Sistemas de Gestão de Energia Industrial para a nuvem (SEQUEIRA et al., 2014). Os autores também concluíram que a aplicação dessas tecnologias pode gerar novas oportunidades de economia de energia e custos. No trabalho de (SWARNA et al., 2020), foi proposta uma estrutura de eficiência energética para acessar informações da rede em nuvem Internet of Everything (IoE).

Neste sistema de serviço em nuvem, o relacionamento entre clientes e fornecedores é regulado por Acordos de Nível de Serviço. Esses contratos caracterizam um serviço em termos de qualidade, segurança, penalidades de responsabilidade e meios de pagamento (BRUNEO; LONGO; PULIAFITO, 2011). Estratégias são necessárias para garantir compromissos de Nível de Serviço e análise de desempenho, e a previsão é uma ferramenta essencial para definir tais estratégias (BRUNEO; LONGO; PULIAFITO, 2011). O sistema EC requer a concepção de protocolos de segurança de categorização de conteúdo especializados para proteger os dados que precisam ser protegidos (ITANI, W; KAYSSI; CHEHAB, 2011).

2.2.1 Camadas da Energy Cloud

Na pesquisa de Schaefer et al. (2020), o layout da EC foi estruturado em camadas e

blocos de suporte. Esse layout é composto por sete camadas que compõem o próprio sistema de energia e dados, desde as instalações físicas de geração, distribuição, armazenamento e consumo de energia, passando pelos links de comunicação com a nuvem, até a transformação dos dados em conhecimento útil para a decisão, fabricação, monitoramento e controle desses dispositivos de energia. Os autores também identificaram a existência de quatro blocos de apoio à gestão que visam auxiliar na gestão das sete camadas principais.

Essa arquitetura em camadas serve para facilitar o gerenciamento ilimitado de Big Data e o processamento doméstico inteligente. Esse gerenciamento ilimitado deve ser abrangente para lidar com a coleta de Big Data relacionada a todos os diferentes aplicativos de casas inteligentes (MOKHTARI; ANVARI-MOGHADDAM; ZHANG, 2019). A camada *Physical* compreende recursos físicos e virtuais para hospedar aplicativos e serviços (FANG et al., 2012). Na camada *Fog*, é feita a filtragem inicial dos dados, preparando-os para serem enviados pela rede para a nuvem. A camada *Network* compreende todos os dispositivos e redes de comunicação. A camada *Cloud* é responsável por armazenar, gerenciar e processar dados em tempo real. A camada *Service* ou Big Data é responsável pelo processamento dos dados. A análise de Big Data pode fornecer suporte de decisão eficaz e eficiente para todos os produtores, operadoras, clientes e reguladores de *smart grid* (ZHOU; FU; YANG, 2016). A camada *Session* intermedia as solicitações do usuário entre o serviço e o aplicativo. Finalmente, na camada *Application*, os usuários gerenciam seus sistemas de energia.

As camadas de bloco de suporte são *Broker*, *Security and Privacy*, *Third Party Services* e *Cloud Auditor*. A camada *Broker* consiste no gerenciamento dos serviços em nuvem e do mercado de energia, fazendo a intermediação entre os usuários e o mercado de energia. Considerando que as vantagens das tecnologias de cidades inteligentes são percebidas rapidamente, mas as desvantagens da segurança são desafiadoras (HABIBZADEH et al., 2019), a camada *Security and Privacy* garante a segurança e privacidade de dados e informações. A proteção dos fluxos de informação na nuvem deve receber atenção excepcional e ser compatível com protocolos de segurança eficientes, customizáveis e configuráveis (ITANI, W; KAYSSI; CHEHAB, 2011). A camada *Third Party Services* cobre serviços como instalação e manutenção de sistemas e dispositivos, monitoramento operacional e serviços adicionais. E, por fim, a camada *Cloud Auditor*, correspondente às auditorias do correto funcionamento das demais camadas. Para que esta funcione, é necessário que haja um aspecto regulatório em vigor para todas as outras camadas, para que a auditoria seja possível e eficiente. A Tabela 1 compreende todas as camadas com uma breve explicação de cada camada e consiste nos achados da pesquisa de (SCHAEFER et al., 2020).

Tabela 1 - Camadas que compõem a Energy Cloud

Tipo de camada	Camada	Descrição
CAMADAS PRINCIPAIS	Physical	Estruturas capazes de gerar, transmitir, distribuir, armazenar ou consumir eletricidade.
	Fog	Pode ser chamada de camada de borda, que inclui todos aqueles elementos que têm a característica de concentrar os dados recebidos dos dispositivos IoT e prepará-los para o envio para a nuvem.
	Network	A camada de rede inclui todas as redes de comunicação, como móveis, ad-hoc e residenciais, gateways e protocolos de comunicação, e essa transmissão de dados ocorre à longa distância, desde os domínios dos usuários até onde os data centers em nuvem estão localizados.
	Cloud	Aqui, o armazenamento e o gerenciamento de dados são fornecidos, os quais são coletados na camada physical e pré-processados na camada fog, e enviados pela rede para serem armazenados e processados na camada cloud.
	Service	Também pode ser chamado de Big Data, pois contém todos os elementos e atividades responsáveis por transformar os dados brutos da camada física.
	Session	Esta camada é composta por APIs e protocolos como HTTP, XMPP, MQTT e CoAP, e faz a intermediação das solicitações dos usuários por serviços relacionados a dados na camada Service e sua disponibilidade no sistema de gerenciamento de energia na camada Application.
	Application	A camada mais visível para os usuários finais e inclui todos os aplicativos, como dispositivos móveis, aplicativos da web, painéis de gerenciamento e sistemas de gerenciamento de energia usados no gerenciamento de energia.
BLOCOS DE SUPORTE	Broker	Aqui, os serviços do mercado de energia, mercado de armazenamento e mercado de equilíbrio são intermediados.
	Security and Privacy	Contempla gerenciamento de segurança de dados e informações, proteção de dados e aplicativos, protocolos SSL, autenticação de usuários, controles de autorização, firewalls e detecção de ataques, entre outros.
	Third-Party Services	Aqui, são considerados os serviços: instalação e manutenção de sistemas e dispositivos, monitoramento operacional e serviços de manutenção, serviços adicionais como transporte, informações para operadores de sistema, editais governamentais, contabilidade, entre outros.
	Cloud Auditor	Serve para auditar o sistema de autenticação dos usuários, auditorias de segurança, auditorias de impacto de privacidade e auditorias de desempenho.

Assim, esta pesquisa consiste na continuação do estudo preliminar de Schaefer et al. (2020). Aqui, é apresentada uma nova camada, a camada Regulamentação, que vai dar mais autonomia aos usuários destes serviços. A Regulamentação será responsável pelas regras para

as demais camadas e blocos de apoio à gestão.

2.2.2 Desafios regulatórios

Há uma necessidade crescente de modificar os marcos regulatórios em todo o mundo para se adaptar ao influxo maciço de energia gerada por fontes renováveis distribuídas (GIORDANO et al., 2019), e com esta inserção crescente de fontes de geração distribuída, investimentos em pesquisa e desenvolvimento para gerar inovações voltadas para o setor elétrico também cresceram (AGAVANAKIS et al., 2018). Além disso, a inserção massiva da geração distribuída tem levantado preocupações para os formuladores de políticas em relação à resiliência da rede elétrica (ZITELMAN, 2020). Fica claro a partir disso que há uma preocupação em adequar regulamentos e políticas para que o sistema elétrico suporte a inserção massiva da geração distribuída.

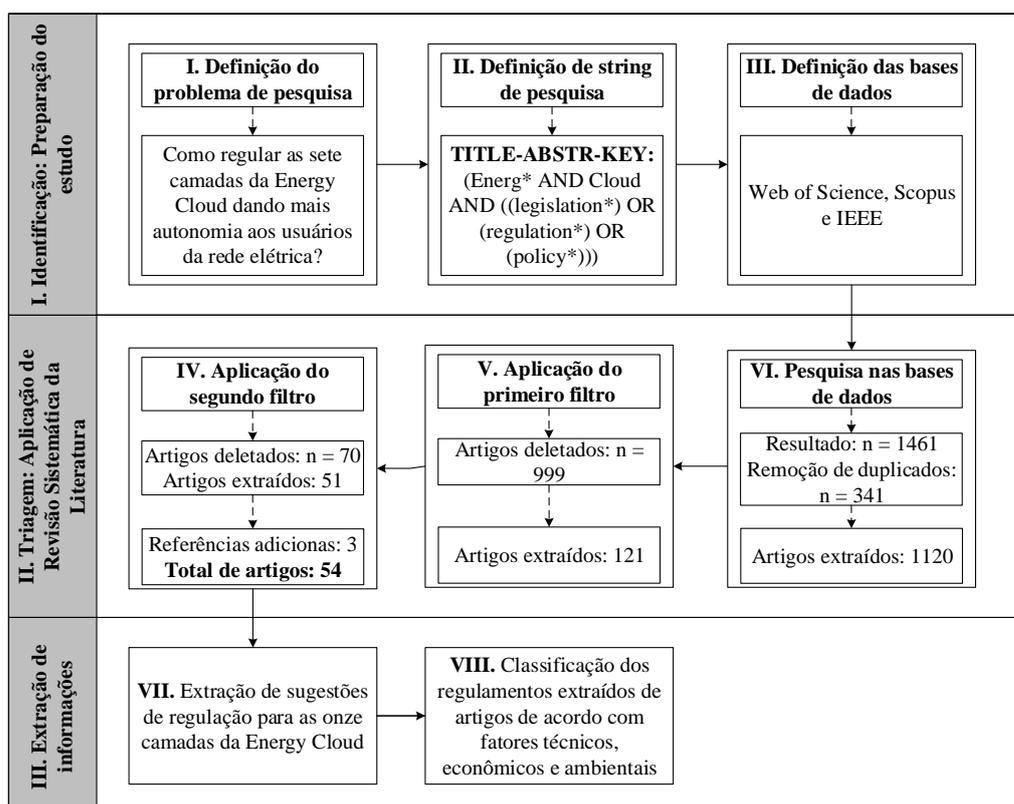
Para ajudar neste processo e coordenar esta evolução, foram criados grupos consultivos internacionais, como o Grupo de Reguladores Europeus da Electricidade e do Gás, para aconselhar e apoiar na consolidação dos mercados de energia (EUROPEAN COMMISSION, 2003). Comissões como a Federal Energy Regulatory Commission empreendem reformas de mercado, como emendas às regras de mercado, a modificação ou criação de serviços auxiliares e políticas relacionadas, ou a implementação de ferramentas operacionais que apoiam a integração confiável de recursos renováveis, para que as energias renováveis concorram em mercados jurisdicionais em igualdade de condições (LAWRENCE, 2020).

Considerando o conceito de EC descrito na seção anterior, há necessidade de evoluir aspectos regulatórios a partir de gatilhos técnico-econômicos (ARIAS BARRAGÁN; RIVAS TRUJILLO; SANTAMARIA, 2017). Para esta evolução para o modelo EC, os gatilhos disruptivos podem ser em relação à mitigação de carbono, mudança de modelos regulatórios de utilidades, flexibilidade, promoção de energias renováveis e adoção de recursos de energia distribuída (LAWRENCE; VRINS, 2016). Outros pontos importantes que precisam ser destacados são a necessidade de regular o compartilhamento de energia entre os usuários (KHALID et al., 2018), a importância de garantir que os arranjos de mercado ofereçam soluções econômicas para essas novas formas de integração energética (COMISSÃO EUROPEIA, 2012). Assim, pode-se perceber a importância que os aspectos regulatórios têm no desenvolvimento e difusão de novas tecnologias relacionadas à geração, distribuição, armazenamento e consumo de energia. A adaptação dos requisitos regulatórios deve ser contínua, utilizando gatilhos técnico-econômico-ambientais para coordenar satisfatoriamente a evolução da EC.

2.3 MÉTODOS

Por se tratar de um tema novo na área de energia, não há órgão regulador para a EC, e surge a seguinte questão de pesquisa: Como regular as onze camadas da EC dando mais autonomia aos usuários da rede elétrica? Assim, devido à necessidade de responder ao questionamento, foi realizada uma revisão sistemática da literatura (RSL), seguindo um protocolo de pesquisa. A revisão sistemática propõe uma metodologia rigorosa na seleção de fontes bibliográficas com base em procedimentos explícitos e sistematizados, buscando resultados completos e apresentando validade científica (REDISKE et al., 2019). Assim, a pesquisa buscou responder o que são essas regulações, propondo assim mais uma camada para a EC, a camada de Regulamentação. A Figura 5 mostra o fluxo de etapas para a realização de uma revisão sistemática da literatura, consistindo em três etapas principais (preparação do estudo, aplicação de RSL e extração de informações) e oito etapas secundárias. O protocolo utilizado nesta pesquisa foi o proposto por (DRESCH; LACERDA; JUNIOR, 2014). Para os autores, a revisão sistemática é realizada por meio de um protocolo que fornece pesquisas metódicas e que fornece resultados abrangentes sobre o tema estudado.

Figura 5 - Protocolo de pesquisa



Depois de definir o problema de pesquisa, a segunda etapa foi definir a string de pesquisa. Foram definidas as palavras-chave a serem pesquisadas, sendo "energy", "cloud", "legislation", "regulation" e "policy", sendo a seguinte string de pesquisa: (Energ * AND Cloud AND ((legislation*) OR (regulation*) OR (policy*))). A string foi submetida às diferentes bases de dados de artigos científicos na fase três, para analisar quais as bases que abrangem os estudos na área. Assim, na terceira etapa, constatou-se que Scopus, Web of Science e IEEE foram as bases de dados mais adequadas para recuperar pesquisas sobre o assunto. O filtro de período foi definido para todos os anos. A busca foi realizada no título, resumo ou palavras-chave no Scopus, tópico no Web of Science e todos os metadados no IEEE. Essa busca resultou em 1461 artigos e consistiu na quarta etapa.

Dois filtros foram definidos para selecionar os artigos. A quinta etapa foi a aplicação do primeiro filtro, que consiste nos critérios de inclusão e exclusão, aplicados na leitura do título, resumo e palavras-chave. Os critérios de inclusão foram: (I1) Selecionar artigos de periódicos (todas as bases de dados pesquisadas) e conferências (apenas IEEE); (I2) artigos ou revisões, exceto IEEE, que considerou todos os documentos (Conferências, Revistas, Artigos de Acesso Antecipado, Revistas); (I3) Por se tratar de um assunto inédito nas normas atuais relacionadas à EC, todas as áreas temáticas das bases de dados foram consideradas para abranger a maior quantidade de pesquisas científicas relacionadas ao tema. Os critérios de exclusão foram: (E1) Artigos que não contivessem as palavras buscadas no título, resumo ou palavras-chave; (E2) Artigos duplicados. A aplicação do primeiro filtro resultou em 121 artigos.

O segundo filtro foi a sexta etapa, que consiste na leitura completa de todos os artigos para selecionar aqueles que trazem o contexto regulatório para a EC. Esse processo resultou em 51 artigos, foram somados mais três artigos encontrados nas leituras, obtendo-se um total de 54 artigos. A sétima etapa é extrair as sugestões regulatórias encontradas nos artigos devolvidos, classificando-as de acordo com as camadas da EC. A última etapa foi agrupar essas sugestões normativas nos aspectos técnicos, econômicos e ambientais, para posterior identificação de lacunas regulatórias.

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

EC é uma tendência futura que considera não só o mercado de energia, mas a gestão do setor de energia como um todo. Por se tratar de uma área recente e inovadora, ainda não existem órgãos reguladores diretamente relacionados à gestão da EC. No entanto, o atual quadro regulamentar para o setor da energia não foi analisado neste artigo, e a EC deve basear-se fortemente

nas regulamentações existentes no setor da energia e outras áreas relacionadas. Portanto, esta análise será realizada em trabalhos futuros.

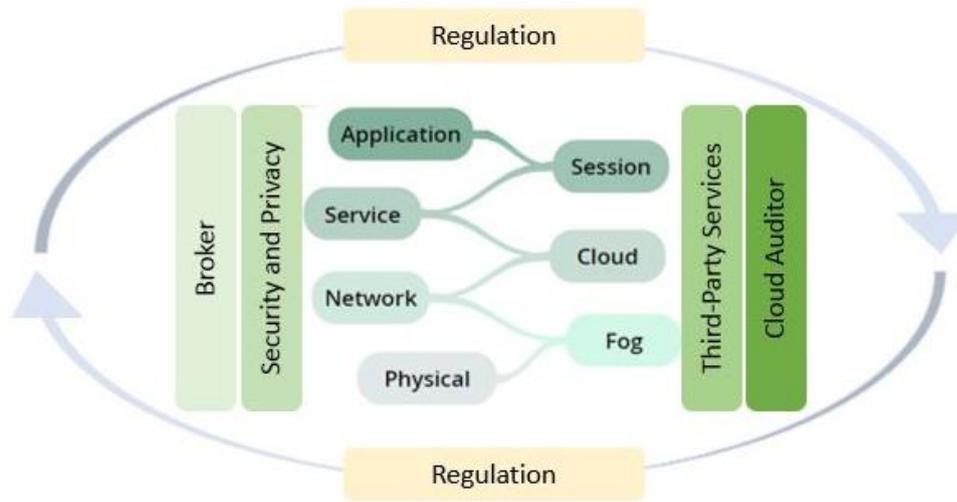
No entanto, para o sucesso da implementação e funcionamento do EC, alguns pontos precisam ser destacados (SCHAEFER et al., 2020):

- A escalabilidade das soluções tecnológicas e computacionais;
- Interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes e tecnologias;
- Confiabilidade e confidencialidade que esses sistemas podem oferecer aos usuários;
- Flexibilidade para atender os usuários de forma customizada;
- Qualidade de serviços;
- Eficiência do sistema;
- Nível de disponibilidade do aplicativo;
- Minimização de custos com implantação e uso de sistemas;
- Aumento dos investimentos em infraestrutura.

Portanto, as regulamentações devem estar focadas em considerar a interconexão de tecnologias e a autonomia dos usuários. Diante disso, foi realizada uma revisão sistemática para encontrar os aspectos regulatórios propostos para a EC na literatura, buscando soluções para os pontos mencionados.

O gerenciamento de EC pode ser estruturado em um layout composto por camadas e blocos de suporte de gerenciamento (SCHAEFER et al., 2020). No entanto, uma camada relacionada à padronização e regulamentação não foi sugerida, deixando essa lacuna de pesquisa aberta. Portanto, neste artigo é proposto um novo bloco de apoio, a Regulamentação. A Regulamentação inclui sugestões de legislação, políticas, normas e/ou atividades de gestão que permeiam todas as outras camadas. Considerando esta permeabilidade, na Figura 6 a Regulamentação ou Regulation, é apresentada em torno das demais camadas e blocos de suporte e em formato de círculo contínuo. A representação da Regulamentação foi assim delineada, pois os aspectos regulatórios orientam e padronizam todas as demais camadas e blocos de sustentação, e em círculo por se tratar de um processo dinâmico e em constante mudança.

Figura 6 - Camadas da Energy Cloud com a Regulamentação



Nas subseções a seguir, as sugestões regulatórias encontradas na revisão sistemática são classificadas e apresentadas de acordo com seu respectivo estrato.

2.4.1 Quais são as sugestões de regulamentos

Nesta seção, as sugestões regulatórias para EC extraídas dos artigos devolvidos pela revisão sistemática da literatura são apresentadas e discutidas. A Tabela 2 resume essas regulamentações propostas e é classificada por camadas.

Tabela 2 - Sugestões de regulamentações para a Energy Cloud

LAYER/ CA- MADA	SUGESTÃO DE REGULAMENTAÇÃO	REFERÊNCIAS
Physical	Sensores e dispositivos Smart Home Health, Sensores e dispositivos Smart Home Energy e Sensores Smart Home Security e Segurança.	(MOKHTARI; ANVARI-MOGHADDAM; ZHANG, 2019)
	Medidor de eletricidade inteligente equipado com IPv6.	(HÖGLUND <i>et al.</i> , 2011)
Fog	Política de latência.	(BORYLO <i>et al.</i> , 2016)
	Algoritmos de balanceamento de carga: RR, regulado e PSO-SA.	(YASMEEN <i>et al.</i> , 2018)
	Cada casa deve ter um medidor inteligente.	(KHALID <i>et al.</i> , 2018)
Network	Algoritmo Energy-Efficient Context-Aware Broker (e-CAB).	(PEOPLES; PARR; MCCLEAN, 2011)
	Algoritmo MaxCover-BalAssign.	(FISCHER, M. J.; SU; YIN, 2010)
Cloud	Medidores inteligentes equipados com IPv6.	(HÖGLUND <i>et al.</i> , 2011)
	Power Unit Effectiveness (PUE).	(RUTH, 2011)

	Mantenha o consumo de energia do data center próximo aos níveis determinados pelo mercado de energia.	(GHASEMI-GOL; WANG; PEDRAM, 2014)
	Algoritmo e-CAB para alcançar eficiência energética.	(PEOPLES et al., 2012)
	Algoritmo User Profile Policy Exchange (UPAPS) para obter eficiência energética.	(ALHADDADIN; LIU; GUTIÉRREZ, 2014)
	Política probabilística para alocação dinâmica de recursos.	(RAJABI; EBRAHIMIRAD; YAZDANI, 2013)
	Algoritmo para minimizar o número de máquinas físicas para hospedar MVs.	(LI, X. et al., 2012)
	Algoritmos de alocação de tarefas.	(MAZZUCCO; DYACHUK, 2012)
	Política probabilística para alocação dinâmica de recursos.	(RAJABI; EBRAHIMIRAD; YAZDANI, 2013)
	Algoritmos para alocar MVs para balanceamento de carga em vários data centers.	(PATEL; SARJE, 2012)
	Uma nuvem privada pode solicitar nuvens federadas para mais recursos para absorver cargas de pico.	(BRUNEO; LONGO; PULIAFITO, 2012)
	Incentivos para construção de data centers próximos a fontes de energia limpa	(LEMAY et al., 2012)
	Migração ativa e dinâmica de data centers virtuais para nós verdes.	(LEMAY et al., 2012)
	GreenCassandra para aproveitar a autogeração de energia e minimizar o custo da energia marrom.	(KATSAK et al., 2015)
	Política SN para taxas de chegada.	(CHIANG; OUYANG; HSU, 2015)
Service	Fornecimento de metadados de informação.	(CASTRO-LEON et al., 2012)
	Service-oriented architecture (SOA).	(LIU, C.; REYNOLDS; BAO, 2010)
	Algoritmos de criptografia de dados e confidencialidade na gestão de armazenamento de Big Data.	(SIDDIQA et al., 2016)
Session	Protocolo IPv6 para fornecer interoperabilidade.	(HÖGLUND et al., 2011)
	Plataforma integrada para integração de aplicativos de negócios.	(LIU, C.; REYNOLDS; BAO, 2010)
	Criação de relatórios de consumo de energia exclusivos para cada usuário.	(RAJABI; EBRAHIMIRAD; YAZDANI, 2013)
Applica- tion	Fornece ao usuário a opção de predefinir políticas de energia.	(YANG, C et al., 2012)
	Uma plataforma para monitorar e controlar o consumo de energia.	(RAIKER et al., 2020)
Broker	Funções de corretor.	(CASALICCHIO et al., 2018)
	Política de tarifa feed-in (FiT).	(NAKATA, 2014)
	Considere as incertezas da fonte de energia renovável no preço da eletricidade.	(LIU, N. et al., 2016)
	Política de preços para provedores de nuvem e Cloud Service Brokers (CSBs).	(QIU; SHEN; CHEN, 2015)
	Equilibre a política entre cobrar muito e muito pouco para provedores de nuvem e CSBs.	(PAUL, D.; ZHONG; BOSE, 2016)
	Oferecendo um modelo pré-pago para faturamento de serviços em nuvem.	(CALHEIROS et al., 2011)
	Política de uso mínimo e o preço mínimo por alocação de MV.	(PATEL; SARJE, 2012)
	Métrica de custo relacionada ao modelo SaaS com custos aplicáveis às unidades de tarefa.	(CALHEIROS et al., 2011)
	O usuário paga uma taxa proporcional ao tamanho do trabalho (unidade de tempo).	(MAZZUCCO; DYACHUK, 2012)
	O Acordo de Nível de Serviço (SLA) regula o relacionamento entre clientes e fornecedores no corretor.	(BRUNEO; LONGO; PULIAFITO, 2012)

	Federation Broker (FB) para se comunicar com nuvens externas públicas ou privadas e solicitações diretas de usuários que não podem ser atendidos localmente.	(BRUNEO; LONGO; PULIAFITO, 2012)
	Algoritmo de proximidade para tráfego de serviço.	(P.M.; DAKSHAYINI, 2014)
	Os medidores inteligentes são projetados como uma abordagem de Arquitetura Orientada a Serviços (SOA).	(MONTORI; CINOTTI; BRUNELLI, 2016)
	Medidor de energia sem fio pré-pago.	(WAN; SANKARANARAYANAN; SAIT, 2014)
	Cada casa deve ter suas fontes de energia verde.	(KHALID et al., 2018)
	Aplicação de análise de sustentabilidade do modelo de negócio de compra e venda de energia.	(MENNITI et al., 2016)
	Incentivos à implementação de políticas de gestão energética.	(CASTRO-LEON et al., 2012)
	O Broker é composto por três módulos: marketing, mecanismo de balanço para gerenciamento da estocasticidade dos Recursos de Energia Distribuída e gerenciamento de usuários.	(ARIAS BARRAGÁN; RIVAS TRUJILLO; SANTAMARIA, 2017)
	Sistema de monitoramento para gestão de eletricidade INDESEN.	(STANESCU et al., 2014)
	Cloud Energy Storage (CES)	(LIU, J. et al., 2017)
	Política do Data Center mais próximo e Optimize Response Time (ORT).	(ULLAH et al., 2018)
	Simulação de energia baseada em nuvem e plataforma de monitoramento.	(SUCIU et al., 2019)
	Building Energy Management System (BEMS).	(METALLIDOU; PSANNIS; EGYPTIADOU, 2020)
	Eliminação dos encargos de compra ou geração de energia da distribuidora que abastece o DER.	(ARIAS BARRAGÁN; RIVAS TRUJILLO; SANTAMARIA, 2017)
	Economy 7 e Economy 10.	(MATHERI et al., 2019)
	Preço otimizado para aproveitamento parcial de resíduos.	(JIN et al., 2015)
	Mantenha o consumo de energia do data center próximo aos níveis do sinal regulatório do mercado de energia.	(GHASEMI-GOL; WANG; PEDRAM, 2014)
	Proteção em quatro níveis: firmware, dispositivo, circuito e coleta de dados e armazenamento de energia.	(HABIBZADEH et al., 2019)
	Arquitetura de garantia de segurança de virtualização CyberGuarder.	(LI, J. et al., 2012)
	Uso de SNUAGE, uma estrutura de segurança para proteger a confidencialidade e integridade da distribuição de dados.	(ITANI, Wassim; KAYSSI; CHEHAB, 2013)
Security and Privacy	ESO, esquema para obter acesso refinado e preservação da privacidade no <i>smart grid</i> .	(LI, Q. et al., 2013)
	FAC, esquema de controle de acesso de segurança refinado para o mercado de <i>smart grid</i> .	(LI, Hongwei et al., 2015)
	Cyber-Physical Power System, uma microrrede cibernética de energia renovável.	(PAUL, S. et al., 2016)
	Proteção para ataques de carga baseados na Internet contra redes inteligentes.	(MOHSENIAN-RAD; LEON-GARCIA, 2011)
	Use a varredura de vírus como serviço (VSaaS) usando a proteção da versão N.	(ZHANG; WEN, 2014)
	Service security policies (SSPs).	(ITANI, W; KAYSSI; CHEHAB, 2011)
	ENUAGE, uma plataforma de segurança para PaaS.	(ITANI, W; KAYSSI; CHEHAB, 2011)
Third-Party Services	Disponibilidade de metadados.	(CASTRO-LEON et al., 2012)
	Os consumidores podem recuar ou recusar-se a fazer negócios com fornecedores que retêm metadados.	(CASTRO-LEON et al., 2012)

	O provedor de nuvem pode terceirizar os recursos de outro provedor ou alugar seus recursos excedentes para outros fornecedores.	(PATEL; SARJE, 2012)
	Plataforma de serviço terceirizada de Decision Support-as-a-Service (DSaaS).	(RAJABI; EBRAHIMIRAD; YAZDANI, 2013)

Cloud Auditor	Instrumentos de medição de eletricidade com padrões de precisão.	(AHMAD <i>et al.</i> , 2016)
---------------	--	------------------------------

2.4.2 Physical

Esta camada compreende as infraestruturas que geram, transmitem, distribuem, armazenam ou consomem energia. Para que os dados dessas infraestruturas sejam coletados e monitorados de forma confiável, o uso de medidores e sensores inteligentes é essencial. Com base nessas premissas, é indicado o uso de Sensores e Dispositivos Smart Home Health, Sensores e Dispositivos Smart Home Energy e Sensores Smart Home Security e Safety (MOKHTARI; ANVARI-MOGHADDAM; ZHANG, 2019). Uma vez que esses dispositivos inteligentes são usados, sugere-se que eles precisem ser equipados com IPv6, um protocolo de internet que cria uma infraestrutura de energia controlável e interoperável, facilitando a integração de dispositivos de energia com a infraestrutura de TI (HÖGLUND *et al.*, 2011). IPv6 (Internet Protocol Version 6) é o protocolo IP de próxima geração que pode resolver os obstáculos de conectar uma variedade de dispositivos para acessar a Internet, e as empresas de Internet lideradas pelo Google e Facebook veem o IPv6 como uma tendência inevitável e se esforçam para implementá-lo com antecedência (XU; LIU, 2020).

Mesmo não havendo sugestões na literatura, pode-se destacar que, para manter a igualdade entre os usuários, seria importante regular e padronizar a forma como os sensores e dispositivos IoT são usados para coletar e enviar dados de dispositivos físicos para o nevoeiro servidores. Outro ponto a citar é que existe toda uma abordagem regulatória centrada na eletricidade e no funcionamento das suas infraestruturas básicas, com esta revisão sistemática foi possível constatar que não existe um quadro regulatório relacionado com estas infraestruturas energéticas face à implementação da EC.

2.4.3 Fog

Nesta camada, são realizadas tarefas de computação leve que podem acontecer na borda e não precisam de recursos da nuvem, obtendo resposta em tempo quase real (MOKHTARI; ANVARI-MOGHADDAM; ZHANG, 2019), reduzindo o tráfego de transferência de dados

para a nuvem. Aqui, algoritmos são usados para filtrar inicialmente os dados gerados pelos sensores e dispositivos IoT, para posterior envio para a nuvem. Essa camada deve fornecer flexibilidade, privacidade de dados, interoperabilidade e gerenciamento de energia em tempo real (BUKHSH et al., 2018).

Considerando a grande quantidade de dados que passam aqui, as preocupações com os regulamentos dessa camada devem atender às restrições de latência sem deteriorar o desempenho da infraestrutura. Por meio de estudos realizados em cenários de simulação, (BORYLO et al., 2016) propôs uma política de latência para lidar com o tráfego de neblina direcionado ao data center, o algoritmo Latency Aware.

Quando os usuários fazem solicitações de operações no EC, elas são pré-processadas na névoa, alocando-as às máquinas virtuais (MVs) disponíveis. Algoritmos como RR, throttled e PSO-SA são utilizados para balanceamento de carga com a função de reduzir o tempo de resposta e processamento dessas solicitações, além de reduzir custos com MVs e transferência de dados (YASMEEN et al., 2018).

Outras tarefas importantes realizadas nesta camada são a medição dos padrões de consumo de energia dos usuários e a filtragem inicial dos dados para posterior envio para a nuvem, facilitando tarefas básicas como o compartilhamento de energia entre os usuários. Para isso, (KHALID et al., 2018) indica que cada casa deve ter um medidor inteligente capaz de realizar essas tarefas. É importante mencionar que deve haver uma preocupação regulatória e contratual quanto à agregação de dados em servidores de névoa e sua preparação para envio à nuvem para que não haja interferência externa ou vazamento de dados do usuário.

A importância dos aspectos listados acima é evidente, mas também vale mencionar a necessidade de validação e certificação técnica e prática desses algoritmos e instrumentos para que possam ser adotados de forma padronizada para contornar as preocupações comentadas de forma satisfatória e confiável.

2.4.4 Network

No layout EC, essa camada é responsável pelas redes de comunicação para transmissão de dados a longa distância. Portanto, é importante ter uma largura de banda adequada para a quantidade de dados que esta rede irá suportar, além de um alto nível de interoperabilidade entre os diferentes sistemas e uso eficiente de energia. Dessa forma, algoritmos devem ser desenvolvidos para auxiliar na tomada de decisão em redes de transmissão de dados, distribuindo e transportando as solicitações dos usuários de forma otimizada.

O Data Center (DC) Energy-Efficient Context-Aware Broker (e-CAB) é um algoritmo que realiza gerenciamento dinâmico para atingir um cenário onde a eficiência energética é alcançada de forma que a disponibilidade de recursos exceda a demanda quando o tempo de espera da tarefa, o custo do carbono, ou o custo da eletricidade, são otimizados (PEOPLES; PARR; MCCLEAN, 2011). Outro algoritmo para otimizar a eficiência de execução, melhorar e economizar largura de banda da rede é o Algoritmo MaxCover-BalAssign proposto por (FISCHER; SU; YIN, 2010) para escalonamento de tarefas com reconhecimento de localização. Portanto, esses algoritmos podem servir como uma sugestão regulatória para automatizar a seleção de um data center e economizar largura de banda da rede levando em consideração a eficiência energética.

Para evitar tráfego desnecessário na rede, os medidores inteligentes podem ser programados para relatar dados apenas quando houver um serviço interessado em receber esses dados. Assim, o uso de medidores inteligentes equipados com IPv6 também é indicado aqui. (HÖGLUND et al., 2011) indicam o uso desses medidores inteligentes, onde o usuário tem controle sobre quais dados compartilhar, com quem e para qual finalidade. Além disso, o IPv6 oferece roteamento e fluxo direto de dados mais eficientes, permitindo que cada dispositivo receba um endereço único e seja endereçado diretamente e, considerando que possui uma infraestrutura totalmente IP, os dados do sensor podem ser reportados e processados por servidores padrão, sem a necessidade de gateways personalizados e soluções proprietárias (HÖGLUND et al., 2011).

Considerando essa preocupação com a latência das comunicações, bem como com a largura de banda necessária, sugere-se atenção a alguns aspectos que podem ser regulamentados: Primeiro, padronização na forma como os dados são criptografados para posterior transmissão; segundo, padronize quais dados de energia e quanto pode ser enviado para a nuvem; terceiro, estabelecer um sistema de preferências para o uso de redes de dados, dando preferência a dados de energia de serviços de saúde e segurança, por exemplo.

2.4.5 Cloud

A camada de nuvem é responsável por armazenar os dados coletados na camada física, sendo também responsável por gerenciar esses dados por meio de estruturas de data center. É extremamente necessário melhorar a infraestrutura e a capacidade computacional da infraestrutura computacional desta camada (KHALID et al., 2018). Aqui, é importante pensar em regulamentações com foco na eficiência energética de data centers, na otimização e eficiência da

alocação de tarefas a serem realizadas na nuvem, e também no posicionamento de data centers próximos a fontes de energia renováveis.

Dado o cenário de eficiência energética, as estruturas de regulamentação que atestam o bom desempenho energético do data center, precisam ser consideradas. Nesse sentido, é importante manter o consumo de energia do data center próximo aos níveis desejados determinados pelo sinal regulatório do mercado de energia, seguindo assim um padrão de acordo com o mercado (GHASEMI-GOL; WANG; PEDRAM, 2014). Uma sugestão a ser implementada é a Power Unit Effectiveness (PUE) que é uma unidade de medida que analisa o desempenho geral do data center, medindo quanta energia gasta nos data centers é utilizada para tarefas de TIC (RUTH, 2011). Outras sugestões para melhorar a eficiência energética em data centers são, por exemplo, o algoritmo e-CAB (PEOPLES et al., 2012), algoritmo User Profile-Aware Policy Switching (UPAPS) (ALHADDADIN; LIU; GUTIÉRREZ, 2014), o uso de uma política probabilística de alocação dinâmica de recursos que visa minimizar o consumo de energia e o número de migrações de MVs (RAJABI; EBRAHIMIRAD; YAZDANI, 2013) e minimizar o número de máquinas físicas (MFs) para hospedar MVs (LI, X. et al., 2012).

Os serviços em nuvem ficam disponíveis por um certo tempo e são alugados por determinado período, portanto, políticas que impeçam o servidor de nuvem de ficar ocioso e consumir energia sem gerar receita precisam ser desenvolvidas. Para atingir este objetivo, (MAZZUCCO; DYACHUK, 2012) desenvolveu quatro políticas de alocação (ou algoritmos) que determinam o número de servidores necessários para maximizar os lucros do provedor para que o servidor não fique ocioso, enquanto (RAJABI; EBRAHIMIRAD; YAZDANI, 2013) propôs uma política probabilística de alocação dinâmica de recursos que visa minimizar o consumo de energia e o número de migrações de MV. Outra forma de realizar essa tarefa de alocação de forma satisfatória é o uso de federações de nuvem, onde vários provedores de nuvem compartilham seus recursos. O algoritmo proposto por (PATEL; SARJE, 2012) atende a esse objetivo. Portanto, uma nuvem privada pode usar sua infraestrutura para lidar com condições normais de carga e pode solicitar aos parceiros de nuvem federados mais recursos para absorver picos de carga (BRUNEO; LONGO; PULIAFITO, 2012).

Outro aspecto das sugestões regulatórias para esta camada refere-se ao uso de energia renovável. Seria importante ter incentivos para a construção de data centers próximos a fontes de energia limpa para reduzir as emissões de gases de efeito estufa dos serviços de tecnologia da informação e comunicação (LEMAY et al., 2012). Outra sugestão regulatória é o GreenCassandra, um sistema de armazenamento estruturado distribuído com consciência de energia

verde que aproveita a autogeração de energia e minimiza o custo da energia marrom, preservando um acordo de nível de serviço de tempo de resposta (KATSAK et al., 2015). Portanto, incentivos governamentais devem ser oferecidos para construir estruturas físicas para data centers próximos a fontes de energia renováveis e baratas.

Levando em consideração os aspectos mencionados, a métrica PUE pode ser adotada como um regulador do valor a ser pago pela energia consumida pelo data center, incentivando a adoção de práticas que melhorem a eficiência do data center, e também a adesão de data centers para a modalidade de geração distribuída a partir de fontes renováveis, passando a gerar a energia ali consumida. No que diz respeito à alocação de tarefas na nuvem, com a padronização sugerida no final da seção 4.1.3, as tarefas de pré-processamento dos dados a serem realizadas na nuvem seriam facilitadas e aliadas a isso, sugere-se regulamentação quanto à adoção de incentivos para pesquisa e desenvolvimento por provedores de nuvem para melhorar a eficiência dos processos realizados na nuvem.

2.4.6 Service

Serviço é a camada responsável por transformar os dados brutos em indicadores que são usados na tomada de decisões. Portanto, é necessário definir quais dados são importantes para serem enviados para a nuvem e serem transformados em insights para a tomada de decisões. Poucos artigos foram devolvidos para esta camada na revisão sistemática. Isso aconteceu devido à palavra-chave “energy”, que resultou em artigos que cobrem especificamente a área de energia (foco da pesquisa), e não o Big Data em si.

Portanto, nesta camada as regulamentações também devem estar focadas em algoritmos de transformação de dados, fornecendo metadados acessíveis a usuários e gestores. Nesse sentido, sugere-se padronizar o fornecimento de metadados de serviços de informação, que representam informações sobre o serviço e servem para organizar os dados e facilitar sua busca e recuperação (CASTRO-LEON et al., 2012).

Outra sugestão normativa é a utilização de uma Arquitetura Orientada a Serviços ou Service Oriented Architecture (SOA), uma plataforma integrada de controle de energia que serve para permitir maior flexibilidade e reutilização no fornecimento de dados, atuando como um protocolo para fornecer este tipo de serviço (LIU, C.; REYNOLDS; BAO, 2010). Também importantes são os algoritmos de criptografia de dados e os programas de verificação de integridade de dados. Diante disso, (SIDDIQA et al., 2016) apresentou modelos e sistemas de segurança para verificação da integridade dos dados e algoritmos de confidencialidade na gestão

do armazenamento de Big Data. Esses métodos de confidencialidade e segurança são úteis para que os dados não sejam perdidos ou danificados.

Para esta camada, a mesma sugestão feita para a camada de nuvem pode ser feita, incentivando a pesquisa e o desenvolvimento. Além desse incentivo, as demais sugestões descritas para as camadas anteriores tornariam o trabalho dos algoritmos usados nesta camada menos penoso.

2.4.7 Session

Essa camada intermedia as solicitações dos usuários por serviços relacionados a dados na camada de serviço e sua disponibilidade no sistema de gerenciamento de energia na camada de aplicação (SCHAEFER et al., 2020). Portanto, como acontece com a camada Physical e a camada Network, o uso do protocolo IPv6 para fornecer interoperabilidade de dispositivos da camada Physical é recomendado nesta camada, permitindo ao usuário controlar quais dados compartilhar, com quem e para qual finalidade (HÖGLUND et al., 2011).

Uma questão importante nessa camada é a utilização de uma plataforma integrada para apoiar a integração de aplicativos de negócios para que a coordenação de todos os sistemas de informação seja realizada de forma autônoma (LIU, C.; REYNOLDS; BAO, 2010). Sugere-se também a criação de relatórios exclusivos para cada usuário com base em seus requisitos, por meio da interface do usuário, utilizando dados da camada de serviço e disponibilizados aos usuários por meio da camada de aplicativo (RAJABI; EBRAHIMIRAD; YAZDANI, 2013). Assim, para essa camada, pode ser essencial integrar aplicativos e sistemas para que tudo fique interconectado.

2.4.8 Application

É nesta camada que ocorrem as interações do usuário com as infraestruturas físicas e sistemas da EC. Dessa forma, todo o sistema deve estar conectado para que os usuários tenham acesso às informações de gerenciamento de energia. Incluídos aqui estão todos os aplicativos que são assinados para usar ou trocar serviços baseados em dados (MOKHTARI; ANVARI-MOGHADDAM; ZHANG, 2019).

Uma norma nesta camada é o compromisso de fornecer a opção de pré-definir políticas energéticas na interface do aplicativo de gerenciamento de energia (YANG et al., 2012), e uma

forma de fazer isso é por meio de um sistema que permite o monitoramento e controle do consumo de energia a partir de uma única plataforma utilizando conceitos de IoT e banco de dados em nuvem para tornar a plataforma intuitiva e amigável (RAIKER et al., 2020). Essa plataforma complementa os Programas de Resposta à Demanda e Energia Pré-paga, conscientizando as pessoas sobre o uso de energia. Assim, com o apoio da inteligência artificial, os equipamentos domésticos ou industriais podem ser ativados ou desativados em momentos previamente definidos, com opções de economia de energia, onde tudo é controlado através de uma aplicação ou plataforma.

Embora não tenha sido citado na literatura, seria importante regular a forma como essas aplicações se conectam à camada corretora, estipulando modalidades de usuários, como residencial, industrial, comercial, entre outras, cada uma com as questões energéticas monitoramento e controle das necessidades previamente relacionadas garantindo a igualdade entre os usuários. Outro ponto a ser regulamentado é a forma de inserção de outros serviços nas plataformas de aplicação da camada, necessitando de anuência prévia dos órgãos competentes.

2.4.9 Broker

Esta camada é responsável por abordar as questões de gestão de compra, troca e venda de energia, e foi a camada com maior número de artigos devolvidos. O corretor também realiza a orquestração e comercialização de serviços em nuvem, prestando serviços a clientes e provedores de serviços em nuvem, monitorando mudanças na legislação e verificando o cumprimento da lei e QoS durante a fase de integração de serviços (CASALICCHIO et al., 2018). É importante ter no regulamento a definição para a atuação do Cloud Broker. Para tanto, (CASALICCHIO et al., 2018) definiu as funções do corretor, a saber: verificação do cumprimento das normas legais; legislação de gestão dinâmica; Monitoramento de QoS; e migração de serviço perfeita.

As políticas de preços de eletricidade são extremamente importantes para o corretor. Dessa forma, um mecanismo que tem sido utilizado é a política de tarifa feed-in (FiT). Esta política obriga o fornecedor de eletricidade a comprar eletricidade gerada por fontes renováveis de energia a um preço fixo por um período fixo (NAKATA, 2014). Nesse sentido, também é proposta uma estratégia interna de precificação da eletricidade considerando as incertezas da fonte de energia renovável e os padrões de resposta do cliente aos preços (LIU, N. et al., 2016).

Políticas de preços para serviços em nuvem também são extremamente necessárias aqui. Um exemplo é a política de preços para provedores de nuvem e Cloud Service Brokers (CSBs),

que comprem recursos de nuvem a preços mais baixos e vendem para locatários a preços mais altos (QIU; SHEN; CHEN, 2015). Outra estratégia de precificação a ser utilizada pelos CSPs para decidir quanto seria pago pelos consumidores para atender sua demanda foi sugerida por (PAUL, D. ; ZHONG; BOSE, 2016), onde o objetivo é propor um equilíbrio entre cobrar muito e cobrar tão pequeno. Outra política de preços para serviços em nuvem é oferecer um modelo pré-pago. Neste modelo de preços e considerando um modelo IaaS, o custo é dado por unidade de memória, custo por unidade de armazenamento e custo por unidade de largura de banda usada, onde os clientes pagam pelos custos de memória e armazenamento ao criar e instanciar MVs, enquanto os custos de uso da rede são incorridos apenas no caso de transferência de dados (CALHEIROS et al., 2011). Nesse sentido, (PATEL; SARJE, 2012) desenvolveu um algoritmo que mostra qual deve ser o uso mínimo e o preço mínimo por alocação de VM, melhorando o lucro dos provedores de serviço em nuvem. A outra métrica de custo está relacionada ao modelo SaaS, onde os custos se aplicam às unidades de tarefas (solicitações de serviço de aplicativo) que são atendidas pelos serviços de aplicativo (CALHEIROS et al., 2011).

A relação entre os usuários e a nuvem deve ser estabelecida em um contrato de serviço na nuvem. O regulamento do contrato de prestação de serviços em nuvem estabelece que para cada trabalho o usuário paga uma taxa proporcional ao tamanho do trabalho (tempo unitário) (MAZZUCCO; DYACHUK, 2012) regulamentado por um Acordo de Nível de Serviço (SLA) que padroniza a relação comercial entre a nuvem pública e o cliente com base na disponibilidade e restrições de preço (BRUNEO; LONGO; PULIAFITO, 2012). Se uma política de federação estiver ativa, um Federation Broker (FB) será usado para se comunicar com nuvens externas públicas ou privadas, para redirecionar solicitações de usuários que não podem ser atendidas localmente (BRUNEO; LONGO; PULIAFITO, 2012) e com o algoritmo de proximidade de serviço proposto por (PM; DAKSHAYINI, 2014), o tráfego do serviço é direcionado para o data center com melhor tempo de resposta.

Para esta camada, algumas questões relacionadas aos medidores inteligentes também merecem atenção do ponto de vista regulatório. Devem ser de baixo custo, disseminados na rede e projetados como uma abordagem de Arquitetura Orientada a Serviços (SOA), para tornar os dados acessíveis e utilizáveis por consumidores e serviços heterogêneos (MONTORI; CINOTTI; BRUNELLI, 2016). Além disso, o uso de um medidor de energia sem fio pré-pago para visualizar a unidade consumida também é essencial. Assim, esses medidores podem transferir e consultar unidades de energia em tempo real sem o auxílio de interações humanas, facilitando assim o processo de monitoramento (WAN; SANKARANARAYANAN; SAIT, 2014).

Em um cenário onde a CE está efetivamente consolidada, cada casa deve ter suas fontes

de energia verde, onde cada usuário atende sua demanda de energia da microrrede doméstica e o déficit de energia é compartilhado pelos vizinhos, e então se alguma casa ainda precisa de energia, é fornecido pela rede comercial (KHALID et al., 2018). Nesse sentido, a análise da sustentabilidade do modelo de negócios deve ser realizada pela corretora. Essa análise é garantida por dois tipos de receita: fornecimento de energia aos consumidores e venda da energia produzida e não consumida (porque o armazenamento está totalmente carregado), onde o agregador vende essa energia para outros consumidores com desconto (25% abaixo do preço médio da componente energética) ou no mercado liberalizado (ao preço zonal) (MENNITI et al., 2016).

Incentivar e implementar políticas de gestão de energia nesta camada pode ajudar a reduzir o impacto ambiental das operações do data center (CASTRO-LEON et al., 2012). A partir da revisão sistemática, verifica-se que este bloco de apoio à gestão do CE é o que apresenta maior abrangência considerando as sugestões de regulamentação apresentadas. As sugestões normativas para a camada do corretor abrangem políticas sobre as atribuições do corretor, políticas de preços de eletricidade, políticas de preços de nuvem e contratos de serviço oferecidos pela nuvem, monitoramento e sustentabilidade. Porém, na revisão sistemática, não foi encontrada nenhuma pesquisa que trate da estrutura de um mercado que considere as especificidades da CE.

2.4.10 Security and Privacy

O sistema EC é um sistema complexo e interconectado que requer um alto nível de segurança e privacidade integrada entre todas as camadas. Essa camada deve garantir segurança, privacidade, qualidade de serviço e outros possíveis requisitos de proteção de gerenciamento de informações (FANG et al., 2012). Nesse sentido, um mecanismo de segurança holístico e robusto para o dispositivo de Cyber-Physical Systems (CPSs) em cidades inteligentes deve proteger quatro níveis diferentes: nível de firmware, nível de dispositivo, nível de circuito e coleta de dados e nível de armazenamento de energia (HABIBZADEH et al., 2019). Dada essa importância, alguns aspectos regulatórios merecem atenção.

Para fornecer essa segurança são indicadas algumas plataformas e arquitetura computacional, como o CyberGuarder, uma arquitetura de garantia de segurança de virtualização, projetada para resolver problemas de segurança (LI, J. et al., 2012), ou o SNUAGE, um framework de segurança para proteger a confidencialidade e integridade da distribuição de dados da rede em nuvem entre a camada de aplicativo e a camada de serviço (ITANI, WASSIM; KAYSSI;

CHEHAB, 2013).

Políticas de proteção da rede elétrica também precisam ser propostas. Alguns esquemas são propostos na literatura: o ESO, um esquema estruturado para obter acesso refinado e preservação da privacidade na rede inteligente, garantindo comunicação segura entre o centro de controle e os mercados (LI, Q. et al., 2013); um esquema de controle de acesso refinado (LI, H. et al., 2015); o Cyber-Physical Power System, uma microrrede cibernética de energia renovável que possui um esquema de controle e segurança multicamadas (PAUL, S. et al., 2016); finalmente, nesse mesmo sentido, (MOHSENIAN-RAD; LEON-GARCIA, 2011) propôs três opções de proteção para ataques de mudança de carga baseados na Internet contra redes inteligentes, a saber: proteção de sinais de comando e preço, proteção de medidores inteligentes e detecção de ataques e padrões de demanda de aprendizagem.

Para proteção contra vírus, sugere-se usar a varredura de vírus como serviço (VSaaS) usando a proteção da versão N, onde um arquivo pode ser enviado a mais de um mecanismo de serviço para varredura para reduzir o custo de erro de detecção devido à perda da detecção do arquivo infectado (ZHANG; WEN, 2014). Outra política de proteção sugerida são as Service Security Policies (SSPs), responsáveis por reger os mecanismos de confidencialidade e integridade dos dados entre o cliente móvel e a MV do serviço (ITANI, W; KAYSSI; CHEHAB, 2011).

Existe uma preocupação relacionada à segurança e privacidade tanto para os sistemas de nuvem quanto de energia, pois a conectividade dos equipamentos, incluindo os sistemas de energia, torna esses dispositivos vulneráveis a ataques maliciosos ou vazamento de dados e informações. Mesmo assim, não houve sugestões de regulamentações relacionadas à autenticação de usuários do EC, nem foram mencionadas nos artigos da revisão sistemática preocupações relacionadas à segurança dos dados de energia que fluem entre as camadas de neblina e nuvem.

2.4.11 Third-Party Services

Esta camada refere-se aos serviços terceirizados executados para a gestão do EC. Surge, então, o conceito de meta-serviços, que são negociações com contratos mais complexos que podem requerer a intervenção de terceiros neutros atuando como corretores e prestadores de serviços de custódia (CASTRO-LEON et al., 2012). Da mesma forma, outra sugestão é a opção de terceirizar serviços em nuvem e energia excedente. O provedor de federação em nuvem pode terceirizar os recursos de outro provedor com base nas necessidades de seus clientes, e também

pode alugar seus recursos excedentes para outros fornecedores para melhorar a utilização dos recursos (PATEL; SARJE, 2012). Desta forma, o uso de recursos é otimizado.

O uso de plataformas como serviço terceirizado para a tomada de decisões quanto ao gerenciamento dos dados e da interface do usuário também é uma sugestão de política. Uma plataforma que funciona como um serviço terceirizado foi proposta por (RAJABI; EBRAHIMIRAD; YAZDANI, 2013), Decision Support-as-a-Service (DSaaS), um sistema de suporte à decisão baseado em nuvem que ajuda os provedores de nuvem a oferecerem novos serviços (RAJABI; EBRAHIMIRAD; YAZDANI, 2013). Porém, tal como na camada Application, um ponto que ainda necessita ser realçado e regulamentado é a necessidade de os órgãos competentes aprovarem novos serviços a serem oferecidos por terceiros no ambiente EC.

2.4.12 Cloud Auditor

Este é o bloco de suporte responsável por auditar o desempenho dos sistemas cobertos pelo EC, e abrange todas as camadas, desde auditorias em prestadores de serviços em nuvem até processos no mercado de energia. Apenas uma política que se enquadre neste bloco de suporte é sugerida na literatura, e se refere ao uso de instrumentos elétricos de medição com padrões de precisão que consideram a exatidão dos transformadores de corrente (AHMAD, M. W. et al., 2016).

Portanto, essa camada depende das demais serem regularizadas para que a auditoria seja possível, sendo provavelmente a última camada a ser padronizada.

2.5 O QUE PRECISA SER MUDADO E AINDA PRECISA SER FEITO

As sugestões regulatórias discutidas em 2.4 abordam questões de eficiência energética e uso de energia renovável para melhorar o nível de energia e serviços em nuvem para todos os usuários de sistemas de energia. Por meio desta pesquisa, foram verificadas algumas fragilidades e deficiências regulatórias considerando o ambiente da EC. Assim, para auxiliar na visualização dessas fragilidades regulatórias, as sugestões regulatórias foram classificadas em fatores técnicos, econômicos e ambientais, conforme mostrado na Tabela 3. Os fatores técnicos, econômicos e ambientais considerados para a distribuição dos regulamentos foram baseados nas técnicas e conceitos da Produção Mais Limpa, que visa evitar o desperdício na geração de recursos, ao mesmo tempo em que aumenta a eficiência em diversos setores, incluindo eletricidade, água

e transporte (SAHIN; BAYRAM; KOC, 2019). Desta forma, pode-se considerar que é importante estabelecer os aspectos regulatórios e legislativos da EC de forma que os fatores técnicos, econômicos e ambientais sejam equilibrados.

Tabela 3 - Classificação das sugestões de regulamentações

Tipo de Layer	Layers		Regulamentação		
	Número	Layer	Técnico	Econômico	Ambiental
Layer principal	1	Physical	[1]; [2]		
	2	Fog	[3]; [4]; [5]		
	3	Network	[6]; [7]; [1]	[6]	
	4	Cloud	[8]; [9]; [10]; [11]; [12]; [13]; [14]; [15]; [16]; [17]; [18]; [19]	[9]; [25]; [11]; [14]; [16]; [19]	[26]; [11]; [19]
	5	Service	[20]; [21]	[22]	
	6	Session	[15]; [1]; [22]		
	7	Application	[23]; [24]	[24]	
Bloco de Suporte	8	Broker	[8]; [25]; [13]; [27]; [28]; [29]; [30]; [31]; [32]; [33]; [34]; [35]; [36]; [5]; [37]; [38]	[8]; [21]; [25]; [39]; [14]; [16]; [40]; [29]; [30]; [41]; [42]; [43]; [37]; [44]; [38]	[21]; [40]; [42]
	9	Security and Privacy	[45]; [46]; [47]; [48]; [49]; [39]; [10]; [50]; [51]		
	10	Third-Party Services	[21]; [13]; [15]		
	11	Cloud Auditor	[52]		

Legenda: 1: (HÖGLUND *et al.*, 2011); 2: (MOKHTARI; ANVARI-MOGHADDAM; ZHANG, 2019); 3: (BORYLO *et al.*, 2016); 4: (YASMEEN *et al.*, 2018); 5: (KHALID *et al.*, 2018); 6: (PEOPLES; PARR; MCCLEAN, 2011); 7: (FISCHER, M. J.; SU; YIN, 2010); 8: (CALHEIROS *et al.*, 2011); 9: (RUTH, 2011); 10: (LI, Hongwei *et al.*, 2015); 11: (PEOPLES *et al.*, 2012); 12: (LI, X. *et al.*, 2012); 13: (PATEL; SARJE, 2012); 14: (MAZZUCCO; DYACHUK, 2012); 15: (RAJABI; EBRAHIMIRAD; YAZDANI, 2013); 16: (GHASEMI-GOL; WANG; PEDRAM, 2014); 17: (ALHADDADIN; LIU; GUTIÉRREZ, 2014); 18: (CHIANG; OUYANG; HSU, 2015); 19: (KATSAK *et al.*, 2015); 20: (SIDDIQA *et al.*, 2016); 21: (CASTRO-LEON *et al.*, 2012); 22: (LIU, C.; REYNOLDS; BAO, 2010); 23: (YANG, C *et al.*, 2012); 24: (RAIKER *et al.*, 2020); 25: (BRUNEO; LONGO; PULIAFITO, 2012); 26: (LEMAY *et al.*, 2012); 27: (P.M.; DAKSHAYINI, 2014); 28: (WAN; SANKARANARAYANAN; SAIT, 2014); 29: (QIU; SHEN; CHEN, 2015); 30: (PAUL, D.; ZHONG; BOSE, 2016); 31: (MONTORI; CINOTTI; BRUNELLI, 2016); 32: (LIU, J. *et al.*, 2017); 33: (CASALICCHIO *et al.*, 2018); 34: (ULLAH *et al.*, 2018); 35: (SUCIU *et al.*, 2019); 36: (METALLIDOU; PSANNIS; EGYPTIADOU, 2020); 37: (ARIAS BARRAGÁN; RIVAS TRUJILLO; SANTAMARIA, 2017); 38: (STANESCU *et al.*, 2014); 39: (ZHANG; WEN, 2014); 40: (NAKATA, 2014); 41: (LIU, N. *et al.*, 2016); 42: (MENNITI *et al.*, 2016); 43: (MATHERI *et al.*, 2019); 44: (JIN *et al.*, 2015); 45: (MOHSENIAN-RAD; LEON-GARCIA, 2011); 46: (ITANI, W; KAYSSI; CHEHAB, 2011); 47: (LI, J. *et al.*, 2012); 48: (ITANI, Wassim; KAYSSI; CHEHAB, 2013); 49: (LI, Q. *et al.*, 2013); 50: (PAUL, S. *et al.*, 2016); 51: (HABIBZADEH *et al.*, 2019); 52: (AHMAD *et al.*, 2016).

As 72 sugestões regulatórias para EC apresentadas na Tabela 3 foram classificadas em

fatores técnicos, econômicos e ambientais. O maior número de itens devolvidos está relacionado a sugestões de regulamentos técnicos, como o uso de algoritmos para otimizar o tráfego da rede, processamento de dados por meio de Big Data, alocação de tarefas e políticas de eficiência energética em data centers, interface de usuário, preços para serviços em nuvem e mercado de energia, proteção de políticas de segurança e proteção da rede elétrica.

Apenas 6 englobam os fatores ambientais, e essa escassez de referências com enfoque ambiental instiga a preocupação com a proteção ambiental neste campo da computação em nuvem. As normas técnicas são fundamentais para qualquer área, pois irão garantir e orientar o correto funcionamento dos processos em geral, ao contrário das normas ambientais que apresentam resultados positivos a longo prazo.

Devido a EC ser um novo conceito de sistema de gestão de energia, esperava-se que para a camada *Physical* a literatura não apresentasse pesquisas com enfoque regulatório. É importante ressaltar que existe uma regulamentação consistente quanto à geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica por órgãos reguladores em todo o mundo. No entanto, de acordo com a revisão sistemática, existem apenas dois aspectos técnicos regulatórios relacionados à infraestrutura do cenário energético em um ambiente de computação em nuvem. Em contrapartida, considerando a camada *Network* e que o fluxo de dados segue um caminho semelhante ao de outros sistemas de dados, a maior parte da legislação em vigor para sistemas de telecomunicações pode ser aplicada ao ambiente da EC. Ainda assim, ao olhar para as camadas *Physical*, *Fog* e *Network*, pode-se perceber que os fatores ambientais ainda não foram levados em consideração e apenas um ponto econômico é comentado para a camada *Network*.

Na camada *Cloud*, as sugestões regulatórias abrangem os três eixos: técnico, econômico e ambiental. Nesta camada, as políticas de eficiência energética para data centers que compõem o quadro econômico também se enquadram no eixo técnico, pois são compostas por algoritmos que contribuem para a redução de custos devido ao alto consumo de energia. Algumas políticas de âmbito técnico e econômico também compõem o âmbito ambiental.

Outro ponto a ser destacado é a padronização dos dados e informações acessíveis aos usuários na camada *Application*, e como essas informações podem ser utilizadas nas tarefas de compra, venda ou troca de energia no bloco de suporte *Broker*. Este uso da informação também deve estar disponível para ser auditado no *Cloud Auditor*, para isso, também devem ser estabelecidos padrões regulatórios.

Na camada *Broker*, houve um número considerável de artigos relacionados ao eixo econômico, por se tratar de compra e venda de serviços e, por isso, é a camada com os padrões mais sugeridos com viés econômico. Aqui, fica evidente que há pouca preocupação com as

questões ambientais relacionadas à área, pois foi a camada com maior número de artigos devolvidos e apenas três são ambientais. Políticas que incentivem consumidores e usuários a promoverem atitudes ecologicamente corretas na mediação de serviços em nuvem e energia devem ser desenvolvidas e colocadas em prática.

Nos demais blocos de suporte, *Security and Privacy*, *Third-Party Services* e *Cloud Auditor*, foram devolvidos apenas artigos com sugestões técnicas. Por esse motivo, fica evidente a necessidade de um órgão regulador estruturado e consolidado, para que a auditoria seja possível posteriormente.

Dado o desenvolvimento sistêmico da EC com sua flexibilidade total no fluxo de energia, o planejamento de carga para redes elétricas deve incluir capacidade de rede, planejamento anual, geração de otimização e construção de redes e confiabilidade do sistema. As concessionárias de energia devem garantir um equilíbrio preciso entre o consumo e a geração de energia para garantir a viabilidade das redes de transmissão e distribuição de energia elétrica (AHMAD, T.; ZHANG; YAN, 2020). Como se pode verificar pela escassez de aspectos regulatórios na seção 2.4, ainda é necessário desenvolver aspectos regulatórios e legislativos que possam contemplar essa flexibilidade total no fluxo de energia, permitindo aos usuários a flexibilidade de decisões quanto aos aspectos relacionados à energia gerada, armazenados, comprados, vendidos e ou consumidos.

2.6 CONCLUSÕES

A EC engloba diferentes tipos de fontes de energia, principalmente renováveis, e, portanto, tem mostrado um futuro promissor para o desenvolvimento de cidades inteligentes e ambientes resilientes. Portanto, o objetivo deste artigo foi discutir a proposta de uma série de aspectos regulatórios técnicos, econômicos e ambientais para a gestão de EC. O processo de revisão bibliográfica deste trabalho permitiu elencar sugestões normativas para esta área a partir da análise de 121 artigos e conferências. A leitura dos artigos permitiu extrair um total de 72 sugestões de regulamentações, as quais foram classificadas em técnicas, econômicas e ambientais, possibilitando o alcance do objetivo do artigo inicial.

A classificação das sugestões regulatórias da EC em aspectos técnicos, econômicos e ambientais possibilitou analisar quais são as fragilidades desse ambiente inovador de gestão de energia. Os regulamentos sugeridos incluem políticas para lidar com serviços de névoa, algoritmos para tráfego de rede e transmissão de dados, soluções para eficiência energética e armazenamento em data centers, algoritmos para processamento de dados, sugestões para interfaces

de usuário, regras para preços e compra e venda de serviços na nuvem, e o mercado de energia, algoritmos e protocolos para segurança e privacidade de dados e políticas para serviços terceirizados. Nesse sentido, nesta pesquisa, foi sugerida outra camada para o cenário de gestão da EC, o quinto bloco de apoio denominado Regulamentação.

Este artigo tem implicações práticas para empresas de energia, prestadoras de serviço, fabricantes e desenvolvedores de equipamentos, pois traz sugestões e discussões do ponto de vista regulatório, de como deverá ocorrer a integração de novos equipamentos e infraestrutura aos sistemas de energia, coleta de dados energéticos, bem como integração dos sistemas de gestão de energia dos usuários com o mercado de energia. Para os provedores de serviços de dados e nuvem, as implicações vão no sentido de discutir como os regulamentos e padrões no uso de certos algoritmos podem trazer benefícios no gerenciamento de dados. Também é enfatizada a importância dos provedores de nuvem se adaptarem ao uso de métricas de eficiência energética, incluindo sua geração de energia a partir de fontes renováveis.

Do ponto de vista dos usuários, as implicações deste artigo são apresentar e discutir propostas ou melhorias nos aspectos regulatórios que tragam maior autonomia e liberdade no uso e gestão da energia. Já para os formuladores de políticas, o artigo traz uma discussão detalhada relacionando diversos pontos que precisam de regulamentação técnica, econômica e ambiental, considerando as novas tecnologias de gerenciamento de dados e informações energéticas que estão sendo inseridas nos sistemas energéticos. O artigo também traz um alerta para a criação de novas políticas que abordem a gestão da EC do ponto de vista ambiental e sustentável, uma vez que o uso de fontes renováveis de energia é um ponto relevante considerando a inserção de usuários como geradores de energia de forma distribuída.

Para pesquisas futuras, sugere-se a estruturação de um roteiro que consolide os caminhos que os órgãos reguladores devem seguir para implementar os aspectos regulatórios relativos ao desenvolvimento da EC. Para isso, sugere-se também uma pesquisa com especialistas da área de energia com foco na autonomia dos usuários, visando estudar a estrutura regulatória necessária a ser implementada considerando a difusão da EC. Por meio dessa pesquisa com especialistas, será possível propor uma série de regulamentos e indicar quem serão os responsáveis por eles. Além disso, em trabalhos futuros será realizada uma análise do marco regulatório do setor de energia, relacionando essas normas com a EC. Com base nos achados deste artigo sugere-se o aprimoramento dos aspectos regulatórios levantados e a validação das regulações para atender ao desenvolvimento e difusão da EC.

2.7 REFERÊNCIAS

AGAVANAKIS, Kyriakos *et al.* Energy trading market evolution to the energy internet a feasibility review on the enabling internet of things (IoT) cloud technologies. *In:* , 2018. **AIP Conference Proceedings**. [S. l.]: American Institute of Physics Inc., 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1063/1.5039264>

AHMAD, Muhammad Waseem *et al.* Building energy metering and environmental monitoring - A state-of-the-art review and directions for future research. **ENERGY AND BUILDINGS**, [s. l.], v. 120, p. 85–102, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.059>

AHMAD, Tanveer; ZHANG, Hongcai; YAN, Biao. **A review on renewable energy and electricity requirement forecasting models for smart grid and buildings**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102052>

ALHADDADIN, F; LIU, W; GUTIÉRREZ, J A. A User Profile-Aware Policy-Based Management Framework for Greening the Cloud. *In:* , 2014. **2014 IEEE Fourth International Conference on Big Data and Cloud Computing**. [S. l.: s. n.], 2014. p. 682–687. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/BDCloud.2014.116>

ARIAS BARRAGÁN, Luis Alejandro; RIVAS TRUJILLO, Edwin; SANTAMARIA, Francisco. Agente Integrador de Recursos Energéticos Distribuidos como Oferente de Energía en el Nivel de Distribución. **Ingeniería**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 306, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.14483/23448393.10986>

BABAR, Muhammad; TARIQ, Muhammad Usman; JAN, Mian Ahmad. Secure and resilient demand side management engine using machine learning for IoT-enabled smart grid. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 62, p. 102370, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102370>

BAIERLE, Ismael Cristofer *et al.* MOONA SOFTWARE FOR SURVEY CLASSIFICATION AND EVALUATION OF CRITERIA TO SUPPORT DECISION-MAKING FOR PROPERTIES PORTFOLIO. **International Journal of Strategic Property Management**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 226–236, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3846/ijspm.2020.12338>

BORYLO, P *et al.* Energy-aware fog and cloud interplay supported by wide area software defined networking. *In:* , 2016. **2016 IEEE International Conference on Communications (ICC)**. [S. l.: s. n.], 2016. p. 1–7. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICC.2016.7511451>

BRANDHERM, B; BAUS, J; FREY, J. Peer energy cloud-Civil marketplace for trading renewable energies. *In:* , 2012, Guanajuato. **Proceedings - 8th International Conference on Intelligent Environments, IE 2012**. Guanajuato: [s. n.], 2012. p. 375–378. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IE.2012.46>

BRUNEO, D; LONGO, F; PULIAFITO, A. Evaluating energy consumption in a Cloud infrastructure. *In:* , 2011. **2011 IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks**. [S. l.: s. n.], 2011. p. 1–6. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/WoWMoM.2011.5986479>

BRUNEO, D; LONGO, F; PULIAFITO, A. Modeling energy-aware cloud federations with SRNs. **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**, [s. l.], v. 7400 LNCS, p. 277–307, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-35179-2_12

BUKSHSH, R. *et al.* Towards fast response, reduced processing and balanced load in fog-based data-driven smart grid. **Energies**, [s. l.], v. 11, n. 12, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en11123345>

CALHEIROS, R N *et al.* CloudSim: A toolkit for modeling and simulation of cloud

computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms. **Software - Practice and Experience**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 23–50, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/spe.995>

CASALICCHIO, Emiliano *et al.* Research challenges in legal-rule and QoS-aware cloud service brokerage. **FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS-THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ESCIENCE**, [s. l.], v. 78, n. 1, p. 211–223, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.future.2016.11.025>

CASTRO-LEON, E *et al.* Global IT Manageability Policies across Service Boundaries in a Cloud Environment. *In:* , 2012. **2012 Annual SRII Global Conference**. [S. l.: s. n.], 2012. p. 369–378. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/SRII.2012.48>

CHEN, C; CHO, M; HUANG, H. Development of Energy Cloud for Energy Saving of Kaohsiung City. *In:* , 2016. **2016 3rd International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD)**. [S. l.: s. n.], 2016. p. 39–44. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/GTSD.2016.19>

CHIANG, Yi-Ju; OUYANG, Yen-Chieh; HSU, Ching-Hsien (Robert). An Efficient Green Control Algorithm in Cloud Computing for Cost Optimization. **IEEE TRANSACTIONS ON CLOUD COMPUTING**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 145–155, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TCC.2014.2350492>

CORSINI, Filippo *et al.* Participatory energy: Research, imaginaries and practices on people' contribute to energy systems in the smart city. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 142, p. 322–332, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.028>

DE CARVALHO, Patricia Stefan; NORA, Macklini Dalla; DA ROSA, Leandro Cantorski. Development of an acoustic absorbing material based on sunflower residue following the cleaner production techniques. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 270, p. 122478, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122478>

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; JUNIOR, Jose Antonio Valle Antunes. Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement. **Springer, New York**, [s. l.], 2014.

EUROPEAN COMISSION. **Energy roadmap 2050**. [S. l.: s. n.], 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.2833/10759>.

EUROPEAN COMMISSION. **COMMISSION DECISION of 11 November 2003 on establishing the European Regulators Group for Electricity and Gas Group**. [S. l.: s. n.], 2003.

FANG, X. *et al.* Managing smart grid information in the cloud: Opportunities, model, and applications. **IEEE Network**, [s. l.], v. 26, n. 4, p. 32–38, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MNET.2012.6246750>

FENG, Lu; LIAO, Wenjie. Legislation, plans, and policies for prevention and control of air pollution in China: Achievements, challenges, and improvements. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 112, p. 1549–1558, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.013>

FISCHER, Michael J.; SU, Xueyuan; YIN, Yitong. Assigning tasks for efficiency in Hadoop. **Annual ACM Symposium on Parallelism in Algorithms and Architectures**, [s. l.], p. 30–39, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1810479.1810484>

GHASEMI-GOL, M; WANG, Y; PEDRAM, M. An optimization framework for data centers to minimize electric bill under day-ahead dynamic energy prices while providing regulation services. *In:* , 2014. **International Green Computing Conference**. [S. l.: s. n.], 2014. p. 1–9. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IGCC.2014.7039179>

GIORDANO, Andrea *et al.* An energy community implementation: The unical energy cloud. **Electronics (Switzerland)**, [s. l.], v. 8, n. 12, 2019. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/electronics8121517>

HABIBZADEH, Hadi *et al.* A survey on cybersecurity, data privacy, and policy issues in cyber-physical system deployments in smart cities. **SUSTAINABLE CITIES AND SOCIETY**, [s. l.], v. 50, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101660>

HÖGLUND, J *et al.* Event-driven IPv6 communication for the smart grid infrastructure. *In:* , 2011. **2011 International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems and Workshops (DCOSS)**. [S. l.: s. n.], 2011. p. 1–2. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/DCOSS.2011.5982144>

ITANI, W; KAYSSI, A; CHEHAB, A. Policy-based security channels for protecting network communication in mobile cloud computing. *In:* , 2011. **Proceedings of the International Conference on Security and Cryptography**. [S. l.: s. n.], 2011. p. 450–456.

ITANI, Wassim; KAYSSI, Ayman; CHEHAB, Ali. SNUAGE: an efficient platform-as-a-service security framework for the cloud. **CLUSTER COMPUTING-THE JOURNAL OF NETWORKS SOFTWARE TOOLS AND APPLICATIONS**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 707–724, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10586-012-0223-x>

JIN, H *et al.* Towards Optimized Fine-Grained Pricing of IaaS Cloud Platform. **IEEE Transactions on Cloud Computing**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 436–448, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TCC.2014.2344680>

KATSAK, W *et al.* GreenCassandra: Using renewable energy in distributed structured storage systems. *In:* , 2015. **2015 Sixth International Green and Sustainable Computing Conference (IGSC)**. [S. l.: s. n.], 2015. p. 1–8. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IGCC.2015.7393711>

KHALID, Adia *et al.* An efficient energy management approach using fog-as-a-service for sharing economy in a smart grid. **Energies**, [s. l.], v. 11, n. 12, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en11123500>

KUMAR, S. Suresh; CHIDAMBARAM, Sivapragash. Trace Based Real Time Service Selection and Composition for Secure Cloud Computing in Smart Grids. **International Journal of Applied Engineering Research**, [s. l.], v. 9, n. 21, 2014.

LAWRENCE. **Power Sales and Markets | Federal Energy Regulatory Commission**. [S. l.], 2020.

LAWRENCE, Mackinnon; VRINS, Jan. **BUILDING A COMPETITIVE ADVANTAGE FOR ENERGY CLOUD 2.0**. [S. l.: s. n.], 2016.

LEMAY, Mathieu *et al.* Toward a Zero-Carbon Network Converging Cloud Computing and Network Virtualization. **IEEE INTERNET COMPUTING**, [s. l.], v. 16, n. 6, p. 51–59, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MIC.2011.128>

LI, Hongwei *et al.* Enabling Fine-grained Access Control with Efficient Attribute Revocation and Policy Updating in Smart Grid. **KSII TRANSACTIONS ON INTERNET AND INFORMATION SYSTEMS**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 1404–1423, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3837/tiis.2015.04.008>

LI, Jianxin *et al.* CyberGuarder: A virtualization security assurance architecture for green cloud computing. **FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS-THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ESCIENCE**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 379–390, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.future.2011.04.012>

LI, Qi *et al.* ESO: An efficient and secure outsourcing scheme for smart grid. *In:* , 2013. **2013 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing**. [S. l.: s. n.], 2013. p. 1–6. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/WCSP.2013.6677053>

LI, X *et al.* Balancing Resource Utilization for Continuous Virtual Machine Requests in Clouds. *In:* , 2012. **2012 Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing**. [S. l.: s. n.], 2012. p. 266–273. Disponível em:

<https://doi.org/10.1109/IMIS.2012.72>

LIU, C; REYNOLDS, T; BAO, H. Research on SOA-Based Integrated Strategy to Enable the Smart Grid. *In:* , 2010. **2010 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery**. [S. l.: s. n.], 2010. p. 506–509. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CyberC.2010.98>

LIU, Jingkun *et al.* Cloud energy storage for residential and small commercial consumers: A business case study. **APPLIED ENERGY**, [s. l.], v. 188, p. 226–236, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.120>

LIU, N *et al.* PV energy sharing cloud: Towards automatic pricing and energy management. *In:* , 2016. **2016 IEEE Power and Energy Society General Meeting (PESGM)**. [S. l.: s. n.], 2016. p. 1–9. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/PESGM.2016.7741865>

MA, Youjie *et al.* Summary of cloud computing technology in smart grid. *In:* , 2018. **Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, ICMA 2018**. [S. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. p. 253–258. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICMA.2018.8484418>

MACKINNON LAWRENCE *et al.* Energy Cloud 4.0. Capturing Business Value through Disruptive Energy Platforms. [s. l.], p. 1–46, 2018.

MATHERI, A N *et al.* Smart City Energy Trend Transformation in the Fourth Industrial Revolution Digital Disruption. *In:* , 2019. **2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)**. [S. l.: s. n.], 2019. p. 978–984. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978675>

MAZZUCCO, M; DYACHUK, D. Optimizing Cloud providers revenues via energy efficient server allocation. **Sustainable Computing: Informatics and Systems**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 1–12, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2011.11.001>

MELL, Peter; GRANCE, Timothy. **The NIST Definition of Cloud Computing Recommendations of the National Institute of Standards and Technology**. [S. l.: s. n.], 2011.

MENNITI, D *et al.* Nanogrids for Home Application in a Power Cloud framework. *In:* , 2016. **2016 AEIT International Annual Conference (AEIT)**. [S. l.: s. n.], 2016. p. 1–6. Disponível em: <https://doi.org/10.23919/AEIT.2016.7892748>

METALLIDOU, Chrysi K; PSANNIS, Kostas E; EGYPTIADOU, Eugenia Alexandropoulou. Energy Efficiency in Smart Buildings: IoT Approaches. **IEEE ACCESS**, [s. l.], v. 8, p. 63679–63699, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2984461>

MOHSENIAN-RAD, A; LEON-GARCIA, A. Distributed Internet-Based Load Altering Attacks Against Smart Power Grids. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 667–674, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2011.2160297>

MOKHTARI, Ghassem; ANVARI-MOGHADDAM, Amjad; ZHANG, Qing. A New Layered Architecture for Future Big Data-Driven Smart Homes. **IEEE Access**, [s. l.], v. 7, p. 19002–19012, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2896403>

MONTORI, F; CINOTTI, T S; BRUNELLI, D. Smart energy services integrated within the arrowhead communication framework. *In:* , 2016. **2016 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)**. [S. l.: s. n.], 2016. p. 558–563. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/SPEEDAM.2016.7526024>

MORAES, Jaqueline de *et al.* Algorithm applied: attracting MSEs to business associations. **Journal of Business and Industrial Marketing**, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JBIM-09-2018-0269>

MOURAO, Paulo Reis; MARTINHO, Vítor Domingues. Discussing structural breaks in the Portuguese regulation on forest fires-An economic approach. **Land Use Policy**, [s. l.], v.

54, p. 460–478, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.003>

NAKATA, Y. Trajectory of renewable energy policies depends on “price gap”: Learning from photovoltaic energy policies lead to “grid parity”. *In:* , 2014. **Proceedings of PICMET '14 Conference: Portland International Center for Management of Engineering and Technology; Infrastructure and Service Integration**. [S. l.: s. n.], 2014. p. 3549–3557.

P.M., Rekha; DAKSHAYINI, M. Cost based data center selection policy for large scale networks. *In:* , 2014. **2014 International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC)**. [S. l.: s. n.], 2014. p. 18–23. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICCPEIC.2014.6915333>

PATEL, K S; SARJE, A K. VM provisioning policies to improve the profit of cloud infrastructure service providers. *In:* , 2012. **2012 Third International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT'12)**. [S. l.: s. n.], 2012. p. 1–5. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICCCNT.2012.6395956>

PAUL, Debdeep; ZHONG, Wen-De; BOSE, Sanjay K. Energy efficient cloud service pricing: A two-timescale optimization approach. **JOURNAL OF NETWORK AND COMPUTER APPLICATIONS**, [s. l.], v. 64, p. 98–112, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2015.10.016>

PAUL, S *et al.* Cyber physical renewable energy microgrid: A novel approach to make the power system reliable, resilient and secure. *In:* , 2016. **2016 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT-Asia)**. [S. l.: s. n.], 2016. p. 659–664. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ISGT-Asia.2016.7796463>

PEOPLES, C *et al.* An Energy Aware Network Management Approach Using Server Profiling in “Green” Clouds. *In:* , 2012. **2012 Second Symposium on Network Cloud Computing and Applications**. [S. l.: s. n.], 2012. p. 17–24. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/NCCA.2012.17>

PEOPLES, C; PARR, G; MCCLEAN, S. Energy-aware data centre management. *In:* , 2011. **2011 National Conference on Communications (NCC)**. [S. l.: s. n.], 2011. p. 1–5. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/NCC.2011.5734700>

PERRI, Cecilia; GIGLIO, Carlo; CORVELLO, Vincenzo. Smart users for smart technologies: Investigating the intention to adopt smart energy consumption behaviors. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 155, p. 119991, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119991>

QIU, C; SHEN, H; CHEN, L. Towards green cloud computing: Demand allocation and pricing policies for cloud service brokerage. *In:* , 2015. **2015 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)**. [S. l.: s. n.], 2015. p. 203–212. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/BigData.2015.7363757>

RADENKOVIĆ, Miloš *et al.* Assessing consumer readiness for participation in IoT-based demand response business models. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 150, p. 119715, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119715>

RAIKER, G A *et al.* Internet of Things based Demand Side Energy Management System using Non-Intrusive Load Monitoring. *In:* , 2020. **2020 IEEE International Conference on Power Electronics, Smart Grid and Renewable Energy (PESGRE2020)**. [S. l.: s. n.], 2020. p. 1–5. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/PESGRE45664.2020.9070739>

RAJABI, A; EBRAHIMIRAD, V; YAZDANI, N. Decision Support-as-a-Service: An energy-aware Decision Support Service in Cloud Computing. *In:* , 2013. **The 5th Conference on Information and Knowledge Technology**. [S. l.: s. n.], 2013. p. 71–76. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IKT.2013.6620041>

REDISKE, Graciele *et al.* Determinant factors in site selection for photovoltaic projects: A systematic review. **International Journal of Energy Research**, [s. l.], v. 43, n. 5, p. 1689–

1701, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/er.4321>

RIGO, Paula D. *et al.* Is the success of small-scale photovoltaic solar energy generation achievable in Brazil? **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 240, p. 118243, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118243>

RUTH, Stephen. Reducing ICT-related Carbon Emissions: An Exemplar for Global Energy Policy. **IETE TECHNICAL REVIEW**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 207–211, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.4103/0256-4602.81229>

SAHIN, Ebubekir S.; BAYRAM, I. Safak; KOC, Muammer. Demand side management opportunities, framework, and implications for sustainable development in resource-rich countries: Case study Qatar. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 241, p. 118332, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118332>

SCHAEFER, Jones Luís *et al.* Management Challenges and Opportunities for Energy Cloud Development and Diffusion. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 16, p. 4048, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en13164048>. Acesso em: 23 set. 2020.

SEQUEIRA, Hugo *et al.* Energy cloud: Real-time cloud-native energy management system to monitor and analyze energy consumption in multiple industrial sites. *In: , 2014. Proceedings - 2014 IEEE/ACM 7th International Conference on Utility and Cloud Computing, UCC 2014*. [S. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2014. p. 529–534. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/UCC.2014.79>

SIDDIQA, A. *et al.* A survey of big data management: Taxonomy and state-of-the-art. **Journal of Network and Computer Applications**, [s. l.], v. 71, p. 151–166, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2016.04.008>

SIVAPRAGASH, C. *et al.* Location-based optimized service selection for data management with cloud computing in smart grids. **Energies**, [s. l.], v. 12, n. 23, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en12234517>

SIVAPRAGASH, C.; THILAGA, S. R.; SURESH KUMAR, S. Advanced cloud computing in smart power grid. *In: , 2012. IET Conference Publications*. [S. l.: s. n.], 2012. p. 356–361. Disponível em: <https://doi.org/10.1049/cp.2012.2238>

STANESCU, I A *et al.* Intelligent decision support for Renewable Energy Providers. *In: , 2014. 2014 International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*. [S. l.: s. n.], 2014. p. 488–492. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CoDIT.2014.6996942>

SUCIU, George *et al.* IoT and Cloud-Based Energy Monitoring and Simulation Platform. *In: , 2019. 2019 11th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering, ATEE 2019*. [S. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ATEE.2019.8724961>

SURESH KUMAR, S; SIVAPRAGASH, C. Time orient traffic estimation approach to improve performance of smart grids. **Journal of Computational and Theoretical Nanoscience**, [s. l.], v. 13, n. 8, p. 5037–5045, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1166/jctn.2016.5380>

SWARNA, Swarna Priya *et al.* Load balancing of energy cloud using wind driven and firefly algorithms in internet of everything. **Journal of Parallel and Distributed Computing**, [s. l.], v. 142, p. 16–26, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2020.02.010>

TALAAT, M. *et al.* Hybrid-cloud-based data processing for power system monitoring in smart grids. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102049>

ULLAH, R *et al.* Collaborative Buildings-to-Cloud Communication and Comparison of Service Broker Policies in Smart Grid. *In: , 2018. 2018 21st Saudi Computer Society National Computer Conference (NCC)*. [S. l.: s. n.], 2018. p. 1–6. Disponível em:

<https://doi.org/10.1109/NCG.2018.8592987>

WAN, A T; SANKARANARAYANAN, S; SAIT, S N Binti. Smart agent based prepaid wireless energy meter. *In:* , 2014. **Proceedings of 2014 International Conference on Cloud Computing and Internet of Things**. [S. l.: s. n.], 2014. p. 77–81. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CCIOT.2014.7062509>

WANG, Yuanping *et al.* Smart solutions shape for sustainable low-carbon future: A review on smart cities and industrial parks in China. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 144, p. 103–117, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.04.014>

XU, Jianqiang; LIU, Yao Hua. Research on IPv6 network construction and application in Higher Vocational Colleges. *In:* , 2020. **Proceedings of 2020 IEEE 4th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference, ITNEC 2020**. [S. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. p. 2598–2601. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ITNEC48623.2020.9084711>

YANG, C *et al.* Implementation of Smart Power Management and Service System on Cloud Computing. *In:* , 2012. **2012 9th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing and 9th International Conference on Autonomic and Trusted Computing**. [S. l.: s. n.], 2012. p. 924–929. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/UIC-ATC.2012.160>

YASMEEN, A *et al.* Efficient Resource Provisioning for Smart Buildings Utilizing Fog and Cloud Based Environment. *In:* , 2018. **2018 14th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC)**. [S. l.: s. n.], 2018. p. 811–816. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IWCMC.2018.8450410>

ZHANG, W; WEN, Y. Energy-efficient dispatching policy for virus scanning as a service under N-version protection. *In:* , 2014. **2014 Sixth International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP)**. [S. l.: s. n.], 2014. p. 1–6. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/WCSP.2014.6992028>

ZHOU, K; FU, C; YANG, S. Big data driven smart energy management: From big data to big insights. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 56, p. 215–225, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.050>

ZITELMAN, Kiera. **Advancing Electric System Resilience with Distributed Energy Resources: A Review of State Policies About SEIN**. [S. l.: s. n.], 2020.

3 ARTIGO 2 – MAPEAMENTO DOS ATORES E PROCESSOS REGULATÓRIOS RELACIONADOS A AMBIENTES DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA BASEADOS EM NUVEM USANDO O ALGORITMO APRIORI

Patrícia Stefan de Carvalho

Julio Cezar Mairesse Siluk

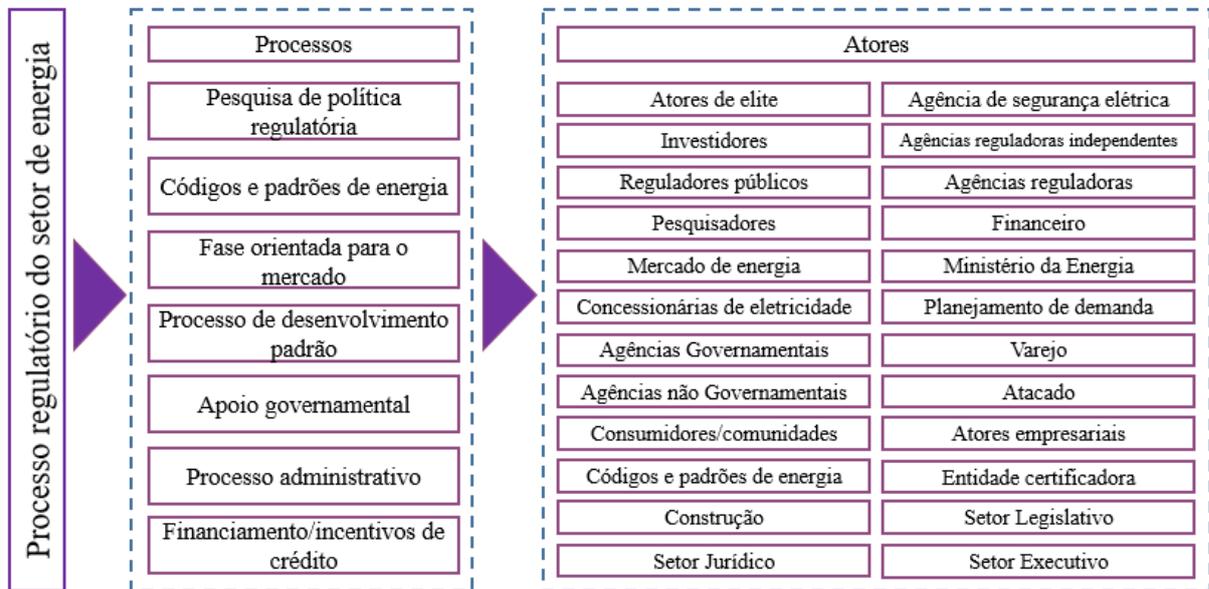
Jones Luís Schaefer

Uma versão deste artigo foi publicada em 20/12/2021 no periódico Sustainable Cities and Society (Qualis A1; Fator de Impacto: 7.587; Percentil Scopus: 98%).

Resumo: A Energy Cloud (EC) é a futura proposta para a gestão de energia, mas a questão é que não existe um quadro regulamentar para a EC. Portanto, conhecer como funciona o ambiente regulatório de energia e a relação entre atores e processos nesse ambiente contribuirá para a proposição de um novo sistema regulatório bem estruturado. O objetivo deste artigo é identificar os processos e atores que compõem o nível de regulamentação dos sistemas energéticos, estabelecer as relações básicas entre esses atores e processos, traçando as diretrizes para o estabelecimento e/ou modificação de políticas, leis e regulamentações relacionados à transição dos sistemas de gestão de energia para a EC. O método utilizado para atingir o objetivo foi a revisão sistemática da literatura (RSL) e o algoritmo Apriori. A RSL identificou 7 processos principais e 21 processos secundários, totalizando 28 processos regulatórios (traçados e apresentados através de um mapa mental), sendo estabelecida através da Apriori uma rede de dependências entre esses processos com 37 links diretos. Foram identificados 23 atores que estão estruturados em uma rede com 28 conexões diretas e dependentes. As conexões entre processos e atores podem servir de ponto de partida para a criação de um roteiro para o desenvolvimento de novas regulamentações considerando a implementação da EC.

Palavras-chave: Gerenciamento de energia. Regulamentação de Energy Cloud. Processo de Regulamentação de Energia; Algoritmo a priori.

Resumo Gráfico:



3.1 INTRODUÇÃO

O aumento do uso de energia levou ao desenvolvimento de novas tecnologias (de CARVALHO et al., 2020). Assim, com os avanços tecnológicos, o setor está passando por um processo de transição (RAFINDADI; MIKA'ILU, 2019). Essa evolução tecnológica e o contexto regulatório favorável formam um cenário favorável para a inserção massiva da geração distribuída, os veículos elétricos (CARMICHAEL et al., 2021). Nesse sentido, a melhor configuração de sistemas de energia é aquela com a maior flexibilidade de gestão possível (LEITHON; WERNER; KOIVUNEN, 2020). Essa flexibilidade deve ser combinada com a competitividade do mercado de energia, independentemente de quem possui ou controla a rede (SIDDIQUI; MACADAM; BARRETT, 2020). Dessa forma, promover mudanças nos padrões de demanda por meio da interação direta e responsividade do usuário traz benefícios técnicos e econômicos ao sistema energético (MELGAR-DOMINGUEZ et al., 2020). A evolução das tecnologias e algoritmos de gestão de energia proporcionará uma redução no desperdício de energia por meio da possibilidade de alteração da demanda de energia do consumidor (HASHMI; ALI; ZAFAR, 2021). Neste contexto, os sistemas tradicionais de energia são suportados por ambientes de nuvem computacional para que o gerenciamento de energia possa ser realizado de forma mais eficiente e eficaz. Assim, surge a Energy Cloud (EC).

A EC é definida como uma plataforma de gestão energética estruturada a partir de aspectos técnicos e econômicos que possibilitam a integração de fontes renováveis de energia à

rede por meio de tecnologias como microrredes, medidores inteligentes, instalações de armazenamento, IoT, nuvem, big data, entre outras (GIORDANO, Andrea *et al.*, 2019). Os principais motivadores para essa transição de sistemas de energia para EC são a inserção massiva de fontes de energia renováveis, veículos elétricos (MOHAMED *et al.*, 2021), e sistemas de armazenamento de energia. Assim, a rápida evolução dos sistemas de energia por meio da integração de tecnologias computacionais traz a necessidade de maior agilidade no estabelecimento e adaptação de políticas, aspectos regulatórios e legislativos relativos a esses sistemas e mercados de energia (SCHAEFER, Jones Luís *et al.*, 2020) para atrair investidores e investimentos de agentes públicos e privados (SCHAEFER, Jones Luís; SILUK, 2021).

Desta forma, atualizações e modificações nos aspectos regulatórios são vistos como necessários. Portanto, governos e formuladores de políticas são incentivados a assumir um papel de liderança na implementação de políticas, leis e recomendações que ajudem a superar os desafios relacionados à inserção de energias renováveis em mercados mais flexíveis e dinâmicos (BISHOGE; KOMBE; MVILE, 2020). Nesse sentido, seria importante estabelecer um sistema de gatilhos para que as políticas regulatórias possam evoluir automaticamente ao longo do tempo (ARIAS BARRAGÁN; RIVAS TRUJILLO; SANTAMARIA, 2017), e considerando que as políticas energéticas são diferentes em cada país (YUN; LEE; LEE, 2019) torna-se relevante uma pesquisa que busca traçar as diretrizes básicas para a adoção e / ou modificação de aspectos regulatórios pelos mais diversos países. Assim, esta pesquisa é motivada por esta evolução e transição tecnológica dos sistemas energéticos para a EC e pela necessidade de pesquisas que abordem o viés regulatório, mapeando e discutindo todos os processos e atores que integram o estabelecimento ou as modificações de políticas, legislações, e regulamentações relacionadas à energia.

Os atores são representados por todas as pessoas que compõem o sistema energético, como fornecedores e usuários de energia, e investidores públicos ou privados (FISCHER, R.; TOFFOLO, 2022). Neste artigo, os atores são entendidos como reguladores governamentais de energia, agências regulatórias independentes, agências de segurança elétrica, consumidores, atores empresariais, entre outros. Assim, os atores são todos aqueles envolvidos no processo de regulamentação energética ou que interferem na tomada de decisões durante esse processo. Ao trazer esse cenário para o contexto da computação em nuvem utilizada na EC, é necessário estabelecer a rede de atores e processos de regulamentação energética para, então, verificar o papel dos envolvidos e traçar diretrizes futuras. Assim, é possível estabelecer os aspectos regulatórios sobre como integrar novos equipamentos e infraestrutura aos sistemas de energia, além

da integração dos sistemas de gestão de energia dos usuários com o mercado, e como os provedores de nuvem podem se adaptar ao uso de métricas de eficiência energética (CARVALHO, et al., 2021), e outras ferramentas que compõem a EC e a computação em nuvem.

Portanto, o objetivo deste artigo é identificar os processos e atores na regulamentação dos sistemas energéticos, estabelecer as relações básicas entre esses atores e processos, traçando as diretrizes básicas para o estabelecimento e/ou modificação de políticas, leis e regulamentos relativos a transição dos sistemas de energia para a EC. Para viabilizar o alcance do objetivo, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com a extração de subsídios teóricos que permitiram a elaboração de um mapa mental com todos os aspectos que compõem o estabelecimento e/ou modificações dos aspectos regulatórios da EC. Além disso, as regras do algoritmo Apriori foram utilizadas para estabelecer as redes básicas de processos e atores, para corroborar o mapa mental previamente estabelecido.

Dentre as contribuições esperadas com este artigo, podemos destacar a compreensão e conceituação dos processos e atores regulatórios, e assim, analisar como eles podem influenciar o desenvolvimento da EC e ajudar a promover cidades sustentáveis e resilientes. Nesse sentido, ao mapear as relações entre os processos, buscar-se-á facilitar o estabelecimento desses fluxos regulatórios, indicando atividades semelhantes, que por vezes podem ser condensadas facilitando o processo. Outra contribuição importante deste artigo é o mapeamento e contextualização de cada ator neste processo, possibilitando o estabelecimento de regras e modelos de negócios posicionando cada ator adequadamente neste processo. A novidade deste estudo é o estabelecimento das relações entre os processos e entre os atores da regulamentação energética por meio do algoritmo Apriori, contextualizando essas questões para o cenário de desenvolvimento de EC. Além disso, ainda não existe um órgão regulador responsável pela regulamentação da EC (CARVALHO, et al., 2021), e conhecer os processos e atores envolvidos nesta função é o início para a disseminação deste modelo de gestão de energia na nuvem.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: as seções 3.2 e 3.3 trazem uma revisão da literatura, a seção 3.4 detalha os procedimentos metodológicos, a seção 3.5 apresenta os resultados, a seção 3.6 traz uma ampla discussão sobre os achados e a seção 3.7 apresenta as conclusões.

3.2 ENERGY CLOUD

No modelo EC, a energia segue um fluxo de energia bidirecional, flexível, distribuído e mais limpo, conectando os usuários para gerenciar sua energia por meio de plataformas digitais

(CARVALHO, et al., 2021). A EC permite a integração dinâmica de diferentes tecnologias em um ambiente de *smart grid* e esse cenário depende da computação em nuvem (SCHAEFER, Jones Luís *et al.*, 2020). Além disso, oferece condições técnicas e econômicas para apoiar a geração de energia distribuída contribuindo para o atendimento da demanda energética (GIORDANO, Andrea *et al.*, 2019). Essa computação em nuvem oferece recursos que permitem o acesso ubíquo à rede por meio de recursos computacionais configuráveis (MELL; GRANCE, 2011).

Neste contexto, a transição da rede tradicional de energia para a EC apresenta um grande potencial de economia de energia. Portanto, torna-se possível realizar análises do potencial de economia de energia e prever o perfil de uso, onde os usuários estarão atentos ao seu consumo e poderão avançar na mudança comportamental de conservação de energia elétrica (CARVALHO et al., 2021).

A EC ainda não possui uma estrutura regulatória implementada, o que torna necessária a investigação e o estabelecimento de padrões e requisitos mínimos para tal. Na pesquisa de Schaefer et al. (2020), foram apresentados os elementos e requisitos básicos para a EC e sua gestão. Carvalho et al. (2021) apresentou uma série de normas técnicas, econômicas e ambientais para a gestão da CE. Neste artigo, são apresentados, contextualizados e discutidos os processos e atores envolvidos nas estruturas que realizam a regulamentação energética, evoluindo no sentido do estabelecimento de um quadro básico de regulamentação dirigido a EC.

3.3 REGULAMENTAÇÃO DO SETOR DE ENERGIA

É necessário modificar os marcos regulatórios em todo o mundo para se adaptar à inserção da energia gerada por fontes renováveis distribuídas (GIORDANO, Andrea *et al.*, 2019). Essa rápida inserção da geração distribuída tem gerado preocupações para os formuladores de políticas sobre a resiliência da rede elétrica (ZITELMAN, 2020), e o desafio aqui é como essas políticas podem ser adotadas e implementadas de forma mais ampla entre um maior número e diversidade de governos (ARMSTRONG, 2019). Nesse sentido, os sistemas energéticos vêm passando por uma transformação estrutural que inevitavelmente implica na adaptação da regulamentação energética e na adoção de novas políticas regulatórias (VASCONCELOS, 2009). Essas políticas energéticas devem ser formuladas e implementadas de forma a garantir a segurança energética e minimizar os efeitos negativos sobre o meio ambiente (DAHAL; JUHOLA; NIEMELÄ, 2018).

Portanto, há a necessidade de evoluir os aspectos regulatórios dos aspectos técnicos e

econômicos (ARIAS BARRAGÁN; RIVAS TRUJILLO; SANTAMARIA, 2017), o que coincide com o conceito de CE descrito na seção anterior. Lawrence & Vrins (2016) destacam que o que contribuirá para a evolução dos sistemas energéticos ao modelo CE será a redução das taxas de carbono, mudança de modelos regulatórios, flexibilidade, promoção de energias renováveis e adoção de recursos energéticos distribuídos. Assim, é perceptível a contribuição da regulamentação na transição para novas tecnologias relacionadas à geração, distribuição, armazenamento e consumo de energia (CARVALHO et al., 2021).

Nessa transição, fica evidente a importância do conhecimento sobre o processo regulatório do setor de energia, além de conhecer os atores que fazem parte desse processo. Só assim é possível propor modificações e melhorias que contribuam para um cenário mais descentralizado, que é a EC.

3.4 MATERIAIS E MÉTODOS

Essa pesquisa foi realizada em duas etapas. Na primeira etapa, foi realizado um RSL para reunir as informações necessárias e estruturar o mapa mental que auxilie no desenvolvimento da pesquisa. A segunda etapa buscou desenvolver uma rede para estabelecer a relação entre os dados coletados na primeira etapa.

3.4.1 Etapa 1 - Revisão Sistemática da Literatura

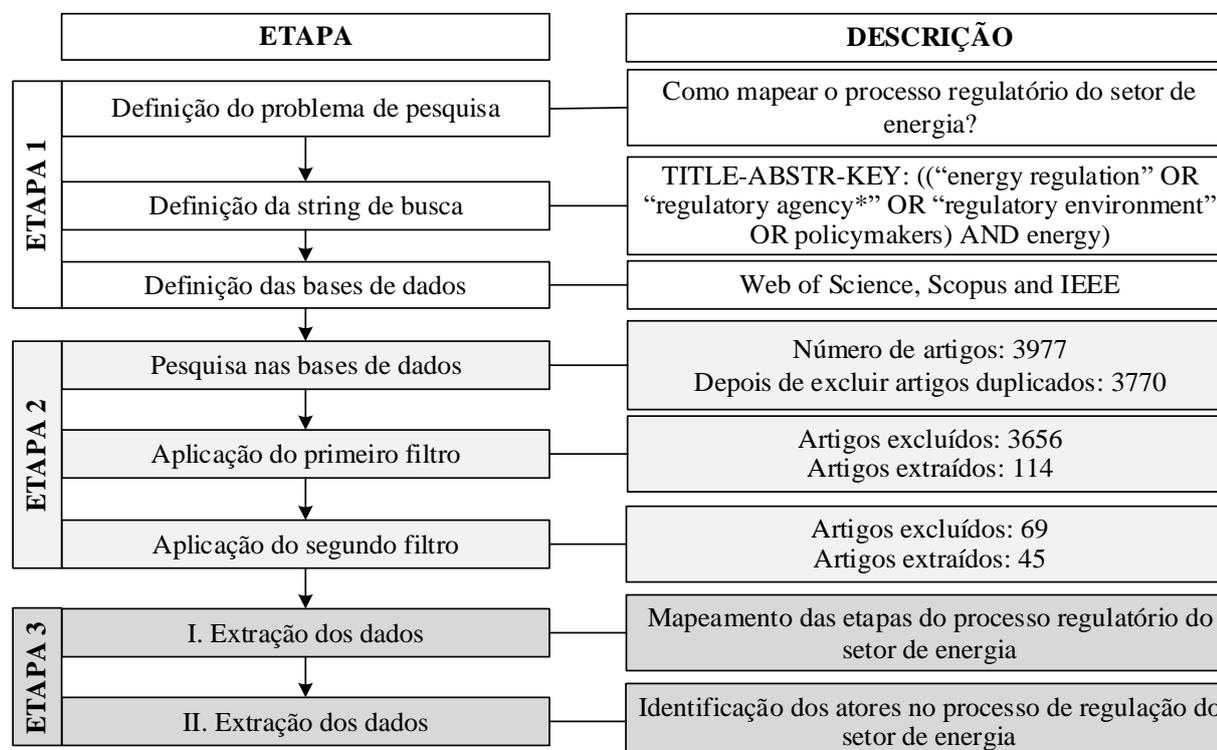
As informações aqui reunidas consistem em um levantamento dos processos e atores que compõem a regulamentação do setor de energia. Essa busca na literatura seguiu o recomendado por Dresch et al. (2015), por meio de um protocolo que fornece pesquisas e resultados metódicos sobre o tema estudado. Tendo uma estrutura de pesquisa bem definida, uma SLR pode contribuir para o avanço da teoria e, portanto, do conhecimento em uma determinada área (LACERDA et al., 2013). A Tabela 4 resume os filtros de busca usados para recuperar artigos das bases de dados Scopus, Web of Science e IEEE, no período de 2010 até o presente momento. Este período foi escolhido devido ao fato de que a regulamentação de energia está em constante mudança e, além disso, o conceito Energy Cloud é muito recente.

Tabela 4 - Filtros de pesquisa usados em bancos de dados

<i>Filter</i>	<i>Scopus</i>	<i>Web of Scienc</i>	<i>IEEE</i>
Document type	Article or Review	Article or Review	Journal
Search in	Title, abstract or keywords	Topic	All Metadata
Subject areas	Energy; Engineering; Business; Management and Accounting; Computer Science	Engineering Multidisciplinary; Engineering Environmental; Engineering Electrical Electronic; Management; Construction Building Technology; Business; Law; Political Science; Computer Science Information Systems	Power Grids; Power Generation Control; Distributed Power Generation; Load Regulation; Renewable Energy Sources; Power Distribution Control; Smart Power Grids
Years	2010 – Present	2010 – Present	2010 – Present

A Figura 7 aborda o protocolo de revisão sistemática usado para pesquisar dados de pesquisa. O RSL compreende três estágios principais e oito estágios secundários.

Figura 7 - Protocolo de revisão sistemática da literatura



A primeira etapa surge a partir de um problema de pesquisa, sendo: “Como mapear o processo regulatório do setor de energia?” Em seguida, foram definidas as palavras-chave para

a busca, sendo: “energy regulation”, “regulatory agency”, “regulatory environment”, “policymakers” and “energy”, e que resultou na seguinte string que foi responsável pelo retorno dos artigos: (“energy regulation” OR “regulatory agency*” OR “regulatory environment” OR policymakers) AND energy). A partir dos artigos retornados pela string, foram levantados os que trouxessem informações referentes aos envolvidos no processo de regulamentação de energia. Essa sequência foi submetida a diferentes bases de dados de artigos científicos para análise de quais são as bases que abrangem os estudos na área. Com isso, definiu-se que Scopus, Web of Science e IEEE são as bases de dados mais adequadas para resgatar pesquisas sobre o assunto. Esses estágios do RSL compreendem o estágio 1.

A etapa 2 compreende a busca nas bases de dados. Os artigos devolvidos foram catalogados no gerenciador de referências bibliográficas Mendeley e, após a exclusão dos artigos duplicados, a busca resultou em 3770 artigos. A próxima etapa foi a aplicação do primeiro filtro, que consiste nos critérios de inclusão e exclusão, aplicados na leitura do título, resumo e palavras-chave. O critério de inclusão foi selecionar os artigos que continham as palavras-chave buscadas no título, resumo ou palavras-chave e o critério de exclusão foi excluir os artigos que não abrangessem os termos pesquisados. Essa etapa resultou na extração de 114 artigos. A próxima etapa foi a aplicação do segundo filtro, que consistiu na leitura completa dos artigos extraídos da etapa anterior. Aqui, foram selecionados apenas os artigos que tratavam de informações sobre o processo regulatório no setor de energia, resultando em 45 artigos.

A etapa 3 do RSL consiste na extração dos dados da pesquisa. Inicialmente, os processos que compõem a regulamentação do setor de energia foram mapeados e apresentados na forma de um mapa mental. Junto com isso, também foram identificados os atores desses processos.

3.4.2 Etapa 2 – Construção da rede de relacionamentos

O objetivo desta etapa foi estabelecer a relação entre os atores e entre os processos regulatórios do setor de energia em relação a EC, por meio de técnicas de mineração de dados. A mineração de dados atende aos padrões sequenciais com uma frequência de exibição que excede o grau mínimo especificado pelo usuário (WANG, C.; ZHENG, 2019). A mineração de dados compreende as tarefas de associação, classificação, agrupamento e estimativa de dados e informações. Para obter as redes de processos e atores, esta pesquisa fez uso da tarefa de associação de dados, por meio do algoritmo Apriori, eficaz para realizar análises de associação (ZENG; XIAO, 2020). Este algoritmo foi o primeiro a extrair padrões de conjuntos de dados para determinar regras de associação booleanas (AGRAWAL; SRIKANT, 1994). Os resultados Apriori

servem para ajudar a direcionar os esforços, trazendo percepções relevantes em apoio a uma RSL (DA COSTA, M. B. *et al.*, 2019). Assim, o uso do Apriori contribui para evidenciar as relações de dependência entre atores e processos, indicando aquelas que devem ser analisadas e discutidas amplamente com o apoio da literatura científica.

Nesta pesquisa, o software de mineração de dados WEKA foi utilizado para executar o algoritmo Apriori. Aqui, uma matriz foi usada com os dados (processos ou atores) a serem analisados e, para esta análise, "1" significa uma citação de um ator ou processo, e "?" significava uma não citação. O arquivo com a matriz de dados foi convertido para um arquivo *.arffk para ser compatível com WEKA e poder ser lido. A aplicação do algoritmo de regras a priori seguiu os seguintes passos (CHENG *et al.*, 2016; TURČÍNEK & TURČÍNKOVÁ, 2015): I é considerado um conjunto de itens: (I_1, I_2, \dots, I_n) . D é considerado o banco de dados com transações T como um vetor binário com $T[k] = 1$ se T comprou o item I_k , e $T[k] = 0$ caso contrário. Cada transação $T \rightarrow I$ tem um identificador k e para cada transação, há uma tupla (sequência ordenada de n elementos) no banco de dados D. A é um conjunto de alguns itens em I. A transação T contém A apenas se $A \subseteq T$. Uma regra de associação é uma implicação da forma $A \rightarrow B$, quando $A \subseteq I$, $B \subseteq I$ e $A \cap B = \Phi$.

Aqui, s é a porcentagem da transação em D que contém $A \cup B$, então a regra $A \rightarrow B$ é válida no conjunto D com Suporte s. A probabilidade é $P(A \cup B)$.

A regra $A \rightarrow B$ possui Confiança c no conjunto D, onde c é a porcentagem de transações contendo A que também contém B, então existe a probabilidade condicional $P(B | A)$.

Outra medida utilizada nas regras a priori é o Lift. Essa medida está relacionada à ocorrência de A e B. O Lift é uma medida da correlação entre as ocorrências de itens. As equações de suporte, confiança e elevação são aquelas usadas por Schaefer & Siluk (2021) e são apresentadas a seguir como Eq. (1), Eq. (2) e Eq. (3), respectivamente.

$$\text{Suporte } (A \rightarrow B) = P(A \cup B) \quad (1)$$

$$\text{Confiança } (A \rightarrow B) = P(B | A) \quad (2)$$

$$\text{Lift } (A, B) = [P(A \cup B) / (P(A) * P(B))] \quad (3)$$

Esta métrica é avaliada da seguinte forma: se o valor resultante for menor que 1, significa que a ocorrência de A está negativamente correlacionada com a ocorrência de B, se o valor resultante for maior que 1, então A e B estão positivamente correlacionados, e se o valor resultante for igual a 1, A e B são independentes (DA COSTA, M. B. *et al.*, 2019).

Assim, para construir a rede de atores e a rede de processos para o processo regulatório na regulamentação do setor de energia, foi estabelecido que a Confiança deveria ser igual ou maior que 0,8 e que o Lift deveria ser igual ou maior que 1,0, e que o ator ou processo tenha

sido citado em 25% dos artigos da RSL. Portanto, estabelece-se que as relações que não atendam a esses critérios sejam excluídas, estruturando-se assim uma rede com as conexões mais relevantes e dependentes.

A seção 3.5 compreende os resultados, onde é apresentado o mapa mental dos processos, seguido da rede de processos e da rede de atores. A seção de discussão está dividida em sete subseções que compõem os principais processos de regulamentação energética (de acordo com o mapa mental), e a partir das redes estabelecidas com o Apriori, as relações entre processos e atores foram situadas e discutidas no contexto desses 7 processos básicos como uma forma de validar os resultados obtidos.

3.5 RESULTADOS

Este artigo buscou identificar os processos e atores envolvidos nos processos regulatórios do setor de energia e mapear as relações entre esses processos e atores. Assim, por meio da RSL, essas informações foram catalogadas. A Tabela 5 representa a quantidade de artigos utilizados para extrair dados relacionados aos atores e processos.

Tabela 5 - Número de artigos usados na extração de dados

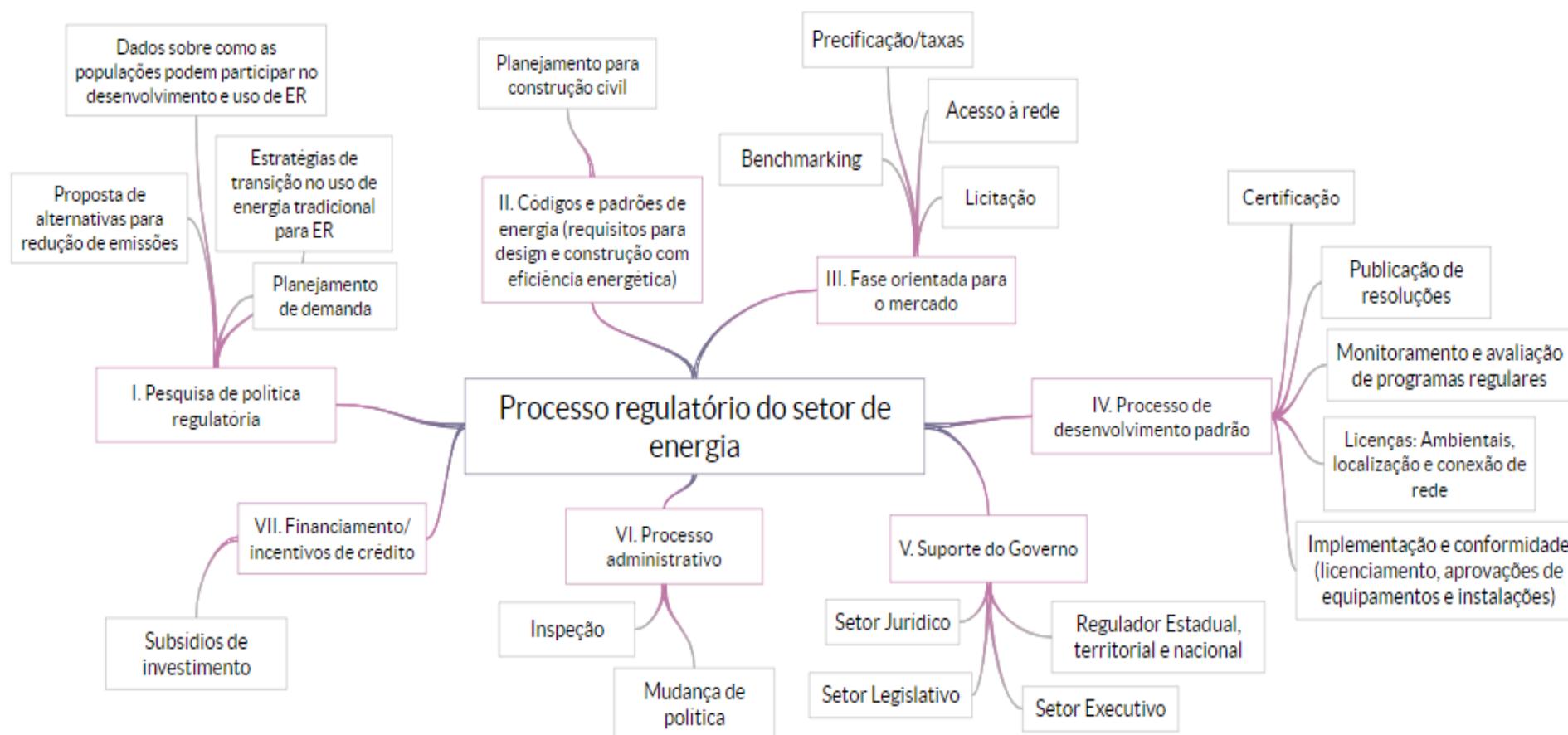
Total de artigos da revisão sistemática	Quantidade de artigos	Classificação
45	44	24 Atores
	41	28 Processos

Portanto, de um total de 45 artigos, foram listados 24 atores e 28 processos.

3.5.1 Mapa mental dos processos de regulamentação de energia

A apresentação dos processos de regulamentação energética foi sistematizada por meio de um mapa mental (Figura 8). Aqui, os processos não possuem uma ordem exata de execução e, portanto, foram associados por afinidade. A ideia central "Processo regulatório do setor de energia" está no centro do mapa mental, onde sete processos principais são derivados.

Figura 8 - Mapa mental do processo regulatório do setor de energia



Esses sete processos principais que compõem a regulamentação energética são: Pesquisa de política regulatória, Códigos e padrões de energia, Fase orientada para o mercado, Processo de desenvolvimento de padrões, Apoio governamental, Processo administrativo, Financiamento/incentivos de crédito. Cada um desses processos foi detalhado e discutido na Seção 3.6.

3.5.2 Apresentação da rede de processos

A

Tabela 6 representa a lista dos processos envolvidos na regulamentação energética, o número de artigos que citam o processo e o percentual que essas citações representam considerando os 41 artigos. Esses dados foram codificados como P1 a P28 para facilitar a identificação.

Tabela 6 - Listagem e citações de processos de regulamentação energética

CÓDIGO	PROCESSOS	NÚMERO DE ARTIGOS QUE CITAM O PROCESSO	PORCENTAGEM
P1	Pesquisa de política regulatória	24	58.5%
P2	Suporte do Governo	30	73.2%
P3	Fase orientada para o mercado	23	56.1%
P4	Proposta de alternativas para redução de emissões	21	51.2%
P5	Dados sobre como as populações podem participar no desenvolvimento e uso de ER	13	31.7%
P6	Estratégias de transição no uso de energia tradicional para ER	17	41.5%
P7	Códigos e padrões de energia (requisitos para design e construção com eficiência energética)	28	68.3%
P8	Monitoramento e avaliação de programas regulares	14	34.1%
P9	Processo de desenvolvimento padrão	16	39%
P10	Implementação e conformidade (licenciamento, aprovações de equipamentos e instalações)	26	63.4%
P11	Planejamento para construção civil	14	34.1%
P12	Setor Jurídico	8	19.5%
P13	Processo Administrativo	11	26.8%
P14	Acesso à rede	20	48.8%
P15	Financiamento/incentivos de crédito	24	58.5%
P16	Subsídios de investimento	22	53.7%
P17	Publicação de resoluções	4	9.8%
P18	Inspeção	7	17.1%
P19	Licenças: Ambientais, localização e conexão de rede	13	31.7%
P20	Setor Legislativo	18	43.9%
P21	Setor Executivo	4	9.8%
P22	Planejamento da demanda	12	29.3%
P23	Reguladores estaduais, territoriais e nacionais	24	58.5%

P24	Benchmarking	6	14.6%
P25	Precificação/taxas	25	61%
P26	Certificação	13	31.7%
P27	Mudança de política	18	43.9%
P28	Licitação	10	24.4%

A Tabela 7 representa as regras a priori que as relações de processos precisam ter para entrar na rede. Assim, a Confiança deve ser maior que 0,8 e o Lift maior que 1,0. Além disso, para entrar na rede, o processo deve ter sido citado em pelo menos 25% dos artigos. Considerando as regras apresentadas, 18 dos 28 processos identificados na RSL são apresentados na rede.

Essas regras de relacionamento se aplicam ao antecedente e ao sucessor. Para exemplificar, conforme a Tabela 7, pode-se utilizar a associação entre os processos P27 - Mudança de política e P2 - Apoio governamental. Aqui, P27 é o antecedente (A) e P2 é o sucessor (B).

O Suporte é a proporção de vezes que cada processo é citado no total de artigos, sendo necessário estabelecer essa relação. Nesse caso, P27 e P2 aparecem juntos pelo menos 17 vezes conforme Tabela 7 na coluna “Aparições como sucessor” e o número total de artigos (41, conforme Tabela 5).

$$\text{Suporte (A} \rightarrow \text{B)} = P(A \cup B) = 17/41 = 0.4146 = 41.46\%$$

A regra de associação de Confiança é obtida através da relação entre transações contendo A (18 vezes conforme coluna da Tabela 7 “Aparências como antecedente”) que também contém B (17 vezes conforme coluna da Tabela 7 “Aparências como sucessor”).

$$\text{Confiança (A} \rightarrow \text{B)} = P(B | A) = 17/18 = 0.94 = 94\%$$

Em seguida, a regra de associação Lift, obtida através da relação entre o Suporte (A \rightarrow B) (anteriormente calculado como 0,4146) e a multiplicação das probabilidades de ocorrência no conjunto de itens de A (ocorre 18 vezes conforme

Tabela 6) e B (ocorre 30 vezes de acordo com a

Tabela 6) é calculado. Assim:

$$P(A) = 18 / 41 = 0.439$$

$$P(B) = 30 / 41 = 0.7317$$

$$\text{Lift (A, B)} = [P(A \cup B) / (P(A) * P(B))] = [0.4146 / (0.439 * 0.7317)] = 0.4146 / 0.321 = 1.29$$

Tabela 7 - Regras de relacionamento do algoritmo Apriori

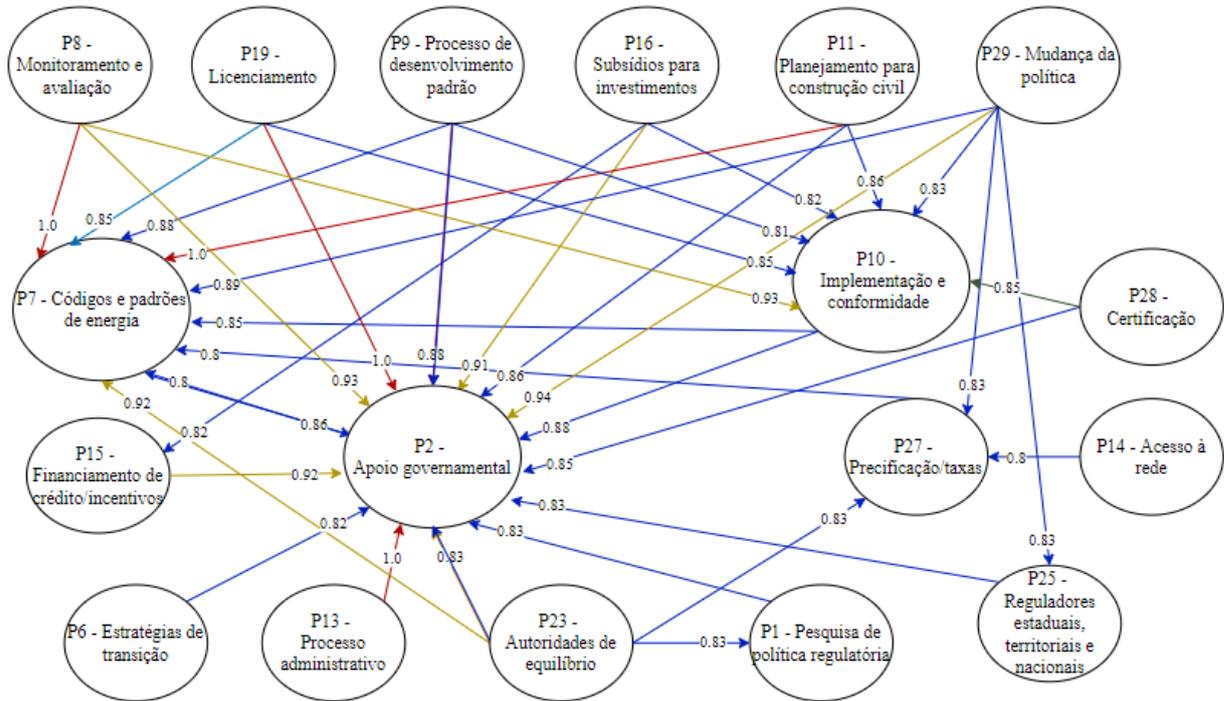
ANTECEDENTE	ASSOCIAÇÕES		APARIÇÕES COMO SUCESSOR	REGRAS	
	APARIÇÕES COMO ANTE- CEDENTE	SUCESSOR		CONFIANÇA	LIFT
P8 - Monitoramento e avaliação de programas regulares	14	P7 - Códigos e padrões de energia (requisitos para design e construção com eficiência energética)	14	1	1.46
P11 - Planejamento para construção civil	14	P7 - Códigos e padrões de energia (requisitos para design e construção com eficiência energética)	14	1	1.46
P19 - Licenças ambientais, de localização e de conexão de rede	13	P2 - Suporte do Governo	13	1	1.37
P13 - Processo administrativo	11	P2 - Suporte do Governo	11	1	1.37
P27 - Mudança de política	18	P2 - Suporte do Governo	17	0.94	1.29
P8 - Regular monitoring and evaluation of programs	14	P2 - Suporte do Governo	13	0.93	1.27
P8 - Monitoramento e avaliação de programas regulares	14	P10 - Implementação e conformidade (licenciamento, aprovações de equipamentos e instalações)	13	0.93	1.46
P15 - Financiamento/incentivos de crédito	24	P2 - Suporte do Governo	22	0.92	1.25
P22 - Planejamento de demanda	12	P7 - Códigos e padrões de energia (requisitos para design e construção com eficiência energética)	11	0.92	1.34
P16 - Subsídios de investimento	22	P2 - Suporte do Governo	20	0.91	1.24
P27 - Mudança de política	18	P7 - Códigos e padrões de energia (requisitos para design e construção com eficiência energética)	16	0.89	1.3
P10 - Implementação e conformidade (licenciamento, aprovações de equipamentos e instalações)	26	P2 - Suporte do Governo	23	0.88	1.21
P9 - Processo de desenvolvimento padrão	16	P2 - Suporte do Governo	14	0.88	1.2
P9 - Processo de desenvolvimento padrão	16	P7 - Códigos e padrões de energia (requisitos para design e construção com eficiência energética)	14	0.88	1.28
P7 - Energy codes and standards (requirements for energy-efficient design and construction)	28	P2 - Suporte do Governo	24	0.86	1.17
P11 - Planejamento para construção civil	14	P2 - Suporte do Governo	12	0.86	1.17
P11 - Planejamento para construção civil	14	P10 - Implementação e conformidade (licenciamento, aprovações de equipamentos e instalações)	12	0.86	1.35
P10 - Implementação e conformidade (licenciamento, aprovações de equipamentos e instalações)	26	P7 - Códigos e padrões de energia (requisitos para design e construção com eficiência energética)	22	0.85	1.24
P26 - Certificação	13	P2 - Suporte do Governo	11	0.85	1.16
P19 - Licenças ambientais, de localização e de conexão de rede	13	P7 - Códigos e padrões de energia (requisitos para design e construção com eficiência energética)	11	0.85	1.24
P19 - Licenças ambientais, de localização e de conexão de rede	13	P10 - Implementação e conformidade (licenciamento, aprovações de equipamentos e instalações)	11	0.85	1.33
P26 - Certificação	11	P10 - Implementação e conformidade (licenciamento, aprovações de equipamentos e instalações)	11	0.85	1.33
P1 - Pesquisa de política regulatória	24	P2 - Suporte do Governo	20	0.83	1.14
P23 - Reguladores estaduais, territoriais e nacionais	24	P2 - Suporte do Governo	20	0.83	1.14

P27 - Mudança de política	18	P10 - Implementação e conformidade (licenciamento, aprovações de equipamentos e instalações)	15	0.83	1.31
P27 - Mudança de política	18	P23 - Reguladores estaduais, territoriais e nacionais	15	0.83	1.42
P27 - Mudança de política	18	P25 - Precificação/taxas	15	0.83	1.37
P22 - Planejamento de demanda	12	P1 - Pesquisa de política regulatória	10	0.83	1.42
P22 - Planejamento de demanda	12	P2 - Suporte do Governo	10	0.83	1.14
P22 - Planejamento de demanda	12	P25 - Pricing/rates	10	0.83	1.37
P6 - Estratégias de transição no uso de energia tradicional para ER	17	P2 - Suporte do Governo	14	0.82	1.13
P16 - Subsídios de investimento	22	P10 - Implementação e conformidade (licenciamento, aprovações de equipamentos e instalações)	18	0.82	1.29
P16 - Subsídios de investimento	22	P15 - Financiamento/incentivos de crédito	18	0.82	1.4
P9 - Processo de desenvolvimento padrão	16	P10 - Implementação e conformidade (licenciamento, aprovações de equipamentos e instalações)	13	0.81	1.28
P2 - Suporte do Governo	30	P7 - Códigos e padrões de energia (requisitos para design e construção com eficiência energética)	24	0.8	1.17
P25 - Precificação/taxas	25	P7 - Códigos e padrões de energia (requisitos para design e construção com eficiência energética)	20	0.8	1.17
P14 - Acesso à rede	20	P25 - Precificação/taxas	16	0.8	1.31

A

Figura 9 representa a rede de processos construída seguindo as regras apresentadas na Tabela 7. Os números exibidos dentro das setas são os valores de confiança entre os dois processos. As relações são separadas por cores, sendo a cor vermelha as relações com Confiança 1.0, a cor amarela entre 0,9 e 1,0 e a cor azul entre 0,8 e 0,9.

Figura 9 - Rede de relacionamento dos processos da regulamentação de energia



Analisando a Figura 9, de acordo com a regra de confiança do algoritmo a priori, a seta aponta do antecedente ao sucessor, indicando o nível de confiança que este último aparece no mesmo artigo. Assim, por exemplo, a relação entre P19- Licenciamento e P2- Apoio governamental é 1,0, o que significa que em 100% dos artigos em que o processo Licenciamento é citado, o processo de Apoio governamental também é citado.

Nessa rede, três dos principais processos do mapa mental aparecem como sucessores de outros processos: P7 - Códigos e padrões de energia, conectado a outros nove processos e citado em 68,3% dos artigos; P2 - Apoio governamental, vinculado a outros 15 processos, citado em 73,2% dos artigos; e, P10 - Implementação e cumprimento, vinculado a 9 processos, citado em 63,4% dos artigos. Na sessão 3.6 Discussão, essas relações são analisadas e discutidas.

3.5.3 Apresentação da rede de atores

A Tabela 8 representa a lista dos atores que compõem o processo regulatório do setor de energia, além do número de artigos que citam o ator e o percentual que essas citações representam considerando 44 artigos (Tabela 5). Esses atores são todos os envolvidos no processo de regulamentação energética ou que interferem na tomada de decisões durante esse processo. Os atores foram codificados como A1 a A24.

Tabela 8 - Listagem e citações de atores da regulamentação de energia

CÓDIGO	ATOR	NÚMERO DE ARTIGOS QUE CITAM O PROCESSO	PORCENTAGEM
A1	Atores de elite	20	45.5%
A2	Investidores	21	47.7%
A3	Reguladores públicos	27	61.4%
A4	Pesquisadores	24	54.5%
A5	Mercado de energia	25	56.8%
A6	Concessionárias de eletricidade	20	45.5%
A7	Agências Governamentais	35	79.5%
A8	Agências não Governamentais	7	15.9%
A9	Consumidores/comunidades	30	68.2%
A10	Códigos e padrões de energia	17	38.6%
A11	Construção	14	31.8%
A12	Setor Jurídico	10	22.7%
A13	Agência de segurança elétrica	16	36.4%
A14	Agências reguladoras independentes	16	36.4%
A15	Agências reguladoras	9	20.5%
A16	Financeiro	27	61.4%
A17	Ministério da Energia	5	11.4%
A18	Planejamento de demanda	13	29.5%
A19	Varejo	14	31.8%
A20	Atacado	16	36.4%
A21	Atores empresariais	20	45.5%
A22	Entidade certificadora	14	31.8%
A23	Setor Legislativo	18	40.9%
A24	Setor Executivo	4	9.1%

Portanto, a Figura 10 compreende a rede de atores elaborada seguindo as melhores regras estabelecidas entre o algoritmo a priori descrito na Tabela 9.

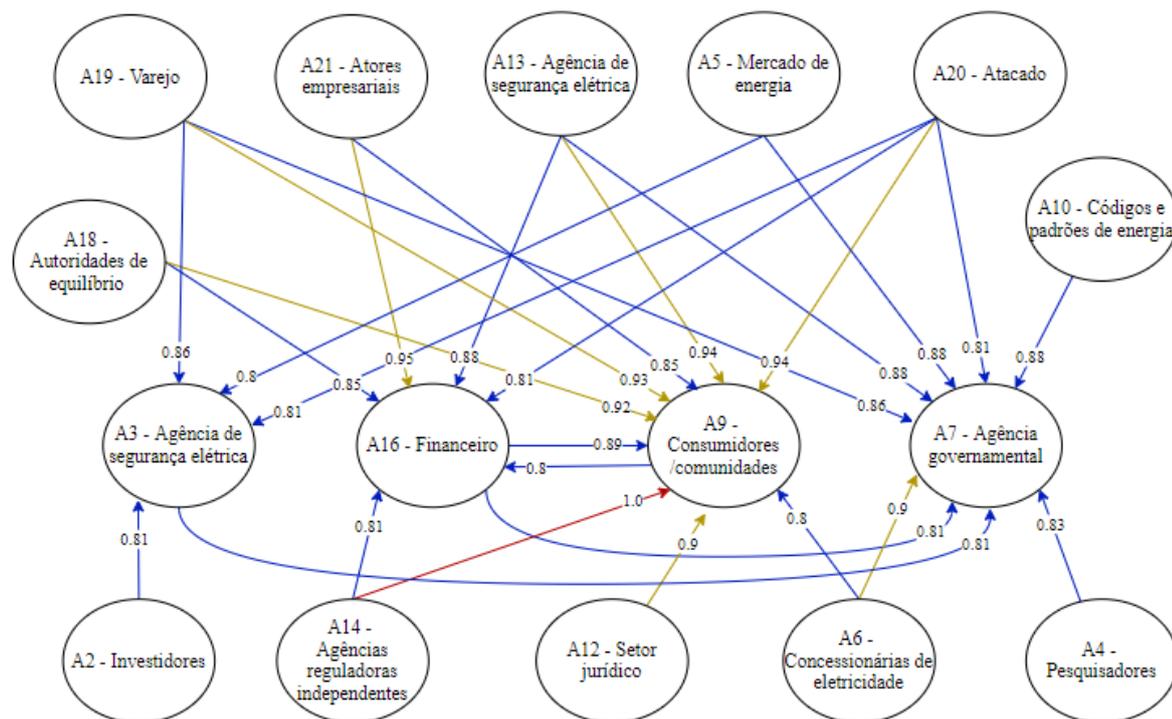
Tabela 9 - Regras de relacionamento do algoritmo Apriori para atores

ANTESCEDENTE	ASSOCIAÇÕES		APARIÇÕES COMO SUCESSOR	REGRAS	
	APARIÇÕES COMO ANTESCEDENTE	SUCCESSOR		CONFIANÇA	LIFT
A14 - Agências reguladoras independentes	16	A9 - Consumidores/comunidades	16	1	1.47
A21 Atores empresariais	20	A16 - Financeiro	19	0.95	1.55
A13 - Agência de segurança elétrica	16	A9 - Consumidores/comunidades	15	0.94	1.38
A20 - Atacado	16	A9 - Consumidores/comunidades	15	0.94	1.38
A19 - Varejo	14	A9 - Consumidores/comunidades	13	0.93	1.36
A18 - Planejamento de demanda	13	A9 - Consumers/communities	12	0.92	1.35
A6 - Concessionárias de eletricidade	20	A7 - Agências Governamentais	18	0.9	1.13
A12 - Setor Jurídico	10	A9 - Consumidores/comunidades	9	0.9	1.32

A16 - Financeiro	27	A9 - Consumidores/comunidades	24	0.89	1.3
A10 - Códigos e padrões de energia	17	A7 - Agências Governamentais	15	0.88	1.11
A5 - Mercado de energia	25	A7 - Agências Governamentais	22	0.88	1.11
A13 - Agência de segurança elétrica	16	A7 - Agências Governamentais	14	0.88	1.1
A13 - Agência de segurança elétrica	16	A16 - Financeiro	14	0.88	1.43
A19 - Varejo	14	A3 - Reguladores públicos	12	0.86	1.4
A19 - Varejo	14	A7 - Agências Governamentais	12	0.86	1.08
A21 - Atores empresariais	20	A9 - Consumidores/comunidades	17	0.85	1.25
A18 - Planejamento de demanda	13	A16 - Financeiro	11	0.85	1.38
A4 - Pesquisadores	24	A7 - Agências Governamentais	20	0.83	1.05
A3 - Reguladores públicos	27	A7 - Agências Governamentais	22	0.81	1.02
A16 - Financeiro	27	A7 - Agências Governamentais	22	0.81	1.02
A20 - Atacado	16	A3 - Reguladores públicos	13	0.81	1.32
A20 - Atacado	16	A7 - Agências Governamentais	13	0.81	1.02
A14 - Agências reguladoras independentes	16	A16 - Financeiro	13	0.81	1.32
A20 - Atacado	16	A16 - Financeiro	13	0.81	1.32
A2 - Investores	21	A3 - Reguladores públicos	17	0.81	1.32
A9 - Consumidores/comunidades	30	A16 - Financeiro	24	0.8	1.3
A5 - Mercado de energia	25	A3 - Reguladores públicos	20	0.8	1.3
A6 - Electricity concessionaires	20	A9 - Consumidores/comunidades	16	0.8	1.17

Da mesma forma que na seção anterior, aqui as relações são estabelecidas entre os antecedentes e os sucessores usando as regras de Suporte, Confiança e Lift. Assim, a interpretação da rede de atores segue o mesmo raciocínio da rede de processos. Na sessão 3.6 Discussão, essas relações são analisadas e discutidas.

Figura 10- Rede de relacionamento dos atores da regulamentação de energia



3.6 DISCUSSÃO

Seguindo o mapa mental, a regulamentação do setor de energia é composta por sete processos principais. Esses processos principais serão apresentados e discutidos nas subseções a seguir.

3.6.1 Pesquisa de política regulatória

O primeiro processo principal do mapa mental é a "Pesquisa de política regulatória" e consiste em pesquisa e desenvolvimento de política. Este foi considerado o primeiro processo do mapa mental, uma vez que a pesquisa é o primeiro passo no desenvolvimento de novas políticas. Atividades de pesquisa e desenvolvimento de economia de energia são usadas para refletir o progresso tecnológico em energia (HUANG *et al.*, 2020). Os mecanismos regulatórios existentes são inadequados para promover o desenvolvimento das energias renováveis e por isso é necessário estudar a regulamentação do mercado de eletricidade. Pesquisa e desenvolvimento é o campo que mais precisa de apoio para a política governamental, pois com o avanço da política e a maturidade do mercado de energia renovável, a pesquisa está se voltando para as ligações entre energia renovável, desenvolvimento de baixo carbono, segurança do forneci-

mento de energia e imposto de carbono (HE *et al.*, 2016). Para contemplar um cenário regulatório para EC, pesquisas sobre um ambiente de gerenciamento de energia baseado em nuvem devem ser realizadas.

Quatro outros processos decorrem deste principal: Planejamento da demanda, Estratégias de transição na utilização da energia tradicional para as energias renováveis (ER), Proposta de alternativas para redução de emissões e Dados sobre como as populações podem participar no desenvolvimento e utilização das ER. O processo de "Planejamento da demanda", citado em 29,3% dos artigos, aborda as questões pertinentes ao equilíbrio entre a oferta e a demanda de energia e as pesquisas e esforços para atender a essa exigência técnica por meio de regulamentos. O desafio desse processo é incentivar o uso local da geração de energia por meio da adequação da carga (AZZOPARDI; GABRIEL-BUENAVENTURA, 2014). Os pesquisadores devem concordar se uma combinação de energia de base contínua (carvão ou usinas nucleares) e energias renováveis é adequada para atender à demanda, levando em consideração fatores econômicos, fatores de segurança e confiabilidade, e convencer indústrias e consumidores a reconhecer as vantagens (VINCENT *et al.*, 2021).

O processo "Estratégias de transição no uso de energia tradicional para ER", foi abreviado como P6 e inclui estudos sobre a melhor forma de fazer a transição para um cenário com pleno uso de energias renováveis. A transição energética de fontes convencionais para fontes renováveis é um dos principais avanços para compensar as mudanças climáticas. Portanto, as políticas de energia renovável devem se tornar mais sistemáticas e matizadas para apoiar as mudanças transformadoras desencadeadas por essa transição nos setores de energia, social e econômico (MOHD CHACHULI *et al.*, 2021). As energias renováveis impulsionam o crescimento em setores de alto crescimento, como o setor de serviços em economias de alta renda e o setor manufatureiro em economias de renda média, portanto, políticas são necessárias para conduzir essa transição (DOYTCH; NARAYAN, 2021). Além disso, a transição das políticas de ER contribuiu em até sete vezes para a criação de empregos na indústria solar fotovoltaica entre 2012 e 2019 e com até 0,16% na redução das emissões de carbono de 2012 para 2018 (MOHD CHACHULI *et al.*, 2021).

O processo "Proposta de alternativas para redução de emissões" foi citado em 51,2% dos artigos e compreende os esforços para reduzir os gases de efeito estufa e as economias geradas com isso. Para uma formulação mais eficaz de políticas de produção de energia na redução das emissões de gases de efeito estufa, governos e pesquisadores precisam de abordagens novas e mais eficazes, caracterizadas por mudanças e metas (ARMSTRONG, 2019). O processo "Dados sobre como as populações podem participar do desenvolvimento e uso de ER",

citado em 31,7% dos artigos, detalha, pesquisa e compila dados sobre a participação da comunidade no desenvolvimento e uso de ER, necessários para a implementação de políticas eficazes (OKWANYA et al., 2020). Considerando os dois pontos de corte para entrada na rede de relacionamento, percentual de citações e confiança, ambos os processos não entraram na rede de relacionamento por apresentarem uma confiança inferior a 0,8.

Analisando a rede de processos, há uma forte relação entre P22 - Planejamento de demanda e P1 - Pesquisa de política regulatória (confiança 0,83). Isso reforça a ideia de que, para que ocorra o planejamento da demanda, é necessária a realização de pesquisas regulatórias com esse foco. Nesse sentido, de acordo com a rede de relações dos atores, A19 - Planejamento da Demanda antecede (Confiança 0,92) A9 – Consumidores/comunidades junto com A6 - Concessionárias de energia elétrica (Confiança 0,8). Isso pode ser comprovado pelo fato de que a implantação de programas de compartilhamento de demanda entre os consumidores ocorre por meio do fornecimento de cargas reduzidas, cabendo à concessionária determinar onde e quando essa carga deve ser reduzida. Isso implica que o planejamento e o equilíbrio entre a oferta e a demanda não funcionam sem um relacionamento com consumidores e concessionárias. O processo P6 - Estratégias de transição está vinculado a P2 - Apoio governamental, com confiança 0,82. Durante essa transição, as tarefas regulatórias tendem a aumentar para responder às novas tecnologias e condições de demanda (NEPAL; MENEZES; JAMASB, 2014).

As atividades de pesquisa e desenvolvimento fornecem políticas energéticas para reduzir a intensidade energética, portanto, compreender os impulsionadores dessa redução é de grande importância para os governos projetarem políticas energéticas direcionadas (HUANG et al., 2020). Políticas efetivas para esquemas de incentivos devem ser elaboradas para estimular o senso de responsabilidade da população em apoiar a pesquisa e o desenvolvimento no uso de energia renovável (HAN et al., 2020). Portanto, é necessário aumentar os esforços na formulação de políticas que incentivem a transição para o baixo consumo de energia em carbono. Isso será extremamente útil para contribuir para o desenvolvimento do cenário da EC.

3.6.2 Códigos e padrões de energia

O segundo processo principal é "Códigos e padrões de energia". Este processo trata do desenvolvimento de padrões que atendam aos requisitos de eficiência energética. Por este motivo, origina-se aqui o processo de "Planejamento da construção civil", que visa atender tais requisitos. Os códigos de energia de construção são requisitos legais exigidos pelo governo como o nível de desempenho mínimo aceitável, e os padrões são recomendações que não são

juridicamente vinculativas (BARTLETT; HALVERSON; SHANKLE, 2003). Códigos de energia de construção são usados para impor um conjunto mínimo de requisitos de eficiência energética de construção, como menor impacto ambiental, contas de energia mais baixas, saúde e conforto dos ocupantes, resiliência energética, segurança, longevidade de construção, entre outros (O'BRIEN *et al.*, 2020). A eficiência energética e a otimização do sistema são fundamentais no cenário da EC (SCHAEFER, Jones Luís *et al.*, 2020), e essas normas irão descrever como a construção de edifícios deve ser feita para que a economia de energia seja alcançada.

A maioria das nações desenvolvidas possui uma seção sobre eficiência energética em suas políticas de planejamento energético (PÉREZ-LOMBARD *et al.*, 2011). Por isso, projetos de construção com eficiência energética são um tema cada vez mais em pauta (CHAN, 2019). Para incentivar essa eficiência energética, podem ser citadas as taxas de carbono (ZHAO *et al.*, 2011), além disso, um padrão que pode ser usado como exemplo são as lâmpadas com maior eficiência energética (BROWN, 2015).

Analisando a rede de relações entre processos, verifica-se uma forte ligação entre P11 - Planejamento da construção civil como antecedente de P7 - Códigos e normas de energia, com Confiança 1.0, ou seja, em 100% dos artigos em que foi citado, o outro também foi mencionado. Os códigos e padrões de energia desempenham um papel importante na definição dos requisitos mínimos para projetos e construções com eficiência energética, pois descrevem requisitos para novas construções, além de reformas (IWARO; MWASHA, 2010). A eficiência energética associada à implantação de tecnologias de energia limpa pode reduzir os custos de geração de energia e aumentar o acesso a energia segura, acessível e sustentável (AL-HOMOUD; KRARTI, 2021).

Além disso, na rede de processos, o P7 - Códigos e padrões de energia é um dos processos regulatórios com mais relacionamentos na rede, com 9 links. O único elo com P8 - Monitoramento e avaliação como predecessor tem confiança 1.0. Isso implica que o processo de monitoramento e avaliação dos regulamentos só será realizado de forma adequada se os padrões e códigos de energia estiverem bem definidos e estruturados. Os códigos e padrões de energia de construção devem ser desenvolvidos por meio de bancos de dados de consumo de energia para apoiar as políticas de avaliação e melhorar as taxas de conformidade e revisar os padrões existentes (WANG, X. *et al.*, 2019).

Na rede de atores, a relação A10 - Códigos e padrões de energia e A7 - Órgão governamental tem Confiança de 0,88. Essa relação significa que os órgãos governamentais têm grande influência na criação e definição desses códigos e normas. Portanto, para alavancar mudanças

comportamentais em direção à eficiência energética, o governo deve iniciar programas e iniciativas, por meio de metas ambiciosas para aumentar a capacidade de geração de energia limpa (AL-HOMOUD; KRARTI, 2021). Esses objetivos podem ser traduzidos em códigos e normas que contribuam para a difusão de energias alternativas e tecnologias de geração e controle. O governo tem um papel claro a desempenhar no desenvolvimento e regulamentação de EC, portanto, o envolvimento do governo neste processo de regulamentação pode ser benéfico para promover o interesse público.

3.6.3 Fase orientada para o mercado

Outro processo regulatório principal é a "fase orientada para o mercado". Esse processo abrange o ambiente de negócios entre vendedores e compradores que negociam energia. Este processo inclui licitação, comparativo de mercado, acesso à rede e preços/taxas. Entender como funciona esse processo em relação a EC é fundamental para a difusão desse modelo de gestão de energia. Uma das camadas da EC, o *Broker*, consiste no entendimento dos elementos e atividades necessários à comercialização de energia (SCHAEFER, Jones Luís *et al.*, 2020).

O processo licitatório compreende processos licitatórios no mercado de energia (CAPPERS *et al.*, 2013), licitações de transmissão e geração (HE *et al.*, 2016), licitações em leilões de fornecimento de energia elétrica (FRATE; BRANNSTROM, 2017), licitações para venda de incentivos financeiros para produtores de energia renovável (BELLANTUONO, 2017), entre outros. Benchmarking é a análise e simulação do desempenho do mercado, por exemplo, os incentivos oferecidos por um mercado competitivo em ambiente de monopólio (NEPAL; MENEZES; JAMASB, 2014). O benchmarking pode ser aplicado para verificar o consumo de energia de residências e edifícios para reduzir as assimetrias de informação no mercado, aumentando a demanda de mercado por esses edifícios (BROWN, 2015). Esses benchmarks em edifícios servem para gerar valores de referência que servem para analisar indicadores de desempenho. Assim, a ineficiência ocorre quando uma entidade não consegue atingir o mesmo nível de eficiência em relação a um benchmark (BOENTE; LUSTOSA, 2019).

O processo de "Acesso à rede" compreende a fase mais próxima do cliente, o momento em que o cliente recebe eletricidade sendo ligado à rede. Aqui estão os procedimentos de acesso à rede de distribuição e os desafios técnicos (MARTINS; FERNANDES; HELDWEIN, 2020). Melhorias na regulamentação de acesso à rede podem auxiliar na disseminação das energias renováveis. Esse processo compreende aspectos como a capacidade da rede em lidar com a quantidade e qualidade da energia elétrica, a disponibilidade e proximidade dos pontos de

acesso e a garantia de acesso e compartilhamento de custos entre operadoras de rede e desenvolvedores (LÜTHI; PRÄSSLER, 2011). Considerando o viés da EC, é necessário padronizar o que e quanto dados de energia podem ser enviados para a nuvem (CARVALHO et al., 2021). Além disso, na EC, o acesso à rede contém sensores e atuadores conectados à Internet por meio de tecnologias IoT que permitem a coleta e transmissão de dados em tempo real (SCHAEFER et al., 2020). Para manter a igualdade entre os usuários, seria importante regular e padronizar a forma como os sensores e dispositivos IoT são usados para coletar e enviar dados de dispositivos físicos para servidores de névoa (CARVALHO, et al., 2021).

O processo de "Precificação/taxas" compreende o processo de tarifação e tributação de energia e tem uma ampla regulamentação sobre isso. Regulamentações bem estabelecidas nesta fase são capazes de criar concorrência entre as concessionárias de energia. Há um mercado de energia não regulamentado que precisa de leis específicas (MARTINS; FERNANDES; HELDWEIN, 2020), há preços de energia no atacado (BILICH; SPILLER; FINE, 2019), taxas de tempo de uso, preços de pico, preços em tempo real e descontos durante horas de pico (ANNALA et al., 2018). Por exemplo, exigir que uma determinada porcentagem da eletricidade das concessionárias venha de fontes renováveis cria preços competitivos entre as tecnologias que podem promover a inovação e reduzir o custo da energia renovável (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020). Além disso, no ambiente da EC, os preços dos serviços em nuvem ainda ocorrem. Aqui, existem serviços de nuvem pública ou privada para armazenamento de dados relacionados à energia, onde os usuários pagam pelo sistema à medida que o utilizam (ALDOSSARY et al., 2019).

O consumidor pode se apresentar como o centro do processo de mercado, uma vez que dita as regras desse comércio. Nesse sentido, de acordo com a rede da Figura 10, existe uma forte relação de citações entre A9 - Consumidores/comunidades e outros atores. Este ator possui forte relacionamento com atacado e varejo. Não há limite mínimo para se tornar um consumidor livre e escolher o fornecedor de energia (MARTINS; FERNANDES; HELDWEIN, 2020).

A relação entre A9 - Consumidores/comunidades e A14 - Órgãos reguladores independentes é o único elo na rede de atores que tem um nível de confiança de 1,0. Os reguladores independentes estão altamente correlacionados com a capacidade instalada per capita (NAGAYAMA, 2010), portanto, tem a ver com o poder de compra por parte dos consumidores e comunidades no que diz respeito à aquisição de fontes de geração de energia renovável. Além disso, um marco regulatório eficaz envolve as prioridades e interesses do consumidor na regulamentação econômica das redes (NEPAL; MENEZES; JAMASB, 2014).

Os atores A5 - Mercado de energia, A19 - Varejo e A20 - Atacado são antecedentes de

A7 - Órgão governamental. Nesse sentido, a avaliação dos mecanismos do mercado atacadista e de sua estrutura regulatória deve ser considerada para garantir o funcionamento eficiente da rede (NEPAL; MENEZES; JAMASB, 2014). Além disso, os autores comentam que melhorar a transparência do mercado de varejo é uma questão importante, pois isso eliminaria qualquer abuso do mercado de energia por parte de empresas dominantes. Na rede de processos, P3 - Fase orientada para o mercado processo não entrou na rede de relacionamento por não possuir relação com Confiança maior que 0,8.

3.6.4 Processo de desenvolvimento padrão

Outro processo principal é o "Processo de desenvolvimento de padrões". Este processo consiste no desenvolvimento de uma estrutura padrão para a criação, monitoramento, difusão e implantação de sistemas de energia. O modelo de gestão da EC, ao contrário dos sistemas tradicionais de energia, não possui um padrão de manutenção para regulamentação. Portanto, compreender esse processo e os atores envolvidos nele é o início da concretização da EC. Este processo compreende Publicação de resoluções, Certificação, Monitoramento e avaliação regular de programas, Licenças: Ambientais, de localização e conexão de rede, e Implementação e conformidade (licenciamento, equipamentos e aprovações de instalações). Os padrões fornecem uma base para o comércio global, processos de gestão, interoperabilidade de equipamentos e sistemas, segurança, práticas ambientais e qualificações profissionais, e fornecem estrutura e orientação em mercados de ER e eficiência energética em rápida evolução (MCKANE; DAYA; RICHARDS, 2017).

A "Publicação de resoluções" é o processo realizado após as decisões regulatórias, onde são publicadas as normas (PEREIRA BASTOS; DE MACEDO-SOARES, 2011). O processo de "Certificação" pode estar relacionado a dispositivos e equipamentos voltados para a energia (MARAFAO et al., 2018), certificados de energia renovável (BENTO et al., 2020; ARMSTRONG, 2019), certificação de eficiência energética (ANNALA et al., 2018), entre outros. A etapa "Acompanhamento e avaliação regular dos programas" compreende o acompanhamento do correto funcionamento dos programas já consolidados. Esta fase do processo regulatório é importante para adaptar os programas existentes, se necessário. Isso inclui o monitoramento de mercado (MAHER; STEFAN, 2019), capaz de avaliar tendências e custos de mercado (STRUPEIT, 2017), e a avaliação de políticas regulares (ARMSTRONG, 2019). Os sistemas convencionais de monitoramento regulatório operados por órgãos cívicos são considerados confiáveis, mas são caros, complexos de usar e limitados em número (KAGINALKAR

et al., 2021). Nesse sentido, a IoT está emergindo como um componente-chave das cidades inteligentes e contribuirá para estações de monitoramento regulatório (KAGINALKAR et al., 2021).

Os processos de licenciamento ambiental de geração, transmissão e distribuição de equipamentos de energia fazem parte do processo “Licenças ambientais, de localização e de conexão de rede”, bem como as licenças de localização desses equipamentos. As licenças de desempenho ambiental de edificações também podem ser citadas aqui (CHAN, 2019). Aqui também se insere o processo “Implementação e conformidade (licenciamento, aprovações de equipamentos e instalações)”, que inclui o processo de implementação do regulamento e o esforço para se manter em conformidade. Considerando essas pesquisas, conclui-se que o processo de desenvolvimento de padrões é responsável por manter a segurança energética.

Nesse sentido, o ator A13 - Agência de Segurança Elétrica está relacionado a A16 - Financeira, A9 - Consumidores / comunidades e A7 - Agentes de agência governamental, com Confiança de 0,88, 0,94 e 0,88, respectivamente. Isso porque a estimativa dos custos operacionais determina a tarifa de energia elétrica, uma mudança neste modelo pode gerar um ônus excessivo para os consumidores se os custos forem superestimados, ou um ônus excessivo para as agências reguladoras se os custos forem subestimados, afetando a eficiência energética (BOENTE; LUSTOSA, 2019). Portanto, é importante entender a relação entre esses três atores para garantir tal eficiência. Assim, a segurança elétrica tem um forte efeito no setor financeiro, no órgão governamental e, principalmente, no consumidor.

Analisando a rede de processos na Figura 9, a certificação (P28) precede os processos P2 - Apoio governamental e P10 - Implementação e conformidade. Isso está totalmente de acordo com a realidade, visto que muitas vezes é o próprio governo quem certifica os equipamentos, técnicas e procedimentos. Além disso, quando certificados, eles vão para a fase de implementação e monitoramento para verificar a conformidade. Esta certificação é aplicada para instaladores e equipamentos, certificação de qualidade de rede ou requisitos técnicos (JACKSON INDERBERG et al., 2020).

Há uma desconexão entre formuladores de políticas e desenvolvedores de padrões, desde o nível técnico até a alta administração, e isso apresenta barreiras para o desenvolvimento de padrões eficazes e relevantes (MCKANE; DAYA; RICHARDS, 2017). Para o desenvolvimento da EC, ainda é necessária a consolidação de um órgão regulador desse modelo, para que só mais tarde o processo de desenvolvimento da norma se torne efetivo e cumpra sua função.

3.6.5 Apoio governamental

Outro processo central é o “Apoio governamental”, uma vez que trata de processos regulatórios relacionados com o governo, como a disponibilização de fundos de apoio ao desenvolvimento de energias renováveis. Este processo principal é composto por outros três processos: “Setor Jurídico”, “Setor Legislativo” e “Setor Executivo”, responsáveis pela defesa dos direitos dos cidadãos, elaboração e revisão de leis e cumprimento das leis, respetivamente. A legislação governamental e a política regulatória têm sido os principais fatores que impulsionam as inovações (SMIRNOVA, O.; STRUMSKY; QUALLS, 2021), e a maioria dessas políticas surgiu como resultado da democracia representativa, com legisladores estaduais decretando políticas (PRITCHARD; MILLS, 2021).

Aí vêm também os “reguladores estaduais, territoriais e nacionais”, considerados um processo uma vez que os processos regulatórios passam por essas três áreas, e o uso de fontes alternativas de energia é parte integrante da melhoria da economia nacional, regional e global (SMIRNOVA, E. et al., 2021). Este apoio governamental terá um papel importante na divulgação da EC. Isso ocorre porque o apoio governamental e a inovação organizacional são os principais motores de qualquer projeto, e há uma necessidade de maior apoio governamental e inovação no campo das energias renováveis (HUSSAIN et al., 2022).

Analisando a rede de relações entre os processos (Figura 9), o Apoio Governamental (P2) é o processo mais vinculado a outros processos (possui 15 links). Nesse sentido, de acordo com a rede de processos, P19 - Licenciamento e P13 - Processo administrativo são antecedentes de P2 - Apoio governamental com Confiança 1.0, ou seja, estão juntos em 100% dos artigos que citam os três processos. Isso se justifica pelo fato de essas licenças, sejam elas ambientais, de localização ou de conexão à rede, dependerem de processos administrativos para sua efetivação. Além disso, o processo de licenciamento é importante para questões como o peso das diferenças de interesses no processo, a influência das partes interessadas e a taxa de implementação (GULBRANDSEN; INDERBERG; JEVNAKER, 2021) e a obtenção de todas as licenças necessárias é a chave para o negócio de um desenvolvedor de energia (LÜTHI; PRÄSSLER, 2011). Esse processo de licenciamento depende de aprovações feitas por meio de processo administrativo e de apoio governamental envolvido.

De acordo com a rede de atores, a A7 - Órgão governamental é um dos principais da rede e mantém fortes vínculos com os demais atores citados. Downie (2017) comenta sobre os órgãos governamentais e o mercado de energia, explicando a relação com o ator A5 - Mercado de energia. O autor comenta que os governos devem intervir nos mercados porque só eles não

conseguiram realizar uma mudança fundamental no sistema de energia. Ainda assim, com uma confiança de 0,83 com o ator A7 - Órgão governamental, os pesquisadores (A4) exercem um papel importante na rede de regulamentação energética. A pesquisa no setor de energia traz uma grande contribuição para os formuladores de políticas (COX; ROYSTON; SELBY, 2019).

Os atores A2 - Investidores e A5 - Mercado de energia precedem A3 - Reguladores públicos com confiança de 0,81 e 0,8, respectivamente. Com base nisso, o mercado precisa ser desenhado com novos mecanismos, baseados na captura de toda a estrutura de custos renováveis e que compensem com mais precisão as tecnologias convencionais (BLAZQUEZ et al., 2018). Os autores comentam que isso é crucial para transmitir o sinal de mercado correto para novos investidores em ambas as tecnologias. Assim, o governo tem um papel claro a desempenhar nesse processo, como a redução de encargos burocráticos e a regulamentação de direitos e obrigações (INDERBERG et al., 2020). Nesse cenário, os reguladores públicos, muitas vezes responsáveis por impulsionar o mercado de energia para os investidores, são os responsáveis pelo meio-campo.

Em 90% dos artigos que tratam do ator A7 - Órgão governamental, as concessionárias de energia elétrica (A6) também foram citadas. Em linha com a tendência de queda no custo dos recursos renováveis com microrredes e outras tecnologias, essas concessionárias enfrentarão o aumento da concorrência em várias frentes (MARTINS; FERNANDES; HELDWEIN, 2020). As concessionárias devem se adaptar a uma era em que novas tecnologias afetarão seus negócios, pois os consumidores estão se transformando em geradores que esperam contas de luz mais baixas com menos dependência das concessionárias (TOLMASQUIM et al., 2020). Outra questão é que as concessionárias de energia estão caminhando para a privatização e a liberalização (COX; ROYSTON; SELBY, 2019), e com isso o desligamento com as agências governamentais vem ocorrendo. EC engloba o conceito de consumidores independentes de energia. No entanto, armazenamento, análise em tempo real e otimização de uma grande quantidade de dados são tarefas não triviais para utilitários tradicionais (MA et al., 2018). Portanto, as concessionárias podem não ter capacidade suficiente para atender às mudanças baseadas na internet que apresentam maior possibilidade de controle e monitoramento em todo o sistema de energia (DILEEP, 2020). Como resultado, as concessionárias foram desligadas dos órgãos governamentais.

3.6.6 Processo administrativo

“Processo administrativo” são os processos burocráticos envolvidos na regulamentação,

embora essas questões administrativas também estejam presentes em outros processos do processo regulatório (MAHER; STEFAN, 2019). Esses processos administrativos muitas vezes são demorados e isso acaba afetando a utilidade de projetos e normas (LÜTHI; PRÄSSLER, 2011). A EC engloba questões administrativas relacionadas à energia, em um cenário em constante mudança. Portanto, os processos de "Inspeção" e "Mudança de política" entram aqui. A inspeção inclui a verificação da conformidade dos demais processos (PÉREZ-LOMBARD et al., 2011). Mesmo com todas as informações necessárias disponíveis, os regulamentos só serão cumpridos se estiverem sujeitos a fiscalizações por parte das autoridades competentes, e em setores complexos como os mercados de energia, as fiscalizações consomem muitos recursos em termos de pessoal, fundos, técnicos equipamento e tempo (BOHNE, 2011). "Mudança de política" é o processo de atualização de política em vigor. Pesquisas sobre mudanças no campo da eficiência energética, por exemplo, são escassas. Devido à dependência de combustíveis fósseis, a oposição e a resistência a grandes mudanças na política energética têm sido substanciais (BANG, 2010), mas garantir o acesso à energia e evitar altos preços ao consumidor são questões que envolvem todos os formuladores de políticas.

A21 - Os atores empresariais desempenham um papel maior nos segmentos competitivos (geração, varejo e monopólio) (NEPAL; MENEZES; JAMASB, 2014). Este ator é formado pelas empresas e associações empresariais que representam interesses empresariais, e estão cada vez mais presentes na rede, alcançando uma posição quase hegemônica e tendo cada vez mais acesso aos processos de tomada de decisão dentro da rede (MAGGETTI, 2019). Os formuladores de políticas precisam considerar a importância da influência das empresas interessadas no processo regulatório de energia, pois isso interfere na disseminação das energias renováveis e, conseqüentemente, na interconexão dos usuários (STRUPEIT, 2017). O desenvolvimento do cenário da EC terá uma forte influência de outros setores e não apenas de atores do setor energético, como é o caso dos atores empresariais que irão influenciar as decisões regulatórias, uma vez que terão os seus interesses financeiros. Por esse motivo, na rede de relações com atores, A21 aparece como antecedente de A16 - Financeiro com Confiança 0,95. O financeiro é o que representa o desempenho de uma organização por meio de valores monetários, sendo consequência das ações da empresa e, conseqüentemente, dos atores empresariais. A questão aqui será como integrar todos esses atores a fim de falar uns com os outros para apoiar o modelo de EC.

Assim, de acordo com a rede de processos, P27 - Mudança de política é o sucessor de cinco outros processos. Por causa dessa mudança nas políticas atuais, este é um processo que

depende de vários outros. A relação mais forte é com E2 - Apoio governamental, com Confiança 0,94, o que explica a forte dependência do governo na elaboração e mudanças das políticas atuais. A velocidade e facilidade com que essa mudança ocorrerá dependerá de marcos regulatórios, estratégias de negócios e práticas de energia (JACKSON INDERBERG et al., 2020). O compromisso político de mudar radicalmente a política energética com foco em menos combustíveis fósseis é limitado porque a preocupação com a segurança energética por si só não será suficiente para essa mudança (BANG, 2010). Porém, há uma evolução tecnológica que aponta claramente para uma gestão de energia em ambiente de nuvem e, portanto, a discussão envolvendo a evolução regulatória da energia é o início da jornada em direção a esse cenário de mudanças políticas.

3.6.7 Financiamento/incentivos de crédito

O processo “Financiamento/incentivos de crédito” considera incentivos fiscais para compra de equipamentos e instalação de sistemas de geração de energia. Pode-se citar os incentivos de redução de impostos oferecidos pelo governo para promover algumas novas regulamentações (CHAN, 2019) e incentivos para armazenamento de energia nos horários de pico (MARTINS; FERNANDES; HELDWEIN, 2020). Esses incentivos fiscais e financeiros são utilizados para a implantação e desenvolvimento de energias renováveis (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020) já que, em geral, o investimento em projetos de energia renovável é regido por políticas de incentivo e limitação (AL-SUMAITI et al., 2019). Além disso, esse processo também inclui as “Subvenções ao investimento”, que são subsídios ou pagamentos pela energia gerada, como políticas de tarifas feed-in e impostos de carbono (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020). Para que o ambiente da EC seja devidamente implementado, um dos principais pontos a serem abordados é o aumento dos investimentos em infraestrutura (SCHAEFER, Jones Luís *et al.*, 2020), que incluem a alta exigência de capital inicial, longa vida dos ativos, demanda inelástica por serviços e prevalência de custos fixos (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020). Estes mecanismos de incentivo incentivam o investimento em energias renováveis e a aquisição de tecnologias de gestão de energia baseadas na nuvem e, conseqüentemente, é criada uma mentalidade de consumo consciente, contribuindo para a disseminação da EC.

O processo P2 - Apoio ao Governo está relacionado com o P16 - Subsídios ao investimento com nível de confiança de 0,91. Com base nisso, recomenda-se uma reforma da política

governamental atual relativa ao financiamento e implementação de projetos, pois isso incentivará os investidores a investir ou expandir seus projetos de energia renovável (AL-SUMAITI et al., 2019). Os países oferecem esse subsídio para apoiar investimentos em energia renovável, facilitando a disseminação dessas tecnologias. É o caso de Oslo, município da Noruega, que cobriu 40% dos custos de investimento em PV (JACKSON INDERBERG et al., 2020). Esses subsídios governamentais são importantes para facilitar a introdução de novas tecnologias e permitir que as famílias mais pobres se envolvam na regulamentação e eficiência energética (IWARO; MWASHA, 2010).

Nesse sentido, de acordo com a rede de atores, A14 - Agências regulatórias independentes e A16 - Financeira tem relação com Confiança de 0,81. Uma das razões para essa relação pode ser o fato de que agências reguladoras independentes minimizam os riscos percebidos de desapropriação, e assim desempenham um papel importante no processo de tomada de decisão para investimentos privados (NAGAYAMA, 2010). Pode-se citar também o exemplo de que reguladores autônomos têm seus princípios para a implementação de políticas, sem depender das preferências dos políticos eleitos que controlam os orçamentos (HOLBURN, 2012). Além disso, reguladores autônomos podem contratar pessoal mais qualificado, uma vez que não se restringem a salários públicos já estabelecidos.

Outra forte relação dos atores é entre A2 - Investidores e A3 - Reguladores públicos com confiança 0,81. Considerando que os investimentos para propagação de energias renováveis são elevados, neste cenário, é necessário o apoio dos reguladores públicos. Portanto, regulamentar a estratégia de financiamento do governo para o investimento local em projetos de energia renovável é de grande importância (AL-SUMAITI et al., 2019). Assim, o incentivo por parte dos investidores contribui para a expansão dos projetos de energia para atender à crescente demanda de energia elétrica da população por meio da reforma da atual política de governo (AL-SUMAITI et al., 2019). Portanto, considerando que a EC será um modelo de gestão de energia que envolverá grande quantidade de tecnologia da informação e informática, regulamentações voltadas ao financiamento/incentivos de crédito são de extrema importância para a propagação desse ambiente inovador.

3.7 CONCLUSÃO

Entender como funciona o ambiente regulatório por meio da compreensão dos processos e atores envolvidos nesse ambiente é o início da disseminação da EC. Portanto, o objetivo deste

artigo foi identificar os processos e atores na regulamentação dos sistemas energéticos, estabelecer as relações básicas entre esses atores e processos, traçando as diretrizes básicas para o estabelecimento e/ou modificação de políticas, leis e regulamentos relativos à transição dos sistemas de energia para a EC. Considerando esse objetivo, uma RSL possibilitou o levantamento desses processos e dos atores e, por meio da aplicação do algoritmo a priori, foi possível estabelecer as principais relações entre esses processos e atores.

Destaca-se a contribuição deste artigo no que se refere à abordagem utilizada com base nas regras de associação da Apriori. Ao considerar as redes de processos e relações de atores apenas com lift maior que 1,0, os resultados obtidos foram redes em que aparecem apenas relações de dependência direta entre processos e atores e, somadas ao valor da confiança, é possível fazer uma avaliação da intensidade de suas relações. Portanto, os resultados obtidos com a aplicação do Apriori suportam a RSL e indicam quais relações realmente devem ser consideradas e estudadas e quais ocorrem por mera coincidência nos artigos RSL.

Esta pesquisa identificou que os processos regulatórios de sistemas de energia podem ser classificados em 7 processos básicos: Pesquisa de política regulatória, Códigos e padrões de energia, Fase orientada para o mercado, Processo de desenvolvimento de padrões, Apoio governamental, Processo administrativo, Financiamento / incentivos de crédito. Além disso, foram identificados mais 21 processos, totalizando 28 processos regulatórios (delineados e apresentados através de um mapa mental), sendo estabelecida uma rede de dependências entre esses processos com 37 ligações diretas. Na rede de relações de processos, foram estabelecidas três como as principais da rede: P7 - Códigos e normas de energia, P2 - Apoio governamental e P10 - Processos de implementação e conformidade com maior número de relacionamentos. Em relação aos atores, foram identificados 24 envolvidos nesses processos regulatórios e estruturada uma rede com 28 conexões diretas e dependentes entre esses atores. Na rede de atores, os atores A3 - Reguladores públicos, A16 - Financeiro, A9 - Consumidores/comunidades e A7 - Órgão governamental foram listados como atores principais.

Este artigo tem algumas implicações práticas para pesquisadores, empresas e órgãos reguladores de energia:

- O artigo contribui para a elaboração de uma estrutura regulatória que considere o desenvolvimento e implementação da EC através da adaptação do esquema de processos regulatórios aqui apresentado.
- O mapa mental complementado pela rede de processos indicando conexões de dependência entre eles pode servir como ponto de partida para a criação de um roteiro que estabeleça

um ordenamento cronológico entre os processos, facilitando o desenvolvimento de novas legislações e regulamentações no setor considerando a implementação de a EC.

- A rede de atores indica quais são os elos de ligação entre os principais stakeholders nos processos regulatórios, possibilitando uma visão abrangente de quem tem influência nos processos regulatórios, podendo assumir um papel protagonista no roteiro mencionado no item anterior.

Este artigo limitou-se a estudar as associações obtidas a priori entre dois atores ou processos ao mesmo tempo, com associações com 3 ou mais atores ou processos não mapeados e inseridos nas redes. Este artigo também se limitou a estudar os processos regulatórios considerando a evolução dos sistemas energéticos para EC, uma vez que para isso seria necessário realizar pesquisas com especialistas para validar este novo modelo. Por fim, para pesquisas futuras, sugere-se o desenvolvimento de um arcabouço que considere, além dos processos e atores, os aspectos limitantes e dificultadores relacionados ao escopo da EC e que influenciam os processos regulatórios. Sugere-se também o estudo e desenvolvimento de ferramentas de diagnóstico que possam avaliar o desenvolvimento e implementação do sistema regulatório da EC, considerando todo o enquadramento do processo regulatório. Além disso, uma ferramenta de pesquisa com especialistas para validar um novo sistema regulatório também é sugerida.

3.8 REFERÊNCIAS

AGRAWAL, Rakesh; SRIKANT, Ramakrishnan. Fast Algorithms for Mining Association. **Proceedings of the 20th VLDB Conference**, [s. l.], p. 487–499, 1994.

AL-SUMAITI, A S *et al.* A Guided Procedure for Governance Institutions to Regulate Funding Requirements of Solar PV Projects. **IEEE Access**, [s. l.], v. 7, p. 54203–54217, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2912274>

ALDOSSARY, M. *et al.* Energy-aware cost prediction and pricing of virtual machines in cloud computing environments. **Future Generation Computer Systems**, [s. l.], v. 93, p. 442–459, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.10.027>

ANNALA, Salla *et al.* Regulation as an enabler of demand response in electricity markets and power systems. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, [s. l.], v. 195, p. 1139–1148, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.276>

ARIAS BARRAGÁN, Luis Alejandro; RIVAS TRUJILLO, Edwin; SANTAMARIA, Francisco. Agente Integrador de Recursos Energéticos Distribuidos como Oferente de Energía en el Nivel de Distribución. **Ingeniería**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 306, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.14483/23448393.10986>

ARMSTRONG, J H. Modeling effective local government climate policies that exceed state targets. **Energy Policy**, [s. l.], v. 132, p. 15–26, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.05.018>

BARTLETT, R.; HALVERSON, M.A.; SHANKLE, D.L. Understanding Building Energy Codes and Standards. **PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY (PNNL)**, [s. l.], 2003. Disponível em:

https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-14235.pdf. Acesso em: 30 out. 2021.

BELLANTUONO, Giuseppe. The misguided quest for regulatory stability in the renewable energy sector. **JOURNAL OF WORLD ENERGY LAW & BUSINESS**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 274–292, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jwelb/jwx017>

BENTO, N; BORELLO, M; GIANFRATE, G. Market-pull policies to promote renewable energy: A quantitative assessment of tendering implementation. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 248, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119209>

BILICH, A; SPILLER, E; FINE, J. Proactively planning and operating energy storage for decarbonization: Recommendations for policymakers. **Energy Policy**, [s. l.], v. 132, p. 876–880, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.06.033>

BISHOGE, Obadia Kyetuza; KOMBE, Godlisten Gladstone; MVILE, Benatus Norbert. Community participation in the renewable energy sector in Tanzania. **International Journal of Sustainable Energy Planning and Management**, [s. l.], v. 28, p. 121–134, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5278/ijsepm.4477>

BLAZQUEZ, J *et al.* The renewable energy policy Paradox. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 82, p. 1–5, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.002>

BOENTE, D R; LUSTOSA, P R B. Efficiency of electricity distribution companies. **RAUSP Management Journal**, [s. l.], v. 55, n. 2, p. 177–193, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/RAUSP-11-2018-0123>

BROWN, M. Innovative energy-efficiency policies: An international review. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 1–25, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wene.125>

CAPPERS, P *et al.* An assessment of market and policy barriers for demand response providing ancillary services in U.S. electricity markets. **Energy Policy**, [s. l.], v. 62, p. 1031–1039, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.08.003>

CARMICHAEL, R. *et al.* **The Demand Response Technology Cluster: Accelerating UK residential consumer engagement with time-of-use tariffs, electric vehicles and smart meters via digital comparison tools**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110701>

CARVALHO, Patrícia Stefan *et al.* Proposal for a new layer for energy cloud management: The regulatory layer. **International Journal of Energy Research**, [s. l.], p. er.6507, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/er.6507>

CHAN, L S. Investigating the environmental effectiveness of Overall Thermal Transfer Value code and its implication to energy regulation development. **Energy Policy**, [s. l.], v. 130, p. 172–180, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.04.004>

CHENG, Maocai; XU, Kaiyong; GONG, Xuerong. Research on Audit Log Association Rule Mining Based on Improved Apriori Algorithm. **2016 IEEE International Conference on Big Data Analysis (ICBDA)**, [s. l.], 2016.

COX, E; ROYSTON, S; SELBY, J. From exports to exercise: How non-energy policies affect energy systems. **Energy Research and Social Science**, [s. l.], v. 55, p. 179–188, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.05.016>

DA COSTA, Matheus Becker *et al.* Industry 4.0 technologies basic network identification. **Scientometrics**, [s. l.], v. 121, n. 2, p. 977–994, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03216-7>

DAHAL, Karna; JUHOLA, Sirkku; NIEMELÄ, Jari. The role of renewable energy policies for carbon neutrality in Helsinki Metropolitan area. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 40, p. 222–232, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.04.015>

DE CARVALHO, P.S. *et al.* Proposal for a new layer for energy cloud management:

The regulatory layer. **International Journal of Energy Research**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/er.6507>

DE CARVALHO, Patricia Stefan; NORA, Macklini Dalla; DA ROSA, Leandro Cantorski. Development of an acoustic absorbing material based on sunflower residue following the cleaner production techniques. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 270, p. 122478, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122478>

DILEEP, G. A survey on smart grid technologies and applications. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 146, p. 2589–2625, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.092>

DOWNIE, C. Business actors, political resistance, and strategies for policymakers. **Energy Policy**, [s. l.], v. 108, p. 583–592, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.06.018>

DOYTCH, Nadia; NARAYAN, Seema. Does transitioning towards renewable energy accelerate economic growth? An analysis of sectoral growth for a dynamic panel of countries. **Energy**, [s. l.], v. 235, p. 121290, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2021.121290>

FISCHER, Robert; TOFFOLO, Andrea. Is total system cost minimization fair to all the actors of an energy system? Not according to game theory. **Energy**, [s. l.], v. 239, p. 122253, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2021.122253>. Acesso em: 27 out. 2021.

FRATE, C A; BRANNSTROM, C. Stakeholder subjectivities regarding barriers and drivers to the introduction of utility-scale solar photovoltaic power in Brazil. **Energy Policy**, [s. l.], v. 111, p. 346–352, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.09.048>

GIORDANO, A. *et al.* An energy community implementation: The unical energy cloud. **Electronics (Switzerland)**, [s. l.], v. 8, n. 12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/electronics8121517>

GIORDANO, Andrea *et al.* An energy community implementation: The unical energy cloud. **Electronics (Switzerland)**, [s. l.], v. 8, n. 12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/electronics8121517>

HASHMI, Shahwaiz Ahmed; ALI, Chaudhry Fahad; ZAFAR, Saima. Internet of things and cloud computing-based energy management system for demand side management in smart grid. **International Journal of Energy Research**, [s. l.], v. 45, n. 1, p. 1007–1022, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/er.6141>

HE, Y *et al.* A regulatory policy to promote renewable energy consumption in China: Review and future evolutionary path. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 89, p. 695–705, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.12.047>

HOLBURN, G L F. Assessing and managing regulatory risk in renewable energy: Contrasts between Canada and the United States. **Energy Policy**, [s. l.], v. 45, p. 654–665, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.017>

HUANG, Junbing *et al.* Energy-saving research and development activities and energy intensity in China: A regional comparison perspective. **Energy**, [s. l.], v. 213, p. 118758, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2020.118758>

IWARO, Joseph; MWASHA, Abraham. A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries. **Energy Policy**, [s. l.], v. 38, n. 12, p. 7744–7755, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.027>

JACKSON INDERBERG, T H *et al.* The dynamics of solar prosuming: Exploring interconnections between actor groups in Norway. **Energy Research and Social Science**, [s. l.], v. 70, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101816>

LACERDA, Daniel Pacheco *et al.* Design Science Research : método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.

LAWRENCE, Mackinnon; VRINS, Jan. **BUILDING A COMPETITIVE ADVANTAGE FOR ENERGY CLOUD 2.0**. [S. l.: s. n.], 2016.

LEITHON, Johann; WERNER, Stefan; KOIVUNEN, Visa. Cost-aware renewable energy management: Centralized vs. distributed generation. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 147, p. 1164–1179, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.077>

LI, Jianxin *et al.* CyberGuarder: A virtualization security assurance architecture for green cloud computing. **FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS-THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ESCIENCE**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 379–390, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.future.2011.04.012>

LÜTHI, S; PRÄSSLER, T. Analyzing policy support instruments and regulatory risk factors for wind energy deployment-A developers' perspective. **Energy Policy**, [s. l.], v. 39, n. 9, p. 4876–4892, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.029>

MA, Youjie *et al.* Summary of cloud computing technology in smart grid. *In:* , 2018. **Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, ICMA 2018**. [S. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. p. 253–258. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICMA.2018.8484418>

MAGGETTI, Martino. Interest Groups and the (Non-)Enforcement Powers of EU Agencies: The Case of Energy Regulation. **EUROPEAN JOURNAL OF RISK REGULATION**, [s. l.], v. 10, n. 3, SI, p. 458–484, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/err.2019.38>

MAHER, I; STEFAN, O. Delegation of powers and the rule of law: Energy justice in EU energy regulation. **Energy Policy**, [s. l.], v. 128, p. 84–93, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.046>

MARAFÃO, F P *et al.* Trends and Constraints on Brazilian Photovoltaic Industry: Energy Policies, Interconnection Codes, and Equipment Certification. **IEEE Transactions on Industry Applications**, [s. l.], v. 54, n. 5, p. 4017–4027, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TIA.2018.2833422>

MARTINS, M A I; FERNANDES, R; HELDWEIN, M L. Proposals for Regulatory Framework Modifications for Microgrid Insertion–The Brazil Use Case. **IEEE Access**, [s. l.], v. 8, p. 94852–94870, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2991961>

MELGAR-DOMINGUEZ, Ozy D. *et al.* An economic-environmental asset planning in electric distribution networks considering carbon emission trading and demand response. **Electric Power Systems Research**, [s. l.], v. 181, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2020.106202>

MELL, Peter; GRANCE, Timothy. **The NIST Definition of Cloud Computing Recommendations of the National Institute of Standards and Technology**. [S. l.: s. n.], 2011.

MOHAMED, Mohamed A. *et al.* A novel fuzzy cloud stochastic framework for energy management of renewable microgrids based on maximum deployment of electric vehicles. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, [s. l.], v. 129, p. 106845, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.106845>

MOHD CHACHULI, Fairuz Suzana *et al.* Transition of renewable energy policies in Malaysia: Benchmarking with data envelopment analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 150, p. 111456, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111456>

NAGAYAMA, H. Impacts on investments, and transmission/distribution loss through power sector reforms. **Energy Policy**, [s. l.], v. 38, n. 7, p. 3453–3467, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.02.019>

NEPAL, R; MENEZES, F; JAMASB, T. Network regulation and regulatory institutional reform: Revisiting the case of Australia. **Energy Policy**, [s. l.], v. 73, p. 259–268,

2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.05.037>

O'BRIEN, William *et al.* An international review of occupant-related aspects of building energy codes and standards. **Building and Environment**, [s. l.], v. 179, p. 106906, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2020.106906>

OKWANYA, Innocent *et al.* Evaluating renewable energy choices among rural communities in Nigeria. An insight for energy policy. **International Journal of Energy Sector Management**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 157–172, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJESM-12-2019-0001>

PEREIRA BASTOS, S A; DE MACEDO-SOARES, T.D.L.A. Framework for the analysis of corporate political strategies pertinent to regulation: A relational perspective. **Corporate Ownership and Control**, [s. l.], v. 8, n. 4 F, p. 487–498, 2011.

PÉREZ-LOMBARD, L *et al.* A review of HVAC systems requirements in building energy regulations. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 43, n. 2–3, p. 255–268, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.10.025>

RAFINDADI, Abdulkadir Abdulrashid; MIKA'ILU, Aminu Salihu. Sustainable energy consumption and capital formation: Empirical evidence from the developed financial market of the United Kingdom. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, [s. l.], v. 35, p. 265–277, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.07.007>

SCHAEFER, J.L. *et al.* Management challenges and opportunities for energy cloud development and diffusion. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 15, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en13164048>

SCHAEFER, Jones Luís *et al.* Management Challenges and Opportunities for Energy Cloud Development and Diffusion. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 16, p. 4048, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en13164048>. Acesso em: 23 set. 2020.

SCHAEFER, Jones Luís; SILUK, Julio Cezar Mairesse. An algorithm-based approach to map the global players' network for photovoltaic energy businesses. **International Journal of Sustainable Energy Planning and Management**, [s. l.], v. 30, p. 2021–2064, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5278/ijsepm.5889>

SCHAEFER, Jones Luís; SILUK, Julio Cezar Mairesse; CARVALHO, Patrícia Stefan de. An MCDM-based approach to evaluate the performance objectives for strategic management and development of Energy Cloud. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 320, p. 128853, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.128853>. Acesso em: 7 set. 2021.

SIDDIQUI, Salman; MACADAM, John; BARRETT, Mark. A novel method for forecasting electricity prices in a system with variable renewables and grid storage. **International Journal of Sustainable Energy Planning and Management**, [s. l.], v. 27, n. Special Issue, p. 51–66, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5278/ijsepm.3497>

STRUPEIT, Lars. **An innovation system perspective on the drivers of soft cost reduction for photovoltaic deployment: The case of Germany**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.011>

TURČÍNEK, Pavel; TURČÍNKOVÁ, Jana. EXPLORING CONSUMER BEHAVIOR : USE OF ASSOCIATION RULES. [s. l.], v. 63, n. 3, p. 1031–1042, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.11118/actaun201563031031>

VASCONCELOS, Jorge. Energy regulation in Europe : regulatory policies and politics of regulation. **European Energy Institute and contributors**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 1–12, 2009.

WANG, Chunxia; ZHENG, Xiaoyue. Application of improved time series Apriori algorithm by frequent itemsets in association rule data mining based on temporal constraint. **Evolutionary Intelligence**, [s. l.], n. 0123456789, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12065-019-00234-5>

WANG, Yuanping *et al.* Smart solutions shape for sustainable low-carbon future: A

review on smart cities and industrial parks in China. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 144, p. 103–117, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.04.014>

XIAO, X *et al.* Large-scale aggregation of prosumers toward strategic bidding in joint energy and regulation markets. **Applied Energy**, [s. l.], v. 271, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115159>

YUN, Sunyoung; LEE, Joosung; LEE, Sungjoo. Technology development strategies and policy support for the solar energy industry under technological turbulence. **Energy Policy**, [s. l.], v. 124, p. 206–214, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.09.003>

ZENG, Ni; XIAO, Hong. Inferring implications in semantic maps via the Apriori algorithm. **Lingua**, [s. l.], v. 239, p. 102808, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lingua.2020.102808>

ZHAO, Z.-Y. *et al.* Impacts of renewable energy regulations on the structure of power generation in China - A critical analysis. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 24–30, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.05.015>

ZITELMAN, Kiera. **Advancing Electric System Resilience with Distributed Energy Resources: A Review of State Policies About SEIN**. [S. l.: s. n.], 2020.

4 ARTIGO 3 – ESTUDO DOS FATORES QUE INTERFEREM NO PROCESSO REGULATÓRIO DE ENERGIA COM ÊNFASE EM ENERGY CLOUD

Patrícia Stefan de Carvalho

Julio Cezar Mairesse Siluk

Jones Luís Schaefer

Uma versão deste artigo foi publicada em 26/02/2022 no periódico International Journal of Energy Economics and Policy (Qualis A1; Fator de Impacto: 2.956; Percentil Scopus: 91%).

Resumo: A Energy Cloud (EC) é um tema emergente que vem surgindo como uma opção as questões de gerenciamento de oferta e demanda de energia, visto que faz uso de ferramentas que dinamizam esse processo, como computação em nuvem, processamento de dados e dispositivos inteligentes. Esforços precisam ser concentrados na regulamentação desse modelo de gestão de energia, e entender o que afeta ou atrasa esse processo é essencial para a difusão da EC. Assim, o objetivo deste artigo é apresentar e discutir, por meio de uma revisão sistemática da literatura, os fatores que interferem no processo regulatório de energia com ênfase em EC. Essa pesquisa resultou em 29 Fatores Críticos de Sucesso (FCS), que, conforme características similares, foram agrupados em 7 Pontos de Vista Fundamentais (PVF): econômicos, pessoais ou socioculturais, disponibilidade, institucional e de mercado, infraestrutura regulatória, fatores externos e de informação, e ideologia. Os FCS e PVF foram citados 183 vezes pelos artigos selecionados. A análise desses fatores contribuiu na identificação de barreiras que afetam o processo regulatório de energia, atrasando o desenvolvimento para um ambiente de EC, e discutiu quais são os principais desafios e oportunidades regulatórias acerca da temática.

Palavras-chave: Energy Cloud. Gerenciamento de energia. Regulamentação da Energy Cloud. Processo de regulamentação de energia. Fatores Críticos de Sucesso (FCS). Pontos de Vista Fundamentais (PVF).

4.1 INTRODUÇÃO

Devido à demanda crescente por energia, medidas de gestão devem ser tomadas para lidar com a escassez de recursos limitados (SCHAEFER *et al.*, 2020). Nesse sentido, a gestão de energia compreende os procedimentos para melhorar a eficiência energética a partir do uso

de energia (LAWRENCE, A. *et al.*, 2019). Por isso, a energia proveniente de fontes renováveis contribui para tornar os sistemas energéticos mais eficientes em termos de custos (OSORIO-ARAVENA *et al.*, 2020), contribuindo também como uma opção ao aumento da eficiência energética. Assim, os modelos tradicionais de energia enfrentam novos desafios econômicos, ambientais e sociais (BEN ABDELJAWED; AMRAOUI, 2021). Diante desse contexto, a *smart grid* vem para lidar com essa complexidade da rede elétrica e aumento da demanda (SIVAPRAGASH; THILAGA; SURESH KUMAR, 2012).

As *smart grids* monitoram e gerenciam o fluxo de informações de uma cidade ou comunidade (WANG, Y. *et al.*, 2019) e assim as residências podem participar do mercado de energia fazendo uso inteligente dos seus recursos por meio de dispositivos (RADENKOVIĆ *et al.*, 2020). Por isso, considerando essa evolução dos sistemas energéticos, torna-se necessária a adoção de novas tecnologias computacionais para gerir este mercado cada vez mais dinâmico (SCHAEFER; SILUK; CARVALHO, 2021). Esses serviços de redes inteligentes podem ser acessadas por meio de serviços em nuvem (SURESH KUMAR; SIVAPRAGASH, 2016), visto que esses dados serão coletados em tempo real por medidores inteligentes colocados no local do usuário ou em escala industrial, e isso irá requerer um enorme processamento de dados (RENUGADEVI; SARAVANAN; NAGA SUDHA, 2021).

A computação em nuvem pode ser usada no contexto de *smart grids* para tratar da questão do gerenciamento da grande quantidade de informações (MA *et al.*, 2018), isso pois essa tecnologia armazena, monitora e controla remotamente quaisquer dados de qualquer lugar do mundo (KULKARNI; LALITHA; DEOKAR, 2019). Assim, com o apoio de técnicas de processamento computacional, a computação em nuvem gerencia essas informações por meio da descoberta de padrões (MORAES *et al.*, 2019), que trazendo para o cenário energético, seria possível monitorar e controlar esses sistemas. Porém, ainda não existe um controle integrado de rede de energia que possa monitorar, avaliar, operar, controlar e gerenciar esses sistemas em tempo real (TALAAT *et al.*, 2020).

Nesse sentido, o gerenciamento de energia baseado em sistemas de nuvem, ou Energy Cloud (EC), surge como uma opção a essa questão. A EC pode ser considerada uma plataforma com condições técnicas e econômicas para integrar sistemas de energia renovável distribuída com novas tecnologias ecologicamente corretas e inteligentes, como microrredes, tecnologias IoT, medidores inteligentes e instalações de armazenamento (GIORDANO, A. *et al.*, 2019). Aqui, as partes interessadas podem interagir diretamente, sem supervisão centralizada ou intervenção de terceiros, onde vendedores e compradores negociam livremente por meio de uma plataforma (BEN ABDELJAWED; AMRAOUI, 2021). Na EC, o servidor de nuvem ajuda a

conectar o controlador central para gerenciar a energia produzida, sendo responsável por fornecer a análise em tempo real e satisfazer a necessidade de energia dos servidores de borda de energia (RENUGADEVI; SARAVANAN; NAGA SUDHA, 2021).

Pesquisas que englobam a temática da EC vem sendo realizadas a nível mundial. Na pesquisa de Schaefer et al. (2020) foram apresentados os elementos e requisitos básicos para a EC e sua gestão. Giordano et al. (2019) propuseram um modelo de gestão e uma plataforma de EC com uma aplicação prática na Universidade da Calábria. Na pesquisa de Carvalho et al. (2021) foram sugeridas regulamentações técnicas, econômicas e ambientais que podem influenciar o desenvolvimento e a difusão da EC. Assim, é evidente que toda a tecnologia e informações que englobam a EC vem aumentando e ganhando cada vez mais espaço. Por isso, há um debate sobre o impacto das políticas de apoio ao investimento em capacidade renovável (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020). Então, é importante identificar interações políticas negativas e buscar oportunidades para resolvê-las ou mitigá-las, por meio de uma avaliação crítica dos limites que existem nos processos e estruturas de governança (COX; ROYSTON; SELBY, 2019).

Considerando esse contexto, torna-se evidente a necessidade por pesquisas que estudem os aspectos regulatórios relacionados à gestão da EC e como consolidar a implementação desse modelo. Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa é apresentar e discutir, por meio de uma revisão sistemática da literatura, os fatores que interferem no processo regulatório de energia com ênfase em EC. Para orientar este objetivo, foi necessário identificar e organizar esses fatores em uma estrutura hierárquica, classificada em Pontos de Vista Fundamentais (PVF) e Fatores Críticos de Sucesso (FCS), e a partir disso, discutir como esses fatores se alocam no cenário da EC e como afetam o desenvolvimento e implementação desse sistema de comércio de energia em ambiente baseado em nuvem. A novidade da pesquisa se dá na investigação desses fatores ao analisar e trazê-los para o contexto da EC.

Esta pesquisa busca trazer contribuições importantes como:

- Ao identificar e discutir quais são os fatores que interferem no processo regulatório de EC, essa pesquisa contribui com o entendimento desse ambiente, contribuindo com empresas e investigadores que trabalham na área regulatória de energia.
- Ao identificar os fatores que impedem ou atrasam a implementação de EC, contribui na estruturação do processo de decisão para a regulamentação desse modelo de gestão de energia.
- O artigo também contribui discutindo quais são os principais desafios e oportunidades regulatórias acerca da temática da EC, apresentando e discutindo como esses requisitos

devem ser implementados para o desenvolvimento e implementação desse ambiente promissor de gestão de energia, servindo como ponto de partida para pesquisadores e empresas.

- Essa pesquisa proporciona uma visão clara sobre os aspectos regulatórios relacionados à EC e assim contribuindo com a propagação e avanço da temática.

O artigo está organizado em 7 seções: a próxima seção apresenta um referencial teórico sobre o cenário da EC e como esse tema vem sendo construído e debatido por meio de pesquisas, e a seção 3 aborda os conceitos Pontos de Vista Fundamentais (PVF) e Fatores Críticos de Sucesso (FCS). A seção 4 contempla o procedimento metodológico usado. A seção 5 traz os resultados e discussões acerca dos fatores elencados. A seção 6 traz algumas implicações práticas a respeito do trabalho. A seção 7 mostra as conclusões, limitações e pesquisas futuras.

4.2 ENERGY CLOUD

A EC pode ser considerada uma plataforma escalonável de gerenciamento de energia em tempo real para o gerenciamento de energia baseado em nuvem por meio da integração de infraestruturas de energia e informação (GOVINDARAJAN; MEIKANDASIVAM; VIJAYAKUMAR, 2019). No modelo EC, a energia segue um fluxo de energia bidirecional, flexível e mais limpa, conectando os usuários para que possam gerenciar sua energia por meio de plataformas digitais (CARVALHO et al., 2021), permitindo a integração dinâmica de diferentes tecnologias em um ambiente de rede inteligente (SCHAEFER, J.L. et al., 2020).

Além disso, a EC oferece condições técnicas e econômicas para apoiar a geração de energia distribuída contribuindo para atender a demanda de energia (GIORDANO, A. et al., 2019). A partir desse sistema de EC, os governos poderão realizar análises científicas do potencial de economia de energia e prever o perfil de uso dos usuários, onde poderão conhecer seu consumo e avançar na mudança da intenção comportamental de conservar energia elétrica (CARVALHO et al., 2021). Schaefer et al. (2020) apresentaram um layout básico inicial baseado em sete camadas e quatro blocos de suporte que compõem o modelo de gestão de EC, e na pesquisa de Carvalho et al. (2021) foi proposta a camada Regulamentação. Nesse sentido, entender como os fatores que interferem na implementação dessa última camada se faz necessário, tendo em vista que esses fatores podem atrasar o desenvolvimento e implementação de ambientes EC.

4.3 PONTOS DE VISTA FUNDAMENTAIS (PVF) E FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO (FCS)

Os PVF podem ser caracterizados como objetivos estratégicos de desempenho que as organizações devem seguir, pois são capazes de refletir satisfatoriamente todas as necessidades do setor (SLACK et al., 2002). Assim, são as principais variáveis a serem consideradas pelos tomadores de decisão para auxiliar na avaliação das ações empresariais a serem realizadas (ISHIZAKA; NEMERY, 2013). Os PVF podem ser considerados como grupos de variáveis, e dentro de cada um, conceitos da mesma natureza podem ser agrupados (SILVA *et al.*, 2016). Então, cada FPV pode agrupar sub níveis de variáveis, que podem ser medidos por meio de métricas como Key Performance Indicators (BAI; SARKIS, 2012). Schaefer, Siluk e Carvalho (2021) identificaram PVF relacionados aos desafios para a difusão da EC, e estruturaram um modelo de gestão para o desenvolvimento e maturação desses ambientes.

Os sub níveis de variáveis dos PVF podem ser compostos por FCS. Um FCS pode ser considerado o desempenho para realizar a missão, visão e objetivos, que uma organização, instituição, departamento ou projeto deve alcançar, podendo ser derivados de uma revisão da literatura e de documentos organizacionais (DONASTORG; RENUKAPPA; SURESH, 2020). Para os autores, os FCS fornecem um forte instrumento para medir as metas de desempenho. Muitas pesquisas em torno desses fatores são elaboradas, principalmente no que tange ao contexto energético, como a seguir: Maqbool e Sudong (2018) identificaram os FCS significativos para projetos de energia renovável, para as empresas de energia e os governos usarem, equilibrando questões de custos e benefícios ambientais; Rigo *et al.* (2019) por meio de FCS, discutiram se o sucesso da energia solar fotovoltaica em pequena escala é viável no Brasil.

4.4 MÉTODO

O método de pesquisa consiste em uma revisão sistemática da literatura (RSL), usado para fazer um levantamento dos fatores que interferem no processo de regulamentação de energia com foco na EC. Portanto, essa seção descreve o protocolo de RSL usado para a coleta desses fatores.

4.4.1 Revisão sistemática da literatura

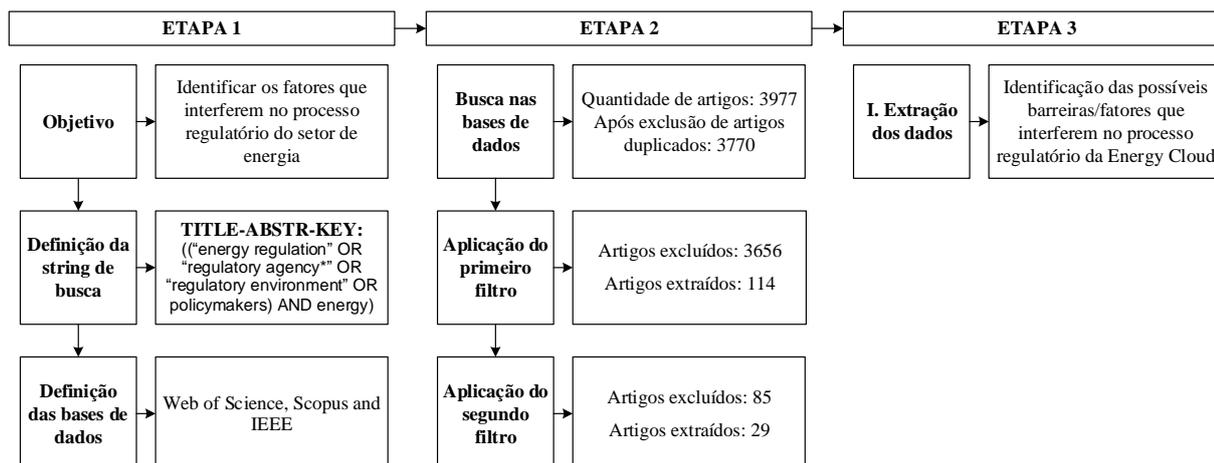
O objetivo dessa pesquisa foi fazer um levantamento dos fatores que interferem no processo de regulamentação de energia com foco em EC. Portanto, uma revisão sistemática da literatura (RSL) foi realizada conforme o recomendado por Dresch et al. (2015), com o objetivo de levantar os PVF e os FCS que interferem no processo em questão. A Tabela 10 compõe os filtros usados nas bases de dados Scopus, Web of Science e IEEE, no período de 2010 até o presente momento. Este período foi escolhido devido ao fato de que a regulamentação de energia está em constante mudança e, além disso, o conceito EC é recente.

Tabela 10 - Filtros de busca usados nas bases de dados

Filtro	Scopus	Web of Science	IEEE
Document type	Article or Review	Article or Review	Journal
Search in	Title, abstract or keywords	Topic	All Metadata
Subject areas	Energy; Engineering; Business; Management and Accounting; Computer Science	Engineering Multidisciplinary; Engineering Environmental; Engineering Electrical Electronic; Management; Construction Building Technology; Business; Law; Political Science; Computer Science Information Systems	Power Grids; Power Generation Control; Distributed Power Generation; Load Regulation; Renewable Energy Sources; Power Distribution Control; Smart Power Grids
Years	2010 – Present	2010 – Present	2010 – Present

A Figura 11 exibe o protocolo seguido nesse levantamento de dados.

Figura 11 - Protocolo da revisão sistemática da literatura



O objetivo dessa RSL foi “Identificar os fatores que interferem no processo regulatório do setor de energia”, então, foram definidas as palavras-chave para contemplar essa busca, sendo: “regulamentação energética”, “agência reguladora”, “ambiente regulatório”, “formulações de políticas” e “energia”, que resultou na seguinte string de pesquisa: (“energy regulation” OR “regulatory agency” OR “regulatory environment” OR policymakers) AND energy). A string não considerou a palavra “fatores” para não limitar o estudo a apenas artigos que trouxessem essa palavra no texto, e assim pudessem ser analisados aqueles sobre regulamentação de energia. Esta string foi submetida a diferentes bases de dados de artigos científicos para analisar quais as bases que abrangem os estudos na área. Com isso, definiu-se que Scopus, Web of Science e IEEE são as bases de dados mais adequadas para resgatar pesquisas sobre o assunto, visto que contemplam um grande número de artigos publicados.

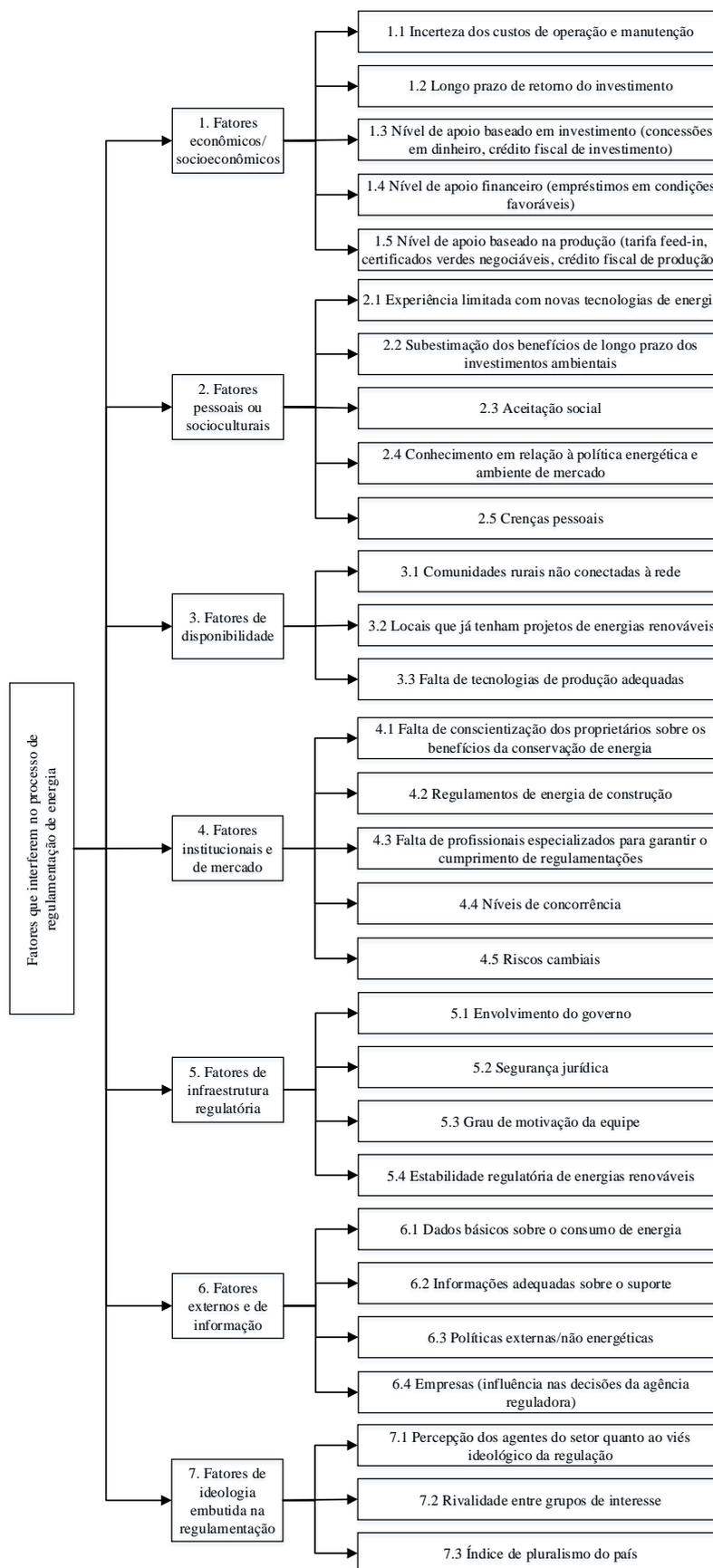
A primeira busca nas bases de dados resultou em 3977 artigos, que foram catalogados no gerenciador de referências bibliográficas Mendeley, que excluiu artigos duplicados, resultando em 3770 artigos. O primeiro filtro, que consiste nos critérios de inclusão e exclusão, aplicados na leitura do título, resumo e palavras-chave, foi realizado nos artigos. O critério de inclusão foi selecionar os artigos que continham as palavras-chave buscadas no título, resumo ou palavras-chave e o critério de exclusão foi excluir os artigos que não abrangessem os termos pesquisados. Então, a leitura do título, resumo e palavras-chave resultou em 114 artigos que realmente tratavam sobre regulamentação de energia. A próxima etapa foi a aplicação do segundo filtro, que consistiu na leitura completa dos artigos extraídos da etapa anterior. Aqui, foram selecionados apenas os artigos que trouxeram informações sobre os fatores ou barreiras que interferem no processo regulatório no setor de energia, resultando em 31 artigos. A última etapa do protocolo de RSL foi a extração dos dados, que nesse caso consistiu em levantar esses fatores por meio da leitura dos artigos selecionados. Esses fatores levantados estão classificados em PVF, representando o primeiro nível de fatores que interferem no processo regulatório de

energia, e cada um é composto por diferentes FCS, que foram agrupados conforme afinidade com o PVF do primeiro nível. A seção de resultados e discussão está organizada em subseções, sendo uma para cada PVF.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este subcapítulo apresenta e discute os resultados obtidos na revisão sistemática, onde foram selecionados 29 artigos para o estudo. Desses artigos selecionados, foram extraídos 7 PVF, considerados aqui como o agrupamento de FCS com características similares e que levam a um objetivo e desempenho em comum, e 29 FCS que interferem no processo regulatório de energia, sendo que esses fatores foram citados um total de 183 vezes entre os artigos. A Figura 12 mostra uma visão geral dos resultados obtidos, apresentando uma estrutura hierárquica de fatores, onde a primeira coluna contempla os PVF e a segunda os FCS. As subseções a seguir estão organizadas em PVF e apresentam e discutem detalhadamente cada um desses fatores.

Figura 12 - PVF e FCS que interferem no processo regulatório de energia



4.5.1 Fatores econômicos/socioeconômicos

O primeiro PVF elencado e mais citado foi o econômico ou socioeconômico, e dele se derivam outros cinco FCS. Esse PVF influencia diretamente no desenvolvimento de políticas públicas para favorecer a consolidação da EC, visto que a falta de apoio financeiro por parte do governo e políticas de subsídio em relação aos investimentos para a geração própria de energia afetam a adoção de EC. Nesse sentido, uma forte mudança nos esquemas de incentivos é necessária para aumentar o uso de energia renovável (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020).

Quanto ao FCS “1.1 Incerteza dos custos de operação e manutenção”, muitos usuários preferem o uso de energia solar fotovoltaica como uma alternativa às suas fontes de energia atuais, porém, se sentem limitados pelos custos de instalação e manutenção de energia solar fotovoltaica (OKWANYA et al., 2020). Para os autores, o uso de energia renovável aumentaria se os incentivos políticos cobrissem parte do custo de manutenção e instalação dos usuários de energia renovável. Aqui, podem haver custos contínuos de operação e manutenção associados a tecnologia de controle e automação que também devem ser considerados como entrave para a aquisição desse tipo de energia (CAPPERS *et al.*, 2013). O fator “1.2 Longo prazo de retorno do investimento” é citado por Cappers et al. (2013), Frate e Brannstrom (2017), Blazquez *et al.* (2018), Al-Sumaiti *et al.* (2019), entre outros autores, e sabe-se que o investimento em projetos de energia solar renovável é regido por políticas de incentivo (AL-SUMAITI et al., 2019).

Políticas de investimento local na área de recursos de energia verde é necessária, e por isso o fator “1.3 Nível de apoio baseado em investimento” engloba essa questão. O investimento em energia renovável contempla a categoria mais ampla de investimento em infraestrutura, isso porque estão relacionados às características dos projetos de infraestrutura, como alta exigência de capital inicial, longa vida útil dos ativos, demanda inelástica por serviços e prevalência de custos fixos (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020). Incentivos que ajudem a expandir os investimentos em projetos de energia renovável garantiria aos investidores lucros razoáveis no longo prazo, onde o governo daria um desconto para investimentos em projetos de energia limpa, e assim atendendo a demanda de eletricidade por meio de uma reforma da política governamental atual (AL-SUMAITI et al., 2019). Na Noruega, por exemplo, ao longo de 2018, foram feitas 837 instalações de energia solar em telhados por meio de um esquema nacional de apoio ao investimento para os custos de instalação em residências (JACKSON INDERBERG et al., 2020). Porém, segundo os autores, a população em geral mostrou pouco interesse em investir nessas instalações, e o prosuming permaneceu de interesse apenas para certos grupos que são motivados por outros fatores que não os econômicos. Visto que a base da EC é esse

compartilhamento de informações e dados de energia (GIORDANO, Andrea *et al.*, 2019) e dado o desinteresse para se tornar um prosumer, os custos de transação envolvidos nesse processo devem ser reduzidos, e ainda, todas as partes interessadas devem desenvolver competências para gerenciar seus próprios processos de transação energética.

O FCS “1.4 Nível de apoio financeiro” (AL-SUMAITI *et al.*, 2019), (BILICH; SPILLER; FINE, 2019), é uma das principais barreiras enfrentadas por países em desenvolvimento como resultado da falta de financiamento. Esses subsídios financeiros podem ser importantes para facilitar a introdução de novas tecnologias e permitir que famílias mais carentes se envolvam na implementação da regulamentação energética e investimentos em eficiência energética (IWARO; MWASHA, 2010). Por isso, são úteis em países em desenvolvimento onde as limitações financeiras constituem uma das principais barreiras para as práticas de regulamentação de energia (IWARO; MWASHA, 2010). No cenário do noroeste da Europa, por exemplo, a atratividade do mercado de energias renováveis já é muito alta e só poderia ser significativamente reforçada por um maior apoio financeiro (LÜTHI; PRÄSSLER, 2011). A falta de apoio financeiro também interfere no baixo número de prosumidade para a população em geral começar o prosuming (JACKSON INDERBERG *et al.*, 2020).

O baixo apoio financeiro pode estar atrelado a falta de interesse do governo devido ao forte lobby das grandes empresas, considerando que possa existir uma pressão de empresas do setor elétrico que possam ter queda no faturamento e conseqüentemente queda na arrecadação de impostos. Em contrapartida, no Brasil por exemplo, tem-se o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), com o objetivo de aumentar a participação de fontes alternativas renováveis na produção de energia elétrica, privilegiando empreendedores que não tenham vínculos societários com concessionárias de geração, transmissão ou distribuição (ANEEL, 2002). Além disso, também existem projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) sobre alternativas energéticas conduzidos por universidades ou empresas de energia, a partir dos investimentos regulatórios. Trazendo esse FCS para o contexto da EC, uma parcela de apoio financeiro poderia ser destinada à propagação de conhecimento para compreender a grande quantidade de informações e tecnologias que a EC irá abordar. Além disso, subsídios já existentes poderiam ser transferidos para a aquisição das tecnologias de EC, como medidores inteligentes, sensores, equipamentos de processamento computacional, entre outros.

O FCS “1.5 Nível de apoio baseado na produção”, contempla as tarifas feed-in, os certificados verdes negociáveis, e crédito fiscal de produção (AL-SUMAITI *et al.*, 2019). Aqui, entram as questões de bonificação para a adoção de fontes de energia limpa. Os governos locais

precisam desenvolver políticas climáticas e regulamentação das emissões de gases de efeito estufa, aumentando seu papel no controle sobre fontes alternativas de produção de energia (ARMSTRONG, 2019). Nos Estados Unidos, o apoio baseado na produção é um instrumento amplamente utilizado (LÜTHI; PRÄSSLER, 2011). A implementação de mecanismos de incentivo pode estimular o investimento em energias renováveis. Esses incentivos, como tarifas feed-in, impostos de carbono, instrumentos de base quantitativa (como padrões de portfólio renovável), certificados de energia renovável negociáveis (RECs), esquemas de limite e comércio (CaT) e políticas baseadas em leilões ou licitações, são importantes para acelerar o crescimento de tecnologias emergentes (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020).

Portanto, regulamentações que tenham como base o foco em fatores econômicos e socioeconômicos são de extrema importância para a propagação da EC, visto que será um modelo de gestão de energia que envolverá grande quantidade de tecnologia de informação e computação.

4.5.2 Fatores pessoais ou socioculturais

O nível de consciência da população também interfere no uso de energias renováveis (OKWANYA et al., 2020). Sobre “2.1 Experiência limitada com novas tecnologias de energia”, sabe-se que políticas com foco em impulsionar tecnologias, como P&D financiado pelo governo, são implantadas para aumentar a oferta, onde a inovação é fundamental para fornecer e tornar as tecnologias existentes mais comercializáveis, uma vez que muitas vezes não podem competir no mercado sem apoio político (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020). Para a questão regulatória da EC, é necessário que haja primeiro uma disseminação ampla do conhecimento acerca do tema, onde agentes de mercado que tem interesse no desenvolvimento podem auxiliar. Ainda, considerando que cada vez mais a geração de energia está ficando próxima do consumidor, políticas que garantam ou colaborem no acesso às tecnologias que a EC contempla, possuem grande importância, dada a falta de conhecimento acerca do tema e alto custo de acesso a esses artifícios.

Sobre o FCS “2.2 Subestimação dos benefícios de longo prazo dos investimentos ambientais”, sabe-se que existe uma distância entre a maioria dos consumidores quanto ao acesso à contratos de energia oriundo de fontes renováveis, onde muitas vezes não se tem o conhecimento sobre a fonte da energia que consomem. Isso sugere que os formuladores de políticas sejam estratégicos na adoção e difusão de políticas para maximizar a participação da população, porém em muitos casos, pode ser impossível promulgar uma regulamentação

em todo o estado ou país devido a restrições políticas ou porque a maioria da população não a apoiaria (ARMSTRONG, 2019). O impacto negativo direto que estas condições propiciam é o retardamento da implementação da EC, por isso que políticas com foco na propagação do real benefício ambiental e financeiro a longo prazo devem ser formuladas e postas em prática.

O fator “2.3 Aceitação social” trata sobre o conformismo dos usuários de energia sobre as formas de consumo atual. A informação sobre novas tecnologias de energia é acessível à grande parte da população, mas falta uma compreensão ainda maior sobre seus benefícios. A aceitação social desempenha um papel importante (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020) no processo de formulação de regulamentações. Isso porque barreiras socio-culturais podem surgir da atenção inadequada à questão das mudanças climáticas ou das consequências sociais de alguns projetos (SEN; GANGULY, 2017), o que leva a falta de compreensão dos impactos positivos que essas mudanças poderiam trazer.

Populações mais educadas, com níveis de renda mais altos, são mais propícias a adotar políticas climáticas (ARMSTRONG, 2019). Por isso, o FCS “2.4 Conhecimento em relação à política energética” é uma barreira para a propagação da EC, tendo em vista que para a sua adoção prática, políticas energéticas com foco em questões climáticas precisam ser alteradas ou implantadas. Por isso, existe a necessidade de aprimorar a comunicação com a sociedade, principalmente com a população menos esclarecidas ou mais carentes, de forma que as pessoas possam compreender melhor os benefícios da EC. O FCS “2.5 Crenças pessoais”, pode fornecer informações importantes sobre a escolha do instrumento de política, sendo um fator que molda o processo político (KAMMERMANN; ANGST, 2021). Parsad, Mittal e Krishnankutty (2020) definem a crença pessoal como barreira para a aquisição de energias renováveis e apontam por exemplo a crença estética de que os painéis solares podem causar uma aparência feia nas residências. Por isso, instituições sociais e políticas podem atuar como facilitadores nesse caminho.

As pessoas têm aversão a mudanças, mas ao mesmo tempo a EC vem sendo uma demanda futura, tendo em vista a maior participação dos consumidores no mercado energético de forma independente. Por isso, sem divulgação e capacitação da sociedade para aceitar as novas tecnologias e formas de relacionamento com empresas de energia, pode haver resistências às alterações por parte dos consumidores. Por isso, os fatores pessoais ou socio-culturais são um entrave para a propagação de regulamentações que estimulem a transição de usuários para a EC, pois visto que sem o correto entendimento sobre uso e vantagens desse modelo de gestão, os consumidores em geral não irão vislumbrar os benefícios.

4.5.3 Fatores de disponibilidade

Questões como dificuldade de conexão à rede, locais que já tenham projetos de energia renováveis e falta de tecnologias adequadas, são FCS que entram no PVF “Disponibilidade”. A política de incentivos atual dos governos limita a resposta do setor rural para a mudança da energia tradicional para fontes de energia modernas e limpas, visto que muitos moradores rurais preferem o uso de fontes de energia tradicionais, como lenha, devido à confiabilidade do fornecimento (OKWANYA et al., 2020). Esse fraco patrocínio da tecnologia de energias renováveis entre a maioria das comunidades rurais pode ser explicado pela falta de pessoal qualificado e pelo custo de manutenção, devido ao baixo nível de pessoas que vivem nessas áreas (OKWANYA et al., 2020). Nesse contexto, o FCS “3.1 Comunidades rurais não conectadas à rede” interfere no processo de criação de políticas públicas de energia, visto que a falta de conexão à rede de transmissão e/ou distribuição dessas áreas, inviabiliza o consumo de energias renováveis que na maioria das vezes estão em localidades distantes do centro de carga. Além disso, os estudos sobre a resposta aos incentivos políticos nas áreas rurais são escassos (OKWANYA et al., 2020).

Quanto ao FCS “3.2 Locais que já tenham projetos de energias renováveis”, sabe-se que a falta de infraestrutura básica e de competências locais pode atrasar os investimentos na área (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020). As políticas devem ser adequadas para regulamentar a necessidade de financiamento de novos projetos de uso de energias renováveis e expandir os projetos existentes (AL-SUMAITI et al., 2019). Esse fator é barreira para a criação de políticas energéticas, visto que a rede elétrica possui uma dada distância e com isso possui limitações, por isso o próximo FCS elencado, o “3.3 Falta de tecnologias de produção adequadas”, aparece como outra principal barreira. O custo dessas tecnologias é o principal desafio, e tem dificultado a utilização da regulamentação energética de edifícios por exemplo, pois o nível técnico da maioria dos países em desenvolvimento fica atrás de alguns países desenvolvidos, forçando os desenvolvedores a importar equipamentos e novas tecnologias do exterior a um custo mais alto (IWARO; MWASHA, 2010). Essa falta de tecnologias demanda investimentos, porém, a realidade de muitos países é a de que falta o básico, como saneamento e educação. Por isso, a criação de políticas que contribuem para a difusão de EC é dificultada, dado o viés tecnológico desse modelo de gestão energético onde o principal desafio para a interconexão tecnológica são as diferenças culturais e econômicas entre regiões.

4.5.4 Fatores institucionais e de mercado

A “4.1 Falta de conscientização dos proprietários sobre os benefícios da conservação de energia” e a “4.3 Falta de profissionais especializados para garantir o cumprimento de regulamentações” são dois fatores que afetam a criação de políticas de energias renováveis, bem como a propagação das já existentes, visto que a falta de conscientização sobre o uso de ER e a falta de profissionais inviabilizam qualquer política pública. Se as comunidades não estiverem envolvidas e informadas sobre os possíveis benefícios que as ER podem promover, então será dada pouca importância aos benefícios de sustentabilidade socioambiental (FRATE; BRANNSTROM, 2017). Okwanya et al. (2020) observaram que o alto custo da tecnologia renovável não é o único fator que inibe a implantação de um projeto de ER, sendo que mais convincente é a falta de pessoal qualificado para colocar essa questão em prática. Além disso, existe um fraco patrocínio de tecnologia em comunidades de baixa população (OKWANYA et al., 2020), e por isso maior atenção regulatória deve ser dada a essa amostra de consumidores de energia.

O setor de construção também interfere na criação de políticas energéticas e a elaboração de regulamentações com foco em eficiência energética para edifícios deve ser considerada. O FCS “4.2 Regulamentos de energia de construção”, aborda esse tema. Para desenvolver um regulamento de energia de construção, incentivos como redução de impostos, concessão de área bruta e certificado de mérito, podem ser oferecidos pelo governo para promover o regulamento de construção com eficiência energética recém-lançado (CHAN, 2019). Os formuladores de políticas são aconselhados a incorporar uma fase de avaliação do desenvolvimento da regulamentação de energia de edifícios, e assim é possível examinar a eficácia ambiental dos requisitos regulamentares em projetos de edifícios com eficiência energética (CHAN, 2019).

Quanto ao FCS “4.4 Níveis de concorrência”, sabe-se que um mercado energético amplo e concorrente irá acarretar no aumento da demanda, na alta competência e expectativas do consumidor, na maior homogeneidade de ofertas de produtos, na alta transparência de mercado, na ausência de barreiras comerciais, entre outros. Com isso, o aumento do número de empresas, como instaladores, intermediários, e produtores, leva à descentralização de empresas e ao aumento da concorrência. (STRUPEIT, 2017), o que é benéfico para promover o desenvolvimento tecnológico e a propagação de ER e conseqüentemente de EC.

“4.5 Riscos cambiais” é outro fator que afeta a criação de políticas energéticas (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020). Medidas regulatórias relacionadas a abolição

das taxas de troca, estimulam a concorrência no mercado de varejo, tendo em vista que muitos equipamentos de energia são importados e essa medida estimula a aquisição dos mesmos (NEPAL; MENEZES; JAMASB, 2014). Os riscos cambiais impactam negativamente qualquer desenvolvimento tecnológico quando a moeda nacional perde valor e os produtos importados ficam mais caros. Isso inviabiliza o desenvolvimento de políticas públicas e por isso, medidas regulatórias capazes de identificar, padronizar e gerenciar esses riscos precisam ser identificados e considerados na formulação de regulamentações energéticas. A isenção ou redução dos impostos de importação de equipamentos de instalação e manutenção de energias renováveis bem como dispositivos de acompanhamento de consumo, é um passo para o maior acesso à essas tecnologias em grande parte importadas.

4.5.5 Fatores de infraestrutura regulatória

A própria infraestrutura regulatória pode ser uma barreira para a formulação de políticas energéticas, e por isso foi elencada como um PVF, sendo composto por quatro FCS. O primeiro fator é o “5.1 Envolvimento do governo”. O governo possui um claro papel a desempenhar nesse processo, como a redução de encargos burocráticos e a regulamentação de direitos e obrigações, porém, parte desse trabalho também poderia ser realizada por outros players e partes interessadas (JACKSON INDERBERG et al., 2020). Muitos dos governos locais estão usando dinheiro associado à compra e venda de energia para implementar e expandir uma variedade de programas de eficiência energética, desenvolvimento de energia renovável, eletrificação e programas relacionados a emissões em suas comunidades (ARMSTRONG, 2019). O envolvimento do governo no processo regulatório pode ser vantajoso por favorecer o interesse público, ser neutro e transparente nas decisões, mas em contrapartida, existe a morosidade no processo, e ainda a possibilidade do governo se auto beneficiar durante as decisões desse processo, seja por lobby de empresas ou interesses individuais. Por isso, interessante seria se a responsabilidade fosse compartilhada entre público e privado, onde o governo poderia desempenhar um papel de supervisão e houvesse uma agência reguladora com atuação independente de mudanças de governo. De qualquer forma, o processo de regulamentação precisa considerar o equilíbrio das relações entre os investidores e usuários de energia.

“5.2 Segurança jurídica” é outro fator que interfere no desenvolvimento de políticas de energia, uma vez que gera confiança na execução de contratos e previsibilidade de decisões legais. A segurança jurídica inclui estabilidade jurídica geral, histórico de um país

quanto à conduta legal, níveis de corrupção, exequibilidade de contratos e confiabilidade dos parceiros de negócios (LÜTHI; PRÄSSLER, 2011). A falta de segurança jurídica faz com que todo investimento seja de alto risco, o que diminui o interesse atrativo de investidores nacionais e estrangeiros, causa incertezas, inibe o funcionamento do mercado, atrasa recebimentos e pagamentos dos agentes que atuam no mercado de energia elétrica. Esses fatores, reduzem os investimentos no setor de energia e conseqüentemente gera atraso na criação de políticas para a EC.

O grau de motivação de toda a equipe e da área regulatória em particular é outro fator que pode interferir durante tomadas de decisões para a regulamentação energética (PEREIRA BASTOS; DE MACEDO-SOARES, 2011), e por isso, o FCS “5.3 Grau de motivação da equipe” foi elencado. Por isso, sistemas de medição de desempenho, mapeamento das competências da equipe como um todo, competências regulatórias dinâmicas para internalizar as mudanças e demandas do ambiente legal e regulatório, podem ser medidas de incentivo para a equipe (PEREIRA BASTOS; DE MACEDO-SOARES, 2011). É necessário que haja interesse por todas as partes envolvidas nesse processo, como investidores, órgãos regulatórios e consumidores, e ainda, uma agência de verificação para rastrear e auditar os departamentos de regulamentação de energia durante esse processo de desenvolvimento de políticas, incluindo também a participação pública.

A “5.4 Estabilidade regulatória de energias renováveis” também é um fator que interfere no processo regulatório de energia (ARMSTRONG, 2019). A inserção de smartgrids em um modelo energético já consolidado, apresenta desafios regulatórios, tendo em vista a existência de regulamentações defasadas em termos de ER. Por isso, esforços devem ser feitos para superar os desafios regulatórios e abordar as deficiências técnicas, visto que existe a necessidade de automação e implantação de sistemas de comunicação de dados (MARTINS; FERNANDES; HELDWEIN, 2020).

4.5.6 Fatores externos e de informação

Também existem fatores externos à regulamentação que interferem no processo regulatório de energia, e dentre eles, a revisão sistemática elencou quatro FCS. O primeiro, “6.1 Dados básicos sobre o consumo de energia”, diz respeito às informações referentes a dados por exemplo de consumo e previsões para um correto dimensionamento energético. Em muitos países em desenvolvimento, faltam dados básicos sobre o consumo de energia. Isso é um problema pois os instrumentos de política requerem o conhecimento do consumo

de energia para medir o sucesso das regulamentações (IWARO; MWASHA, 2010). Os dados e previsões de aquisição de energia servem para avaliar os efeitos da política em termos de energia renovável, mostrando a energia necessária para atender às demandas de eletricidade dos usuários cada ano, além da quantidade de energia renovável disponível (ARMSTRONG, 2019). Essas informações de consumo e de produção precisam existir e ser de conhecimento das agências reguladoras para que possam estabelecer estratégias de sustentabilidade econômica da energia como um todo.

Os sistemas de energia não são apenas impactados por políticas focadas na energia, mas são moldados por uma ampla gama de outras políticas, sendo afetados por uma ampla gama de políticas provenientes de outros setores (COX; ROYSTON; SELBY, 2019). Como exemplos de políticas externas que possuem influência nas políticas energéticas podem ser citadas as tecnologias da internet, como as tecnologias da informação e comunicação (TICs) que são impulsionadoras do aumento da demanda de eletricidade, também o aumento da carga de eletricidade de computadores, principalmente para resfriamento de servidores e em horários de pico de uso das TICs (COX; ROYSTON; SELBY, 2019). Aqui também os FCS “6.2 Informações adequadas sobre o suporte” e “6.3 Políticas externas não energéticas”. Essas barreiras informacionais são fatores importantes que podem tornar os projetos de ER mais caros ou até inviáveis economicamente (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020).

Outro fator externo de forte influência nas decisões regulatórias energéticas são as empresas, por isso, foi elencado o FCS “6.4 Empresas (influência nas decisões da agência reguladora)” (PEREIRA BASTOS; DE MACEDO-SOARES, 2011). A cadeia energética possui ampla gama de interações com vários grupos de interesse, como empresas, consumidores, autoridades e outras organizações. Os formuladores de políticas precisam considerar a importância de empresas interessadas nesse processo, visto que esse fator interfere na propagação de energias renováveis e conseqüentemente na interconexão de usuários (STRUPEIT, 2017), que é a base da EC.

No caso da regulamentação de EC, os regulamentos não estarão focados apenas em geração, transmissão e distribuição, mas sim em todas as camadas que esse modelo de gestão energética comporta, como infraestrutura no geral, redes de comunicação para transmissão de dados a longa distância, corretora para compra e venda, segurança e privacidade de dados, processamento e armazenamento de dados e serviços de plataforma para interação com consumidores. Por isso, a EC terá forte influência de políticas de outros setores e não somente daquelas focadas em energia, onde a questão será como integrar todas essas políticas de modo a conversarem entre si e suportar o modelo de EC.

4.5.7 Fatores de ideologia embutida na regulamentação

Fatores ideológicos também estão presentes na regulamentação de energia. Aqui, três FCS foram elencados, sendo: “7.1 Percepção dos agentes do setor quanto ao viés ideológico da regulação”, “7.2 Rivalidade entre grupos de interesse” e “7.3 Índice de pluralismo do país” (PEREIRA BASTOS; DE MACEDO-SOARES, 2011). Por exemplo, uma orientação ideológica de um governo mais liberal, aumenta a probabilidade de tal adoção de políticas, fatores ideológicos também predizem quais governos são mais propensos a adotar políticas de mudança climática (ARMSTRONG, 2019).

A rivalidade entre grupos de interesse afeta o processo regulatório pois a diferença de interesses econômicos por exemplo, pode afetar a tomada de decisões desse processo. Além disso, pode haver pressão para que aspectos regulatórios sejam estabelecidos de acordo com determinadas tecnologias de determinadas empresas. Por isso, a autonomia das agências regulatórias se faz necessária, visto que assim não beneficia um setor do mercado de energia em específico.

4.6 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS PARA FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS E REGULACIONES

Com base nas discussões das seções anteriores, esse artigo traz uma série de implicações práticas que contribuem na formulação de políticas e regulações de energia, principalmente no tange à aspectos relacionados à EC. Assim, algumas estratégias que podem ser sugeridas são:

- A estrutura apresentada na Figura 12 com a definição dos 7 PVF e sua subdivisão em FCS visa auxiliar os *policymakers* a direcionar esforços, concentrando e categorizando os fatores conforme o escopo dos impactos desejados.
- A partir dos achados da revisão sistemática percebe-se claras carências relacionadas à infraestrutura regulatória direcionada ao desenvolvimento e implementação da EC. Mesmo existindo uma evolução tecnológica que esteja apontando claramente para uma gestão de energia em ambiente de nuvem, pouco se discute sobre incrementar a robustez regulatória prevendo esta evolução e dizendo como estas novas tecnologias serão incorporadas para auxiliar na gestão dos sistemas de energia.
- A maior concentração de fatores econômicos e socioeconômicos e de fatores institucionais e de mercado sugerem que a adoção de práticas de governança empresarial com foco nesses fatores pode ser um dos principais pontos de equilíbrio do desenvolvimento de ambientes de gestão de energia em nuvem.

- A pesquisa também sugere que os fatores pessoais ou socioculturais necessitam de uma abordagem prática contundente, que possa reverter os quadros atuais e agregar conhecimento melhorando a aceitação social quanto à utilização de novas práticas relacionadas à energia, visando o bem-estar da população no futuro.
- O ponto anterior somado aos fatores ideológicos exerce significativo impacto na formulação de políticas relacionadas à gestão de energia. Assim, pode-se sugerir a adoção de práticas de formulação de políticas e regulações que evoluam automaticamente em um sistema de gatilhos ao longo do tempo e que este sistema de gatilhos seja construído tecnicamente por agências independentes com base em padrões internacionais. Desta forma, sempre que determinado marco tecnológico, de consumo ou geração de energia ou até de cunho social seja atingido, pode haver uma passagem de nível dos requisitos regulatórios do setor.

4.7 CONCLUSÕES

O ambiente regulatório de energia é composto por fatores que interferem neste processo de forma positiva ou negativa. Entender o que são esses fatores e como a tomada de decisão é influenciada durante esse processo é o início da identificação de lacunas e melhorias para satisfazer todas as partes interessadas na cadeia de energia. Além disso, identificar e compreender esses fatores contribui para a propagação de um ambiente regulatório para a EC. Portanto, o objetivo deste artigo foi apresentar e discutir, por meio de uma revisão sistemática da literatura, os fatores que interferem no processo de regulamentação energética com ênfase na EC. Tendo em vista este objetivo, o RSL possibilitou elencar esses fatores e relacioná-los com o contexto da EC, verificando como interferem no processo de regulamentação energética e como esses fatores podem ser melhorados.

Ao considerar as opiniões de diferentes pesquisadores, este artigo demonstra várias contribuições práticas ao descrever os fatores listados e pode ajudar os reguladores de energia no caminho para a reforma política com ênfase na EC. Além disso, este estudo contribuirá para o desenvolvimento de pesquisas futuras, deixando como sugestão a análise das relações entre os fatores através de um modelo matemático, verificando assim quais pontos devem ser atacados primeiro em uma reforma da política energética, atentando para os fatores mais influentes neste processo.

4.8 REFERÊNCIAS

- ANEEL, 2002. LEI Nº 10.438, DE 26 DE ABRIL DE 2002. **Agência Nac. Energ. Elétrica**. URL: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110438.htm
- AL-SUMAITI, A S *et al.* A Guided Procedure for Governance Institutions to Regulate Funding Requirements of Solar PV Projects. **IEEE Access**, [s. l.], v. 7, p. 54203–54217, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2912274>
- ARMSTRONG, J H. Modeling effective local government climate policies that exceed state targets. **Energy Policy**, [s. l.], v. 132, p. 15–26, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.05.018>
- BAI, Chunguang; SARKIS, Joseph. Supply-chain performance-measurement system management using neighbourhood rough sets. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 50, n. 9, p. 2484–2500, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.581010>
- BEN ABDELJAWED, Hamza; AMRAOUI, Lilia El. Prospects for synergies between low-voltage DC microgrid technology and peer-to-peer energy trading markets. **Sustainable Production and Consumption**, [s. l.], v. 28, p. 1286–1296, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2021.07.029>
- BENTO, N; BORELLO, M; GIANFRATE, G. Market-pull policies to promote renewable energy: A quantitative assessment of tendering implementation. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 248, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119209>
- BLAZQUEZ, J *et al.* The renewable energy policy Paradox. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 82, p. 1–5, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.002>
- CAPPERS, P *et al.* An assessment of market and policy barriers for demand response providing ancillary services in U.S. electricity markets. **Energy Policy**, [s. l.], v. 62, p. 1031–1039, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.08.003>
- CARVALHO, Patrícia Stefan *et al.* Proposal for a new layer for energy cloud management: The regulatory layer. **International Journal of Energy Research**, [s. l.], p. er.6507, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/er.6507>
- CHAN, L S. Investigating the environmental effectiveness of Overall Thermal Transfer Value code and its implication to energy regulation development. **Energy Policy**, [s. l.], v. 130, p. 172–180, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.04.004>
- COX, E; ROYSTON, S; SELBY, J. From exports to exercise: How non-energy policies affect energy systems. **Energy Research and Social Science**, [s. l.], v. 55, p. 179–188, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.05.016>
- DE CARVALHO, P.S. *et al.* Proposal for a new layer for energy cloud management: The regulatory layer. **International Journal of Energy Research**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/er.6507>
- DE CARVALHO, Patricia Stefan; NORA, Macklini Dalla; DA ROSA, Leandro Cantorski. Development of an acoustic absorbing material based on sunflower residue following the cleaner production techniques. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 270, p. 122478, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122478>
- DONASTORG, Angelines; RENUKAPPA, Suresh; SURESH, Subashini. Evaluating critical success factors for implementing renewable energy strategies in the Dominican Republic. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 149, p. 329–335, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.053>
- FRATE, C A; BRANNSTROM, C. Stakeholder subjectivities regarding barriers and drivers to the introduction of utility-scale solar photovoltaic power in Brazil. **Energy Policy**,

- [s. l.], v. 111, p. 346–352, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.09.048>
- GIORDANO, A. *et al.* An energy community implementation: The unical energy cloud. **Electronics (Switzerland)**, [s. l.], v. 8, n. 12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/electronics8121517>
- GIORDANO, Andrea *et al.* An energy community implementation: The unical energy cloud. **Electronics (Switzerland)**, [s. l.], v. 8, n. 12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/electronics8121517>
- GOVINDARAJAN, R.; MEIKANDASIVAM, S.; VIJAYAKUMAR, D. Cloud computing based smart energy monitoring system. **International Journal of Scientific and Technology Research**, [s. l.], v. 8, n. 10, p. 886–890, 2019.
- HE, Y *et al.* A regulatory policy to promote renewable energy consumption in China: Review and future evolutionary path. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 89, p. 695–705, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.12.047>
- ISHIZAKA, Alessio; NEMERY, Philippe. **Multi-criteria Decision Analysis: Methods and Software**. [S. l.: s. n.], 2013. *E-book*.
- IWARO, Joseph; MWASHA, Abraham. A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries. **Energy Policy**, [s. l.], v. 38, n. 12, p. 7744–7755, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.027>
- JACKSON INDERBERG, T H *et al.* The dynamics of solar prosuming: Exploring interconnections between actor groups in Norway. **Energy Research and Social Science**, [s. l.], v. 70, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101816>
- KAMMERMANN, Lorenz; ANGST, Mario. The Effect of Beliefs on Policy Instrument Preferences: The Case of Swiss Renewable Energy Policy. **Policy Studies Journal**, [s. l.], v. 49, n. 3, p. 757–784, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/PSJ.12393>. Acesso em: 9 set. 2021.
- KULKARNI, N.; LALITHA, S.V.N.L.; DEOKAR, S.A. Real time control and monitoring of grid power systems using cloud computing. **International Journal of Electrical and Computer Engineering**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 941–949, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.11591/ijece.v9i2.pp.941-949>
- LAWRENCE, Akvile *et al.* Drivers, barriers and success factors for energy management in the Swedish pulp and paper industry. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 223, p. 67–82, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.143>
- LI, Hongwei *et al.* Enabling Fine-grained Access Control with Efficient Attribute Revocation and Policy Updating in Smart Grid. **KSII TRANSACTIONS ON INTERNET AND INFORMATION SYSTEMS**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 1404–1423, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3837/tiis.2015.04.008>
- LI, Hongzhi; HAN, Dezhi; TANG, Mingdong. A Privacy-Preserving Charging Scheme for Electric Vehicles Using Blockchain and Fog Computing. **IEEE Systems Journal**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 3189–3200, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/JSYST.2020.3009447>
- LI, Shenglin *et al.* Electricity scheduling optimisation based on energy cloud for residential microgrids. **IET Renewable Power Generation**, [s. l.], v. 13, n. 7, p. 1105–1114, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2018.5715>
- LÜTHI, S; PRÄSSLER, T. Analyzing policy support instruments and regulatory risk factors for wind energy deployment-A developers' perspective. **Energy Policy**, [s. l.], v. 39, n. 9, p. 4876–4892, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.029>
- MA, Youjie *et al.* Summary of cloud computing technology in smart grid. *In:* , 2018. **Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, ICMA 2018**. [S. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. p. 253–258. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICMA.2018.8484418>
- MAQBOOL, Rashid; SUDONG, Ye. Critical success factors for renewable energy

projects; empirical evidence from Pakistan. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 195, p. 991–1002, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.274>

MARTINS, M A I; FERNANDES, R; HELDWEIN, M L. Proposals for Regulatory Framework Modifications for Microgrid Insertion–The Brazil Use Case. **IEEE Access**, [s. l.], v. 8, p. 94852–94870, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2991961>

MORAES, Jaqueline de *et al.* Algorithm applied: attracting MSEs to business associations. **Journal of Business and Industrial Marketing**, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JBIM-09-2018-0269>

NEPAL, R; MENEZES, F; JAMASB, T. Network regulation and regulatory institutional reform: Revisiting the case of Australia. **Energy Policy**, [s. l.], v. 73, p. 259–268, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.05.037>

OKWANYA, Innocent *et al.* Evaluating renewable energy choices among rural communities in Nigeria. An insight for energy policy. **International Journal of Energy Sector Management**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 157–172, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJESM-12-2019-0001>

OSORIO-ARAVENA, Juan Carlos *et al.* The role of solar PV, wind energy, and storage technologies in the transition toward a fully sustainable energy system in Chile by 2050 across power, heat, transport and desalination sectors. **International Journal of Sustainable Energy Planning and Management**, [s. l.], v. 25, p. 77–94, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5278/ijsepm.3385>

PARSAD, Chandan; MITTAL, Shashank; KRISHNANKUTTY, Raveesh. A study on the factors affecting household solar adoption in Kerala, India. **International Journal of Productivity and Performance Management**, [s. l.], v. 69, n. 8, p. 1695–1720, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJPPM-11-2019-0544>

PEREIRA BASTOS, S A; DE MACEDO-SOARES, T.D.L.A. Framework for the analysis of corporate political strategies pertinent to regulation: A relational perspective. **Corporate Ownership and Control**, [s. l.], v. 8, n. 4 F, p. 487–498, 2011.

RADENKOVIĆ, Miloš *et al.* Assessing consumer readiness for participation in IoT-based demand response business models. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 150, p. 119715, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119715>

RENUGADEVI, N.; SARAVANAN, S.; NAGA SUDHA, C.M. IoT based smart energy grid for sustainable cities. **Materials Today: Proceedings**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.02.270>

RIGO, Paula D. *et al.* Is the success of small-scale photovoltaic solar energy generation achievable in Brazil? **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 240, p. 118243, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118243>

SCHAEFER, J.L. *et al.* Management challenges and opportunities for energy cloud development and diffusion. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 15, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en13164048>

SCHAEFER, Jones Luís *et al.* Management Challenges and Opportunities for Energy Cloud Development and Diffusion. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 16, p. 4048, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en13164048>. Acesso em: 23 set. 2020.

SCHAEFER, Jones Luís; SILUK, Julio Cezar Mairesse. An algorithm-based approach to map the global players' network for photovoltaic energy businesses. **International Journal of Sustainable Energy Planning and Management**, [s. l.], v. 30, p. 2021–2064, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5278/ijsepm.5889>

SCHAEFER, Jones Luís; SILUK, Julio Cezar Mairesse; CARVALHO, Patrícia Stefan de. An MCDM-based approach to evaluate the performance objectives for strategic management and development of Energy Cloud. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 320, p. 128853, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.128853>.

Acesso em: 7 set. 2021.

SEN, Souvik; GANGULY, Sourav. Opportunities, barriers and issues with renewable energy development – A discussion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 69, p. 1170–1181, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2016.09.137>

SILVA, M. Z. da *et al.* Performance Evaluation of Technology Park Implementation Phase through Multicriteria Methodology for Constructivist Decision Aid (MCDA-C). **Modern Economy**, [s. l.], v. 7, p. 1687–1705, 2016.

SIVAPRAGASH, C.; THILAGA, S. R.; SURESH KUMAR, S. Advanced cloud computing in smart power grid. *In:* , 2012. **IET Conference Publications**. [S. l.: s. n.], 2012. p. 356–361. Disponível em: <https://doi.org/10.1049/cp.2012.2238>

STRUPEIT, Lars. **An innovation system perspective on the drivers of soft cost reduction for photovoltaic deployment: The case of Germany**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.011>

SURESH KUMAR, S; SIVAPRAGASH, C. Time orient traffic estimation approach to improve performance of smart grids. **Journal of Computational and Theoretical Nanoscience**, [s. l.], v. 13, n. 8, p. 5037–5045, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1166/jctn.2016.5380>

TALAAT, M. *et al.* **Hybrid-cloud-based data processing for power system monitoring in smart grids**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102049>

WANG, Yuanping *et al.* Smart solutions shape for sustainable low-carbon future: A review on smart cities and industrial parks in China. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 144, p. 103–117, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.04.014>

5 ARTIGO 4 – DIAGNÓSTICO DO CENÁRIO REGULATÓRIO DE ENERGIA COM ÊNFASE EM SMART ENERGY

Resumo: O sistema de gestão de energia evoluiu para um ambiente digitalizado e autônomo, onde o consumidor pode gerenciar por meio de ambientes virtuais sua própria geração, consumo e armazenamento. A Smart Energy (SE) compreende essa gestão de energia descentralizada por dinamizar e auxiliar nessa questão, contudo, existe a necessidade de regulamentar esse cenário. Tendo em vista que o setor de energia elétrica possui uma regulamentação sólida, esforços precisam ser concentrados para adaptá-la para um modelo que enfatize a SE e tudo que a mesma propõe. Portanto, o objetivo desse artigo é propor um diagnóstico do cenário regulatório de energia atual direcionado para a SE. Por meio de um grupo focal, especialistas do setor de energia contribuíram com opiniões acerca do assunto para a construção de uma Árvore da Realidade Atual (ARA), que teve o objetivo de identificar as causas básicas que afetam e limitam o cenário de regulamentação de energia voltada a SE. Foi analisada a situação atual desse cenário e o que pode ser alterado. 38 ações que contribuem para o desenvolvimento e propagação da SE foram sugeridas. Essas ações são caminhos norteadores para regulamentar e capacitar o ambiente regulatório para suportar a inserção de tecnologias relacionadas ao tema. Os resultados levantados fornecem um guia para a formulação de políticas e estabelecimento de metas, sendo útil para pesquisadores, governos formuladores de políticas e demais instituições interessadas.

Palavras-chave: Smart Energy. Energy Cloud. Regulamentação de energia. Árvore da Realidade Atual (ARA).

5.1 INTRODUÇÃO

A produção insuficiente de energia ocasiona cortes enquanto que a superprodução gera gastos desnecessários, acarretando em problemas ambientais (KIM; CHO, 2021), e esses problemas da crise energética e da poluição ambiental são cada vez mais graves (QUAN *et al.*, 2021). Sistemas inteligentes de gestão de energia fazem o uso eficiente de energia e são uma alternativa a esses problemas. Por isso, a *smart grid* em conjunto com a internet, proporciona uma fusão profunda da produção, mercado, consumo e transmissão de energia (RENUGADEVI; SARAVANAN; NAGA SUDHA, 2021), e torna-se necessária a adoção de novas tecnologias computacionais para gerir esse mercado cada vez mais dinâmico

(SCHAEFER; SILUK; CARVALHO, 2021).

O sistema de gerenciamento de energia baseado na nuvem, alia a *smart grid* aos conceitos da *Cloud Computing* (CC), que serve para armazenar, monitorar e controlar dados remotamente (KULKARNI; LALITHA; DEOKAR, 2019). Esse sistema possui diferentes terminologias. Alguns autores conceituam-no como Energy Cloud (GIORDANO *et al.*, 2019) (STEFAN DE CARVALHO *et al.*, 2022), outros como Internet of Energy (FANG *et al.*, 2020) (ZHANG *et al.*, 2022), também pode ser chamado de Energy Hub (ESAPOUR *et al.*, 2022) (ALNOWIBET *et al.*, 2021), ou ainda Transactive Energy (ZAMANI; PARSA MOGHADDAM; HAGHIFAM, 2022). O termo mais popular e que vai ser usado nesse artigo é o Smart Energy (MORELLI *et al.*, 2022) (TRONCHIN; MANFREN; NASTASI, 2018).

Os autores Parvin *et al.* (2022) referenciam esse modelo como um sistema inteligente que fornece acesso, controle e transmissão de aplicativos de dados, suporte à decisão, controle remoto, monitoramento de consumo e geração de energia e sistemas de armazenamento. Dados são armazenados no servidor nuvem e dispositivos de energia são integrados em uma rede de armazenamento, onde os dados podem ser acessados por dispositivos, auxiliando no gerenciamento de energia por meio da análise do histórico de consumo (RENUGADEVI; SARAVANAN; NAGA SUDHA, 2021). Na SE, as partes interessadas podem interagir sem supervisão ou intervenção de terceiros, e vendedores e compradores negociam livremente por meio de uma plataforma (BEN ABDELJAWED; AMRAOUI, 2021). A evolução dos sistemas de energia tradicionais para a SE pode ocorrer por meio da interconexão dos usuários com a rede de distribuição (GIORDANO *et al.*, 2019).

As tecnologias envolvidas devem ser acessíveis a todos os usuários de energia, e não apenas àqueles com maior renda ou educação. Considerando que o uso de energia renovável aumentaria se os incentivos políticos cobrissem parte do custo de manutenção e instalação dos usuários de energia renovável (OKWANYA *et al.*, 2020), também existe o fato de que o financiamento para novas infraestruturas (como fiação elétrica e instalação de internet de alta velocidade) é limitado, e as aprovações podem exigir anos para novos projetos de infraestrutura (SAIDANI NEFFATI *et al.*, 2021). Em vista disso, são vários os fatores que interferem no desenvolvimento e evolução da SE, como fatores econômicos (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020), fatores sociais ou socioeconômicos (OKWANYA *et al.*, 2020), fatores de disponibilidade (IWARO; MWASHA, 2010), institucionais ou de mercado (FRATE; BRANNSTROM, 2017), de infraestrutura regulatória (JACKSON INDERBERG *et al.*, 2020), fatores externos e de informação (ARMSTRONG, 2019), e ainda, fatores de ideologia (PEREIRA BASTOS; DE MACEDO-SOARES, 2011). Para que essa integração tecnológica

em função da expansão da geração distribuída de energias renováveis aconteça de forma isonômica entre os usuários, é necessário adaptar e/ou implementar aspectos regulatórios diferentes dos convencionais (CARVALHO *et al.*, 2021) e que contemplem os fatores citados.

Nesse sentido, é necessário entender como o cenário regulatório funciona por meio da identificação das etapas e decisões que interferem na transição para o gerenciamento de energia baseado na SE. A Árvore da Realidade Atual (ARA) é uma ferramenta que auxilia na identificação de problemas básicos de um sistema, e pode ser usada no contexto da regulamentação de energia. A ARA utiliza a lógica de causa e efeito para criar um mapa da situação existente e identificar com precisão o problema básico, que é a causa comum de vários efeitos indesejáveis (EIs), e assim é possível concentrar esforços nesse problema (COX III; SCHLEIER, 2013). Dito isso, a partir de sua construção, torna-se possível desenvolver planos de ação focados na resolução desses problemas, sendo possível analisar qual a situação do sistema e qual seu problema básico, analisando o que pode ser mudado.

O uso da ARA no contexto da regulamentação do setor de energia contribui na proposição da identificação das causas básicas que afetam esse ecossistema. Essas causas básicas resultam em EIs, que limitam o desenvolvimento e propagação das energias renováveis direcionadas ao ambiente descentralizado e autônomo da SE. A caracterização dessas causas básicas possibilita a identificação do problema básico e o desenvolvimento de planos de ação. Este artigo busca contribuir com o cenário regulatório de energia com ênfase em SE por meio da identificação dos EIs que atrasam esse cenário, e assim, elaborar um diagnóstico.

Portanto, o objetivo desse artigo é propor um diagnóstico com proposições de ações norteadoras para o cenário regulatório de energia atual direcionado para a Smart Energy. Para isso, especialistas da área energética foram entrevistados por meio de um instrumento de pesquisa com o objetivo de coletar opiniões acerca de fatores que interferem no cenário regulatório (fatores econômicos, pessoais, de disponibilidade, fatores institucionais e de mercado, de infraestrutura regulatória, fatores externos e de informação, e ideologia embutida da regulamentação). A novidade dessa pesquisa está na apresentação de ações norteadoras para regulamentar e capacitar o ambiente regulatório para suportar a inserção de tecnologias relacionadas ao tema, com potencial de utilização para qualquer país em transição energética. Esta pesquisa busca trazer contribuições importantes como:

- Apresentação de uma visão sistêmica dos problemas encontrados no cenário regulatório de energia com ênfase em SE.
- Esquematização dos relacionamentos de causa e efeito, onde é possível examinar os principais problemas que atrasam o desenvolvimento da SE.

- Identificação das causas raiz, dos efeitos intermediários e dos efeitos principais da regulamentação de SE.
- Ao identificar os EIs, essa pesquisa contribui com a apresentação de um diagnóstico do cenário regulatório de energia, por meio da análise do que deve ser alterado de modo a não causar atrasos no desenvolvimento e evolução da SE.

O artigo está organizado em 6 seções: a seção 2 apresenta um referencial teórico sobre a SE e o cenário de regulamentação e a terceira seção discute a ferramenta ARA. A seção 4 contempla o procedimento metodológico usado. A seção 5 traz os resultados e discussões e a seção 6 aborda as conclusões e contribuições dessa pesquisa.

5.2 SMART ENERGY E REGULAMENTAÇÃO DO SETOR DE ENERGIA

O objetivo principal da SE é fornecer um serviço confiável, seguro e econômico para as partes interessadas do setor, mas o gerenciamento descentralizado e o controle desse sistema são grandes desafios (JARARWEH, 2020). Dentre os desafios, pode ser citada a otimização do consumo de energia (LIU *et al.*, 2019), gestão eficiente de recursos distribuídos de energia em microrredes, residências, edifícios, redes inteligentes e cidades inteligentes (AL FARUQUE; VATANPARVAR, 2016), além de maior difusão das energias renováveis para diversificar as fontes e reduzir a intermitência da geração, integrar infraestruturas físicas com tecnologias e sistemas computacionais, garantias de segurança e privacidade dos dados e informações dos usuários, entre outros.

Schaefer et al. (2020) identificaram as camadas necessárias para o funcionamento desse sistema. Aqui entra a camada Physical, que corresponde às instalações físicas de geração, distribuição, armazenamento e consumo de energia, a camada Fog, que agrega os dados e prepara para o envio à nuvem, a camada Network, responsável pela conexão entre o sistema do usuário com a nuvem de dados. Camada Cloud, que armazena e prepara os dados para o processamento que ocorre na camada Service. A camada Session, que leva os dados da Service até os aplicativos de gestão da Application. Além da camada Broker que auxilia o mercado de energia, Security and Privacy, Third-Party Services e Cloud Auditor. Diante disso, outro desafio é como esse sistema e as áreas envolvidas no funcionamento do mesmo serão regulamentadas.

Para atingir os objetivos da SE, formuladores de políticas necessitam de maior agilidade no estabelecimento e adaptação dos aspectos regulatórios, devido ao rápido avanço dos sistemas de energia através da integração de tecnologias computacionais (SCHAEFER et al., 2020). Para isso, novos modelos econômicos e ferramentas de regulamentação são necessários para dar

conta dos desafios trazidos pelas energias renováveis em larga escala em redes inteligentes (SONG et al., 2022). Atualizações de regulamentos e políticas de energia são necessárias, pois o ecossistema de SE precisará ser apoiado por regulamentos e políticas apropriados que definam a interação entre concessionárias, recursos energéticos distribuídos e consumidores (JARARWEH, 2020). Quando se trata de implementar políticas energéticas, os países em desenvolvimento enfrentam desafios e o custo das tecnologias envolvidas é um dos maiores obstáculos (ADLY; EL-KHOULY, 2022).

Os reguladores de energia precisam estabelecer políticas para promover tecnologia avançada e eficiente, direcionando os atores envolvidos para atingir metas sociais, por meio da formulação de políticas apropriadas conforme status e restrições das partes interessadas (ARCHANA; SHANKAR; SINGH, 2022). Para os autores, ao converter a rede elétrica em uma rede inteligente capaz de aumentar a produtividade, escalabilidade e segurança, é fundamental entender quais são as restrições dos usuários. É preciso adequar as políticas de acesso à energia ao contexto financeiro e tecnológico de um determinado contexto, e avaliar se a própria agência implementadora possui as habilidades financeiras, tecnológicas e humanas necessárias para a implementação (BHANOT; JHA, 2012). Assim, é possível adequar as políticas já na sua concepção para estarem alinhadas com as necessidades e capacidades da região de implementação.

O paradigma regulatório de energia tem como objetivo estabelecer as diretrizes, regras e mecanismos necessários para a concessão de licenças, definição de tarifas, regulação da qualidade dos serviços, proteção dos consumidores, monitoramento e fiscalização do setor energético, entre outras atividades. Seu propósito é garantir um equilíbrio entre os interesses dos diversos atores envolvidos, como fornecedores de energia, distribuidores, consumidores e o governo. Os aspectos regulatórios e políticas públicas possuem efeito positivo e significativo no que tange a promoção do desenvolvimento de um cenário de energia mais limpo e descentralizado, e podem ser os impulsionadores da SE.

5.3 ÁRVORE DA REALIDADE ATUAL (ARA)

O Processo de Pensamento da Teoria das Restrições (TOC) é uma abordagem sistêmica voltada para a resolução de problemas. Portanto, o Processo de Pensamento da Teoria das Restrições e a TOC permitem uma melhor visualização dos processos, uma visão sistêmica dos problemas encontrados nos processos e conseqüentemente, e um redesenho aprimorado dos processos (LACERDA; CASSEL; RODRIGUES, 2010). As ferramentas do processo de pensamento desempenham um papel essencial como guias para a tomada de decisões e a criação

de representações lógicas, além de instrumentos de estruturação de problemas. São ferramentas a Árvore da Realidade Atual (ARA), a Evaporação das Nuvens (EM), a Árvore da Realidade Futura (ARF), a Árvore de Pré-Requisitos (APR) e a Árvore de Transição (AT), entre outras ferramentas que facilitam a implementação eficiente (COX III; SCHLEIER, 2013). Nessa pesquisa, foi usada somente a ARA. A ARA identifica e descreve relacionamentos de causa e efeito, e com isso pode determinar os principais problemas de um sistema (COX; BLACKSTONE; SCHLEIER, 2003), podendo proporcionar uma visão geral da situação atual da empresa ou processo (DA COSTA et al., 2018). Assim, a ARA é aplicada principalmente para responder à pergunta "O que mudar?", estabelecendo relações de causa e efeito que conectam os EIs (Elementos Indesejados) - os aspectos de uma situação que se deseja melhorar (COX III; SCHLEIER, 2013).

Os relacionamentos de causa e efeito são representados visualmente com as causas posicionadas na parte inferior e as consequências na parte superior da relação. Dessa forma, o EI que está no topo da árvore é chamado de efeito principal, porque não causa outro efeito e geralmente é o efeito que as pessoas estão mais atentas ou que fica mais perceptível (GONZÁLEZ; GONÇALVES; VASCONCELOS, 2017). Para os autores, os EIs localizados no meio da árvore, são os efeitos intermediários, e na base, está a causa raiz, onde são originados todos os outros EIs. Portanto, a ARA é útil para descobrir a causa raiz responsável por uma infinidade de problemas em um determinado sistema (NOREEN *et al.*, 1995), e ainda, pode ser dividida em sub árvores para facilitar o entendimento (LOWALEKAR; RAVI, 2017).

Os EIs são então conectados por meio de flechas, indicando que a ocorrência de um efeito indesejado depende da ocorrência de outro EI, que pode ser individual ou simultâneo com outro (NOREEN *et al.*, 1995). Dessa forma, a leitura da ARA se dá de forma *bottom-up*, que significa dizer que "se existe a causa A, então o efeito é B" (NOREEN *et al.*, 1995). Na ARA, a principal fonte de dados são as palavras, e por isso, incorpora facilmente detalhes comportamentais, questões operacionais, políticas e regras, e assim, é uma explanação por escrito da existência de problemas cotidianos e das respectivas causas (COX III; SCHLEIER, 2013).

5.4 MÉTODOS

A metodologia utilizada é baseada em uma abordagem qualitativa exploratória, e foi organizada em três etapas principais. A primeira etapa é a elaboração de um instrumento de pesquisa com o fim de coletar informações de especialistas acerca do cenário regulatório de

energia com foco em SE. A segunda etapa contempla a construção da ARA com base nas declarações dos especialistas obtidas na primeira etapa. E a terceira etapa compreende a técnica do grupo focal, com o objetivo de discutir a validação da ARA.

5.4.1 Instrumento de pesquisa

Os Pontos de Vista Fundamentais (PVF) elencados em (STEFAN DE CARVALHO *et al.*, 2022) foram usados como base para um instrumento de pesquisa organizado na forma de entrevista semiestruturada. Os PVF são grupos de variáveis e dentro de cada um, conceitos da mesma natureza podem ser agrupados (SILVA *et al.*, 2016). Entrevistas semiestruturadas permitem flexibilidade para o entrevistado fornecer sua perspectiva individual e criar oportunidades para novas ideias, sendo uma abordagem que inclui um guia de entrevista que pode ter perguntas direcionadas e abertas (AIKENHEAD *et al.*, 2015).

Assim, as perguntas do instrumento de pesquisa foram organizadas conforme os PVF a seguir: fatores econômicos/socioeconômicos, fatores pessoais ou socioculturais, fatores pessoais ou socioeconômicos, fatores de disponibilidade, fatores institucionais e de mercado, fatores de infraestrutura regulatória, fatores externos e de informação, e fatores de ideologia embutida na regulamentação. O instrumento de pesquisa teve o objetivo de coletar informações sobre os efeitos indesejáveis a respeito do cenário de regulamentação do setor de energia elétrica para posterior construção da ARA.

Esse instrumento de pesquisa foi conduzido por meio de um questionário contendo 23 questões abertas, dada a abordagem qualitativa (GERHARDT; SILVEIRA, 2009) dessa etapa da pesquisa. O mesmo foi estruturado por meio do aplicativo de gerenciamento de pesquisas Google Forms e foi aplicado à diferentes atores do sistema de energia, como especialistas em regulamentação e pesquisadores da área, totalizando 21 especialistas, e assim, diferentes percepções foram incorporadas à ARA. Desses 21 especialistas, 2 da Índia, 1 do Paquistão, 1 da África do Sul, 2 dos Estados Unidos, e o restante do Brasil. O Quadro 1 apresenta a caracterização dos especialistas.

Quadro 1 - Caracterização dos respondentes

Especialista	Atuação no ramo da gestão de energia	Cargo ocupado na organização
A	Representante de empresa prestadora de serviços na área de energia e nuvem de dados	Proprietário ou acionista

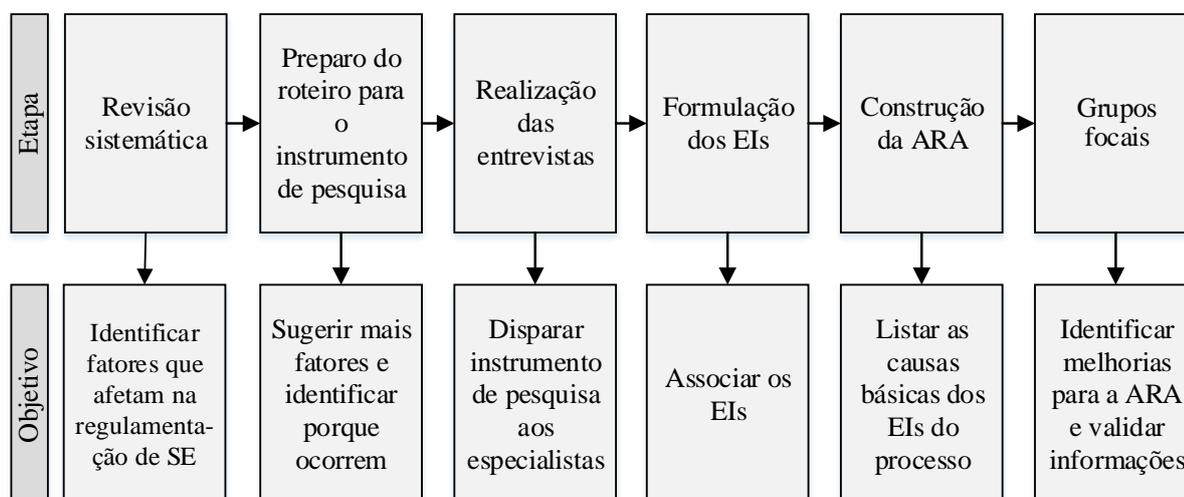
B	Membro de agência reguladora ou associação de empresas de energia	Cargo na área técnica (Técnico/Supervisor/Analista)
C	Representante de empresa prestadora de serviços na área de energia e nuvem de dados	Cargo na área técnica (Técnico/Supervisor/Analista)
D	Pesquisador ou professor de universidade	Pesquisador ou consultor
E	Membro de agência reguladora ou associação de empresas de energia	Diretor ou gerente
F	Membro de agência reguladora ou associação de empresas de energia	Cargo na área técnica (Técnico/Supervisor/Analista)
G	Representante de empresa integrante da cadeia de suprimentos relacionada ao setor de energia e nuvem de dados	Proprietário ou acionista
H	Representante de empresa prestadora de serviços na área de energia e nuvem de dados	Diretor ou gerente
I	Representante de empresa prestadora de serviços na área de energia e nuvem de dados	Proprietário ou acionista
J	Representante de agentes financeiros públicos, privados ou investidor da área de energia	Diretor ou gerente
K	Pesquisador ou professor de universidade	Pesquisador ou consultor
L	Pesquisador ou professor de universidade	Pesquisador ou consultor
M	Pesquisador ou professor de universidade	Pesquisador ou consultor
N	Representante do governo e Representante de empresa da cadeia de suprimentos relacionada ao setor de energia e nuvem de dados	Pesquisador ou consultor
O	Pesquisador ou professor de universidade	Pesquisador ou consultor
P	Representante do governo e Representante de empresa da cadeia de suprimentos relacionada ao setor de energia e nuvem de dados	Cargo na área técnica (Técnico/Supervisor/Analista)
Q	Pesquisador ou professor de universidade	Pesquisador ou consultor
R	Pesquisador ou professor de universidade	Pesquisador ou professor de universidade
S	Representante de empresa integrante da cadeia de suprimentos relacionada ao setor de energia e nuvem de dados	Diretor ou gerente
T	Pesquisador ou professor de universidade	Pesquisador ou consultor
U	Pesquisador ou professor de universidade	Pesquisador ou consultor

O instrumento de pesquisa foi dividido em sete seções conforme os PVF elencados no Artigo 3 (STEFAN DE CARVALHO *et al.*, 2022), podendo ser visualizado no Apêndice A.

5.4.2 Construção da Árvore da Realidade Atual (ARA)

A Figura 13 contempla as etapas que serão seguidas nessa pesquisa para elaboração e construção da ARA, e foi elaborada seguindo as etapas descritas por Noreen *et al.*, (1995) e Rahman (2002).

Figura 13 - Etapas para elaboração e construção da ARA



Fonte: Adaptado de Noreen *et al.*, (1995) e Rahman (2002).

Esse processo inicia-se por meio da revisão sistemática realizada por (STEFAN DE CARVALHO *et al.*, 2022), onde foram elencados os fatores que interferem no cenário regulatório de energia com foco na Smart Energy e serviram como roteiro para o instrumento de pesquisa. Especialistas foram selecionados por meio do LinkedIn para um processo de entrevistas, onde foram solicitados a falar sobre os problemas que vivenciam em sua vida profissional (COX III; SCHLEIER, 2013). Nessa etapa, é fundamental reunir declarações de diferentes áreas. Isso porque a construção da ARA deve proporcionar uma comunicação efetiva dos principais problemas da organização e um entendimento comum de problemas que envolvam diferentes áreas funcionais (KINGMAN, 1996).

As declarações dos entrevistados foram então transformadas em EIs, e a construção da ARA se iniciou com a redação da relação lógica de causa e efeito entre esses EIs.

5.4.3 Grupo focal

O grupo focal é uma forma de entrevista grupal baseada na comunicação e na interação de integrantes previamente escolhidos, mas que não se conhecem, com o objetivo de colher informações e opiniões do grupo sobre determinado tema (LOZADA; NUNES, 2018). As discussões do grupo focal são adequadas para investigar novos tópicos (KRISTENSEN; MOSGAARD; REMMEN, 2021) e os membros do grupo devem ter experiência do fenômeno

em diferentes ambientes de trabalho (TIWARI; KHAN, 2020). É importante que a construção da ARA seja feita com grupos multidisciplinares, de modo a se ter uma comunicação eficaz dos principais problemas da organização e entendimento comum dessas situações (LACERDA; CASSEL; RODRIGUES, 2010). Dois grupos focais foram realizados. O primeiro grupo focal foi composto por especialistas com experiência em diferentes áreas do setor de energia e com diferentes cargos ocupados, conforme Quadro 2. O grupo focal teve a mediação da pesquisadora da presente tese e participação do orientador dessa pesquisa, e teve duração de 2 horas.

Quadro 2 - Especialistas do primeiro grupo focal

Especialista	Função	Instituição
1	Coordenador de Regulação de Energia	Empresa brasileira com atuação no mercado de geração e comercialização de energia
2	Diretor Técnico e Regulatório	Entidade representativa do setor fotovoltaico brasileiro
3	Diretor Executivo	HCC Energia Solar
4	Especialista em Regulação	Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)
5	Diretor Executivo	Empresa representante brasileira da indústria de energia eólica
6	Especialista em Regulação	Grupo brasileiro de distribuição de energia
7	Coordenador de Pesquisa e Inteligência de Mercado	Empresa brasileira de pesquisa e consultoria especializada no setor fotovoltaico

Na ocasião, foi apresentado o termo Smart Energy e a ARA foi conceituada, e então foi apresentada uma estrutura preliminar da ARA e a leitura das relações entre os EIs foi realizada. Os especialistas tiveram a liberdade de expor sua opinião sobre qualquer questão que achassem relevante, como coesão entre relações de causa e efeito dos EIs e inclusão ou exclusão de EIs, e também sugeriram ações para aprimoramento de questões regulatórias que atrasam o desenvolvimento da SE. O segundo grupo focal foi composto por dois pesquisadores (Quadro 3) da área de energia que possuem afinidade com SE e teve duração de 1 hora. Nesse momento, foi apresentada a ARA completa e finalizada, e o objetivo foi validar a ferramenta e verificar se a estrutura estava expressando a realidade do cenário de regulamentação de energia com ênfase em SE.

Quadro 3 - Especialistas do segundo grupo focal

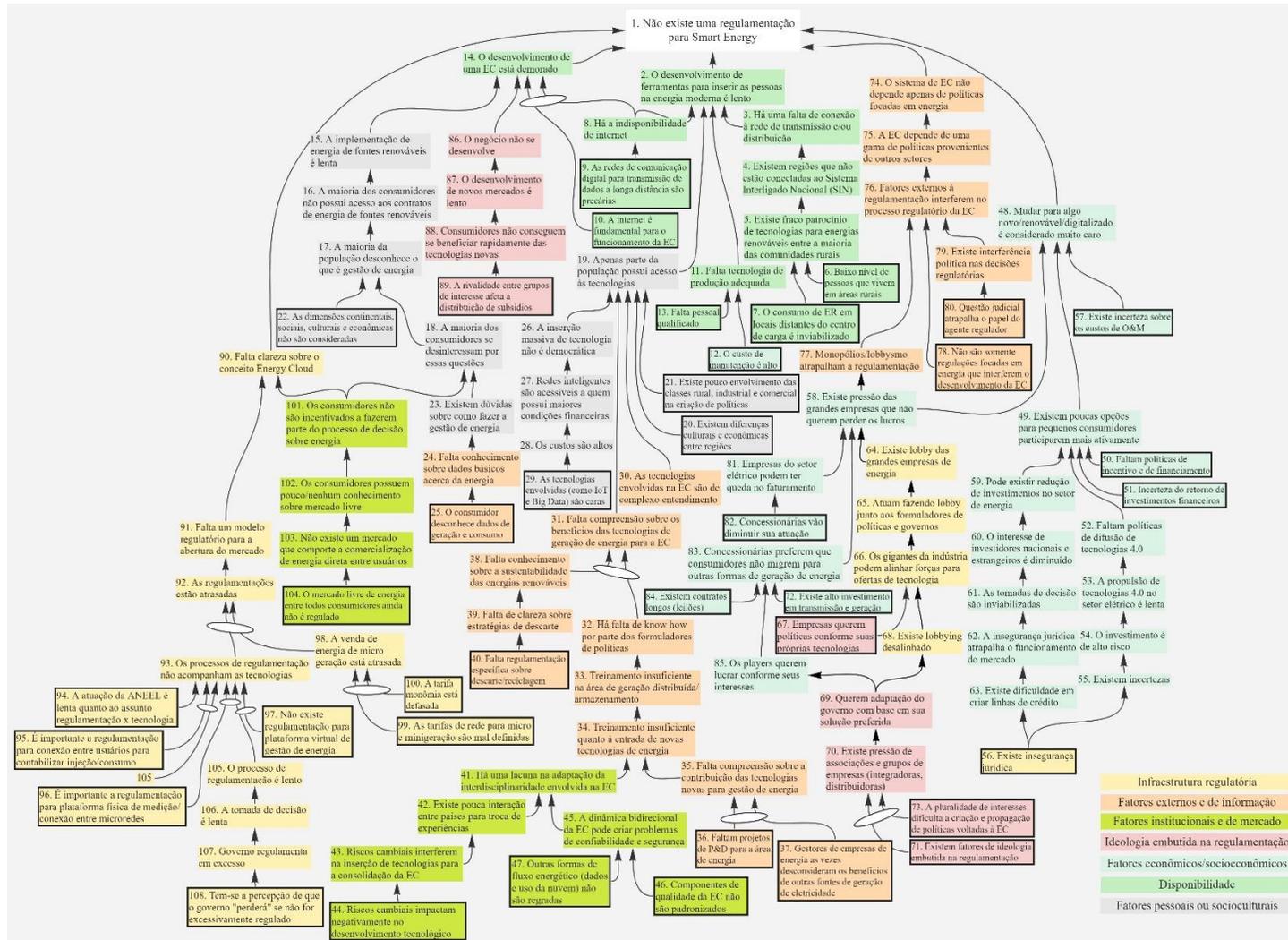
Especialista	Função	Instituição
1	Dr. em Engenharia de Produção e pesquisador de Pós-Doutorado	Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
2	Dr. em Engenharia de Produção e pesquisador de Pós-Doutorado	Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Por último, a ferramenta foi validada por um especialista no método para legitimar as relações nela presentes. Após isso, foi possível identificar oportunidades de melhoria no cenário de regulamentação de energia com ênfase em SE.

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A ARA foi construída por meio da plataforma interativa digital Miro. Como resultado dessa ferramenta, tem-se um diagnóstico do cenário regulatório de energia atual, com ênfase em SE. A ARA pode ser visualizada por meio da Figura 14 e contém 108 EIs, destes, 38 são causas básicas ou causas raiz, que são aqueles que não possuem setas de entrada e estão demarcados com uma caixa em negrito. A ARA possui os efeitos intermediários, que são os EIs com setas de entrada e saída, e o EI “1. Não existe uma regulamentação para Smart Energy” é o efeito principal, por não possuir setas de saída.

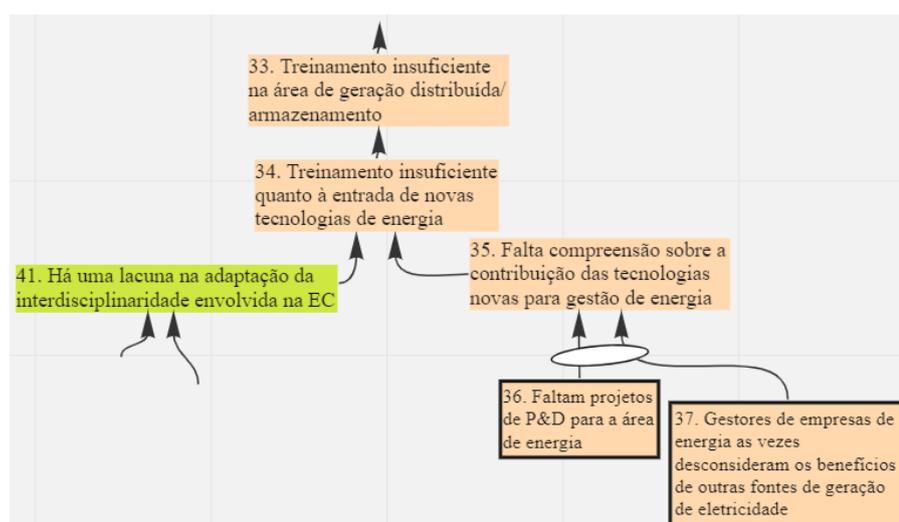
Figura 14 - Árvore da Realidade Atual do cenário regulatório de energia atual direcionado para a Smart Energy



O EIs estão classificados conforme os PVF elencados no Artigo 3 e estão diferenciados por cores, sendo que a cor verde limão corresponde aos “Fatores institucionais e de mercado”, a cor lilás aos “Fatores pessoais ou socioculturais”, a cor rosa à “Ideologia embutida na regulamentação”, a cor verde a questões relacionadas à “Disponibilidade”, a cor salmão aos “Fatores externos e de informação”, a cor azul aos “Fatores econômicos/socioeconômicos”, e a cor laranja diz respeito à “Infraestrutura regulatória”.

A leitura da ARA é feita de baixo para cima (NOREEN *et al.*, 1995), e quando setas estão ligadas por uma elipse, é lido como “e”. Pegando como exemplo o recorte da ARA disponível na Figura 15, a leitura é feita da seguinte maneira: se “36. Faltam projetos de P&D para a área de energia” e se “37. Gestores de empresas de energia as vezes desconsideram os benefícios de outras fontes de geração de eletricidade”, então “35. Falta compreensão sobre a contribuição das tecnologias novas para gestão de energia”. Se “35. Falta compreensão sobre a contribuição das tecnologias novas para gestão de energia” ou se “41. Há uma lacuna na adaptação da interdisciplinaridade envolvida na EC”, então “34. Treinamento insuficiente quanto à entrada de novas tecnologias de energia”, se 34, então “33. Treinamento insuficiente na área de geração distribuída/armazenamento”.

Figura 15 - Recorte da ARA para exemplo de leitura



Segundo da Costa *et al.* (2018), o principal objetivo da ARA é identificar as causas raiz, por serem os EIs que causam todos os outros, e por isso, as ações de melhorias estão voltadas para esses EIs. Portanto, nessa seção são discutidas as causas raiz e as estratégias recomendadas

a partir deles. Assim, foi analisado o que deve ser alterado no cenário regulatório de energia de modo a não atrasar ou dificultar o desenvolvimento e evolução da SE.

5.5.1 Fatores econômicos/socioeconômicos

Segundo a ARA, 7 causas raiz (Quadro 4) relacionadas aos fatores econômicos/socioeconômicos foram levantadas. Os fatores econômicos/socioeconômicos, tratam das questões de apoio financeiro e políticas de subsídio em relação aos investimentos para a geração própria de energia e questões relacionadas a aquisição de tecnologias que envolvam a SE.

Quadro 4 - Causas raiz e ações dos fatores econômicos/socioeconômicos

EI	Descrição	Ação
50	Faltam políticas de incentivo e de financiamento	Possuir regulamentação para subsídios Possuir nível de apoio baseado na produção Possuir nível de apoio financeiro Possuir nível de apoio baseado em investimento
51	Incerteza do retorno de investimentos financeiros	Ter pagamento (bônus) por benefícios a rede e remunerar smartgrids
57	Existe incerteza sobre os custos de O&M	Existir opções para pequenos consumidores participarem mais ativamente do processo associado à energia elétrica considerando as incertezas dos custos de O&M
12	O custo de manutenção é alto	
84	Existem contratos longos (leilões)	Realocar ou redistribuir contratos vigentes
82	Concessionárias vão diminuir sua atuação	Ser um modelo atrativo economicamente para os players que atuam no SEB
72	Existe alto investimento em transmissão e geração	Ser um modelo que evite o efeito Averch-Johnson

A causa raiz “50. Faltam políticas de incentivo e de financiamento” está relacionada ao alto custo para aquisição dos equipamentos necessários para aquisição das tecnologias para implementação e monitoramento da SE. Por isso, a ação “Possuir regulamentação para subsídios” é sugerida com o objetivo de aumentar a acessibilidade às tecnologias envolvidas em energias renováveis e SE, devido ao alto custo que a transição para esse cenário renovável e digitalizado envolve. Nessa mesma linha, são sugeridos “Possuir nível de apoio baseado na produção”, como as questões de bonificação para a adoção de fontes de energia limpa, “Possuir

nível de apoio financeiro”, que são os subsídios financeiros para facilitar a introdução de novas tecnologias e aumentar a participação de fontes alternativas renováveis na produção de energia elétrica, e “Possuir nível de apoio baseado em investimento”, como os incentivos que ajudam a expandir os investimentos em projetos de energia renovável. Com base nessas ações, interessados em utilizar ou adquirir energia de fontes renováveis teriam mais opções de escolha.

Existe também a “51. Incerteza do retorno de investimentos financeiros” e com base nisso, os especialistas do instrumento de pesquisa e grupos focais sugeriram o “Ter pagamento (bônus) por benefícios a rede e remunerar smartgrids”, de modo que quando os consumidores contribuem com a rede de energia, estejam sendo beneficiados, como acontece com a feed in tariff. Além disso, remunerar quem contribui com ganhos de eficiência energética oriundos de *smart grids*, é uma forma de incentivo para a transição energética, pois toda tecnologia nova precisa de subsidio para se desenvolver. Portanto, novas opções para pequenos consumidores participarem mais ativamente do processo associado à energia elétrica são necessárias.

A causa raiz “57. Existe incerteza sobre os custos de O&M” está relacionada às diferentes variáveis envolvidas na operação e manutenção de todos os tipos de geração de energia. Dentre as variáveis envolvidas nos custos de O&M, entram o nível de maturidade da tecnologia, a qualidade da mão de obra qualificada, financiamento e taxa de juros, fatores ambientais, problemas locais, vulnerabilidade na estimativa de recursos de homem e máquina, taxa de reparo e substituição, falha de planejamento, disponibilidade de peças e fornecimento de monitoramento (KUMAR; SAINI, 2022). Com base nessas questões, é necessário que existam mais “Existir opções para pequenos consumidores participarem mais ativamente do processo associado à energia elétrica considerando as incertezas dos custos de O&M”. Essa questão deve ser considerada ao formular políticas relacionadas à SE, tendo em vista que esse ambiente depende de complexa operação e manutenção para monitoramento, desde a geração de energia até o consumo e gestão por parte do consumidor de maneira autônoma. A ação em questão também contempla a causa raiz “12. O custo de manutenção é alto”.

Segundo especialista do grupo focal, as empresas de energia elétrica gostariam que o modelo energético não mudasse, e por isso, “83. Concessionárias preferem que consumidores não migrem para outras formas de geração de energia”, devido aos contratos longos firmados por meio de leilões. Conforme especialista, é por meio dos contratos de concessão que são definidos quem, como e por quanto serão prestados os serviços de suprimento de energia. Considerando que esses contratos sejam definidos para um longo período, o que somado ao fato de que unidades residenciais e comerciais estejam migrando para a geração própria e, com isso, menor é a necessidade de fornecimento pelas distribuidoras, atualmente existe um excedente

de energia (tendo em vista que a mesma já foi contratada). Nesse sentido, a causa raiz “84. Existem contratos longos (leilões)” possui como ação a “Realocar ou redistribuir dos contratos vigentes” para contratos atuais de concessão, de modo que essa questão não seja prejudicial às concessionárias que não precisariam ir de encontro a abertura do mercado livre e do crescimento da geração distribuída.

Existe pressão de empresas que não querem perder seus lucros (EI 58) porque “81. Empresas do setor elétrico podem ter queda no faturamento” e porque “82. Concessionárias vão diminuir sua atuação”. Nesse sentido, “considerando que a SE terá a função de prestar serviços para os consumidores de energia e o SEB é composto por todas as etapas da cadeia elétrica, vai haver resistência por parte desse grupo durante o processo de migração para a SE” (especialista entrevistado). Portanto, a ação para a causa raiz 82 é a “Ser um modelo atrativo economicamente para os players que atuam no SEB”. Portanto, para substituir o serviço atual por um ambiente de gestão de energia baseado em nuvem, políticas que apoiem a propagação de energia limpa e distribuída e que sejam interessantes para ambas as partes (concessionárias e consumidores) são incentivadoras da EC, visto que o negócio tende a se desenvolver se é vantajoso sob o ponto de vista econômico.

Conforme a EC evolui, a demanda por infraestrutura diminui, e com isso, os gastos com geração e transmissão de energia serão menores. Com isso, os provedores de infraestrutura ficam em desvantagem, pois os investimentos em geração e transmissão seriam menores, o que não é bem visto por esse mercado. Assim, o EI 72 diz respeito ao fato de que existe alto investimento em transmissão e geração, por isso, um especialista do grupo focal sugeriu, como ação para essa causa raiz, a necessidade de regulamentações que evitem o efeito Averch-Johnson. Esse conceito ocorre quando há um estímulo à sobre investir e gera uma alocação ineficiente de recursos, onde o investimento em tecnologias proporciona uma remuneração superior ao custo do capital investido, sendo que a eficiência produtiva poderia ser mantida sem o investimento (SICILIANO, 2005). Por isso, para que ocorra a evolução para o ambiente de gestão de energia na nuvem, existe o impasse entre não haver necessidade de investimentos com infraestrutura e o fato de isso não ser benéfico para as grandes empresas de geração e transmissão de energia.

5.5.2 Fatores pessoais ou socioculturais

Considerando as questões pessoais ou socioculturais, conforme a ARA, 4 causas raiz

foram identificadas e 8 ações (Quadro 5) para auxiliar no desenvolvimento de um cenário regulatório para a SE foram sugeridas. Esses fatores são referentes a consciência dos consumidores de energia no que diz respeito às novas tecnologias e como as políticas podem influenciar na disseminação do conhecimento acerca dessa questão, para assim, ter maior aceitação.

Quadro 5 - Causas raiz e ações dos fatores pessoais ou socioculturais

EI	Descrição	Ação
20	Existem diferenças culturais e econômicas entre regiões	Implementar projetos piloto
21	Existe pouco envolvimento das classes rural, industrial e comercial na criação de políticas	Implementar trabalho social
22	As dimensões continentais, sociais, culturais e econômicas não são consideradas	Possuir programa intensivo do governo/país sobre explicação e conscientização; Disseminar informações sobre novas tecnologias de energia; Disseminar conhecimento acerca da Smart Energy; Difundir políticas através de uma estratégia educacional nacional para proporcionar fácil entendimento à população Desenvolver ferramentas para acelerar a inserção das pessoas no mundo da energia moderna
29	As tecnologias envolvidas (como IoT e Big Data) são caras	Possuir apoio do governo e do setor privado

Considerando a complexidade envolvendo as tecnologias e informações que a SE envolve, fica claro que apenas parte da população possui acesso a essas tecnologias (EI 19), um dos motivos é o fato de que “20. Existem diferenças culturais e econômicas entre regiões”. Para mapear e regulamentar as questões de acesso e disseminação de tecnologias, e para que as políticas voltadas a EC sejam claras, as mesmas precisam ser amplamente difundidas através de uma estratégia educacional nacional para proporcionar fácil entendimento à população. Nesse viés, é sugerido a “Implementar projetos piloto” para difundir a ideia acerca da SE e seus benefícios. Conforme especialista, “as políticas relacionadas à SE precisam ser claras e amplamente difundidas através de uma estratégia educacional nacional de maneira que proporcione

fácil entendimento à população” (especialista entrevistado). O Brasil, por exemplo, ainda está longe de uma ampla interconexão digital, fator que além dos fatores econômicos, se deve também à falta de conhecimento acerca dessa questão. Assim, locais que já possuem maior difusão de energia renovável podem servir como projetos pilotos, com o objetivo de disseminar o conceito da SE e aproximar o consumidor com esse modelo, para assim, tornar uma realidade.

Seguindo essa mesma linha, é notório que “21. Existe pouco envolvimento das classes rural, industrial e comercial na criação de políticas”. Essas três classes poderiam estar participando mais ativamente na criação de políticas para consolidação da SE e assim contribuir para o progresso desse ambiente. Conforme um especialista entrevistado, num futuro bem próximo, o país estará fortemente interconectado, e o maior desafio serão as diferenças culturais e econômicas entre regiões, em um país de dimensões continentais. Portanto, a “Implementar trabalho social” voltado para a prática de ações que visem o desenvolvimento e os benefícios das energias renováveis, com o objetivo de melhorar a responsabilidade social com a questão, é essencial no processo de conscientização de classes menos participativas.

Para a causa raiz “22. As dimensões continentais, sociais, culturais e econômicas não são consideradas”, cinco ações foram sugeridas. Considerando que os próprios consumidores poderão fazer sua própria gestão de energia, porém muitos não possuem o devido conhecimento sobre o mercado livre de energia e não sabem da existência dessa possibilidade. Portanto, os especialistas do grupo focal apontaram a necessidade de “Possuir programa intensivo do governo/país sobre explicação e conscientização” para explicar essa questão aos consumidores, com o fim de explicar o mínimo possível em massa. “O consumidor não precisa saber o detalhe, mas precisa entender o que ele vai ter que gerenciar, como comprar energia e como negociar essa questão” (especialista entrevistado).

Os especialistas corroboram a necessidade da disseminação do conhecimento acerca da SE, tendo em vista que “como impacto negativo da inserção massiva de tecnologia, pode-se citar a falta de democratização nesta implementação, então a tecnologia deve ser acessível a todos, sem privilegiar aqueles que possuem maiores condições financeiras” (especialista entrevistado). Portanto, a disseminação de conhecimento deve ser ampla e com o auxílio dos agentes de mercado com interesse no desenvolvimento desse cenário. Pois caso esta não seja uma demanda por parte da sociedade, os investimentos e desenvolvimento de políticas públicas podem ser inviabilizados. Assim, as ações “Disseminar informações sobre novas tecnologias de energia” e “Disseminar conhecimento acerca da Smart Energy” são sugeridas para assim “conquistar a consciência coletiva da importância da eficiência energética, visto que os consumidores precisam se sentir presentes e fazer parte deste processo” (especialista entrevistado), levando

em conta a demanda e necessidade mapeada.

Ainda, para que as políticas voltadas a SE sejam claras, é necessário “Difundir políticas através de uma estratégia educacional nacional para proporcionar fácil entendimento à população”. Também é sugerido “Desenvolver ferramentas para acelerar a inserção das pessoas no mundo da energia moderna”, pois conforme especialista entrevistado, “ainda existe carência da universalização de acesso à energia no Brasil, e o desenvolvimento dessas ferramentas é de fundamental importância”.

Tendo em vista que “26. A inserção massiva de tecnologia não é democrática” porque as “27. Redes inteligentes são acessíveis a quem possui maiores condições financeiras” pois “28. Os custos são altos”, da mesma forma “29. As tecnologias envolvidas (como IoT e Big Data) são caras”. Essa causa raiz vai ao encontro das outras citadas, pois essa questão dificulta que grande parte população não tenha acesso aos artefatos necessários para o funcionamento e monitoramento da SE. Portanto, “Possuir apoio do governo e do setor privado” é uma sugestão. Políticas que incentivem ambos os órgãos a apoiar o consumidor, poderia tornar a aquisição de tecnologias mais inclusiva e auxiliar na inserção das pessoas no mundo da energia moderna.

5.5.3 Disponibilidade

A ARA dos fatores de disponibilidade identificou 5 causas raiz (Quadro 6) que atrapalham o desenvolvimento da regulamentação para a SE, e 4 ações foram apontadas. Os fatores de disponibilidade são aqueles referentes ao acesso que os consumidores possuem às tecnologias e energias renováveis.

Quadro 6 - Causas raiz e ações dos fatores de disponibilidade

EI	Descrição	Ação
6	Baixo nível de pessoas que vivem em áreas rurais	Viabilizar o consumo de energias renováveis em localidades distantes do centro de carga
7	O consumo de ER em locais distantes do centro de carga é inviabilizado	
9	As redes de comunicação digital para transmissão de dados a longa distância são precárias	Ampliar a infraestrutura de comunicação e rede
10	A internet é fundamental para o funcionamento da EC	
13	Falta pessoal qualificado	Criar GT para a SE

O principal fator de disponibilidade que interfere na criação de políticas públicas se encontra na falta de conexão à rede de transmissão e/ou distribuição, o que inviabiliza qualquer consumo de energias renováveis que na maioria das vezes estão em localidades distantes do centro de carga. Pois conforme especialista entrevistado, “o sistema de distribuição pode influenciar a disponibilidade de energia”. O Brasil possui o Sistema Interligado Nacional (SIN) que tem por objetivo dirimir esse fator de disponibilidade. No entanto, ainda existem regiões que não estão conectadas ao Sistema. Com isso, para as causas raiz “6. Baixo nível de pessoas que vivem em áreas rurais” e “7. O consumo de ER em locais distantes do centro de carga é inviabilizado”, é imprescindível “Viabilizar o consumo de energias renováveis em localidades distantes do centro de carga” e “Incentivar a criação de políticas para o desenvolvimento do setor distribuição”, de modo que políticas que desenvolvam o elo distribuição possibilitem o aumento da eficiência e maior conexão dos sistemas de energia.

Outro ponto que retarda a inserção das pessoas na energia moderna (EI 2) e que torna o desenvolvimento da EC demorado (EI 14), é o fato da indisponibilidade de internet (EI 8), isso porque “9. As redes de comunicação digital para transmissão de dados a longa distância são precárias” e a “10. A internet é fundamental para o funcionamento da SE”. As redes de comunicação são um ponto fundamental para o desenvolvimento da EC, tendo em vista que uma das camadas principais da SE é a camada Network, responsável por todas as redes de comunicação, e essa transmissão de dados ocorre à longa distância, desde os domínios dos usuários até onde os data centers em nuvem estão localizados (SCHAEFER et al., 2020). Ainda, conforme especialista entrevistado, “a atual infraestrutura de comunicação e rede precisa estar em pé de igualdade com os avanços”. Portanto, para as causas raiz 9 e 10, a ação “Ampliar a infraestrutura de comunicação e rede” é sugerida, de modo a contribuir com a questão da disponibilidade das redes de comunicação. Para a causa raiz “13. Falta pessoal qualificado” é sugerida a “Criar GT para a SE”. Um especialista entrevistado comenta que a criação de um GT (Grupo Técnico), envolvendo representantes e entidades dos setores que a SE compreende, teria o objetivo de levantar requisitos técnicos para a proposição de um arcabouço regulatório direcionado a esse cenário.

5.5.4 Fatores institucionais e de mercado

Foram identificadas 4 causas raiz e 4 ações referentes aos fatores institucionais e de mercado (Quadro 7) para contribuir com a regulamentação da SE. Esses fatores estão relacionados aos benefícios da conservação de energia, aos profissionais especializados no assunto,

concorrências, riscos cambiais e sobre o mercado de energia no geral.

Quadro 7 - Causas raiz e ações dos fatores institucionais e de mercado

EI	Descrição	Ação
104	O mercado livre de energia entre todos consumidores ainda não é regulado	Regulamentar um mercado que comporte a comercialização de energia direta entre usuários
44	Riscos cambiais impactam negativamente qualquer desenvolvimento tecnológico	Possuir políticas que contornem a imprevisibilidade relacionada ao risco cambial
47	Outras formas de fluxo energético (dados e uso da nuvem) não são regradadas	Regradar outras formas de fluxo energético: dados e uso da nuvem
46	Componentes de qualidade oferecidos na SE não são padronizados	Padronizar componentes de qualidade sendo oferecidos na SE

A causa raiz “104. O mercado livre de energia entre todos os consumidores ainda não é regulado” é um EI que acarreta em uma série de outros efeitos, como o fato de não existir um mercado que comporte a comercialização de energia direta entre usuários (EI 103), o de os consumidores possuírem pouco/nenhum conhecimento sobre mercado livre (EI 102) e não serem incentivados a fazerem parte do processo de decisão sobre energia (EI 101). Portanto, a regulamentação de um mercado que comporte a comercialização de energia direta entre usuários é a ação para essa causa raiz. A regulamentação com esse viés garante segurança entre a operação de troca de energia entre os consumidores, que deve ser para todos, como geradores e consumidores residenciais, e não apenas àqueles com alta demanda de energia. Esse ponto seria um avanço na caminhada para uma SE, visto que a comercialização direta entre usuários é a chave dele modelo de gestão de energia, e desse modo, é fundamental que os consumidores se sintam amparados.

Uma vez que é necessária a troca de experiências entre países, os riscos cambiais devem ser considerados no processo, pois interferem na inserção de tecnologias para a consolidação de energias renováveis e SE. Se os “44. Riscos cambiais impactam negativamente no desenvolvimento tecnológico”, então “43. Interferem na inserção de tecnologias para a consolidação da SE”, e por conta disso, “42. Existe pouca interação entre países para troca de experiências”, além de uma série de outros EI que são originados da causa raiz 44. Conforme especialista, os riscos cambiais impactam negativamente qualquer desenvolvimento tecnológico. Em momentos que a moeda nacional perde valor, produtos importados ficam mais caros e impacta a cadeia que depende da importação, a qual muitas vezes tem dificuldade em repassar o valor em contratos. Portanto, para a causa raiz 44, sugere-se que reguladores deem atenção a formulação de

“políticas que contornem a imprevisibilidade relacionada ao risco cambial”, pois esses riscos precisam ser identificados, padronizados e gerenciados.

Tendo em vista a alta quantidade de geração de dados e informações necessárias para a gestão desse cenário de gestão de energia, é notável a demanda por medidas legais para reger o uso de dados e nuvem. Esses dados dizem respeito às informações acerca dos clientes e mercados de energia, como preços, geração e consumo, além disso, esses dados necessitam de gerenciamento de segurança e privacidade. Portanto, a ação “Regrar outras formas de fluxo energético: dados e uso da nuvem” é a sugestão para a causa raiz 47, de modo que formuladores de políticas direcionem esforços também para essa pauta.

Outro ponto dos fatores institucionais e de mercado, é o fato de que os componentes de qualidade oferecidos na SE não são padronizados (EI 46). Conforme especialista, “a confiabilidade deve fazer parte da primeira rodada de todas as diligências”, dessa forma, a ação é padronizar esses componentes para exigir um grau mínimo de conformidade e garantir um padrão da qualidade.

5.5.5 Infraestrutura regulatória

Os fatores de infraestrutura regulatória compreendem o envolvimento do governo, identificação de responsáveis pela regulamentação, lobby de empresas e segurança jurídica. O fato de as regulamentações estarem atrasadas (EI 92) diz respeito ao leque de fatores de infraestrutura regulatória, sendo um EI que ocorre devido às 8 causas raiz identificadas na ARA e listadas no Quadro 8.

Quadro 8 - Causas raiz e ações dos fatores de infraestrutura regulatória

EI	Descrição	Ação
56	Existe insegurança jurídica	Possuir segurança jurídica entre os envolvidos
94	A atuação do órgão regulador é lenta quanto ao assunto regulamentação x tecnologia	Possuir processo público para colher subsídios para proposição de um arcabouço regulatório
99	As tarifas de rede para micro e minigeração são mal definidas	
95	É importante a regulamentação para conexão entre usuários para contabilizar injeção/consumo	Ter outra divisão do setor elétrico que não seja geração, transmissão, distribuição e comercialização
96	É importante a regulamentação para plataforma física de medição/conexão entre microrredes	

97	Não existe regulamentação para plataforma virtual de gestão de energia	Ter regulamentação específica para a SE, responsabilizando instituições já existentes
104	Tem-se a percepção de que o governo "perderá" se não for excessivamente regulado	Compartilhar a responsabilidade da SE entre público e privado
100	A tarifa monômnia está defasada	Possuir calendário de implantação de tarifa binômnia Possuir projetos pilotos por microrregiões para testar o modelo

“56. Existe insegurança jurídica” é uma causa raiz que acarreta uma série de outros efeitos indesejáveis, pois conforme a ARA, esse efeito dificulta a criação de linhas de créditos (EI 63), atrapalha o funcionamento do mercado (EI 62), inviabiliza as tomadas de decisões (EI 61), reduz o interesse de investidores nacionais e estrangeiros (EI 60). Além disso, a insegurança jurídica gera incertezas (EI 55), torna o investimento de alto risco (EI 54), retarda a propulsão de tecnologias 4.0 no setor elétrico (EI 53), entre outros EIs. Portanto, a ação para essa causa é “Possuir segurança jurídica entre os envolvidos” é uma questão essencial para o desenvolvimento da SE e é o que vai garantir a estabilidade desse modelo de gestão de energia, considerando o investimento que a área necessita.

Partindo do fato de que “93. Os processos de regulamentação não acompanham as tecnologias”, um especialista entrevistado comenta que “o Brasil está atrasado neste ponto e a regulamentação já deveria estar mais avançada em temas como venda de energia de microgeração, e melhor definição de tarifas de rede para micro e minigeração”. Por isso, considerando as causas raiz 94 e 99, é preciso “Possuir processo público para colher subsídios para proposição de um arcabouço regulatório” necessita de atenção, uma vez que essa ação focaria na identificação das alternativas e subsídios para revisar e propor normas regulamentadoras para o setor.

As causas raiz 95, 96 e 97 dizem respeito às regulamentações relacionadas a interconexão entre usuários e gestão da energia por meio de plataformas digitais. Considerando essa conexão entre as infraestruturas de energia e dados para proporcionar o ambiente mais flexível e dinâmico possível para os usuários dos sistemas de energia, é evidente que para o contexto da EC, o setor elétrico não pode ser dividido apenas em geração, transmissão, distribuição e comercialização. Por isso, esse modelo necessita de regulamentação específica, que além da infraestrutura e questões de mercado, garanta segurança jurídica entre injeção, consumo, medição e conexão entre microrredes, e transações entre plataforma virtual de gestão de energia. Além disso, a responsabilidade pela regulamentação de um cenário de energia baseado na nuvem deve convergir para o órgão regulador e entidades já estabelecidas. Pois ao invés de serem criadas

mais instituições, as já existentes devem ser fortalecidas para fazer valer o conceito da SE. Um especialista reforça que os órgãos reguladores poderiam melhorar sua atuação quanto ao fato de acompanhar os desafios da implantação das tecnologias que envolvem a energia descentralizada.

Outro fator de debate é o fato de a energia ser regulada por agências privadas ou governamentais. A causa raiz “108. Tem-se a percepção de que o governo "perderá" se não for excessivamente regulado” está relacionada a essa questão. Alguns especialistas defendem que energia não pode ser regulada por uma agência autônoma que defenda interesses e que é assunto fundamental de um governo. Porém, conforme a ARA, essa questão apresenta a desvantagem da morosidade no processo, tendo em vista que o “107. Governo regulamenta em excesso” e “106. A tomada de decisão é lenta” e “105. O processo de regulamentação é lento”. As políticas governamentais podem vir a acelerar ou retardar o processo, podendo não ter continuidade devido as eleições. Já o fato de o processo de regulamentação de energia ser realizado pelo setor privado, teria o risco do autobenefício.

Nesse sentido, outro especialista reforça que o processo de regulamentação deve ser papel do Estado, que precisa zelar pelo equilíbrio das relações entre os investidores e usuários de energia. Por isso, políticas precisam ser formuladas de forma independente da administração governamental, e de acordo com um especialista entrevistado, a responsabilidade pela SE precisa ser compartilhada, mas liderada pelo Congresso Nacional e por uma agência reguladora com atuação independente de mudanças de governo. Por isso, deve-se “Compartilhar a responsabilidade da SE entre público e privado”. Assim, a regulamentação deve ser independente, sem interesses públicos e privados, porém com fiscalização dos entes públicos.

Outra questão é a causa raiz 100 sobre o fato de a tarifa monômnia estar defasada. Um especialista do grupo focal comenta sobre a migração da tarifa monômnia para a binômnia, ao comentar que “a priori, mudar a estrutura de tarifa, considerando o atual modelo de geração, ainda muito dependente da geração centralizada e uso intensivo da rede, vai encarecer a tarifa em um primeiro momento, porque o investimento em tecnologia e investimento para viabilizar a tarifa binômnia seria grande. A tarifa binômnia só passará a ficar barata quando tiver oferta de geradores distribuídos com energia mais barata e possibilidade de cambiar energia entre os usuários. Então, há um desacoplamento inicial (investimento e impacto da nova tarifa) para aumentar a reserva de geração distribuída e equipamentos para poder fazer as *smart grids* funcionarem, tendo assim um grande impacto de investimento inicial, mas que a longo prazo tende a baratear a tarifa”. Assim, a curto prazo encarece, mas no futuro torna a tarifa mais barata. Portanto, sugere-se a mudança para um sistema tarifário binômio por meio de um calendário de

implantação, pois essa mudança deve acontecer de maneira gradual.

Ainda, especialistas sugerem a necessidade de “Possuir projetos pilotos por microrregiões para testar o modelo”, tendo em vista que a tecnologia sempre está na frente da legislação, por isso, esses projetos serviriam como primeira experiência e conseguiriam mostrar que as redes podem trabalhar de maneira isolada, e a partir disso, com tecnologias como as de armazenamento, é possível clarear o conceito de SE. Como esse conceito não vai se expandir de maneira rápida nacionalmente, sugere-se que se trabalhe por microrregiões para então depois possuir condições de uma regulamentação consolidada.

5.5.6 Fatores externos e de informação

Os fatores externos e de informação são referentes a dados sobre consumo de energia, informações sobre suporte, políticas que não estão relacionadas com energia, e empresas que influenciam nas decisões de agências reguladoras. Conforme ARA e Quadro 9, são 6 as causas raiz atreladas a esses fatores.

Quadro 9 - Causas raiz e ações dos fatores externos e de informação

EI	Descrição	Ação
25	O consumidor desconhece dados de geração e consumo	Representar os dados e ter transparência das partes interessadas Usar audiências e consultas públicas como insumos
36	Faltam projetos de P&D para a área de energia	Ter mais participação de instituições de pesquisa
37	Gestores de empresas de energia as vezes desconsideram os benefícios de outras fontes de geração de eletricidade	
40	Falta regulamentação específica sobre descarte/reciclagem	Possuir regulamentação específica
78	Não são somente regulações focadas em energia que interferem o desenvolvimento da EC	Possuir sistema de infraestrutura Aumentar as redes de comunicação para transmissão de dados a longa distância Existir segurança e privacidade de dados Existir corretora para compra e venda

		Regulamentar o processamento e armazenamento de dados
		Regulamentar serviços de plataforma
80	Questão judicial atrapalha o papel do agente regulador	Ter mais posicionamento do órgão regulador

O fato de o consumidor desconhecer dados de geração e consumo (EI 25) é algo que acarreta uma série de outros efeitos, pois se isso existe, então falta conhecimento sobre esses dados (EI 24), existem dúvidas sobre como é feita a gestão de energia (EI 23), e então a maioria dos consumidores não se interessam por essas questões (EI 18), além de prejudicar a maximização dos resultados ao aumentar os riscos, gerar custos desnecessários e prejudicar a eficiência energética. Então, são sugeridas a “Representação os dados e ter transparência das partes interessadas” e “Usar audiências e consultas públicas como insumos”, com o objetivo de colher subsídios e informações junto à sociedade, que estaria colaborando com o setor de energia e com a democratização do setor. Conforme especialista, as informações de consumo e de produção precisam ser de conhecimento da agência reguladora para que sejam estabelecidas estratégias de sustentabilidade econômica da energia como um todo. Portanto, a conscientização do consumidor para a questão de coleta de informações, por meio de movimentos sociais organizados, por exemplo, é uma alternativa para a comunicação entre os consumidores e os responsáveis pela regulamentação, pois em fase de transição para um ambiente inovador, toda a informação é requerida e importante.

As causas raiz 36 e 37 acarretam outros efeitos indesejados como a falta de compreensão sobre a contribuição das tecnologias novas para gestão de energia (EI 35) e treinamento insuficiente quanto à entrada de novas tecnologias de energia (EI 34). A entrega de produtos e serviços por meio de Projetos de Pesquisa & Desenvolvimento contribuem com o progresso tecnológico e compreensão sobre os benefícios das tecnologias envolvidas na geração de energia e gestão da SE, além de fortalecer o know how por parte dos formuladores de políticas que teriam acesso às informações geradas através desses projetos. Por isso, a ação “Ter mais participação de instituições de pesquisa” para as causas raiz 36 e 37 é importante, tendo em vista que a EC ainda é um fenômeno em expansão que necessita de mais estudo, mais pesquisa e mais desenvolvimento. Nesse sentido, as partes interessadas e as organizações de auditoria precisam ser respondidas, de modo que as operações possam ser auditadas e monitoradas, com o objetivo de averiguar o consumo, eficiência energética de equipamentos, perdas, e se a gestão de SE está sendo feita com eficácia, o que reforça a necessidade da demonstração de dados sobre consumo e produção de energia. Como a SE engloba um mix de geração de energia de fontes renováveis,

outro desafio são as regulamentações relacionadas ao descarte ou reciclagem dos materiais envolvidos nesse processo. Por isso, considerando todos os benefícios da energia solar, existe urgência de atenção para a causa raiz “40. Falta regulamentação específica sobre descarte/reciclagem”, que necessita de medidas legais de descomissionamento.

Sabe-se que a EC é constituída por diferentes camadas, cada uma responsável por sua função ou serviço específico, e por isso, “78. Não são somente regulações focadas em energia que interferem o desenvolvimento da SE”. Essa causa raiz acarreta outros EIs, como o fato de que “76. Fatores externos à regulamentação interferem no processo regulatório da EC” que então depende de políticas provenientes de outros setores (EI 75), e não apenas de políticas focadas em energia (EI 74). Portanto, para a regulamentação desse sistema, alguns pontos devem ser considerados, como “Possuir sistema de infraestrutura”, que remete a toda infraestrutura responsável pelos serviços de energia e serviços referentes à gestão e armazenamento de dados, e “Aumentar as redes de comunicação para transmissão de dados a longa distância” são fatores externos à regulamentação de energia que carecem de atenção ao considerar um arranjo regulatório para a SE. Regulamentações voltadas para a segurança e privacidade de dados é outra necessidade, tendo em vista que a SE é um sistema interconectado que necessita de alto nível de segurança e privacidade integrada entre todas as camadas (CARVALHO et al., 2021). Existe a necessidade de normas para conduzir os serviços da corretora para compra e venda, dada a autonomia que os consumidores terão para a gestão de compra, troca e venda de energia, e serviços em nuvem. Necessidade também de ações de regulamentação voltadas para processamento e armazenamento de dados, como regulamentações com foco na eficiência energética de data centers e na eficiência da alocação das tarefas a serem realizadas na nuvem (CARVALHO et al., 2021). Ainda, reguladores devem atentar-se para normas que guiem os serviços de plataforma, que intermediarão as interações entre os consumidores.

Outro ponto é a interferência do setor judiciário nas regulações, o que atrapalha o papel do agente regulador (EI 80). A interferência política é um fator externo que interfere nas decisões regulatórias, pois conforme especialista do grupo focal, as decisões precisam ser tomadas com maior qualidade técnica e ser norteadas pelo marco regulatório e não por contextos políticos. Isso acontece com alguns Projetos de Lei, que por motivos políticos, não são aprovados. Portanto, é preciso “Ter mais posicionamento do órgão regulador”, que deve ser posicionar contra essas questões de modo que as interferências diminuam. Esses EI são referentes a políticas de outros setores e não estão relacionados diretamente à energia, mas são setores chave para o funcionamento da SE e devem ser considerados ao estabelecer um conjunto de medidas regulatórias.

5.5.7 Ideologia embutida na regulamentação

Os fatores de ideologia embutida na regulamentação (Quadro 10) se referem as questões de ideologia de agentes regulatórios, rivalidade dos grupos de interesse e pluralismo do país. Foram identificadas 4 causas raiz e 2 ações para esses fatores.

Quadro 10 - Causas raiz e ações dos fatores de ideologia embutida na regulamentação

EI	Descrição	Ação
71	Existem fatores de ideologia embutida na regulamentação	Responsabilizar o órgão regulador para equilibrar as forças da diversidade de opiniões
73	A pluralidade de interesses dificulta a criação e propagação de políticas voltadas à EC	
89	A rivalidade entre grupos de interesse afeta a distribuição de subsídios	
67	Empresas querem políticas conforme suas próprias tecnologias	Dar autonomia ao órgão regulador

A causa raiz “71. Existem fatores de ideologia embutida na regulamentação” somada a causa raiz “73. A pluralidade de interesses dificulta a criação e propagação de políticas voltadas à SE”, acarreta uma série de outros EIs, como o fato de existir pressão de associações e grupos de empresas como integradoras e distribuidoras (EI 70), que querem adaptação do governo com base em sua solução preferida (EI 69). Nessa mesma linha, a causa raiz “89. A rivalidade entre grupos de interesse afeta a distribuição de subsídios” acarreta o fato dos consumidores não conseguirem se beneficiar rapidamente das tecnologias novas (EI 88), torna o desenvolvimento de novos mercados lento (EI 87), além de outros EIs. A ação “Responsabilizar o órgão regulador para equilibrar as forças da diversidade de opiniões” é sugerida para as causas raiz 71, 73 e 89, visto que as agências reguladoras têm a missão de equilibrar os interesses dos grupos de empresas com os da sociedade. A rivalidade entre grupos de interesse deve ser tratada com cautela e de modo a não afetar o desenvolvimento de novos mercados de energia elétrica como a SE, e nem dificultar o acesso dos consumidores às novas tecnologias.

A partir da causa raiz “67. Empresas querem políticas conforme suas próprias tecnologias” outros EIs são apontados, como o fato de que “66. Os gigantes da indústria podem alinhar forças para ofertas de tecnologia” e então entram as questões relacionadas ao lobbyismo dessas empresas juntos aos formuladores de políticas e governos (EI 65). Portanto, especialistas reforçam que é necessário o fortalecimento do órgão regulador de energia para tratar as questões de

lobbyismo. Considerando essa necessidade, a ação para essa causa raiz é a “Dar autonomia ao órgão regulador” para não beneficiar apenas um setor do mercado de energia em específico.

5.6 CONCLUSÕES

A regulamentação de energia é um processo que envolve diversos atores, etapas e fatores que interferem nas tomadas de decisões, no desenvolvimento e propagação de um cenário de energia mais digitalizado e dinâmico, composto principalmente por energias renováveis. Em vista disso, conhecer e analisar o funcionamento desse sistema e identificar quais são os problemas que atrasam ou limitam o avanço rumo a inovação, é uma importante questão para o futuro do setor energético. Portanto, o objetivo desse artigo foi propor um diagnóstico do cenário regulatório de energia atual direcionado para a SE.

Fatores que interferem na regulamentação de energia com ênfase em SE, levantados na literatura, foram apresentados à especialistas do setor energético por meio de entrevistas, e com as informações coletadas, uma ARA foi construída. Os insights apresentados na ARA ajudam a fornecer a direção adequada para uma regulamentação com foco em um cenário de energia descentralizada, democrático e dinâmico, como é o caso da SE. Este estudo tem algumas implicações práticas para pesquisadores, empresas e órgãos reguladores de energia, dentre elas, algumas são destacadas a seguir:

- É necessário aumentar a consciência dos consumidores por meio de políticas sociais e formular estratégias para implementar essas políticas, para então enfrentar as questões ambientais e falta de conhecimento acerca das tecnologias inteligentes para geração e gestão de energia. Os consumidores devem estar ativamente envolvidos em tecnologias de redes inteligentes.

- As tecnologias devem ser acessíveis a todos, e políticas que visam subsídios de acesso para aquisição das tecnologias para implementação e monitoramento são necessárias, de modo que os consumidores comecem a ser mais ativos em todo o processo de energia elétrica. Pois, sem divulgação e capacitação da sociedade sobre novas tecnologias e formas de relacionamento com empresas de energia, pode haver resistências as alterações, pois podem não vislumbrar os benefícios.

- A SE vai se desenvolver se for vantajoso sob o ponto de vista econômico e por isso, é importante priorizar o interesse dos players que atuam no SEB, embora possa haver resistência dos mesmos por conta das mudanças que a SE traz consigo. Como exemplo tem-se o atual modelo de concessão (contratual), que pode dificultar a formação desse novo modelo.

- A responsabilidade pela regulamentação da SE precisa ser compartilhada entre público

e privado. Por ser público, apresenta as vantagens de ser um elemento neutro ao processo e favorecer o interesse público, além de garantir transparência e poder ser cobrada, porém, como desvantagem, é possível citar a morosidade no processo e tomada de decisão. Uma agência autônoma poderia defender os interesses de alguns players ou se auto beneficiar. Portanto, a regulação e fiscalização deve ser pública.

Este estudo limitou-se a fazer um diagnóstico do cenário da regulamentação atual de energia, e por meio deste foi analisado as deficiências e o que pode ser alterado para se ter uma gestão de energia baseada na nuvem. Portanto, neste estudo não foram analisadas as regulamentações de energia e nem foram sugeridas novas leis, e sim apresentados caminhos norteadores para regulamentar e capacitar o ambiente regulatório para suportar a inserção de tecnologias relacionadas ao tema. Ainda, este estudo possui relevância acadêmica (tendo em vista as publicações crescentes acerca do tema) e organizacional. O que comprova a importância a nível organizacional foram as entrevistas e grupos focais com os especialistas da área, que se mostraram interessados e comprometidos com a temática. Dessa forma, este estudo e os resultados nele levantados fornecem um guia para a formulação de políticas e estabelecimento de metas, sendo útil para pesquisadores, governos formuladores de políticas e demais instituições interessadas. Políticas governamentais que sejam práticas e benéficas devem ser desenvolvidas para ajudar a construir a confiança dos consumidores em relação a um modelo de gestão de energia baseado na nuvem. Como pesquisa futura, sugere-se a elaboração de um framework que contemple quem são os players responsáveis por cada uma das ações sugeridas nessa pesquisa.

5.7 REFERÊNCIAS

ADLY, Bassent; EL-KHOULY, Tamir. Combining retrofitting techniques, renewable energy resources and regulations for residential buildings to achieve energy efficiency in gated communities. **Ain Shams Engineering Journal**, [s. l.], v. 13, n. 6, p. 101772, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2022.101772>

AIKENHEAD, Graham *et al.* Application of process mapping and causal loop diagramming to enhance engagement in pollution prevention in small to medium size enterprises: case study of a dairy processing facility. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 102, p. 275–284, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.04.069>

AL FARUQUE, M.A.; VATANPARVAR, K. Energy Management-as-a-Service over Fog Computing Platform. **IEEE Internet of Things Journal**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 161–169, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2015.2471260>

ALNOWIBET, Khalid *et al.* Effective Energy Management via False Data Detection Scheme for the Interconnected Smart Energy Hub–Microgrid System under Stochastic Framework. **Sustainability**, [s. l.], v. 13, n. 21, p. 11836, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su132111836>

ARCHANA; SHANKAR, Ravi; SINGH, Shveta. Development of smart grid for the

power sector in India. **Cleaner Energy Systems**, [s. l.], v. 2, p. 100011, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.CLES.2022.100011>

ARMSTRONG, J H. Modeling effective local government climate policies that exceed state targets. **Energy Policy**, [s. l.], v. 132, p. 15–26, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.05.018>

BEN ABDELJAWED, Hamza; AMRAOUI, Lilia El. Prospects for synergies between low-voltage DC microgrid technology and peer-to-peer energy trading markets. **Sustainable Production and Consumption**, [s. l.], v. 28, p. 1286–1296, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2021.07.029>

BENTO, N; BORELLO, M; GIANFRATE, G. Market-pull policies to promote renewable energy: A quantitative assessment of tendering implementation. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 248, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119209>

BHANOT, Jaya; JHA, Vivek. Moving towards tangible decision-making tools for policy makers: Measuring and monitoring energy access provision. **Energy Policy**, [s. l.], v. 47, n. SUPPL.1, p. 64–70, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2012.03.039>

CARVALHO, Patrícia Stefan *et al.* Proposal for a new layer for energy cloud management: The regulatory layer. **International Journal of Energy Research**, [s. l.], p. er.6507, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/er.6507>

COX III, J. F.; SCHLEIER, J. G. **Handbook da teoria das restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

DA COSTA, Janaina Mascarenhas Hornos *et al.* A new way to diagnose the new product development process based on recurring current reality trees. **Business Process Management Journal**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 667–687, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/BPMJ-01-2017-0020>

ESAPOUR, Khodakhast *et al.* A novel energy management framework incorporating multi-carrier energy hub for smart city. **IET Generation, Transmission & Distribution**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1049/gtd2.12500>

FANG, Dawei *et al.* Edge intelligence based Economic Dispatch for Virtual Power Plant in 5G Internet of Energy. **Computer Communications**, [s. l.], v. 151, p. 42–50, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.12.021>

FRATE, C A; BRANNSTROM, C. Stakeholder subjectivities regarding barriers and drivers to the introduction of utility-scale solar photovoltaic power in Brazil. **Energy Policy**, [s. l.], v. 111, p. 346–352, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.09.048>

GIORDANO, A. *et al.* An energy community implementation: The unical energy cloud. **Electronics (Switzerland)**, [s. l.], v. 8, n. 12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/electronics8121517>

GONZÁLEZ, Mario Orestes Aguirre; GONÇALVES, Joeberson S.; VASCONCELOS, Rafael M. Sustainable development: Case study in the implementation of renewable energy in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 142, p. 461–475, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.10.052>

IWARO, Joseph; MWASHA, Abraham. A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries. **Energy Policy**, [s. l.], v. 38, n. 12, p. 7744–7755, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.027>

JACKSON INDERBERG, T H *et al.* The dynamics of solar prosuming: Exploring interconnections between actor groups in Norway. **Energy Research and Social Science**, [s. l.], v. 70, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101816>

JARARWEH, Y. Enabling efficient and secure energy cloud using edge computing and 5G. **Journal of Parallel and Distributed Computing**, [s. l.], v. 145, p. 42–49, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2020.06.014>

KIM, Jin-Young; CHO, Sung-Bae. Explainable prediction of electric energy demand

using a deep autoencoder with interpretable latent space. **Expert Systems with Applications**, [s. l.], v. 186, p. 115842, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2021.115842>. Acesso em: 30 set. 2021.

KRISTENSEN, Heidi Simone; MOSGAARD, Mette Alberg; REMMEN, Arne. Integrating circular principles in environmental management systems. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 286, p. 125485, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.125485>

KULKARNI, N.; LALITHA, S.V.N.L.; DEOKAR, S.A. Real time control and monitoring of grid power systems using cloud computing. **International Journal of Electrical and Computer Engineering**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 941–949, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.11591/ijece.v9i2.pp.941-949>

KUMAR, Krishna; SAINI, R. P. Economic analysis of operation and maintenance costs of hydropower plants. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, [s. l.], v. 53, p. 102704, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2022.102704>

LACERDA, Daniel Pacheco; CASSEL, Ricardo Augusto; RODRIGUES, Luis Henrique. Service process analysis using process engineering and the theory of constraints thinking process. **Business Process Management Journal**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 264–281, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/14637151011035598>

LIU, Yi *et al.* Intelligent Edge Computing for IoT-Based Energy Management in Smart Cities. **IEEE Network**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 111–117, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MNET.2019.1800254>

LOWALEKAR, Harshal; RAVI, R. Raghavendra. Revolutionizing blood bank inventory management using the TOC thinking process: An Indian case study. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 186, p. 89–122, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2017.02.003>

MORELLI, Giovanna *et al.* Designing Smart Energy Systems in an Industry 4.0 Paradigm towards Sustainable Environment. **Sustainability**, [s. l.], v. 14, n. 6, p. 3315, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su14063315>

NOREEN, Eric W. *et al.* The theory of constraints and its implications for management accounting. [s. l.], p. 187, 1995.

OKWANYA, Innocent *et al.* Evaluating renewable energy choices among rural communities in Nigeria. An insight for energy policy. **International Journal of Energy Sector Management**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 157–172, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJESM-12-2019-0001>

PARVIN, K. *et al.* The future energy internet for utility energy service and demand-side management in smart grid: Current practices, challenges and future directions. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, [s. l.], v. 53, p. 102648, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2022.102648>

PEREIRA BASTOS, S A; DE MACEDO-SOARES, T.D.L.A. Framework for the analysis of corporate political strategies pertinent to regulation: A relational perspective. **Corporate Ownership and Control**, [s. l.], v. 8, n. 4 F, p. 487–498, 2011.

QUAN, Shengwei *et al.* Real-time energy management for fuel cell electric vehicle using speed prediction-based model predictive control considering performance degradation. **Applied Energy**, [s. l.], v. 304, p. 117845, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2021.117845>. Acesso em: 30 set. 2021.

RAHMAN, Shams ur. The theory of constraints' thinking process approach to developing strategies in supply chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, [s. l.], v. 32, n. 10, p. 809–828, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/09600030210455429>

RENUGADEVI, N.; SARAVANAN, S.; NAGA SUDHA, C.M. IoT based smart

energy grid for sustainable cities. **Materials Today: Proceedings**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.02.270>

SAIDANI NEFFATI, Omnia *et al.* Migrating from traditional grid to smart grid in smart cities promoted in developing country. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, [s. l.], v. 45, p. 101125, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2021.101125>

SCHAEFER, Jones Luís *et al.* Management Challenges and Opportunities for Energy Cloud Development and Diffusion. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 16, p. 4048, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en13164048>. Acesso em: 23 set. 2020.

SCHAEFER, Jones Luís; SILUK, Julio Cezar Mairesse; CARVALHO, Patrícia Stefan de. An MCDM-based approach to evaluate the performance objectives for strategic management and development of Energy Cloud. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 320, p. 128853, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.128853>. Acesso em: 7 set. 2021.

SICILIANO, Alexandre. Regulação Incentivada: Simplificação ou Complicação na Supervisão das Concessionárias de Eletricidade? **Revista do BNDES**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 243–266, 2005.

SILVA, M. Z. da *et al.* Performance Evaluation of Technology Park Implementation Phase through Multicriteria Methodology for Constructivist Decision Aid (MCDA-C). **Modern Economy**, [s. l.], v. 7, p. 1687–1705, 2016.

SONG, Meng *et al.* Applications of shared economy in smart grids: Shared energy storage and transactive energy. **The Electricity Journal**, [s. l.], v. 35, n. 5, p. 107128, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.TEJ.2022.107128>

STEFAN DE CARVALHO, Patricia *et al.* Analysis of Factors that Interfere with the Regulatory Energy Process with Emphasis on the Energy Cloud. **International Journal of Energy Economics and Policy**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 325–335, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.32479/IJEEP.12644>. Acesso em: 9 abr. 2022.

TIWARI, Kamlesh; KHAN, Mohammad Shadab. Sustainability accounting and reporting in the industry 4.0. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 258, p. 120783, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.120783>

TRONCHIN, L; MANFREN, M; NASTASI, B. Energy efficiency, demand side management and energy storage technologies – A critical analysis of possible paths of integration in the built environment. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 95, p. 341–353, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.060>

ZAMANI, Reza; PARSA MOGHADDAM, Mohsen; HAGHIFAM, Mahmoud-Reza. Evaluating the Impact of Connectivity on Transactive Energy in Smart Grid. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 2491–2494, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TSG.2021.3136776>

ZHANG, Qiaolian *et al.* Editable and Verifiable Anonymous Authentication Incorporating Blockchain in the Internet of Energy. **Electronics**, [s. l.], v. 11, n. 13, p. 1992, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/electronics11131992>

APÊNDICE

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE PESQUISA I – ROTEIRO DAS ENTREVISTAS
PARA A ARA

DIAGNÓSTICO DO CENÁRIO DE REGULAMENTAÇÃO DA SMART ENERGY

Este instrumento de pesquisa é relacionado à pesquisa de doutorado da aluna Patrícia Stefan de Carvalho, sob orientação do Prof. Dr. Julio Cezar Mairesse Siluk do Núcleo de Inovação e Competitividade, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil.

A Smart Energy é uma rede multidirecional que irá oferecer a interconexão de usuários finais, favorecendo a geração, armazenamento, consumo e compartilhamento de energia elétrica. Esse modelo de gestão de energia irá ocorrer por meio de plataformas online, que serão gerenciadas por orquestradores de rede que conectam os clientes aos serviços.

Por se tratar de um modelo futuro, a Smart Energy ainda não possui um órgão responsável pela fiscalização, regulamentação e controle. Portanto, o objetivo geral dessa pesquisa é propor um diagnóstico para o cenário de regulamentação da Smart Energy

O objetivo desse instrumento de coleta de dados é coletar informações a respeito da sua percepção sobre o processo de regulamentação de energia com ênfase no cenário da Smart Energy.

Portanto, você, indicado como especialista e representante da área, irá responder esse instrumento de pesquisa científica conforme roteiro abaixo. O roteiro de entrevistas está distribuído conforme fatores que interferem no processo de regulamentação do setor de energia e é composto por questões discursivas.

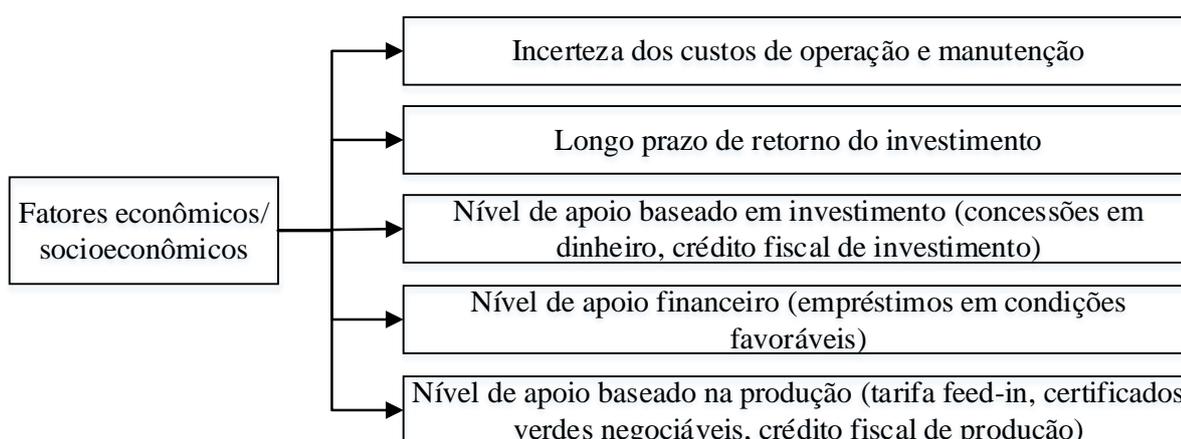
Obrigada pela sua participação! Após as análises das respostas, de acordo com a convergência dos dados, você poderá ser convidado para a validação do diagnóstico construído.

Termo de Consentimento: ao consentir, você declara que autoriza a sua participação e que seus dados coletados serão utilizados como parte de um trabalho de pesquisa científica.	SIM	NÃO
---	-----	-----

Caracterização dos respondentes	
Qual alternativa melhor define sua atuação no ramo da gestão de energia?	Marque a opção correspondente
Representante do governo	
Membro de agência reguladora ou associação de empresas de energia	
Pesquisador ou professor de universidade	
Representante de agentes financeiros públicos, privados ou investidor da área de energia	
Representante de empresa integrante da cadeia de suprimentos re-	

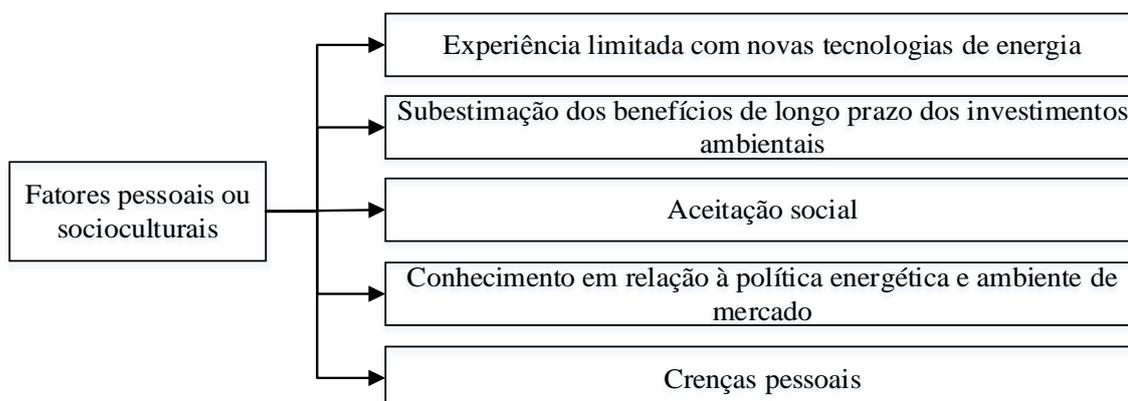
lacionada ao setor de energia e nuvem de dados (fabricantes, desenvolvedores, instaladores, etc.)	
Usuário dos sistemas de energia	
Representante de empresa prestadora de serviços na área de energia e nuvem de dados (data centers, concessionárias, empresas geradoras, transmissoras ou de distribuição)	
Qual das opções abaixo melhor define o cargo ocupado por você na sua organização?	Marque a opção correspondente
Proprietário ou acionista	
Diretor ou gerente	
Cargo na área técnica (Técnico / Supervisor / Analista)	
Pesquisador ou consultor	
Profissional autônomo	
Outro	
Em qual país você reside?	

Fatores econômicos/socioeconômicos



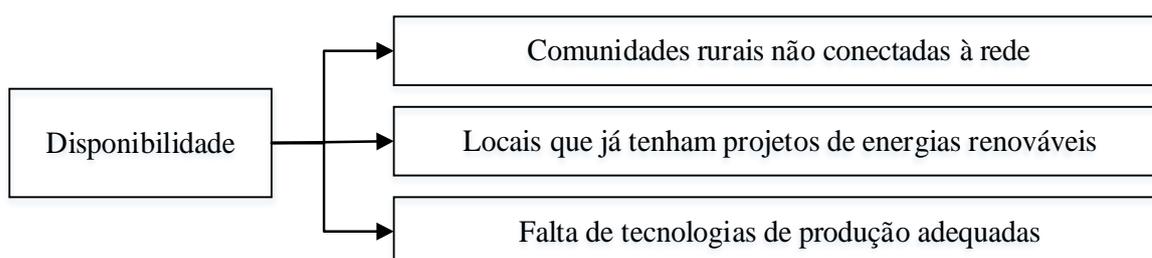
1. Como você acha que os fatores econômicos estão influenciando no desenvolvimento de políticas que favorecem a consolidação da Smart Energy?
2. Você considera que exista uma falta de apoio financeiro por parte do governo e políticas de subsídio em relação aos investimentos para a geração própria de energia? Por quê?
3. Você concorda que tarifas feed-in, certificados verdes negociáveis ou crédito fiscal de produção, sejam uma opção viável de incentivo financeiro para o uso de energias renováveis? Por quê?
4. Além dos fatores acima apresentados, você tem sugestões de fatores econômicos que afetam a criação de políticas de desenvolvimento e adoção da Smart Energy? Quais são?

Fatores pessoais ou socioculturais



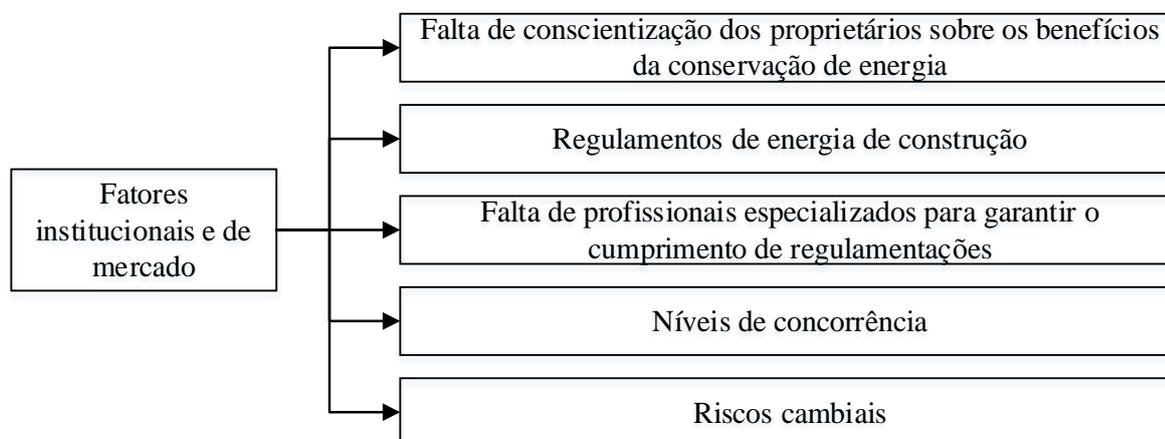
5. Por que a experiência e contato limitado em relação às novas tecnologias de energia irá afetar no desenvolvimento de políticas relacionadas a Smart Energy?
6. Quais são as causas da subestimação dos benefícios da implementação e uso de energias renováveis? Quais os impactos negativos que isso proporciona?
7. Quais os impactos negativos da inserção massiva de tecnologia para a efetivação do consumo de eletricidade? Como o processo de desenvolvimento de políticas pode contribuir na mudança comportamental dos consumidores para a aceitação dessa interconexão digital que se aproxima?
8. Além dos fatores acima apresentados, você tem sugestões de fatores pessoais ou socioculturais que afetam a criação de políticas de desenvolvimento e adoção da Smart Energy? Quais são?

Disponibilidade



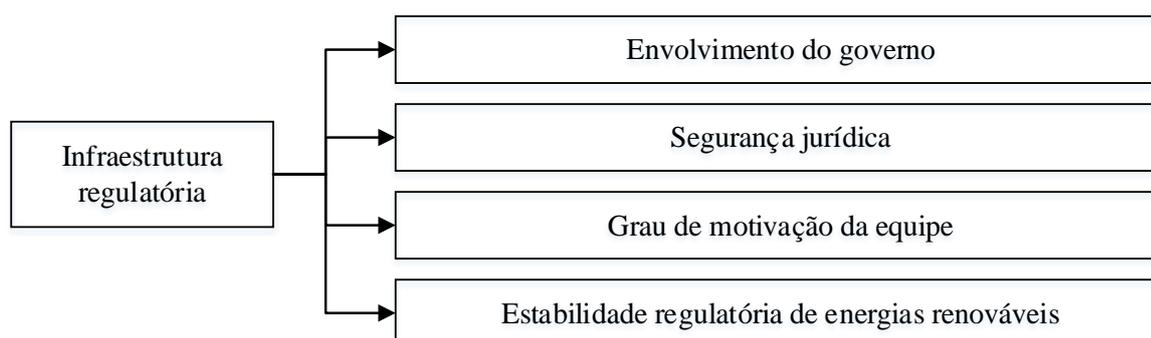
9. De que forma você considera que fatores de disponibilidade (fatores acima) interferem na criação de políticas que contribuam para a consolidação de energias renováveis e Smart Energy?
10. Além dos fatores acima apresentados, você tem sugestões de fatores de disponibilidade que afetam a criação de políticas de desenvolvimento e adoção da Smart Energy? Quais são?

Fatores institucionais e de mercado



11. Quais mudanças deveriam ocorrer no âmbito regulatório para comportar a entrada da Smart Energy no mercado energético?
12. Você acredita que exista um treinamento insuficiente de gestores em geral (empresas de energia elétrica) em relação à entrada de novas tecnologias de energia (geração, consumo, compartilhamento e gestão de dados) no mercado? Como?
13. Você acredita que níveis de concorrência e riscos cambiais interfiram no desenvolvimento de políticas que contribuam para a consolidação de energias renováveis e Smart Energy? Como?
14. Além dos fatores acima apresentados, você tem sugestões de fatores institucionais e de mercado que afetam a criação de políticas de desenvolvimento e adoção da Smart Energy? Quais são?

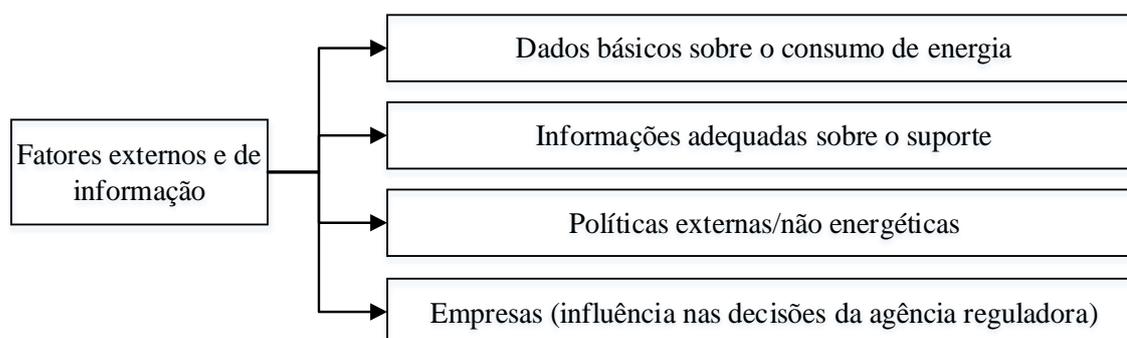
Infraestrutura regulatória



15. A mudança que está ocorrendo nas regulamentações de energia está acompanhando os desafios da implantação das tecnologias que envolvem a energia descentralizada?
16. Quais os impactos negativos que a falta de segurança jurídica traz ao processo de regulamentação de energia?
17. Quais as vantagens e desvantagens do envolvimento do governo no processo de regulamentação de energia? Você considera mais vantajoso essa responsabilidade ser pública ou privada?

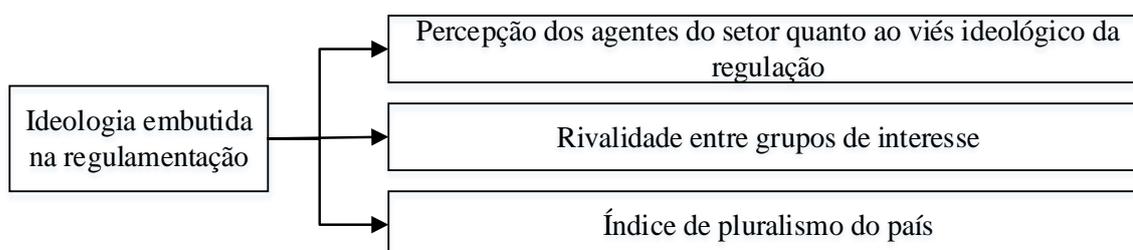
18. Além dos fatores acima apresentados, você tem sugestões de fatores relacionados à infraestrutura regulatória que afetam a criação de políticas de desenvolvimento e adoção da Smart Energy? Quais são?

Fatores externos e de informação



19. Você considera que fatores externos à regulamentação como os da figura acima interferem no processo regulatório de energia? Como?
20. Além dos fatores acima apresentados, você tem sugestões de fatores relacionados à fatores externos e de informação que afetam a criação de políticas de desenvolvimento e adoção da Smart Energy? Quais são?

Ideologia embutida na regulamentação



21. Você considera que fatores de ideologia como rivalidade entre grupos de interesse afetam no desenvolvimento de políticas regulatórias de energia? Como?
22. Um país pluralizado dificulta a criação de políticas que favoreçam a propagação de políticas voltadas à Smart Energy? Como?
23. Além dos fatores acima apresentados, você tem sugestões de fatores relacionados à ideologia embutida na regulamentação o que afetam a criação de políticas de desenvolvimento e adoção da Smart Energy? Quais são?

6 FRAMEWORK - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As capacidades tecnológicas relacionadas à energia estão em constante mudança e aprimoramento, enquanto diferentes tipos de dados estão disponíveis em quantidades cada vez maiores e com maior granularidade. Além disso, a digitalização está desempenhando um papel crescente no setor energético, estando relacionada com a gestão de energia, análise de dados, redes de comunicação, armazenamento, redes inteligentes e gerenciamento de demanda. Nesse contexto, torna-se crucial que as regulamentações acompanhem esse ambiente em constante transformação. Com base nisso, muitos países estão em busca da transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis, e estão implementando políticas e regulamentações para promover essa transição. O cenário regulatório de energia é composto por elementos que variam de acordo com o país ou região, e buscam regular e orientar o setor energético. Esses elementos incluem diferentes processos e atores, agências reguladoras, políticas energéticas, incentivos e subsídios, acordos internacionais, entre outros fatores.

Os processos da regulação de energia envolvem uma série de etapas e atividades para estabelecer e implementar políticas, normas e regulamentos. Esses processos são desenvolvidos para garantir um ambiente regulatório eficiente, seguro e sustentável. Os atores presentes neste cenário são os indivíduos, organizações e instituições que desempenham um papel ativo na formulação, implementação e execução das políticas e regulamentações do setor energético. No grupo de atores estão incluídos desde os consumidores, que desempenham um papel importante no processo regulatório, pois são diretamente afetados pelas políticas e regulamentos energéticos, até o governo, que desempenha um papel central na regulação, por meio de ministérios, agências governamentais e órgãos reguladores específicos. É importante ressaltar que o cenário regulatório de energia está em constante evolução, conforme novas tecnologias e desafios surgem. Portanto, é necessário acompanhar as mudanças regulatórias para entender o contexto do setor energético em um determinado país ou região.

A fim de efetivar a Smart Energy, é necessário promover a descentralização da regulamentação existente, reestruturando a forma de compra e venda, distribuição, compartilhamento e armazenamento de energia. Portanto, o objetivo dessa etapa da pesquisa foi estruturar um framework acerca do cenário regulatório de energia com oportunidades para a implementação da SE. Esse framework fornece um conjunto de ações que são uma oportunidade regulatória, levando em consideração a dinamicidade do cenário da SE. Ele foi fundamentado nas etapas anteriores dessa pesquisa e estabelece uma conexão entre todos os resultados, considerando os

atores e processos do sistema regulatório de energia, bem como os principais desafios que impactam o desenvolvimento da SE.

A tese em questão foi subdividida em cinco etapas, das quais as quatro primeiras foram estruturadas como artigos. Na primeira etapa, foram identificadas sugestões regulatórias com base nas camadas que compõem a SE. A segunda etapa consistiu no mapeamento dos atores e processos que compõem o cenário regulatório de energia. Em seguida, na terceira etapa, foram elencados os fatores que interferem nesse cenário, estabelecendo relações com a SE. Na quarta etapa, foram identificadas as causas que impactam esse cenário regulatório. Na etapa cinco, é desenvolvido o framework que integra as descobertas das etapas anteriores e oferece uma análise da atual situação regulatória de energia, juntamente com oportunidades de modificações e adaptações para atingir uma SE.

Com base nisso, a Figura 16 retrata um mapa mental referente ao cenário de regulamentação da Smart Energy e foi usada como referência para a elaboração do framework. Essa representação gráfica engloba os processos principais, os sub processos, os atores envolvidos (STEFAN DE CARVALHO et al., 2022) e o número de ações de cada processo (Artigo 4). Além disso, a figura também evidencia as interações entre esses componentes da regulamentação, permitindo a análise de quais elementos estão contidos dentro de outros.

A Figura 17 apresenta o framework, constituído por sete processos principais ou sete pilares, que orientam a organização da estrutura. Esse framework incorpora os resultados das etapas anteriores e é uma representação visual informativa desse cenário. Cada pilar representa uma coluna, e além do processo principal, inclui os processos secundários e atores, elencados no artigo 2 (STEFAN DE CARVALHO et al., 2022), e ações norteadoras para alcançar a SE, identificadas no artigo 4. As ações estão separadas por cores, sendo que cada cor corresponde a um fator que interfere no processo regulatório de energia e que foram listados no artigo 3 (STEFAN DE CARVALHO et al., 2022). Os pilares não possuem dependência entre si, entretanto, em um contexto global, todos devem ser atendidos. Ao lado direito, estão as oportunidades regulatórias levantadas no artigo 1 (CARVALHO, et al., 2021).

Figura 16 - Mapa mental do cenário de regulamentação da Smart Energy



Figura 17 - Framework para o processo de regulamentação da Smart Energy

	PILAR 1	PILAR 2	PILAR 3	PILAR 4	PILAR 5	PILAR 6	PILAR 7	
Processos principais	Pesquisa de política regulatória	Códigos e padrões de energia	Fase orientada para o mercado	Processo de desenvolvimento padrão	Apoio governamental	Processo administrativo	Financiamento/incentivos de créditos	Oportunidades regulatórias
Processos secundários	Planejamento da demanda Estratégias de transição Dados gerais Redução de emissões	Planejamento para construção civil	Benchmarking Precificação/taxas Acesso à rede Licitação	Certificação Resoluções Licenças Implementação e conformidade	Setor Jurídico, Legislativo e Executivo Regulador estadual, territorial e nacional	Inspeção Mudança de política	Subsídios de investimento	Physical: sensores e medidores inteligentes para interoperabilidade de dispositivos.
Atores	Pesquisadores Planejamento de demanda	Códigos e padrões de energia Construção	Mercado de energia Concessionárias de eletricidade Atores de elite Agências não governamentais Varejo Atacado Investidores	Entidade certificadora Agência de segurança elétrica	Agências reguladoras independentes Agências Governamentais			Fog: políticas de latência; algoritmos de balanceamento de carga; medidor inteligente.
					Setor Jurídico, Legislativo e Executivo Ministério da Energia Consumidores/comunidades	Atores empresariais	Financeiro	Network: algoritmos para auxiliar na tomada de decisão em redes de transmissão de dados.
Ações	<p>Disseminar informações sobre novas tecnologias de energia;</p> <p>Disseminar conhecimento acerca da Smart Energy;</p> <p>Desenvolver ferramentas para acelerar a inserção das pessoas no mundo da energia moderna</p> <p>Representar os dados e ter transparência das partes interessadas</p> <p>Ter mais participação de instituições de pesquisa</p> <p>Aumentar as redes de comunicação para transmissão de dados a longa distância</p> <p>Existir segurança e privacidade de dados</p> <p>Existir corretora para compra e venda</p> <p>Regulamentar o processamento e armazenamento de dados</p> <p>Regulamentar serviços de plataforma</p> <p>Fatores econômicos/socioeconômicos</p> <p>Fatores pessoais ou socioculturais</p> <p>Fatores de disponibilidade</p> <p>Fatores institucionais e de mercado</p> <p>Fatores de infraestrutura regulatória</p> <p>Fatores externos e de informação</p> <p>Fatores de ideologia</p>	Possuir sistema de infraestrutura	<p>Realocar ou redistribuir contratos vigentes</p> <p>Ser um modelo atrativo economicamente para os players que atuam no SEB</p> <p>Incentivar a criação de políticas para o desenvolvimento do setor distribuição</p> <p>Ampliar a infraestrutura de comunicação e rede</p> <p>Regulamentar um mercado que comporte a comercialização de energia direta entre usuários</p> <p>Ter outra divisão do setor elétrico que não seja geração, transmissão, distribuição e comercialização</p>	<p>Existir opções para pequenos consumidores participarem mais ativamente do processo associado à energia elétrica considerando as incertezas dos custos de O&M</p> <p>Ser um modelo que evite o efeito Averch-Johnson</p> <p>Criar GT para a SE</p> <p>Padronizar componentes de qualidade sendo oferecidos na SE</p> <p>Regrar outras formas de fluxo energético: dados e uso da nuvem</p> <p>Possuir calendário de implantação de tarifa binômia</p> <p>Possuir regulamentação específica</p>	<p>Possuir regulamentação para subsídios</p> <p>Possuir nível de apoio baseado na produção</p> <p>Possuir nível de apoio financeiro</p> <p>Possuir nível de apoio baseado em investimento</p> <p>Ter pagamento (bônus) por benefícios a rede e remunerar smartgrids</p> <p>Possuir apoio do governo e do setor privado</p> <p>Implementar projetos piloto</p> <p>Implementar trabalho social</p> <p>Possuir programa intensivo do governo/país sobre explicação e conscientização;</p> <p>Difundir políticas através de uma estratégia educacional nacional para proporcionar fácil entendimento à população</p> <p>Viabilizar o consumo de energias renováveis em localidades distantes do centro de carga</p> <p>Possuir políticas que contornem a imprevisibilidade relacionada ao risco cambial</p> <p>Possuir segurança jurídica entre os envolvidos</p> <p>Possuir processo público para colher subsídios para proposição de um arcabouço regulatório</p> <p>Ter regulamentação específica para a SE, responsabilizando instituições já existentes</p> <p>Possuir projetos pilotos por microrregiões para testar o modelo</p> <p>Compartilhar a responsabilidade da SE entre público e privado</p> <p>Usar audiências e consultas públicas como insumos</p> <p>Ter mais posicionamento do órgão regulador</p> <p>Responsabilizar o órgão regulador para equilibrar as forças da diversidade de opiniões</p> <p>Dar autonomia ao órgão regulador</p>	<p>Cloud: eficiência energética de data centers; otimização e eficiência da alocação de tarefas na nuvem; localização de data centers.</p> <p>Service: algoritmos de transformação de dados; metadados acessíveis a usuários e gestores.</p> <p>Session: Plataforma para integração de aplicativos de negócios; interoperabilidade de dispositivos.</p> <p>Application: plataforma para monitorar e controlar o consumo de energia.</p> <p>Broker: políticas de compra, troca e venda de energia e serviços em nuvem.</p> <p>Security and Privacy: algoritmos de segurança e privacidade integrada entre todas as camadas</p> <p>Third-Party Services: Disponibilidade de metadados; terceirização de provedores e energia</p> <p>Cloud Auditor: normas de auditoria para todas as camadas</p>		

Os 7 pilares, bem como os componentes que cada um compreende, foram discutidos e analisados nas subseções a seguir. As ações apresentadas no framework foram discutidas na seção 5 ARTIGO 4 - Diagnóstico do cenário regulatório de energia com ênfase em Smart Energy.

6.1 Pilar 1 - Pesquisa de Política Regulatória

O Pilar 1 abrange o processo principal de Pesquisa de Política Regulatória, que engloba a pesquisa e o desenvolvimento de novas políticas. Pesquisadores e cientistas de diferentes campos estão buscando novas soluções tecnológicas para o setor energético (RAZMJOO et al., 2022). Em relação a Smart Energy, desempenha significativo papel na promoção da inovação e tecnologia na área. Através da pesquisa, análise e desenvolvimento de políticas regulatórias, esse processo contribui para moldar o ambiente regulatório e normativo necessário para a implementação e adoção da SE. É também por meio de pesquisas, análises de mercado e consultas com partes interessadas e atores da área, que é possível entender as lacunas regulatórias, as barreiras existentes e as áreas em que a regulamentação precisa ser desenvolvida ou atualizada para apoiar a SE.

Nesse sentido, esse pilar aborda os seguintes sub processos: Planejamento da Demanda, Estratégias de Transição, Dados Gerais e Redução de Emissões. O Planejamento da Demanda identifica e prevê as necessidades energéticas ao considerar crescimento populacional, economia e tendência de consumo, e assim, permite a alocação eficiente de recursos e a tomada de decisões informadas para o setor energético. As Estratégias de Transição envolvem a implementação de estratégias para a transição energética visando reduzir a dependência de combustíveis fósseis ao migrar para fontes de energia renovável e sustentável, por meio de uma matriz energética mais limpa, sustentável e resiliente (MOHD CHACHULI *et al.*, 2021).

Os Dados Gerais englobam as informações relacionadas à geração e ao consumo de energia, bem como informações sobre como a população pode participar do desenvolvimento e utilização de energias renováveis. Esses dados incluem informações sobre as diferentes fontes de geração, sobre os setores que mais consomem energia e sobre tendências de consumo. O sub processo de Redução de Emissões abrange estratégias para reduzir as emissões como eficiência energética, fontes de energia renováveis, tecnologias de baixo carbono, políticas que visam limitar as emissões e incentivem a adoção de práticas sustentáveis.

Os atores desse processo são os Pesquisadores e Planejamento da Demanda (STEFAN

DE CARVALHO et al., 2022). Os Pesquisadores desempenham o papel de obtenção de informações relevantes e atualizadas sobre os aspectos relacionados ao tema, por meio da condução de estudos, coleta de dados, análise e avaliação do impacto de diferentes políticas. O ator Planejamento da Demanda analisa as informações fornecidas pelos pesquisadores e elabora ações estratégicas para garantir o suprimento adequado e sustentável de energia, e assim atender as necessidades da sociedade. O Pilar 1 engloba 3 ações referentes a Fatores pessoais ou socioculturais e 7 ações relacionadas aos Fatores externos e de informação.

6.2 Pilar 2 - Códigos e padrões de energia

O Pilar 2 aborda o processo principal Códigos e padrões de energia que trata do desenvolvimento de padrões que atendam aos critérios de eficiência energética de equipamentos, sistemas industriais e edifícios, além de segurança em instalações e operações. O sub processo é o Planejamento para construção civil, essencial para garantir a eficiência, a qualidade e o sucesso de empreendimentos, permitindo uma gestão mais eficaz dos recursos e tomada de decisões. O planejamento adequado do setor de construção pode impulsionar a adoção de práticas e tecnologias de energia inteligente, como infraestrutura de carregamento para veículos elétricos, integração de fontes renováveis de energia em edifícios, instalação de sistemas de automação para otimização do uso de energia, desenvolvimento de comunidades sustentáveis, entre outros nichos. Por isso, a construção civil é um setor de grande impacto energético e por isso possui forte influência na SE. Os atores do segundo pilar são: Códigos e padrões de energia, responsável pelo estabelecimento das regras, como por exemplo, políticas que exijam que uma certa porcentagem da eletricidade gerada pelas concessionárias venha de fontes renováveis (BENTO; BORELLO; GIANFRATE, 2020), e o setor de Construção (CHAN, 2019). Esses processos e atores devem estar alinhados de modo a garantir a conformidade com as diretrizes técnicas e contribuir com a eficiência energética, segurança e sustentabilidade dos projetos de construção.

Esse pilar possui uma ação, que está atrelada aos Fatores externos e de informação, e diz respeito a toda infraestrutura responsável pelos serviços de energia, e por se tratar de SE, também infraestrutura de serviços referentes à gestão e armazenamento de dados. Portanto, essa ação está vinculada à responsabilidade dos atores aqui envolvidos em assegurar uma infraestrutura adequada e funcional, que atenda às necessidades energéticas e aos requisitos regulatórios. Isso envolve identificar a infraestrutura requerida para avaliar as necessidades energéticas, planejar e dimensionar a infraestrutura para fornecimento de recursos e garantir que a mesma

atenda aos códigos e padrões de energia estabelecidos.

6.3 Pilar 3 - Fase orientada para o mercado

O Pilar 3 constitui a Fase orientada para o mercado e abrange o ambiente de negócios entre vendedores e compradores que negociam energia e serviços da nuvem. É um processo que está atrelado à SE por desafiar e impulsionar a adoção de soluções mais inteligentes, estimulando a inovação tecnológica, a competição entre os provedores de energia na busca por soluções mais eficientes e econômicas, oferece oportunidades para a comercialização dos serviços e incentiva a resposta à demanda e o envolvimento dos consumidores.

Esse pilar é constituído pelos seguintes sub processos: Benchmarking, que envolve a comparação e análise de desempenho entre diferentes participantes do mercado para identificar as melhores práticas e oportunidades de melhoria; Precificação/taxas, relacionado à definição de preços e tarifas para a energia e serviços da nuvem, incluindo a avaliação de custos de produção, distribuição, transmissão e demais componentes envolvidos; Acesso à rede, que diz respeito às diretrizes e procedimentos para que os participantes do mercado possam acessar as redes de energia e infraestrutura necessárias; e Licitação, referente ao processo competitivo de seleção e contratação de fornecedores de energia e serviços da nuvem, incluindo licitações públicas, leilões, negociações comerciais e outros mecanismos.

Os Pilar 3 é constituído por 7 atores: Mercado de energia, Concessionárias de eletricidade, Atores de elite, Agências não governamentais, Varejo, Atacado e Investidores. O Mercado de energia refere-se aos participantes do mercado de energia, incluindo fornecedores, distribuidores, comercializadores e consumidores. As Concessionárias são as responsáveis pela distribuição e fornecimento de energia. As concessionárias são as responsáveis pela distribuição e fornecimento de energia. Além disso, os fornecedores de energia influenciam os desenvolvimentos de políticas para defender seus modelos de negócios tradicionais (ROHDE; HIELSCHER, 2021). Os Atores de elite podem ser empresas de energia de grande porte, instituições financeiras ou entidades que possuem alto grau de influência no mercado de energia.

As Agências não governamentais são organizações independentes e sem fins lucrativos que atuam no setor e desempenham um papel importante na promoção de práticas responsáveis e na defesa dos interesses públicos. O Varejo está relacionado aos atores que atuam na venda direta de energia aos consumidores finais e o Atacado aos atores que estão envolvidos na compra e venda de grandes volumes de energia, como transações entre fornecedores e distribuidores. Os Investidores são aqueles que fornecem recursos financeiros para o desenvolvimento e

operação do setor energético, como usinas de geração, infraestrutura de rede, computação e outras iniciativas. Esse pilar possui 6 ações atreladas aos fatores econômicos/socioeconômicos, disponibilidade, institucionais e de mercado, e de infraestrutura regulatória, que são oportunidades norteadoras para a regulamentação da SE. Alguns atores como concessionárias, têm procurado impedir novas legislações que visam abrir o mercado de energia para mais atores e têm se engajado em manter os arranjos institucionais existentes, enquanto atores como startups e setores relacionados a TI desenvolvem novos modelos de negócios, como plataformas de troca de energia (ROHDE; HIELSCHER, 2021). Por isso, as ações desse pilar estão relacionadas a regulamentação de um mercado que comporte a comercialização de energia direta entre usuários e outras políticas que incentivem o desenvolvimento dessa questão.

6.4 Pilar 4 - Processo de desenvolvimento padrão

O Pilar 4 corresponde ao Processo de desenvolvimento padrão e consiste em uma estrutura para a criação, monitoramento, difusão e implantação de sistemas de energia. A padronização dos componentes e monitoramento contínuo contribui com a evolução e adoção da SE no setor energético. Isso porque esse é um modelo que envolve a aplicação de tecnologias e soluções inovadoras que incluem diretrizes de interoperabilidade, segurança cibernética, comunicação de dados, eficiência energética, entre outros aspectos relevantes. Por isso, ao atrelar o Processo de desenvolvimento padrão com a SE, é possível promover uma maior eficiência, segurança e sustentabilidade dos sistemas de energia inteligentes.

Os processos secundários desse pilar são a Certificação, Resoluções, Licenças e Implementação e conformidade. A Certificação busca a avaliação e emissão de certificados que comprovam a conformidade do sistema. Na SE, pode abranger eficiência energética, segurança cibernética, interoperabilidade de dispositivos, gestão de dados, entre outros, garantindo a confiabilidade das soluções. Resoluções diz respeito ao processo de decisão após a deliberação de alguma questão, onde documentos com diretrizes são emitidos por autoridades reguladoras, sendo o que promove a adoção de práticas sustentáveis e cria um ambiente regulatório favorável para a implementação e desenvolvimento da SE. As Licenças correspondem ao processo de autorizações ou permissões necessárias para a operação de sistemas de energia e são importantes para garantir que organizações envolvidas na SE atendam aos requisitos regulatórios e às normas de qualidade, segurança e eficiência. Implementação e conformidade corresponde a implementação efetiva dos sistemas de energia de acordo com os padrões e regulamentações estabelecidos. Esse pilar possui 7 ações ou oportunidades norteadoras para a implementação da

SE, e estão relacionadas aos fatores econômicos/socioeconômicos, disponibilidade, institucionais e de mercado, de infraestrutura regulatória e externos e de informação.

6.5 Pilar 5 - Apoio governamental

O Apoio governamental é o processo principal do Pilar 5 e trata de processos regulatórios relacionados ao governo. Está relacionado com a implementação de projetos piloto para testar e demonstrar novas tecnologias, testar modelos de negócios ou abordagens inovadoras, com envolver a participação e a contribuição da sociedade na proposição e desenvolvimento de arcabouço regulatório, além de iniciativas de trabalho social e programas comunitários para promover o uso de energias renováveis. Os processos secundários que compõem esse pilar são o Setor Jurídico, Legislativo e Executivo, e Regulador estadual, territorial e nacional e desempenham importante papel no apoio governamental à SE. O setor jurídico interpreta e aplica as leis, garantindo a conformidade legal. O legislativo é responsável pela elaboração de leis, e o poder executivo se encarrega de implementar e executar essas leis e políticas. Regulador estadual, territorial e nacional referem-se à atuação dos órgãos reguladores em níveis estaduais, territoriais e nacionais, supervisionando e regulando as atividades no setor energético, garantindo o cumprimento das políticas. O regulador estadual é responsável por regular e fiscalizar as atividades em um estado específico dentro de um país, enquanto o regulador territorial, por sua vez, abrange uma área geográfica mais ampla do que um estado específico.

Os atores envolvidos nesse pilar são: as Agências reguladoras independentes, que são instituições independentes do governo responsáveis por regular e supervisionar setores específicos (como energia); Agências Governamentais, que são entidades estabelecidas pelo governo e diretamente subordinadas a ele, responsáveis por desenvolver, implementar e avaliar políticas e programas relacionados à energia; Setor Jurídico, Legislativo e Executivo, que trabalham em conjunto para desenvolver um arcabouço jurídico e regulatório; Ministério da Energia, que desempenha um papel importante na definição de diretrizes estratégicas, estabelecimento de metas, coordenação de programas e implementação de projetos relacionados à energia; e ainda, como atores desse processo entram os próprios Consumidores/comunidades, tendo em vista que possuem o poder de influenciar as decisões regulatórias por meio do envolvimento ativo, fornecendo feedback e participando de consultas públicas, e serem afetados pelas políticas, regulamentos e programas governamentais relacionados à energia. O desenvolvimento de sistemas de SE requer uma estreita cooperação entre os departamentos governamentais e consumidores. Assim, os governos (nacionais, territorial e nacional) devem ter um plano de ação conjunto para

oferecer suporte energético às partes interessadas, fornecendo inteligência e orientação simplificadas (RAZMJOO et al., 2022). Os dois primeiros autores citados estão presentes também nos Pilares 6 e 7, que serão discutidos nas próximas subseções.

O Pilar 5, em conjunto com os Pilares 6 e 7, possui 21 ações norteadoras para regulamentação da SE, e abrangem todos os fatores. Essas ações englobam regulamentação para subsídios, apoio do governo e setor privado, estratégias educacionais para proporcionar fácil entendimento à população, sobre a imprevisibilidade relacionada ao risco cambial, entre outros pontos que podem ser visualizados no framework da Figura 17.

6.6 Pilar 6 - Processo administrativo

O processo principal do Pilar 6 é o “Processo administrativo”, e são os processos burocráticos envolvidos na regulamentação. Embora essas questões administrativas também estejam presentes em outros processos da regulamentação, elas são tratadas de forma mais específica nesse pilar. Em um cenário em constante mudança, a capacidade de adaptação e atualização das questões administrativas é fundamental para maximizar os benefícios da Smart Energy. Ao abordar de forma efetiva as questões administrativas relacionadas à energia, é possível acelerar a transição para um futuro mais limpo e sustentável. Nesse sentido, os sub processos do pilar 6 são a Inspeção e Mudança de política, e estão relacionados aos procedimentos envolvidos na avaliação, revisão e ajuste das políticas regulatórias de energia. O sub processo de Inspeção envolve a avaliação e monitoramento do cumprimento das regulamentações estabelecidas, com o fim de verificar se as empresas, organizações e atores do setor estão em conformidade com as normas e padrões estabelecidos. Mudança de política refere-se à atualização da política em vigor, por meio da análise, revisão e atualização das políticas regulatórias existentes com base em novos dados, feedback da sociedade e mudanças nas condições do setor. As políticas energéticas podem precisar ser ajustadas ao longo do tempo para enfrentar desafios emergentes, incorporar novas tecnologias, atender às metas de sustentabilidade ou responder a mudanças das demandas da sociedade e do mercado.

Visto que a Smart Energy é interdisciplinar e abrange diversos setores da economia e envolve uma variedade de atores, possui forte influência de outras áreas e não apenas de atores do setor energético. Nesse sentido, entram nesse pilar os atores empresariais, que possuem papel significativo na influência das decisões regulatórias relacionadas à Smart Energy, devido aos seus interesses comerciais e financeiros. Os atores empresariais podem realizar atividades de lobby para influenciar a elaboração de políticas e regulamentos de modo a serem favoráveis

aos seus negócios, podem participar de consultas públicas, ajudando a moldar as decisões regulatórias de acordo com os interesses e necessidades das empresas. Podem também investir em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias e soluções inovadoras no setor energético, podem ainda fazer parcerias com o setor público e assim ser uma forma eficaz de impulsionar o desenvolvimento de projetos e iniciativas de Smart Energy. Além disso, entram aqui como atores as Agências reguladoras independentes e Agências Governamentais, descritos no pilar anterior.

6.7 Pilar 7 - Financiamento/incentivos de créditos

O Pilar 7 contempla o processo principal de Financiamento/incentivos de créditos e abrange as atividades relacionadas à obtenção de recursos financeiros para apoiar projetos e iniciativas de energia. Ele inclui a busca por fontes de financiamento, a concessão de incentivos, a facilitação do acesso a créditos e outros mecanismos para viabilizar investimentos no setor de energia limpa. O sub processo do Pilar 7 é a etapa de Subsídios de investimento, que envolve a concessão de apoio financeiro, geralmente por parte do governo ou de agências independentes, para incentivar a implementação de projetos de energia renovável e de eficiência energética. Os subsídios de investimento contribuem para acelerar a transição para uma energia mais limpa e sustentável, e desempenham um papel importante ao incentivar e viabilizar a adoção de tecnologias e práticas relacionadas à Smart Energy.

O ator desse pilar, além das Agências reguladoras independentes e Agências Governamentais, é o Financeiro, que desempenha um papel fundamental no fornecimento de recursos financeiros e na concessão de incentivos para apoiar projetos e iniciativas relacionadas à energia e SE. O ator Financeiro pode ser as instituições financeiras como bancos, cooperativas, fundos de investimento e outras instituições que forneçam financiamentos, empréstimos e linhas de crédito para empresas e projetos do setor energético. Ou os próprios órgãos governamentais que podem atuar como um ator financeiro, fornecendo subsídios, incentivos e outros mecanismos para estimular o investimento em projetos de energia, ou ainda investidores privados. De modo geral, o ator Financeiro refere-se às instituições e entidades que estão diretamente envolvidas na oferta de recursos financeiros, facilitando o acesso a recursos necessários para implementar projetos de SE e modernizar o setor elétrico.

6.8 Oportunidades regulatórias

O framework também apresenta oportunidades regulatórias relacionadas às 11 camadas da SE (SCHAEFER et al., 2020), as quais serão abordadas nessa subseção. A camada Physical corresponde a infraestrutura de geração, transmissão, distribuição e armazenamento de energia. Na SE, essa camada desempenha um importante papel, onde dispositivos como sensores e medidores inteligentes são fundamentais para a coleta de dados e o monitoramento eficiente do consumo de energia (MOKHTARI; ANVARI-MOGHADDAM; ZHANG, 2019). Nesse sentido, devem ser estabelecidas regulamentações que promovam a interoperabilidade desses dispositivos, garantindo que eles possam se comunicar de forma harmoniosa, trocando informações de maneira padronizada. A interoperabilidade impulsiona a inovação e cria oportunidades para o desenvolvimento de soluções interconectadas que potencializam a eficiência energética e a sustentabilidade da SE.

A camada Fog pode ser chamada de camada de borda, pois concentra os dados recebidos dos dispositivos IoT e os prepara para enviar para a nuvem. Para essa camada, são recomendadas regulamentações que abordem políticas de latência (BORYLO et al., 2016), algoritmos de balanceamento de carga (YASMEEN et al., 2018) e a adoção de medidores inteligentes (KHALID et al., 2018). Políticas de latência bem definidas asseguram que as operações de processamento e tomada de decisões ocorram em tempo hábil, evitando atrasos prejudiciais no fornecimento e distribuição de energia. Ao estabelecer políticas adequadas para a latência, é possível garantir melhor desempenho computacional por meio de uma resposta rápida às condições de demanda e situações emergenciais. Os algoritmos de balanceamento de carga são de extrema importância para distribuir eficientemente a carga de trabalho entre os dispositivos na camada Fog. A utilização de medidores inteligentes também é um aspecto crucial da camada Fog, pois esses dispositivos fornecem dados detalhados sobre o consumo de energia em tempo real.

A camada Network inclui todas as redes de comunicação, e aqui é sugerido que algoritmos para auxiliar na tomada de decisão em redes de transmissão de dados sejam regulamentados. Ao estabelecer diretrizes para a aplicação desses algoritmos, as regulamentações podem promover a otimização do fluxo de dados, garantindo que informações relacionadas ao fornecimento de energia sejam transmitidas de forma eficiente e confiável. Além disso, a definição de padrões para a implementação dos algoritmos de tomada de decisão assegura a uniformidade e a interoperabilidade dos sistemas em todo o ambiente de SE.

É na camada Cloud que o armazenamento e o gerenciamento de dados são fornecidos. Nessa camada, formuladores de políticas devem regulamentar a eficiência energética de data

centers, a otimização e eficiência na alocação de tarefas na nuvem, bem como a escolha estratégica da localização dos data centers. A eficiência energética dos data centers deve ser uma prioridade, e as regulamentações podem visar a redução do consumo de energia e as emissões de carbono, por meio da implementação de sistemas de resfriamento mais eficientes, uso de fontes de energia renovável, além de incentivar a adoção de tecnologias e práticas sustentáveis. No que tange à alocação de tarefas na nuvem, regulamentações podem promover a otimização do uso dos recursos computacionais, evitando desperdícios e aumentando a eficiência dos serviços oferecidos. Quanto a localização estratégica dos data centers, regulamentações podem estabelecer diretrizes para escolher locais que estejam próximos a fontes de energia renovável, reduzam riscos ambientais e geográficos e melhorem a conectividade com os usuários finais.

Na camada Service ocorre o processo dos dados, e por isso, recomenda-se a regulamentação de algoritmos de transformação de dados e de metadados que sejam acessíveis a usuários e gestores. Ao regulamentar os algoritmos de transformação de dados, as diretrizes podem assegurar que os processos de conversão e interpretação dos dados sejam realizados de forma padronizada e confiável. A regulamentação de metadados é necessária para definir quais dados são importantes para serem enviados para a nuvem e serem transformados em insights para a tomada de decisões (CASTRO-LEON et al., 2012). Metadados bem definidos fornecem informações essenciais sobre os dados, como origem, formato, horário de criação e outras características importantes. Ao tornar esses metadados acessíveis e padronizados, a camada de Service pode alcançar uma gestão mais eficaz e mais completa dos dados coletados. Outro aspecto importante da regulamentação de algoritmos de transformação de dados é a garantia da privacidade e segurança dos dados dos usuários, pois proteger informações e pessoais é essencial para manter a confidencialidade e a confiança na SE.

A camada Session atua como intermediária das solicitações dos usuários entre as camadas Service e Application. Nesse sentido, é recomendado a regulamentação de plataforma para integração de aplicativos de negócios e regulamentação para a interoperabilidade de dispositivos. A regulamentação de plataformas de integração de aplicativos de negócios pode estabelecer diretrizes com padrões e protocolos que facilitem a comunicação e interação entre os sistemas e aplicativos utilizados. Essa integração é importante para otimizar a troca de informações e dados relevantes para a operação da SE, possibilitando uma colaboração ágil e eficaz entre os diversos componentes do sistema. A regulamentação da interoperabilidade de dispositivos garante que os diversos dispositivos possam se comunicar e operar em conjunto de forma harmoniosa. A definição de padrões para a troca de dados e comandos entre dispositivos é essencial para aprimorar a eficiência operacional e garantir a escalabilidade do sistema.

Application é a camada que consiste em dispositivos móveis, aplicativos da web, painéis de gerenciamento e sistemas de gerenciamento de energia. Por isso, é necessário regulamentar plataformas para monitorar e controlar o consumo de energia. Essa plataforma possibilita aos usuários e gestores monitorarem seus padrões de consumo, identificar oportunidades de economia e tomar decisões informadas para otimizar a utilização dos recursos. Com a informação em tempo real, os usuários e gestores podem identificar onde e como a energia está sendo utilizada, permitindo a implementação de medidas para reduzir desperdícios e melhorar a eficiência. Uma plataforma regulamentada para monitoramento e controle do consumo pode resultar em economia de recursos financeiros para os usuários. Ainda, a regulamentação pode estabelecer critérios para garantir a precisão e confiabilidade das plataformas de monitoramento, o que aumenta a transparência no setor energético, promovendo a confiança dos consumidores e dos órgãos reguladores. As políticas precisam ser aprimoradas para permitir que empresas ofereçam serviços de energia inteligente personalizados, atraentes e competitivos para diferentes clientes (GONÇALVES; PATRÍCIO, 2022).

A camada Broker é responsável pelos serviços do mercado de energia, onde reguladores devem se atentar às políticas de compra, troca e venda de energia e serviços em nuvem. Ao regulamentar políticas de compra, troca e venda de energia, as diretrizes podem estabelecer critérios para garantir que as transações sejam conduzidas de forma justa, por meio da definição de padrões para a precificação da energia, garantindo que os preços sejam transparentes e baseados em critérios consistentes. Essa regulamentação pode estimular uma troca de energia colaborativa, encorajando a cooperação entre os diversos agentes do sistema. Políticas que facilitem a interação entre produtores e consumidores de energia, contribuem para uma maior integração de fontes limpas no sistema energético.

Security and Privacy contempla o gerenciamento de segurança de dados e informações, proteção de dados e aplicativos. Dessa forma, é sugerido que algoritmos de segurança e privacidade integrada entre todas as camadas sejam regulamentados, de modo a fortalecer a proteção dos dados e a confidencialidade das informações em todo o sistema. Diretrizes estabelecidas para essa camada podem garantir padrões e requisitos que assegurem a implementação de medidas robustas entre todas as outras camadas. Isso inclui a adoção de técnicas de criptografia, autenticação, autorização e detecção de intrusões para proteger os dados contra acesso não autorizado e ataques cibernéticos. Essas medidas são fundamentais para estabelecer uma infraestrutura resiliente e segura, de modo que proporcione uma experiência confiável para todos os envolvidos no ambiente da SE.

Third-Party Services está relacionado com os serviços terceirizados relacionados ao ambiente da SE, como instalação e manutenção de sistemas e dispositivos, monitoramento, manutenção, entre outros serviços adicionais. Conforme pesquisa de Carvalho, et al. (2021) recomenda-se para essa camada a regulamentação de disponibilidade de metadados e a regulamentação da terceirização de provedores e energia. As diretrizes definidas por meio da regulamentação de disponibilidade de metadados pode garantir que as informações sobre os serviços de terceiros estejam amplamente acessíveis e bem documentadas. Regulamentações que exijam a divulgação de informações sobre os acordos de terceirização, termos de serviço e mecanismos de responsabilização ajudam a criar uma parceria mais confiável e justa entre as partes envolvidas. Ainda, os consumidores podem recuar ou recusar-se a fazer negócios com fornecedores que retêm metadados (CASTRO-LEON et al., 2012). Além disso, a regulamentação da terceirização de provedores de energia deve considerar questões de segurança cibernética, privacidade e conformidade com as normas regulatórias.

Na camada Cloud Auditor o sistema de autenticação dos usuários, auditorias de segurança, auditorias de impacto de privacidade e auditorias de desempenho são realizados. Nessa camada, é recomendado que normas de auditoria para todas as camadas sejam regulamentadas. Ao regulamentar normas de auditoria para todas as camadas, as diretrizes podem estabelecer critérios e requisitos claros para a realização das auditorias em cada etapa. Isso inclui definir a periodicidade das auditorias, os procedimentos a serem seguidos e os padrões de qualidade a serem alcançados. Além disso, a regulamentação deve assegurar que as auditorias sejam conduzidas por profissionais qualificados e independentes, garantindo a imparcialidade e a eficácia das avaliações.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral dessa tese foi propor um framework para o cenário de regulamentação da Smart Energy que possa auxiliar os órgãos reguladores de energia no processo de transição para esse modelo. Para atingir esse objetivo, 5 objetivos específicos foram estabelecidos, sendo que cada um destes é comentado na sequência.

O primeiro objetivo específico foi identificar regulamentações técnicas, econômicas e ambientais para a gestão de SE, e contrastar o que existe ou é proposto na literatura com as prováveis necessidades futuras. Nesse sentido, a primeira etapa da pesquisa buscou atender a este objetivo específico por meio de uma revisão sistemática da literatura. Essa revisão identificou um total de 72 sugestões ou oportunidades regulatórias, as quais foram classificadas com

base nas diferentes camadas e blocos que apoiam a gestão do ambiente da SE. Tais sugestões regulatórias têm uma aplicação prática importante, podendo ser utilizadas por formuladores de políticas, pesquisadores e gestores atuantes nesse ambiente inovador de gestão de energia que é a SE. Essa abordagem visa aprimorar e otimizar a gestão desse setor, tendo em vista o constante avanço tecnológico e as demandas futuras.

O segundo objetivo específico foi mapear os atores e processos da regulamentação dos sistemas energéticos, estabelecer as relações entre ambos, e traçar as diretrizes para o estabelecimento e/ou modificação de políticas, leis e regulamentos relativos à transição dos sistemas de energia para a SE. O método utilizado para atingir o objetivo foi a revisão sistemática da literatura, que identificou 7 processos principais e 21 processos secundários, totalizando 28 processos regulatórios, e 23 atores. O algoritmo Apriori foi usado para estabelecer uma rede de dependências entre os processos e entre os atores, onde as conexões estabelecidas podem servir como base para a elaboração de um roteiro que facilite o desenvolvimento de novas regulamentações. Além disso, essas conexões contribuíram para a construção do conhecimento e entendimento do cenário regulatório de energia. Dessa forma, o estudo oferece uma estrutura para orientar a formulação de políticas que sejam adequadas às necessidades e desafios da gestão de energia inteligente, promovendo, assim, uma transição mais eficiente e bem-sucedida para esse novo paradigma energético.

O terceiro objetivo específico buscou identificar os fatores que interferem no processo regulatório do setor de energia. Por meio de uma revisão sistemática da literatura, foram identificados 29 Fatores Críticos de Sucesso (FCS), que, conforme características similares, foram agrupados em 7 Pontos de Vista Fundamentais (PVF): econômicos, pessoais ou socioculturais, disponibilidade, institucional e de mercado, infraestrutura regulatória, fatores externos e de informação, e ideologia. A análise desses fatores proporcionou uma compreensão mais profunda das barreiras que afetam o processo regulatório no setor de energia, podendo acarretar atrasos no desenvolvimento de um ambiente de SE. Além disso, a discussão em torno desses fatores permitiu identificar os principais desafios e oportunidades regulatórias relacionadas ao tema.

O quarto objetivo específico foi propor um diagnóstico para o processo de regulamentação da SE. Por meio de um grupo focal, especialistas do setor de energia contribuíram com opiniões acerca do assunto para a construção de uma Árvore da Realidade Atual (ARA), que teve o objetivo de identificar as causas básicas que afetam e limitam o cenário de regulamentação de energia voltada a SE. A situação atual desse cenário foi analisada, buscando identificar áreas que necessitam de mudanças e melhorias. Como resultado dessa análise, foram sugeridas

38 ações que contribuem para o desenvolvimento e disseminação da SE. Essas ações são caminhos norteadores para regulamentar e capacitar o ambiente regulatório para suportar a inserção de tecnologias relacionadas ao tema. Essas informações podem ser úteis para pesquisadores, governos, formuladores de políticas e demais instituições interessadas em promover a transição para um ambiente energético mais inteligente, sustentável e eficiente.

O quinto e último objetivo específico foi estruturar um framework acerca do cenário regulatório de energia com oportunidades para a implementação da SE. Esse framework oferece um conjunto de ações que representam oportunidades regulatórias, levando em consideração a natureza dinâmica do cenário da SE. Ele foi construído com base nas etapas anteriores da pesquisa, estabelecendo conexões entre todos os resultados obtidos. O framework considera os atores e os processos envolvidos no cenário regulatório de energia, compreendendo as relações e interações entre eles. Além disso, contempla os principais desafios que impactam o desenvolvimento da SE, visando a identificação de oportunidades para aprimorar e acelerar a implementação dessa abordagem inovadora.

Desta forma, a partir do atingimento dos 5 objetivos específicos, foi possível propor um framework para o cenário de regulamentação da Smart Energy que possa auxiliar os órgãos reguladores de energia no processo de transição para esse modelo. Sendo assim pode se considerar que o objetivo geral desta pesquisa foi atingido.

7.1 CONTRIBUIÇÕES ACADÊMICAS

A literatura sobre modelos de gestão de energia inteligente baseados na nuvem tem evoluído significativamente ao longo dos últimos anos. Essa evolução reflete o crescente interesse e reconhecimento da importância da tecnologia na transição energética global. Esta pesquisa contribuiu academicamente ao evidenciar todo o cenário regulatório de energia com ênfase em Smart Energy.

A pesquisa realizada possui relevância acadêmica ao fornecer uma visão abrangente do cenário regulatório de energia, com ênfase na Smart Energy. Ao identificar oportunidades de regulamentações relacionadas a esse campo emergente, atores e processos envolvidos, fatores que interferem nesse cenário, bem como ações e oportunidades regulatórias, a pesquisa oferece um panorama sólido para o avanço do setor.

Portanto, a pesquisa cumpriu seu propósito acadêmico, ao fornecer um acervo de informações e insights para pesquisadores, formuladores de políticas, governos e instituições inte-

ressadas em contribuir para o progresso contínuo da Smart Energy e, assim, auxiliar na construção de um futuro mais sustentável e tecnologicamente avançado na área de energia.

7.2 CONTRIBUIÇÕES PRÁTICAS

Vetores como o avanço e a proliferação de recursos distribuídos de energia, fontes renováveis, dispositivos de armazenamento de energia, infraestrutura de telecomunicações e veículos elétricos estão moldando rapidamente o cenário energético e exigindo uma arquitetura de gestão de energia mais inteligente e adaptável. No entanto, essa mudança traz consigo desafios e oportunidades que precisam ser considerados pelo cenário regulatório, visto que a regulamentação atual de energia está projetada para um cenário mais centralizado e baseado em fontes de energia tradicionais. Portanto, é essencial que o cenário regulatório se adapte para incorporar a integração dessas novas tecnologias e modelos de gestão de energia baseados na nuvem.

Essa pesquisa traz uma série de contribuições práticas essenciais para a adaptação do cenário regulatório diante das mudanças rápidas e significativas impulsionadas pelos vetores citados. Algumas das principais contribuições práticas são a orientação para formulação de políticas, visto que a pesquisa oferece uma visão abrangente e aprofundada do cenário regulatório relacionado à Smart Energy, fornecendo informações fundamentadas para a formulação de políticas que incentivem o desenvolvimento e a adoção de tecnologias inteligentes e sustentáveis no setor de energia. A pesquisa identificou oportunidades regulatórias para atualizar e modernizar a regulamentação, a fim de alinhar-se melhor com a realidade atual da gestão de energia.

Por ser uma pesquisa que aborda o cenário regulatório relacionado à Smart Energy, ela pode ser considerada como um arranjo regulatório que oferece informações fundamentadas sobre as oportunidades, desafios e direcionamentos para aprimorar a regulamentação no setor de energia. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) no Brasil, ou qualquer órgão governamental responsável pela regulamentação do setor elétrico em outros países, podem utilizar os resultados e insights dessa pesquisa como uma Tomada de Subsídio. Essa Tomada de Subsídio é um processo pelo qual o órgão regulador convida a sociedade, especialistas e partes interessadas a contribuírem com informações e opiniões sobre um tema específico antes de tomar decisões importantes ou formular novas regulamentações. Além disso, agentes reguladores podem utilizar o framework como guia para ações futuras e planejamento, observando qual sua situação no processo de regulamentação de energia e como desenvolver um cenário de SE.

Portanto, a pesquisa traz contribuições práticas e diretrizes que podem guiar decisões

no âmbito do cenário regulatório, podendo ser replicado em qualquer país, permitindo uma transição para a gestão de energia inteligente baseada na nuvem. Essas contribuições são valiosas tanto para a academia, como para governos, empresas e a sociedade em geral, na busca por um futuro energético mais sustentável e eficiente.

7.4 LIMITAÇÕES E OPORTUNIDADES PARA PESQUISAS FUTURAS

Embora os resultados alcançados neste estudo tenham atendido aos objetivos propostos, foram identificados alguns fatores que limitaram o seu desenvolvimento. Houve dificuldade em obter respostas de especialistas de outros países na fase de coleta de informações por meio do instrumento de pesquisa na etapa 4 (Artigo 4). Dos 21 entrevistados, apenas 6 correspondiam a outras nacionalidades (Índia, Paquistão, África do Sul e EUA). A variedade de experiências e contextos de especialistas de diferentes países poderia enriquecer ainda mais as informações coletadas e oferecer insights mais amplos sobre como a regulamentação está sendo abordada globalmente.

Outra limitação identificada no estudo foi a ausência de análise das regulamentações de energia existentes e ausência de sugestões de novas leis. Em vez disso, o estudo se concentrou em apresentar caminhos norteadores para regulamentar e capacitar o ambiente regulatório, de modo a possibilitar a integração bem-sucedida de tecnologias relacionadas ao tema da Smart Energy.

Esta tese fornece insights para a adaptação do cenário regulatório diante das mudanças no setor energético. Dessa forma, esta pesquisa pode ser considerada como ponto de partida para outras pesquisas que poderão complementar e dar seguimento no caminho para uma regulamentação de energia focada em Smart Energy. Assim, trabalhos futuros podem visar a colaboração internacional, onde podem ser estabelecidas parcerias com pesquisadores e instituições de diferentes países para facilitar o acesso a especialistas internacionais e garantir uma amostra mais diversificada de entrevistados. Outra sugestão de trabalho futuro, é tornar o framework auto evolutivo, de modo que seja revisado conforme o cenário muda. Além disso, pode ser realizada também a ponderação quantitativa dos pilares, com o objetivo de avaliar a maturidade de implementação dos mesmos.

A Smart Energy ainda está em estágios iniciais de desenvolvimento em termos de implementação prática, principalmente nos países subdesenvolvidos. Mas com base nos resultados apresentados nesta pesquisa, fica evidente que existem diversas oportunidades relacionadas ao tema. Diante desse contexto, esta pesquisa desempenhou um papel importante ao contribuir

com informações relevantes e direcionamentos futuros sobre o tema.

REFERÊNCIAS

ABOKERSH, Mohamed Hany *et al.* A real-time diagnostic tool for evaluating the thermal performance of nearly zero energy buildings. **Applied Energy**, [s. l.], v. 281, p. 116091, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2020.116091>

ARMSTRONG, J H. Modeling effective local government climate policies that exceed state targets. **Energy Policy**, [s. l.], v. 132, p. 15–26, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.05.018>

BASTAS, Ali; LIYANAGE, Kapila. Integrated quality and supply chain management business diagnostics for organizational sustainability improvement. **Sustainable Production and Consumption**, [s. l.], v. 17, p. 11–30, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2018.09.001>

BEN ABDELJAWED, Hamza; AMRAOUI, Lilia El. Prospects for synergies between low-voltage DC microgrid technology and peer-to-peer energy trading markets. **Sustainable Production and Consumption**, [s. l.], v. 28, p. 1286–1296, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2021.07.029>

BEN SLAMA, Sami. Prosumer in smart grids based on intelligent edge computing: A review on Artificial Intelligence Scheduling Techniques. **Ain Shams Engineering Journal**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2021.05.018>

BENTO, N; BORELLO, M; GIANFRATE, G. Market-pull policies to promote renewable energy: A quantitative assessment of tendering implementation. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 248, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119209>

BILICH, A; SPILLER, E; FINE, J. Proactively planning and operating energy storage for decarbonization: Recommendations for policymakers. **Energy Policy**, [s. l.], v. 132, p. 876–880, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.06.033>

BISHOGE, Obadia Kyetuzi; KOMBE, Godlisten Gladstone; MVILE, Benatus Norbert. Community participation in the renewable energy sector in Tanzania. **International Journal of Sustainable Energy Planning and Management**, [s. l.], v. 28, p. 121–134, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5278/ijsepm.4477>

BORYLO, P *et al.* Energy-aware fog and cloud interplay supported by wide area software defined networking. *In: , 2016. 2016 IEEE International Conference on Communications (ICC)*. [S. l.: s. n.], 2016. p. 1–7. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICC.2016.7511451>

CARMICHAEL, R. *et al.* **The Demand Response Technology Cluster: Accelerating UK residential consumer engagement with time-of-use tariffs, electric vehicles and smart meters via digital comparison tools**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110701>

CARVALHO, Patrícia Stefan *et al.* Proposal for a new layer for energy cloud management: The regulatory layer. **International Journal of Energy Research**, [s. l.], p. er.6507, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/er.6507>

CASTRO-LEON, E *et al.* Global IT Manageability Policies across Service Boundaries in a Cloud Environment. *In: , 2012. 2012 Annual SRII Global Conference*. [S. l.: s. n.], 2012. p. 369–378. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/SRII.2012.48>

CHAN, L S. Investigating the environmental effectiveness of Overall Thermal Transfer Value code and its implication to energy regulation development. **Energy Policy**, [s. l.], v. 130, p. 172–180, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.04.004>

DAHAL, Karna; JUHOLA, Sirkku; NIEMELÄ, Jari. The role of renewable energy

policies for carbon neutrality in Helsinki Metropolitan area. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 40, p. 222–232, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.04.015>

DE CARVALHO, P.S. *et al.* Proposal for a new layer for energy cloud management: The regulatory layer. **International Journal of Energy Research**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/er.6507>

DE CARVALHO, Patricia Stefan; NORA, Macklini Dalla; DA ROSA, Leandro Cantorski. Development of an acoustic absorbing material based on sunflower residue following the cleaner production techniques. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 270, p. 122478, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122478>

DILEEP, G. A survey on smart grid technologies and applications. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 146, p. 2589–2625, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.092>

GIORDANO, A. *et al.* An energy community implementation: The unical energy cloud. **Electronics (Switzerland)**, [s. l.], v. 8, n. 12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/electronics8121517>

GIORDANO, Andrea *et al.* An energy community implementation: The unical energy cloud. **Electronics (Switzerland)**, [s. l.], v. 8, n. 12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/electronics8121517>

GONÇALVES, Luisa; PATRÍCIO, Lia. From smart technologies to value cocreation and customer engagement with smart energy services. **Energy Policy**, [s. l.], v. 170, p. 113249, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2022.113249>

GÖRGÜLÜ, Hamza *et al.* Peer-to-peer energy trading among smart homes considering responsive demand and interactive visual interface for monitoring. **Sustainable Energy, Grids and Networks**, [s. l.], v. 29, p. 100584, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SEGAN.2021.100584>

GOVINDARAJAN, R.; MEIKANDASIVAM, S.; VIJAYAKUMAR, D. Cloud computing based smart energy monitoring system. **International Journal of Scientific and Technology Research**, [s. l.], v. 8, n. 10, p. 886–890, 2019.

HE, Y *et al.* A regulatory policy to promote renewable energy consumption in China: Review and future evolutionary path. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 89, p. 695–705, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.12.047>

JUNTUNEN, Jouni K.; MARTISKAINEN, Mari. Improving understanding of energy autonomy: A systematic review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 141, p. 110797, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.110797>

KERSCHER, Selina; ARBOLEYA, Pablo. The key role of aggregators in the energy transition under the latest European regulatory framework. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, [s. l.], v. 134, p. 107361, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.IJEPES.2021.107361>. Acesso em: 28 jul. 2021.

KHALID, Adia *et al.* An efficient energy management approach using fog-as-a-service for sharing economy in a smart grid. **Energies**, [s. l.], v. 11, n. 12, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en11123500>

KULKARNI, N.; LALITHA, S.V.N.L.; DEOKAR, S.A. Real time control and monitoring of grid power systems using cloud computing. **International Journal of Electrical and Computer Engineering**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 941–949, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.11591/ijece.v9i2.pp.941-949>

LAMNATOU, Chr; CHEMISANA, D.; CRISTOFARI, C. Smart grids and smart technologies in relation to photovoltaics, storage systems, buildings and the environment. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 185, p. 1376–1391, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2021.11.019>

LAWRENCE, Akvile *et al.* Drivers, barriers and success factors for energy management

in the Swedish pulp and paper industry. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 223, p. 67–82, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.143>

LEITHON, Johann; WERNER, Stefan; KOIVUNEN, Visa. Cost-aware renewable energy management: Centralized vs. distributed generation. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 147, p. 1164–1179, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.077>

LI, Hongwei *et al.* Enabling Fine-grained Access Control with Efficient Attribute Revocation and Policy Updating in Smart Grid. **KSII TRANSACTIONS ON INTERNET AND INFORMATION SYSTEMS**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 1404–1423, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3837/tiis.2015.04.008>

LI, Hongzhi; HAN, Dezhi; TANG, Mingdong. A Privacy-Preserving Charging Scheme for Electric Vehicles Using Blockchain and Fog Computing. **IEEE Systems Journal**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 3189–3200, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/JSYST.2020.3009447>

LI, Qi *et al.* ESO: An efficient and secure outsourcing scheme for smart grid. *In: , 2013. 2013 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing*. [S. l.: s. n.], 2013. p. 1–6. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/WCSP.2013.6677053>

LI, Shenglin *et al.* Electricity scheduling optimisation based on energy cloud for residential microgrids. **IET Renewable Power Generation**, [s. l.], v. 13, n. 7, p. 1105–1114, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2018.5715>

MANGIPINTO, Andrea *et al.* Impact of mass-scale deployment of electric vehicles and benefits of smart charging across all European countries. **Applied Energy**, [s. l.], v. 312, p. 118676, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2022.118676>. Acesso em: 14 mar. 2022.

MOHAMMADI, Mina; MOHASEFI, Jamshid Bagherzadeh. Availability-based and risk-less optimization model for electric vehicles optimal itinerary planning in smart grid. **Sustainable Energy, Grids and Networks**, [s. l.], v. 30, p. 100642, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SEGAN.2022.100642>

MOHD CHACHULI, Fairuz Suzana *et al.* Transition of renewable energy policies in Malaysia: Benchmarking with data envelopment analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 150, p. 111456, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111456>

MOKHTARI, Ghassem; ANVARI-MOGHADDAM, Amjad; ZHANG, Qing. A New Layered Architecture for Future Big Data-Driven Smart Homes. **IEEE Access**, [s. l.], v. 7, p. 19002–19012, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2896403>

OIKONOMOU, K.; PARVANIA, M.; KHATAMI, R. Coordinated deliverable energy flexibility and regulation capacity of distribution networks. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, [s. l.], v. 123, p. 106219, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.IJEPES.2020.106219>

ORDA, Lasse; GEHRKE, Oliver; BINDNER, Henrik. Applying overlay networks to the smart grid and energy collectives. **Electric Power Systems Research**, [s. l.], v. 192, p. 106702, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.EPSR.2020.106702>

PEREIRA BASTOS, S A; DE MACEDO-SOARES, T.D.L.A. Framework for the analysis of corporate political strategies pertinent to regulation: A relational perspective. **Corporate Ownership and Control**, [s. l.], v. 8, n. 4 F, p. 487–498, 2011.

QURESHI, Kashif Naseer; HUSSAIN, Raza; JEON, Gwanggil. A Distributed Software Defined Networking Model to Improve the Scalability and Quality of Services for Flexible Green Energy Internet for Smart Grid Systems. **Computers & Electrical Engineering**, [s. l.], v. 84, p. 106634, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.COMPELECENG.2020.106634>

RAZMJOO, Armin *et al.* Development of smart energy systems for communities: technologies, policies and applications. **Energy**, [s. l.], v. 248, p. 123540, 2022. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123540>

ROHDE, Friederike; HIELSCHER, Sabine. Smart grids and institutional change: Emerging contestations between organisations over smart energy transitions. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 74, p. 101974, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2021.101974>

SCHAEFER, J.L. *et al.* Management challenges and opportunities for energy cloud development and diffusion. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 15, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en13164048>

SCHAEFER, Jones Luís *et al.* Management Challenges and Opportunities for Energy Cloud Development and Diffusion. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 16, p. 4048, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en13164048>. Acesso em: 23 set. 2020.

SCHAEFER, Jones Luís; SILUK, Julio Cezar Mairesse. An algorithm-based approach to map the global players' network for photovoltaic energy businesses. **International Journal of Sustainable Energy Planning and Management**, [s. l.], v. 30, p. 2021–2064, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5278/ijsepm.5889>

SCHAEFER, Jones Luís; SILUK, Julio Cezar Mairesse; CARVALHO, Patrícia Stefan de. An MCDM-based approach to evaluate the performance objectives for strategic management and development of Energy Cloud. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 320, p. 128853, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.128853>. Acesso em: 7 set. 2021.

SRILAKSHMI, Edathil; SINGH, Shiv P. Energy regulation of EV using MILP for optimal operation of incentive based prosumer microgrid with uncertainty modelling. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, [s. l.], v. 134, p. 107353, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.IJEPES.2021.107353>. Acesso em: 28 jul. 2021.

STEFAN DE CARVALHO, Patricia *et al.* Analysis of Factors that Interfere with the Regulatory Energy Process with Emphasis on the Energy Cloud. **International Journal of Energy Economics and Policy**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 325–335, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.32479/IJEEP.12644>. Acesso em: 9 abr. 2022.

TOLBA, Amr; AL-MAKHADMEH, Zafer. A cybersecurity user authentication approach for securing smart grid communications. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, [s. l.], v. 46, p. 101284, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2021.101284>

XIAO, X *et al.* Large-scale aggregation of prosumers toward strategic bidding in joint energy and regulation markets. **Applied Energy**, [s. l.], v. 271, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115159>

YANG, Chao; MING, Hui. Detection of sports energy consumption based on IoTs and cloud computing. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, [s. l.], v. 46, p. 101224, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101224>

YASMEEN, A *et al.* Efficient Resource Provisioning for Smart Buildings Utilizing Fog and Cloud Based Environment. *In: , 2018. 2018 14th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC)*. [S. l.: s. n.], 2018. p. 811–816. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IWCMC.2018.8450410>

YASSINE, A. *et al.* IoT big data analytics for smart homes with fog and cloud computing. **Future Generation Computer Systems**, [s. l.], v. 91, p. 563–573, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.08.040>

YUE, J. *et al.* Cloud-fog architecture based energy management and decision-making for next-generation distribution network with prosumers and internet of things devices. **Applied Sciences (Switzerland)**, [s. l.], v. 9, n. 3, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app9030372>