



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES E  
GESTÃO TERRITORIAL - PPGTG

MÁRCIA DE CARVALHO PINTO DA LUZ

**O *SMART GRID* E O IMPACTO DA ADOÇÃO DE MEDIDORES INTELIGENTES  
DE ENERGIA: UM ESTUDO DE CASO DO BAIRRO DANIELA EM  
FLORIANÓPOLIS**

FLORIANÓPOLIS  
2023

MÁRCIA DE CARVALHO PINTO DA LUZ

**O *SMART GRID* E O IMPACTO DA ADOÇÃO DE MEDIDORES  
INTELIGENTES DE ENERGIA: UM ESTUDO DE CASO DO BAIRRO  
DANIELA EM FLORIANÓPOLIS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestra em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.

Orientador: Prof. Rogério Cid Bastos, Dr.

FLORIANÓPOLIS

2023

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

Luz, Márcia de Carvalho Pinto da  
O Smart Grid e o impacto da adoção de medidores  
inteligentes de energia: um estudo de caso do bairro  
Daniela em Florianópolis / Márcia de Carvalho Pinto da Luz  
; orientador, Prof. Dr. Rogério Cid Bastos, 2023.  
132 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Transportes e Gestão Territorial,  
Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2.  
Cidades Inteligentes. 3. Smart Grid. 4. Smart Meter. I.  
Bastos, Prof. Dr. Rogério Cid. II. Universidade Federal de  
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de  
Transportes e Gestão Territorial. III. Título.

MÁRCIA DE CARVALHO PINTO DA LUZ

**O SMART GRID E O IMPACTO DA ADOÇÃO DE MEDIDORES  
INTELIGENTES DE ENERGIA: UM ESTUDO DE CASO DO BAIRRO  
DANIELA EM FLORIANÓPOLIS**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca  
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.a Ana Maria Benciveni Franzoni, Dr.a  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Eduardo Lobo, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Alexandre Marino Costa, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi  
julgado adequado para obtenção do título de mestra em Engenharia de Transportes  
e Gestão Territorial.

---

Prof.a Ana Maria Benciveni Franzoni, Dr.a  
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação

---

Prof. Rogério Cid Bastos, Dr.  
Orientador

Florianópolis, 2023

Este trabalho é dedicado ao meu marido, Sérgio,  
aos meus filhos, Tiago e Marina, e aos meus queridos  
pais, Antonio (*in memoriam*) e Almira.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por mais esta conquista.

Ao meu marido, Sérgio, meus filhos, Tiago e Marina, pelo amor, carinho e compreensão.

Aos professores do PPGTG.

Aos servidores da Coordenação do Curso.

À equipe do LabTrans que me incentivou para esta jornada de estudo.

Ao Prof. Dr. Luis Alberto Gomez (*in memorian*), pelo apoio e incentivo aos meus estudos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rogério Cid Bastos, pelos desafios de orientação e atenção que foram dispensados no desenvolvimento da dissertação.

Aos professores da banca que contribuíram para o incremento deste trabalho.

“Aqueles que passam por nós não vão sós. Deixam um pouco de si e levam um pouco de nós” (SAINT-EXUPÉRY, 1943).

## RESUMO

Objetivando iniciar o processo de implantar o conceito de Cidade Inteligente, alinhando-se com os problemas atuais da sociedade, é proposto um modelo de implantação das *Smart Grids* (SGs) na rede convencional de distribuição de energia, incluindo nesse protótipo um modelo para a implantação da *SG/Smart Meter* (SM) aplicado em um estudo de caso no bairro Daniela, em Florianópolis/SC. Metodologicamente identificou-se, através de pesquisas de campo, o funcionamento do sistema de fornecimento de energia do bairro, incluindo ainda os parâmetros de operação atual (convencional). Conheceram-se, por meio de uma pesquisa, a percepção dos moradores a respeito dos objetivos e das metas do sistema de monitoramento de energia inteligente e a posição da distribuidora de energia local para a implantação do sistema de monitoramento de energia inteligente. A proposta do modelo de implementação do SG/SM apresentado indicou como compor a representação da infraestrutura e a estrutura da cidade e da concessionária de energia onde serão aplicados índices de aferição da proposição. Foram obtidos resultados que comprovam que os índices de aceitação encontrados no estudo indicam que a população reagirá positivamente à implantação do SG/SM, confirmando ainda que, para o sucesso da implantação, devem estar envolvidas as características socioculturais da população e a infraestrutura da rede de energia da cidade/bairro a que se direciona o estudo, e que os questionários para o consumidor e para a concessionária são o passo inicial para uma infraestrutura de implantação bem planejada e direcionada para a população a que se destina. Dessa maneira, fortalece-se um novo modelo de gestão de energia, que incorpora soluções digitais modernas e envolve o cidadão no centro desta transformação, promovendo, assim, o projeto de Cidades Inteligentes.

**Palavras-chave:** Cidades inteligentes. *Smart Grid*. *Smart Meter*.



## ABSTRACT

Aiming to start the process of implementing the concept of Smart City, aligning with the current problems of society, a model for the implementation of the SG in the conventional energy distribution network is proposed, including in this prototype a model for the implementation of the Smart Grid/Smart Meter applied in a case study in the Daniela neighborhood in Florianópolis/SC. Methodologically, through field research, the operation of the neighborhood's energy supply system was identified, including the current (conventional) operating parameters. It was known, through a survey, the perception of residents regarding the objectives and goals of the intelligent energy monitoring system and the position of the local energy distributor for the implementation of the intelligent energy monitoring system. The proposal for the implementation model of the SG/SM presented indicated how to compose the representation of the infrastructure and structure of the city and the energy concessionaire where the proposition's measurement indexes will be applied. Having obtained results that prove that the acceptance rates found in the study indicate that the population will react positively to the implementation of the SG/SM, confirming that for the success of the implementation, the socio-cultural characteristics of the population and the infrastructure of the energy network of the city/district to which the study is directed, and that the questionnaires for the consumer and for the concessionaire are the initial step towards a well-planned implementation infrastructure and directed towards the target population. Strengthening a new energy management model, which incorporates modern digital solutions and involves the citizen at the center of this transformation, thus promoting the project of Smart Cities.

**Keywords:** *Smart Cities. Smart Grid. Smart Meter.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição da população rural e urbana no mundo .....	20
Figura 2 – Visão abrangente do cenário de uma <i>Smart Grid</i> .....	30
Figura 3 – Composição da SG (rede elétrica convencional + rede de telecomunicação) .....	31
Figura 4 – Benefícios das SGs .....	34
Figura 5 – Exemplo de uma rede de comunicação – SG .....	38
Figura 6 – Infraestrutura de supervisão e medição .....	39
Figura 7 – Quatro camadas de tecnologia .....	40
Figura 8 – Serviço de computação em nuvem .....	41
Figura 9 – Ilustração da AMI .....	43
Figura 10 – Projetos-piloto do Programa Brasileiro de Redes Inteligentes .....	50
Figura 11 – Medidor Inteligente de energia WEG .....	56
Figura 12 – SM de energia Enel .....	57
Figura 13 – Instalação dos SMs de energia, água e gás .....	58
Figura 14 – Infraestrutura da cidade (RIC) .....	63
Figura 15 – Estrutura de Serviços (ESC) .....	66
Figura 16 – Representação da estrutura de implantação do SG/SM .....	68
Figura 17 – Síntese metodológica .....	71
Figura 18 – Gráficos comparativos de influência da idade no estudo .....	95
Figura 19 – Gráficos comparativos de influência da escolaridade no estudo .....	97
Figura 20 – Gráficos comparativos de influência do tipo de moradia no estudo .....	98

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução do crescimento da população mundial a partir de 1950 .....	19
Gráfico 2 – Unidades consumidoras .....	88

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estrutura da dissertação.....	24
Quadro 2 – Rede tradicional <i>versus</i> rede inteligente.....	28
Quadro 3 – Componentes para caracterizar Rede Elétrica Local .....	63
Quadro 4 – Componentes para caracterizar Estrutura de Serviços .....	66
Quadro 5 – Simulação da equação .....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Unidades consumidoras .....	75
Tabela 2 – Características da população do estudo .....	89
Tabela 3 – Características de conhecimento e aceitabilidade .....	90
Tabela 4 – Análise descritiva das características da população .....	92
Tabela 5 – Análise descritiva das características de conhecimento e aceitabilidade	92
Tabela 6 – Índice de aceitação.....	100
Tabela 7– Índice de consciência social .....	101
Tabela 8 – Oferta de serviços .....	101
Tabela 9 – índice global de SM/SG .....	102
Tabela 10 – Esquema do questionário enviado a concessionária de energia .....	117
Tabela 11 – Instrumentos da coleta de dados.....	124

## LISTA DE ABREVIações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMI	<i>Advanced Metering Infrastructure</i>
Anatel	Agência Nacional de Telecomunicações
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CGT Eletrosul	Companhia de Geração e Transmissão de Energia Elétrica do Sul do Brasil
CHESF S.A.	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CHP	Certificado de homologação de Produto
COPEL	Companhia Paraense de Energia
CSD	<i>Circuit Switched Data</i>
DAP	<i>Data aggregation point</i>
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Consumidor
DER	<i>Distributed Energy Resources</i>
DOE	United States Department of Energy
DRP	Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária
DRC	Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica
EDGE	<i>Enhanced Data rates for GSM Evolution</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESC	Estrutura de Serviços da Cidade
EUA	Estados Unidos da América
FACTS	<i>Flexible AC Transmission Systems</i>
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GD	Geração distribuída
GOOSE	<i>Generic Object Oriented Substation Event</i>
HAN	<i>Home Area Network</i>
IA	Inteligência artificial
ICCP	<i>Inter-Control Center Communications Protocol</i>

IOT	<i>Internet of Things</i>
IED	<i>Intelligent Electronic Device</i>
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISO	International Organization for Standardization
MME	Ministério de Minas e Energia
MMGD	Micro e Minigeração Distribuída
MDM	<i>Meter Data Management</i>
NAM	<i>Neighborhood-Area Networks</i>
NBR	Norma Brasileira
NIC	<i>Network Interface Card</i>
NIST	National Institute of Standards and Technology
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
ONU	Organização das Nações Unidas
OTA	<i>Over the Air</i>
PBREI	Projeto Brasileiro de Redes Inteligentes
P&D	Programa de Pesquisa e Desenvolvimento
Petrobras	Petróleo Brasileiro S.A.
PKG	<i>Private key generator</i>
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PRORET	Procedimentos de Regulação Tarifária
RIC	Representação da Infraestrutura da Cidade
REN	Resolução Normativa
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition System</i>
SG	<i>Smart Grid</i>
SG3	SMB Smart Grid Strategic Group
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIN	Sistema Interligado Nacional
SM	<i>Smart Meter</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação

TOU	Tarifa por hora de utilização
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
UE	União Europeia
VEs	Veículos Elétricos
WAN	<i>Wide Area Network</i>



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	21
1.2	OBJETIVO GERAL.....	22
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	23
1.5	ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	24
<b>1.5.1</b>	<b>Tipo de pesquisa.....</b>	<b>25</b>
<b>1.5.2</b>	<b>Delimitação da pesquisa.....</b>	<b>26</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO – ECOSSISTEMA URBANO INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL.....</b>	<b>27</b>
2.1	INTRODUÇÃO.....	27
2.2	SMARTGRID (SG).....	28
<b>2.2.1</b>	<b>Benefícios e motivações.....</b>	<b>31</b>
<b>2.2.2</b>	<b><i>Smart Grid</i> (SG): os domínios da comunicação.....</b>	<b>34</b>
<b>2.2.3</b>	<b><i>Smart Grid</i> (SG) e Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) ....</b>	<b>39</b>
<b>2.2.4</b>	<b><i>Smart Grid</i> (SG) e sistema de proteção inteligente.....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.5</b>	<b>Visão geral das legislações e padrões.....</b>	<b>45</b>
<b>2.2.6</b>	<b>Exemplos de estudos e projetos no Brasil.....</b>	<b>48</b>
2.3	SMART METER.....	50
<b>2.3.1</b>	<b>Sistema tarifário brasileiro de energia.....</b>	<b>52</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Medidores Inteligentes Instalados no Brasil.....</b>	<b>55</b>
2.4	CIDADES INTELIGENTES.....	58
<b>2.4.1</b>	<b>Programas e projetos em Cidades Inteligentes no Brasil.....</b>	<b>59</b>
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
<b>3</b>	<b>MODELO PARA IMPLANTAÇÃO DO SG/SM.....</b>	<b>62</b>
3.1	INTRODUÇÃO.....	62
3.2	REPRESENTAÇÃO DA INFRAESTRUTURA DA CIDADE (RIC).....	62
3.3	INDICADORES PARA CARACTERIZAÇÃO DA REDE ELÉTRICA LOCAL .. .....	64
3.4	ESTRUTURA DE SERVIÇOS DA CIDADE (ESC).....	65
3.5	INDICADORES PARA CARACTERIZAÇÃO SERVIÇOS OFERECIDOS ..	67
3.6	PROPOSTA BÁSICA PARA IMPLEMENTAÇÃO SM/SG.....	67

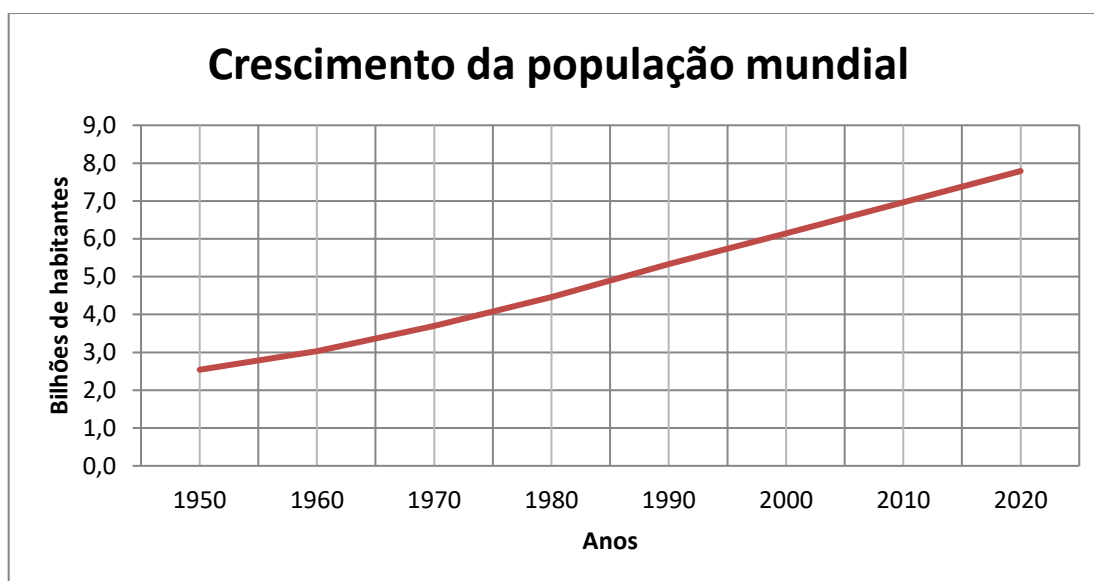
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO DO BAIRRO DANIELA.....</b>	<b>70</b>
4.1	SÍNTESE METODOLÓGICA.....	70
4.2	APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS COLETADOS.....	72
<b>4.2.1</b>	<b>Pontos relevantes do SG/SM – viabilidade econômica .....</b>	<b>73</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Estudo de caso: características .....</b>	<b>74</b>
4.3	EQUIPAMENTOS / DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO INTELIGENTE / REQUISITOS MÍNIMOS .....	75
<b>4.3.1</b>	<b>Requisitos exigidos pela concessionária de energia do estudo de caso para o fornecimento dos medidores inteligentes de energia.....</b>	<b>75</b>
4.4	SERVIÇOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL .....	82
<b>4.4.1</b>	<b>Política pública – Programa de pesquisa e desenvolvimento da Concessionária de Energia (P&amp;D) .....</b>	<b>83</b>
4.5	QUESTIONÁRIOS: O CONHECIMENTO DO USO DA ENERGIA INTELIGENTE PELO CONSUMIDOR / OBJETIVOS E METAS DA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA PARA IMPLANTAÇÃO DO SG/SM.....	84
<b>4.5.1</b>	<b>Questionário para os responsáveis da concessionária fornecedora de energia .....</b>	<b>84</b>
<b>4.5.2</b>	<b>Questionário para os consumidores de energia .....</b>	<b>84</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>86</b>
5.1	ANÁLISES E EXPLICAÇÕES DA COLETA DE DADOS DA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA.....	86
5.2	RESOLUÇÕES E ANÁLISES DA COLETA DE DADOS/QUESTIONÁRIO DOS CONSUMIDORES.....	88
<b>5.2.1</b>	<b>Análise Descritiva .....</b>	<b>91</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Análise gráfica comparativa das características da população do estudo com a aceitabilidade e expectativas no uso dos medidores inteligentes .</b>	<b>94</b>
5.3	INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS .....	99
<b>5.3.1</b>	<b>Aplicação dos indicadores da proposta de implementação do SG/SM no estudo de caso.....</b>	<b>99</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>103</b>
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	106
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>107</b>

<b>APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIOS DIRIGIDOS A CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA CELESC E AOS CONSUMIDORES DO BAIRRO DANIELA - FLORIANÓPOLIS-SC.....</b>	<b>116</b>
<b>APÊNDICE 2 – RESULTADOS DA COLETA DE DADOS.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO 1 – RESPOSTAS DA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA CELESC .....</b>	<b>129</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em 1950, o planeta atingiu 2,5 bilhões de habitantes; em 1987, a população mundial dobrou o seu tamanho e alcançou a marca de 5,0 bilhões; e, em 2020, a Terra alcançou quase 7,8 bilhões de pessoas (UN, 2019a). O Gráfico 1 ilustra a evolução do crescimento populacional mundial do ano de 1950 até o ano de 2020.

Gráfico 1 – Evolução do crescimento da população mundial a partir de 1950

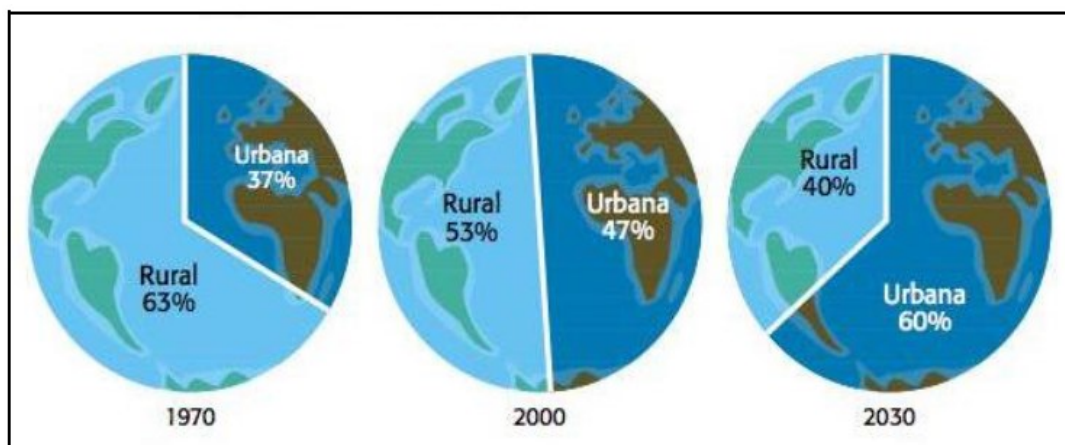


Fonte: United Nations (2019a). Elaborado pela autora.

No século XXI, o mundo passa por um processo de urbanização nunca visto na história (ONU-HABITAT, 2016), conforme apresentado na Figura 1, incluindo a estimativa para o ano de 2030. A partir de 2007, a população urbana global começou a exceder a população rural global, com um crescimento exponencial de pessoas vivendo em cidades no mundo todo (UN, 2017). As Nações Unidas estimam que até 2050 quase 70% da população total estará vivendo em áreas urbanas (UN, 2017). Em um planeta com 7 bilhões de pessoas (UN, 2019b), o processo de urbanização crescente impõe o desenvolvimento da infraestrutura das cidades. E é a partir do contexto urbano que as dimensões sociais, econômicas e ambientais se convergem mais intensamente (MONTEIRO *et al.*, 2021).

Nesse cenário, vários avanços nas tecnologias de informação e comunicação (TIC) têm sido propostos para aliviar tal tensão e transformar os centros urbanos em Cidades Inteligentes (SARKAR, 2015).

Figura 1 – Distribuição da população rural e urbana no mundo



Fonte: Rodrigues, Griebeler e Tartaruga (2019).

Embora ainda não exista uma definição consensual e amplamente aceita para Cidades Inteligentes, seu objetivo final é promover um melhor uso dos recursos públicos, aumentando a qualidade de vida dos usuários e os serviços oferecidos aos cidadãos, enquanto reduz os custos operacionais da administração pública (TAN; TAEIHAGH, 2020).

As tendências atuais e os padrões de evolução das Cidades Inteligentes dependem, em grande parte, dos fatores contextuais locais que dizem respeito aos recursos naturais, à energia, ao transporte e à mobilidade, aos edifícios, à vida, ao governo, à economia e às pessoas (THORNBUSH; GOLUBCHIKOV, 2021).

Em setembro de 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) criou a *Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (The 2030 Agenda for Sustainable Development)*. Esta agenda é um plano de ação formada por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas. Entre esses ODS, o 11º trata sobre as “Cidades e comunidades sustentáveis”, com o objetivo de “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos seguros, resilientes e sustentáveis” (NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, c2023b), e o sétimo aborda especificamente a temática de “Energia limpa e acessível”, com o objetivo de “Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos” (NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, c2023a).

A maioria das iniciativas de Cidades Inteligentes é impulsionada pelos governos, mas alavancada pelo uso das TICs para melhor servir aos cidadãos. Cidades nas quais as TICs se fundem com as infraestruturas tradicionais,

coordenadas e integradas usando novas tecnologias digitais, são consideradas inteligentes (JAMES *et al.*, 2021). Neste encadeamento de ideias e com o advento das redes de computadores e da internet, fica favorecido o surgimento de um novo conceito: as *Smart Grids* (SGs), ou seja, redes elétricas inteligentes (DILEEP, 2020).

O instituto americano de tecnologia e padrões, National Institute of Standards and Technology (NIST, 2022, tradução nossa), define a SG como: “[...] uma rede moderna que permite o fluxo bidirecional de energia, usando comunicação nos dois sentidos e técnicas de controle que possibilitam novas funcionalidades e novas aplicações”.

Esta dissertação visa desenvolver ações que colaborem com a adoção no Brasil de um dos elementos centrais das SGs, o *Smart Meter* (SM), isto é, medidores inteligentes. Ressalta-se principalmente que a implantação dos medidores inteligentes interconectados que permite o fluxo bidirecional de comunicação é referida através de uma implementação da infraestrutura de medição avançada, a *Advanced Metering Infrastructure* (AMI), baseada na internet das coisas, *Internet of Things* (IoT) (SMEND; MNATSAKANYAN; SGOURIDIS, 2021). No Brasil, os medidores inteligentes constam como indicadores para Cidades Inteligentes no anexo B da ABNT<sup>1</sup> NBR<sup>2</sup> ISO<sup>3</sup> 37122 – *Cidades e comunidades sustentáveis – indicadores para cidades inteligentes* (ABNT, 2020).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Na construção da pergunta no processo científico da pesquisa, destaca-se a percepção da importância de um estudo sobre a inserção das SGs no Brasil e o lançamento de projetos públicos capazes de estimular transições tecnológicas importantes na otimização das redes inteligentes. Objetiva-se iniciar o processo de implantar o conceito de Cidade Inteligente, alinhado com os problemas atuais da sociedade e alavancando o desenvolvimento da indústria nacional, pesquisa e tecnologias, que permita adquirir experiências em novas tecnologias inteligentes. Desta questão, surge a oportunidade de inserir no estudo um dos indicadores de Cidades Inteligentes apresentado no anexo B da ABNT NBR ISO 37122 – *Cidades e*

---

<sup>1</sup> Associação Brasileira de Normas Técnicas.

<sup>2</sup> Norma Brasileira.

<sup>3</sup> International Organization for Standardization.

*comunidades sustentáveis – indicadores para cidades inteligentes*: os medidores inteligentes.

As SGs oferecem eficiência energética nos serviços prestados e melhoria na qualidade das infraestruturas oferecidas pela distribuidora de energia, possibilitando ainda, através dos medidores inteligentes, que os usuários sejam mais participativos no consumo da sua energia.

A partir desse contexto, através de um estudo de caso do bairro Daniela em Florianópolis, Santa Catarina (SC), questionam-se os seguintes pontos:

- Os benefícios do uso das novas tecnologias, dispositivos inteligentes, através das redes inteligentes e também o que o desenvolvimento de interfaces de relacionamento trariam para a distribuidora de energia, Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC S.A.), e para os usuários.
- As políticas/projetos públicos que estão sendo desenvolvidos pela distribuidora de energia (CELESC S.A.) com relação à implantação das redes e/ou dos dispositivos inteligentes.
- Os dispositivos das SGs, compostos por medidores de energia baseados em uma estrutura AMI que disponibilizam em tempo real dados sobre a qualidade de energia que chega ao cliente, permitindo ainda uma melhor gestão do seu consumo e perdas, e que propiciam a realização de alguns serviços comerciais de maneira remota, incluindo a identificação instantânea e a eventual correção de ocorrências na rede elétrica.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

Propor um modelo do processo de implantação das SGs na rede convencional de distribuição de energia, no contexto das aplicações de uma estrutura AMI, incluindo ainda uma infraestrutura para medidores inteligentes que insiram dados de consumo de energia, acessáveis para o usuário doméstico, em tempo real.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos definidos no presente estudo são um desdobramento do objetivo geral de como os recursos digitais e da tecnologia da informação são utilizados, sendo descritos a seguir:

- Identificar, através de pesquisa bibliográfica, como o sistema de fornecimento de energia convencional operaria de forma mais eficiente com a rede equipada com monitoramento e gerenciamento inteligentes.
- Descrever os tipos de serviço/dispositivos inteligentes que beneficiariam os usuários domésticos e a concessionária de energia, CELESC S.A.
- Conhecer a percepção dos moradores a respeito dos objetivos e das metas do sistema de monitoramento de energia inteligente.
- Propor um modelo para a implantação da SG/SM aplicado em um estudo de caso no bairro Daniela, em Florianópolis/SC.

#### 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A proposta desta dissertação é discorrer sobre os temas *Smart Grid* e *Smart Meter*, inseridos no contexto de implantação através de um estudo de caso.

Será feita uma introdução detalhada do seu conceito e aplicabilidade de um estudo de caso, conforme apresentado no Quadro 1.

No capítulo 1, “Introdução”, ocorre a contextualização sobre a evolução e o crescimento da população global seguido da urbanização acelerada, culminando nos padrões de evolução das Cidades Inteligentes e no uso dos dispositivos inteligentes. O estudo é justificado pelos fatores que impulsionaram o início desta dissertação, seguido do objetivo geral e dos objetivos específicos.

No capítulo 2, é apresentado o embasamento desta dissertação, em que uma busca bibliométrica assessorou a escolha das publicações em âmbito nacional e internacional, auxiliando no discernimento do que era mais importante sobre o assunto.

O capítulo 3 apresenta um modelo para implantação do SG/SM com a composição da representação da infraestrutura da cidade, os indicadores, a estrutura de serviços e a proposta básica para implementação.

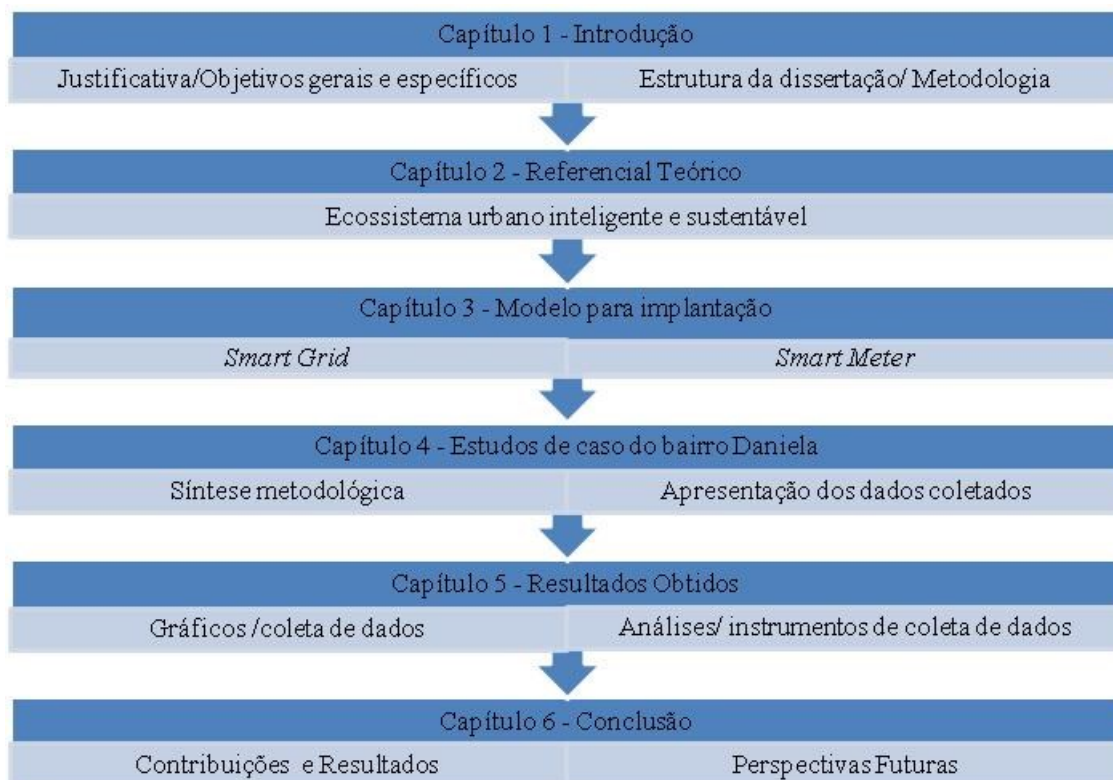
No capítulo 4, é descrito o estudo de caso proposto, com a composição da síntese metodológica e dos dados a serem coletados.

No capítulo 5, são inseridos os resultados obtidos, os gráficos, as análises comparativas e o cálculo dos índices de aceitação aplicados ao estudo de caso.



Finalizando, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões do estudo, as análises dos impactos de implantação, incluindo as contribuições da implantação do estudo nas infraestruturas .

Quadro 1 – Estrutura da dissertação



Fonte: Elaborado pela autora.

## 1.5 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Neste item são discutidos os procedimentos metodológicos do presente trabalho. Assim, primeiramente é informado o tipo de pesquisa, a sua delimitação, o desenvolvimento dos instrumentos utilizados para obtenção dos dados e a sua análise.

A pesquisa foi realizada com o objetivo de analisar o desenvolvimento de infraestruturas das SGs e dos SMs no Brasil. Foram realizados estudos preliminares sobre Cidades Inteligentes e sobre as SGs, seguidos por um levantamento bibliográfico acerca do monitoramento e do controle de consumo de energia por meio dos SMs. Foi observado que o desenvolvimento desses serviços envolve várias dimensões e aspectos. A partir dessas informações, foram feitas perguntas a

respeito dos benefícios do uso de novas tecnologias, como os gestores estão desenvolvendo projetos públicos e como serão elaborados os dispositivos das SGs e implantados os SMs.

A pesquisa foi orientada para um estudo de caso no bairro Daniela, em Florianópolis/SC, com o objetivo de desenvolver um padrão de estratégia para implantar uma infraestrutura de SG/SM.

A pesquisa é classificada como aplicada, com uma abordagem quantitativa. A população da pesquisa é composta pelas fontes de geração, pelo sistema de distribuição e pelos usuários/consumidores do sistema de energia do balneário Daniela.

### **1.5.1 Tipo de pesquisa**

A escolha para o estudo de caso é apropriada para a esta dissertação, porque são indicados para pesquisas em fases iniciais ou para possibilitar uma interação íntima com a evidência real. Esta será uma tentativa de induzir conclusões mais fiéis à realidade possível (EISENHARDT, 2021).

Do ponto de vista da sua natureza, a proposta de trabalho é classificada como uma “pesquisa aplicada”, pois objetiva-se gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigida às soluções de problemas específicos, que envolvem verdades e interesses locais (GIL, 2019).

Em relação à abordagem do problema, a proposta de trabalho pode ser classificada como “uma pesquisa quantitativa”, visto que, no contexto geral, esta possibilita a aplicação do resultado de forma racional e numérica, podendo ser quantificado (GIL, 2019).

Em razão da visão dos objetivos, a presente proposta visa proporcionar maior familiaridade com os recursos digitais e da tecnologia da informação para redes inteligentes, a fim de torná-los explícitos (GIL, 2019).

O estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2019).

A análise dos questionários será quantitativa, pois, de acordo com Gil (2019), considera-se que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las.

### **1.5.2 Delimitação da pesquisa**

A população da pesquisa se configura pelas fontes de geração de energia, pelo sistema de distribuição e pelos usuários/consumidores do sistema de energia do balneário Daniela em Florianópolis/SC envolvidos no processo de fornecimento, distribuição, utilização e beneficiamento do sistema de medição inteligente de energia.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO – ECOSSISTEMA URBANO INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL

A sustentabilidade urbana pode ser compreendida como o equilíbrio entre o desenvolvimento das áreas urbanas e a proteção do meio ambiente, sempre visando à equidade de renda, emprego, habitação, serviços básicos de infraestrutura e transporte nas áreas urbanas (AHVENNIEMI *et al.* 2017).

O embasamento teórico apresentado a seguir ilustra a transição da rede atual para uma rede inteligente, contemplando as mudanças na parte operacional das redes elétricas, de forma a indicar redes mais dinâmicas em sua configuração e condição operacional, com o intuito de minimizar o impacto no meio ambiente e maximizar a sustentabilidade.

### 2.1 INTRODUÇÃO

A *Smart Grid* é uma rede elétrica inteligente que utiliza tecnologias de comunicação e informação para monitorar, controlar e otimizar o fluxo de energia elétrica. Essa rede é capaz de integrar fontes de energia renovável, armazenamento de energia e sistemas de gerenciamento de demanda, visando garantir uma distribuição eficiente e sustentável da energia elétrica (NIST, 2022).

Com a implantação dos *Smart Meters*, os consumidores podem ter acesso a informações precisas sobre seu consumo de energia, possibilitando a adoção de medidas para reduzir o consumo e, conseqüentemente, os custos com energia elétrica. Além disso, os *Smart Meters* permitem a detecção de falhas na rede elétrica de forma mais rápida e precisa, possibilitando uma intervenção mais célere e efetiva por parte das equipes de manutenção.

As Cidades Inteligentes, por sua vez, utilizam tecnologias de informação e comunicação para melhorar a qualidade de vida de seus habitantes, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos urbanos. Dentre as tecnologias utilizadas nas Cidades Inteligentes, destacam-se a IoT, a inteligência artificial (IA), o *big data* e as redes de sensores.

## 2.2 SMARTGRID (SG)

A rede inteligente (SG) é a próxima geração de rede elétrica, onde a transmissão, a distribuição, a geração, a utilização e o gerenciamento de energia são totalmente atualizados para melhorar a eficiência, a agilidade, o respeito ao meio ambiente, a economia, a segurança e a confiabilidade (AHMAD *et al.*, 2022).

De acordo com Gomathy *et al.* (2021), o conceito inicial das SGs começou com a ideia de infraestrutura de medição avançada (AMI), objetivando melhorar a gestão da demanda e da eficiência energética, de forma a construir uma estrutura de proteção confiável de autorrecuperação contra mal intencionados, sabotagens ou desastres naturais.

No entanto, novos requisitos e demandas impulsionaram a indústria da eletricidade, as organizações de pesquisa e os governos, com o intuito de repensar e expandir o escopo inicialmente percebido das SGs (FOSTER; RANA, 2020).

Por conseguinte, a SG é uma atualização revolucionária da distribuição de energia tradicional, em que foram adicionados os recursos de comunicação, inteligência e a modernidade dos sistemas de controle (YE; QIAN; HU, 2016). Uma rede inteligente, também chamada de rede elétrica de energia inteligente, *Smart Grid*, é um aprimoramento da rede elétrica do século XX. As tradicionais redes de energia são geralmente usadas para transportar energia de alguns geradores centrais para um grande número de usuários ou clientes. Em contraste, o SG usa fluxos bidirecionais de eletricidade e informações para criar um sistema avançado, automatizado em conjunto com uma rede de distribuição de energia. (FOSTER; RANA, 2020).

O Quadro 2 apresenta uma breve comparação entre a rede elétrica tradicional existente e o SG.

Quadro 2 – Rede tradicional *versus* rede inteligente

Rede tradicional existente	Rede inteligente (SG)
<b>Eletromecânica</b>	Digital
<b>Comunicação unilateral ou inexistente</b>	Comunicação bilateral
<b>Geração centralizada</b>	Geração distribuída
<b>Poucos sensores</b>	Sensores por toda parte

Rede tradicional existente	Rede inteligente (SG)
<b>Monitoramento manual</b>	Automonitoramento
<b>Restauração manual do sistema</b>	Autorrecomposição do sistema
<b>Falhas e apagões</b>	Adaptado e ilhado
<b>Controle concentrado</b>	Controle difuso
<b>Sistema tarifário/ poucas Escolhas do cliente</b>	Muitas escolhas do cliente

Fonte: Ghorbanian (2019).

Para Raza *et al.* (2019), a SG consiste na aplicação de infraestrutura de comunicação moderna para diversos segmentos da rede. Ela representa um dos maiores avanços potenciais na infraestrutura de distribuição da energia elétrica no século XX, embora as tecnologias que compõem coletivamente as SGs já existam há décadas, o potencial para mudar a maneira como a eletricidade é gerada, entregue e utilizada e com monitoramento de preços. Segundo os autores, compreender as mudanças fundamentais que a rede elétrica inteligente provavelmente irá introduzir é importante para o desenvolvimento de futuros cenários de energia e as implicações ambientais, sociais e econômicas desses cenários.

A Figura 2 apresenta uma visão abrangente dos processos de uma SG, dispostos em uma camada física, composta por fases de transmissão, subestação, distribuição, consumidor e fontes alternativas. A camada física é formada pelas diversas tecnologias, de maneira a permitir inteligência na transmissão, distribuição ou consumo de energia elétrica. A camada física é composta por elementos como medidores eletrônicos, equipamentos de proteção e operação das redes de transmissão e distribuição, geração distribuída, sincrofasores e elementos de inteligência em subestações como *Intelligent Electronic Devices* (IEDs). Um sistema complexo para o fornecimento de energia envolve múltiplos processos, e no caso de *Smart Grid*, buscam-se elementos de tecnologia a proporcionar inteligência em várias fases do fornecimento de energia elétrica.

Figura 2 – Visão abrangente do cenário de uma *Smart Grid*



Fonte: *Relatório Smart Grid* (BRASIL, 2010a, p. 39).

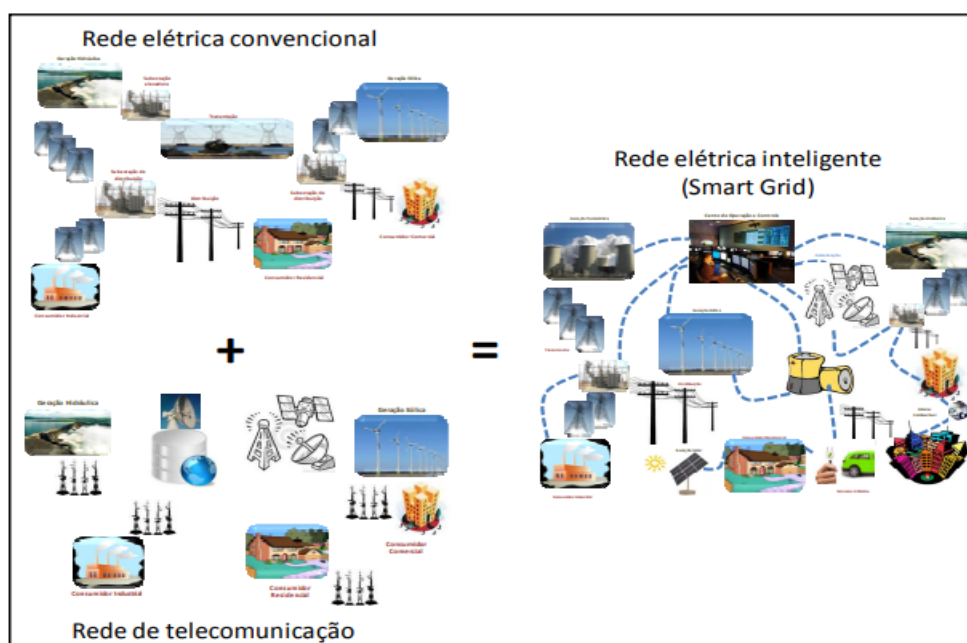
Ao utilizar tecnologias de informação modernas, o SG é capaz de fornecer energia de maneira mais eficiente para o consumidor ou prosumidor – consumidor que tenha registro na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) ou na distribuidora de energia elétrica de sua localidade para produzir energia elétrica por sua conta e risco. Assim, possibilita responder a uma ampla gama de defeitos que ocorre em qualquer lugar em uma rede, seja como geração, transmissão, distribuição de energia e consumo, e, deste modo, adota estratégias correspondentes (AL-TURJMAN, ABUJUBBEH, 2019).

O escopo da rede inteligente se estende a todos os sistemas de energia elétrica interligados, desde a geração centralizada até a geração distribuída (GD), de sistemas de transmissão de alta tensão até sistemas de distribuição de baixa tensão, de centros de controle de serviços públicos até a área residencial do usuário final das redes, de mercados atacadistas de energia aos provedores de serviços de resposta à demanda, e de recursos de energia tradicionais à geração e ao armazenamento distribuídos e renováveis (FOSTER; RANA, 2020).

O sistema de infraestrutura inteligente são a energia, a informação e a comunicação subjacentes às SGs, suportando a partir daí duas vias, fluxo de energia e informação (AL-TURJMAN, ABUJUBBEH, 2019).

A Figura 3 mostra a composição da SG como a associação da rede elétrica convencional com a rede de telecomunicações e o armazenamento de dados, onde essa nova rede elétrica possui um fluxo bidirecional de informações e energia entre os envolvidos (SANTOS, CANATO, 2020).

Figura 3 – Composição da SG (rede elétrica convencional + rede de telecomunicação)



Fonte: Schettino (2013).

De acordo com Santos e Canato (2020), alguns avanços tecnológicos em *hardware* são necessários para tornar o SG funcional e útil, incluindo os sistemas de controle, o *software* e a política necessários para executar totalmente a visão de *Smart Grid*.

### 2.2.1 Benefícios e motivações

A *U.S. Energy Independence and Security Act*, de 2007, dirigiu o instituto americano de tecnologia e padrões, NIST, para coordenar a pesquisa e o desenvolvimento de uma estrutura para alcançar a interoperabilidade de sistemas e dispositivos SG. De acordo com o relatório do NIST (2020), os benefícios e os requisitos do SG são os seguintes:

- Melhorar a confiabilidade e a qualidade da energia.
- Otimizar a utilização da instalação evitando a construção de centrais elétricas de reserva (carga de pico).
- Melhorar a capacidade e a eficiência do sistema elétrico existente para as redes de energia.



- Melhorar a resiliência à ruptura das cargas.
- Habilitar a manutenção preventiva e as respostas de autorrecuperação para os distúrbios no sistema.
- Facilitar a expansão da implantação de energia produzida por fontes renováveis.
- Acomodar as de fontes de energia distribuídas.
- Automatizar a manutenção e a operação.
- Reduzir a consumo de óleo, minimizando assim a necessidade de geração ineficiente durante os períodos de pico do uso de energia.
- Apresentar oportunidades para melhorar a segurança da rede.
- Permitir a transição para veículos elétricos (VEs) do tipo *plug-in* e novas opções de armazenamento de energia.
- Aumentar a escolha do consumidor.
- Capacitar novos produtos, serviços e mercados.

O relatório sobre SG do antigo Ministério de Minas e Energia (MME) (BRASIL, 2010a) define que, para a modernização da rede, alguns conceitos devem estar associados a:

- confiabilidade;
- eficiência;
- segurança;
- questões ambientais; e
- competitividade.

E as principais funções requeridas em uma rede inteligente são:

- autorrecuperação;
- motivar consumidores a serem mais participativos;
- resistir a ataques físicos e cibernéticos;
- fornecer uma energia de melhor qualidade;
- permitir vários tipos de geração e armazenagem de energia;
- maior envolvimento do mercado;
- permitir uma maior utilização de geração intermitente de energia.

Feng, Yi e Rose Qingyang (2017) resumem os benefícios da SG em três motivações principais:

- melhor adaptação de recursos de energia renovável;
- aumento da eficiência da operação da rede;
- confiabilidade da rede e melhoria da segurança.

Na rede inteligente, a energia de diversas fontes é combinada para atender às necessidades dos clientes, minimizando o impacto no meio ambiente e maximizando a sustentabilidade. Além da geração baseada em energia nuclear, carvão, hidrelétrica, petróleo e gás, a energia virá de energia solar, eólica, biomassa, marés e outras fontes renováveis. A rede inteligente oferecerá suporte não apenas a usinas e fazendas de energia centralizadas e em grande escala, mas também a fontes de energia distribuídas dispersas em escala residencial. Essas fontes renováveis verdes serão perfeitamente integradas à rede principal.

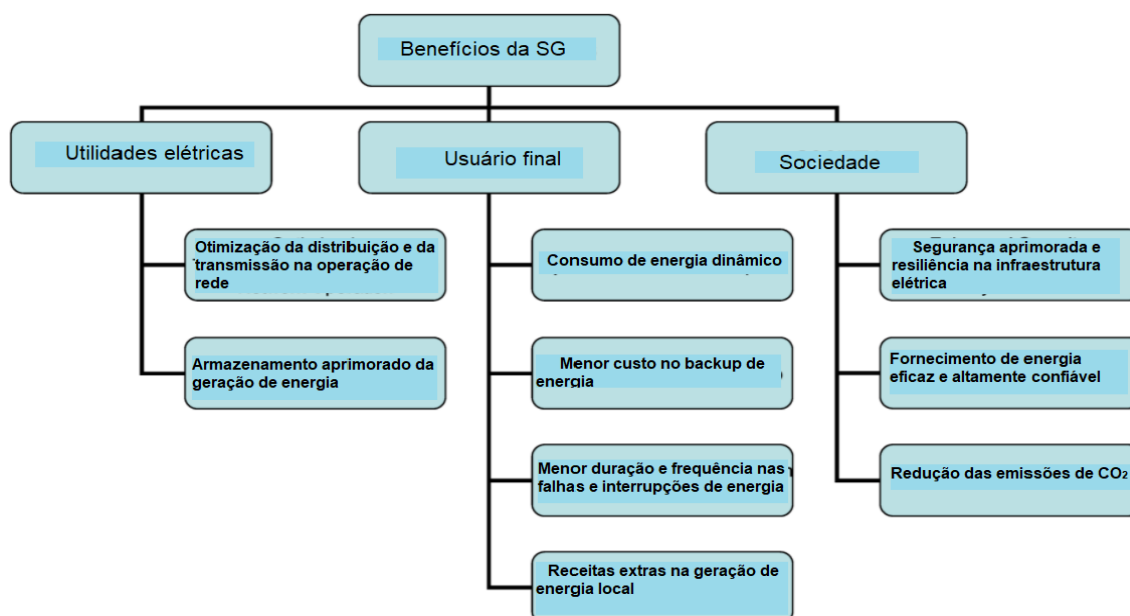
Uma rede inteligente tem vários centros de armazenamento de energia, grandes e pequenos, fixos e móveis, que pode usar para amortecer o impacto de mudanças repentinas de carga e flutuações na geração eólica e solar, bem como para afastar o consumo de energia dos horários de pico, fornecendo equilíbrio de energia, acompanhamento de carga e compensação dinâmica de potência reativa e real. Os recentes desenvolvimentos de sistemas de armazenamento de energia de bateria de resposta rápida com conversores de fonte de tensão demonstraram a promessa e os benefícios potenciais do armazenamento de energia.

Na rede inteligente, dispositivos de limitação e interrupção de corrente baseados em tecnologia de estado sólido ajudaram a proteger ativos valiosos da rede e isolar falhas. Transformadores respaldados em eletrônica de potência serão comuns. A tecnologia *Flexible AC Transmission Systems* (FACTS) permitirá que os operadores do sistema direcionem os fluxos de energia ao longo dos caminhos mais eficientes e encontrem as melhores combinações e programações de produção de energia. Aplicativos avançados no centro de controle verificarão continuamente o estado da grade e determinarão as melhores estratégias de controle entre bilhões de possibilidades em tempo real

Kinderen *et al.* (2022) afirmam que as SGs têm potencial para agregar valor significativo às diversas *stakeholders* (partes interessadas) do mercado de

eletricidade e fornecem uma classificação detalhada dos benefícios da rede inteligente em relação aos setores beneficiados, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Benefícios das SGs



Fonte: Livieratos, Vogiatzaki e Cottis (2013, p. 997, tradução nossa).

### 2.2.2 Smart Grid (SG): os domínios da comunicação

Em sua publicação especial, *Framework and Roadmap for Smart Grid, Interoperability Standards*, o NIST (2022) definiu que as SGs são um sistema ciberfísico complexo que deverá suportar :

- dispositivos e sistemas desenvolvidos de forma independente por muitos provedores de soluções diferentes;
- *utilities* (empresas dos setores de produção, como, água, luz etc.) diferentes;
- milhões de clientes industriais, comerciais e residenciais; e
- ambientes regulatórios diferentes.

Ainda nesse contexto, Gopstein *et al.* (2020) dividem a rede inteligente em sete domínios, em que seus papéis e serviços distribuem-se no conceito de um modelo nas SGs, e são descritos como:

- Consumidores: os usuários finais de eletricidade. Esse domínio também pode gerar, armazenar e gerenciar o uso de energia. Tradicionalmente, três tipos de clientes são discutidos, cada um com seu próprio domínio: residencial, comercial e industrial.
- Mercados: os operadores e participantes nos mercados de eletricidade.
- Prestadores de serviços: as organizações que prestam serviços aos clientes e para utilitários.
- Despachos: os gestores da movimentação de eletricidade.
- Geração: os geradores de eletricidade. Também pode armazenar energia para distribuição posterior. Este domínio inclui fontes tradicionais (tradicionalmente referido como geração) e recursos energéticos distribuídos (tecnologias de geração e/ou armazenamento de energia). Em um nível lógico, "geração" inclui carvão, energia nuclear e sistemas de geração hidrelétrica em grande escala que geralmente são anexados à transmissão. A geração está associada ao cliente e ao armazenamento fornecido pelo domínio de distribuição com recursos de energia agregados pelo provedor de serviços.
- Transmissão: os transportadores de eletricidade a granel em longas distâncias. Também pode armazenar e gerar eletricidade.
- Distribuição: os distribuidores de energia elétrica de e para os clientes. Também pode armazenar e gerar eletricidade.

Feng, Yi e Rose Qingyang (2017) indicam que cada um dos sete domínios é um agrupamento de alto nível de entidades físicas que dependem ou participam de tipos de serviços semelhantes. Em geral, funções no mesmo domínio têm objetivos semelhantes. No entanto, comunicações dentro do mesmo domínio podem ter características diferentes e eventualmente precisam atender a diferentes requisitos para alcançar a interoperabilidade. As funções em um determinado domínio interagem com as funções em outros domínios para alcançar a interoperabilidade.

Uma infraestrutura de comunicação é uma parte essencial do sucesso das implantações das SGs. A esse respeito, uma infraestrutura de comunicação escalonável, confiável e abrangente desempenha um papel fundamental (MOUFTAH; EROL-KANTARCI, 2017), pois as SGs consistem em muitos e distintos aplicativos com diferentes requisitos de comunicação e qualidade de serviços,

envolvendo tecnologias de comunicação heterogêneas baseadas em infraestrutura de comunicação multicamadas. Portanto, deverá existir a interoperabilidade em todos os níveis do sistema (MOUFTAH; EROL-KANTARCI, 2017).

Foster e Rana (2020) definem que o subsistema de comunicação inteligente é responsável pela conectividade de comunicação e informação e transmissão entre sistemas, dispositivos e aplicativos no contexto das SGs. Os autores atentam para a razão pela qual separou o subsistema de informação e o subsistema de comunicação, objetivando conseguir uma coligação entre a complexidade envolvida das SGs como sistema de sistemas e também para estar compatível com o IEEE P2030, do Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), atendendo assim aos requisitos de interoperabilidade.

De acordo com Feng, Yi e Rose Qingyang (2017), as comunicações nas SGs consistem em diferentes tipos de redes e de tecnologias de informação que podem ser categorizadas como as de área residencial/(doméstica), as redes *Home Area Network* (HAN); as redes de bairro/vizinhos, as redes *Neighborhood-Area Networks* (NAM) e as redes amplas *Wide Area Network* (WAN).

Foster e Rana (2020) dividem os subsistemas de comunicação inteligente da seguinte maneira:

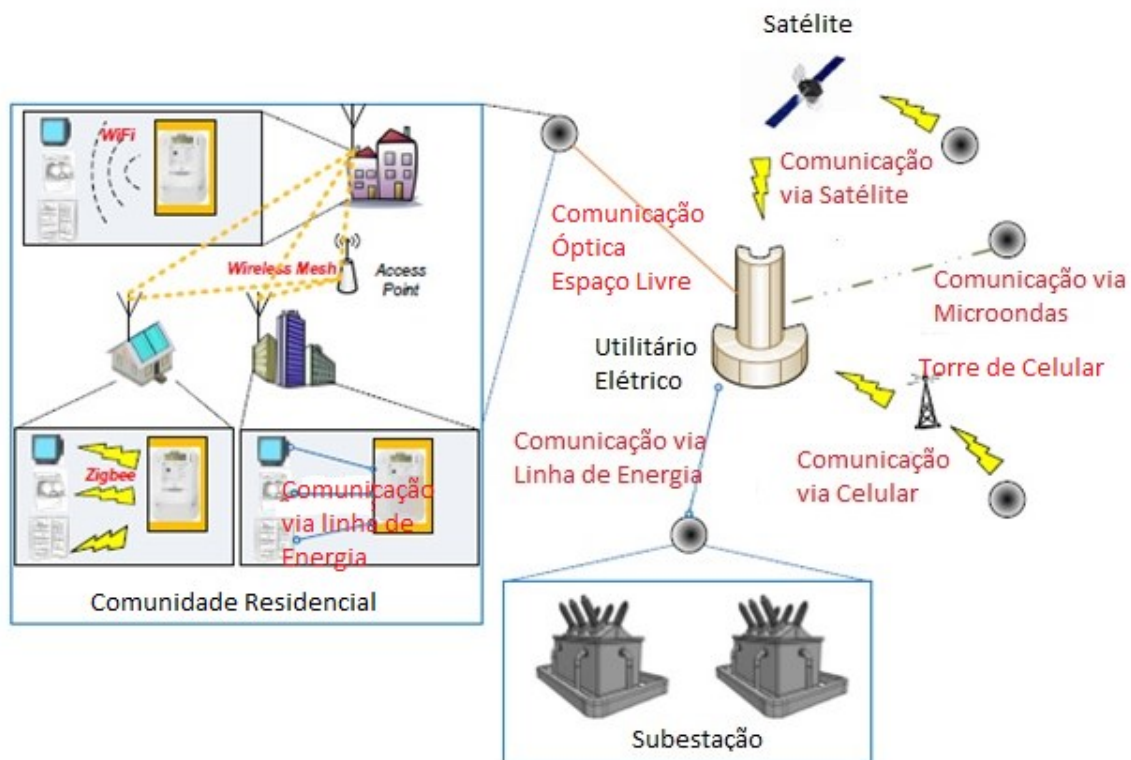
- *wireless* (sem fio);
- *wireless mesh network* (malhas de rede sem fio);
- *cognitive radio* (rádio cognitivo),
- *cellular communication systems* (sistema de comunicação via celular);
- *wireless communications based on 802.15.4* (comunicação sem fio baseada em 802.15.4);
- *satellite communications* (comunicação por satélite);
- *microwave or free-space optical communications* (micro-ondas ou comunicações ópticas em espaço livre);
- *wired* (com fio);
- *fiber-optic communications* (comunicações por fibra óptica);
- *powerline communications* (comunicações por linha de energia); e
- *end-to-end communication management* (gerenciamento de comunicação ponto a ponto).

De acordo com o *Relatório Smart Grid* (BRASIL, 2010a), existem numerosos sistemas a gerir os domínios de comunicação, por exemplo: o *Supervisory Control and Data Acquisition System* (SCADA), onde um operador é responsável por múltiplos agentes; o sistema de gerenciamento de dados de medição *Meter Data Management* (MDM ); os sistemas de automação e controle em subestações; e os sistemas de automação em redes de distribuição. Como as interfaces ocorrem entre entidades distintas provenientes potencialmente de fabricantes distintos, a comunicação de dados deve seguir um padrão aberto. Muitos sistemas já utilizam comunicação em tempo real, por exemplo, sistemas SCADA. Nesse caso, a comunicação necessariamente ocorre por protocolo de comunicação.

- o SCADA sistema de supervisão e controle;
- os sistemas de automação e controle em subestações; e
- os sistemas de automação em redes de distribuição.

A Figura 5 é um exemplo de uma infraestrutura de comunicação, na qual são apresentados os dispositivos de usuários e os medidores inteligentes, ZigBee (protocolo de comunicação sem fio), Wi-Fi e comunicação pela linha de energia. Para a troca de informações entre os usuários, são utilizadas as redes de malhas sem fio, onde as comunidades são conectadas a sua concessionária de energia elétrica por meio de sistemas ópticos, satélite, micro-ondas ou sistemas celulares.

Figura 5 – Exemplo de uma rede de comunicação – SG



Fonte: Seto (2015, p. 54, tradução nossa).

A Figura 6 apresenta a visão lógica da infraestrutura de supervisão e medição das SGs. Nela estão ilustrados os elementos presentes na camada lógica, acima da camada física, entre eles para a distribuição de energia: o sistema MDM, sistema de medição simultânea de fasores de grandezas elétricas, usando as unidades de medição fasorial.

Figura 6 – Infraestrutura de supervisão e medição



Fonte: *Relatório Smart Grid* (BRASIL, 2010a, p. 4).

De Figueiredo, Ferst e Denardin (2019) estabelecem que os sistemas SCADA são essenciais no novo conceito das SGs e são amplamente utilizados no monitoramento e controle de Recursos Energéticos Distribuídos, *Distributed Energy Resources* (DER), baseados em energia fotovoltaica.

### 2.2.3 *Smart Grid* (SG) e Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)

A TIC desempenha um papel fundamental na comunicação, papel este que sustenta os vários sistemas funcionais das SGs e que automatizam as tarefas remotas, executando respostas orientadas a eventos e executando vários processos de gerenciamento (MOUFTAH; EROL-KANTARCI, 2017).

O subsistema de informação inteligente é responsável pela medição avançada de informações, monitoramento e gestão no âmbito das SGs (FOSTER; RANA, 2020).

As quatro entidades na estrutura de TIC são os coletores dos dados internos, os provedores de serviços e os geradores de energia, que estão diretamente relacionados às SGs, e as fontes externas de informação, as quais não pertencem nativamente às SGs, no entanto fornecem informações perspicazes para as operações das SGs. (FENG; YI; ROSE QINGYANG, 2017).



As quatro camadas de tecnologia das SGs são quatro blocos de construção essenciais, que podem ser representados usando um diagrama de camadas, conforme mostrado na Figura 7. Nele a inteligência da rede está na camada da inteligência de decisão, que é composta por todos os programas de computador que funcionam em relés dispositivos eletrônicos inteligentes (IEDs), sistemas de automação de subestações, centro de controle e *backoffices* corporativos.

Esses programas processam as informações coletadas dos sensores ou disseminadas nos sistemas de comunicação e tecnologia da informação (TI), eles então fornecem diretrizes de controle ou apoiam as decisões de processos de negócios que se manifestam por meio da camada (FOSTER; RANA, 2020).

Figura 7 – Quatro camadas de tecnologia



Fonte: Foster e Rana (2020, p. 68, tradução nossa).

Os coletores de dados internos são os sensores dos medidores inteligentes, SMs, implantados nas SGs (FENG; YI; ROSE QINGYANG, 2017). Especificamente, os SMs são instalados na casa dos clientes pelas empresas de serviços públicos; outros tipos de sensores são implantados por concessionárias para monitorar linhas de transmissão, subestações.

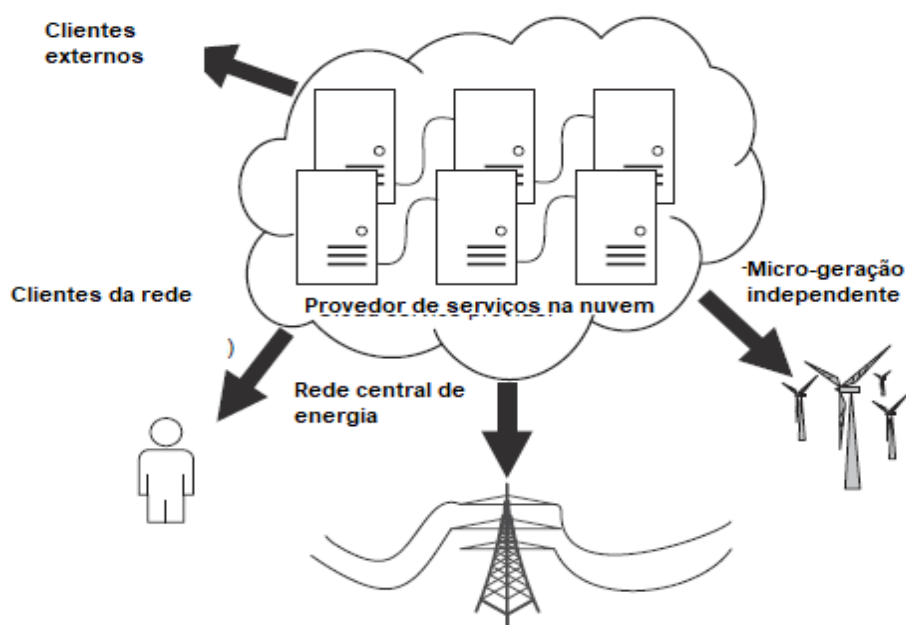
A medição inteligente é o mecanismo, mais importante para a obtenção das informações dos dispositivos e das aplicações para os usuários (consumidores), em que, através da AMI, é habilitado o fluxo bidirecional de informações capturadas para a análise e para criar perfis de consumo depois serem usados para otimizar as cargas do sistema do sistema energético (AL-TURJMAN, ABUJUBBEH, 2019).

Os centros de controle são implantados e operados por empresas de serviços públicos, compondo três tipos: centro de controle local, centro de controle em nuvem e servidor de autenticação com chave privada, *private key generator* (PKG). As principais funções do centro de controle na nuvem são:

- armazenar dados carregados do centro de controle local por um determinado período de tempo;
- buscar dados de fontes externas;
- realizar análises nos dados coletados.

A Figura 8 apresenta o provedor de serviços em nuvem atendendo a rede elétrica central, a microgeração independente, os dispositivos inteligentes dos clientes e outros tipos de clientes que não fazem parte da rede inteligente.

Figura 8 – Serviço de computação em nuvem



Fonte: Feng, Yi, Rose Qingyang (2017, p. 23, tradução nossa).

Para Mouftah e Erol-Kantarci (2017), rede inteligente refere-se à geração, à transmissão e à entrega de eletricidade inteligente, um sistema aprimorado de recursos de comunicação e tecnologias da informação. Feng, Yi e Rose Qingyang (2017) afirmam que os geradores de energia consistem em fontes de energia convencionais centrais e fontes de energia renováveis, em que, se uma previsão de energia for fornecida por um período de tempo suficiente para os operadores de

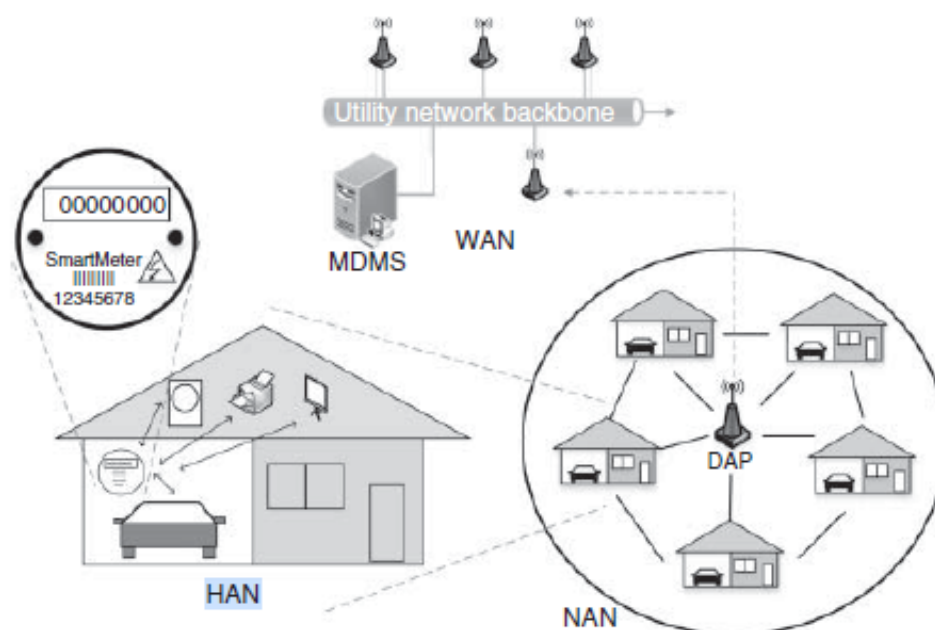
rede, a transição de energia na hora de pico e fora de pico terá uma otimização, portanto um regime mais eficiente. Esse processo é muito útil para a geração que utiliza os combustíveis fósseis, já que essa previsão ajuda a controlar o consumo de combustível com precisão.

A rede multicamadas e a comunicação sem fio, apresentadas por Mouftah e Erol-Kantarci (2017) contêm:

- Rede de longa distância (WAN): essas redes permitem a comunicação entre cidades e diferentes subúrbios dentro de grandes áreas geográficas.
- Redes de vizinhos (NAN): normalmente medidores inteligentes em uma vizinhança pertencente a uma infraestrutura de medição avançada e a uma rede coletora de dados.
- Rede doméstica (HAN): é uma rede dentro das instalações que pode conectar medidores inteligentes, sistemas de gerenciamento de energia, aparelhos inteligentes, bem como controles de aquecimento e iluminação e ainda dispositivos de monitoramento, tendo habilitadas as funcionalidades em casas inteligentes, onde executam vários sistemas automatizados com funções para tornar os espaços residenciais mais confortáveis e eficientes.

Na Figura 9, Feng, Yi e Rose Qingyang (2017) estabelecem em uma residência um HAN, conectando um medidor inteligente e aparelhos inteligentes com sensores e atuadores. Os medidores inteligentes carregam dados de medição para as unidades de agregação de dados, *data aggregation points* (DAPs), que são implantados em um bairro. Um NAN é formado por DAPs e medidores inteligentes, os dados de medição são coletados pelo sistema de gerenciamento de dados de medição MDMs por meio do WAN de alta velocidade. Os MDMs irão fornecer armazenamento, gerenciamento e processamento de dados do medidor para o uso adequado por outro sistema de energia, aplicativo ou serviços. A Figura 9 apresenta uma visão geral do AMI.

Figura 9 – Ilustração da AMI



Fonte: Feng, Yi, Rose Qingyang (2017, p. 25).

#### 2.2.4 Smart Grid (SG) e sistema de proteção inteligente

As redes inteligentes utilizam um grande número de componentes que trocam dados por meio de redes de comunicação amplamente baseadas em IP para retransmitir dados. O aumento da conectividade digital e dos recursos de energia distribuída tornou as redes altamente vulneráveis a vários tipos diferentes de ataques ciberfísicos. Os ataques cibernéticos podem até ser realizados de uma maneira sutil, de modo que passem despercebidos por muito tempo ou por períodos de tempo, ou ainda explorar a conectividade entre dispositivos para alcançar sistemas remotos através da propagação de rede (FOSTER; RANA, 2020).

Al-Turjman e Abujubbeh (2019) definem que o sistema de proteção inteligente é um subsistema das SGs que fornece uma rede avançada para análise de confiabilidade, proteção contra falhas e segurança e serviços de proteção de privacidade. Tirando vantagem da infraestrutura inteligente, as SGs não devem apenas realizar um sistema de gerenciamento mais inteligente, mas também fornecer um sistema de proteção que pode ser mais eficaz e eficiente, apoiando assim os mecanismos de proteção contra falhas, endereços, questões de segurança

cibernética e preservar a privacidade do usuário. Os autores detalham ainda a classificação do sistema de proteção inteligente conforme apresentado abaixo:

- Confiabilidade do sistema e proteção contra falhas:
  - Mecanismo de proteção contra falhas: previsão e prevenção de falhas e falha de identificação, diagnósticos e recuperação (falha de identificação e localização, autorrecuperação de rede e recuperação de dados), proteção de microrredes.
  - Segurança e privacidade.
  - Medição de informações.
  - Transmissão de informações.

Os três objetivos principais em que se concentra a segurança cibernética são: a disponibilidade, a integridade e a confidencialidade (SRINIVAS; DAS; KUMAR, 2019):

- Disponibilidade: a razão pela qual existem as SGs é a disponibilidade, onde o objetivo básico destas é fornecer ao usuário uma fonte de alimentação ininterrupta, correspondendo aos requisitos exigidos pelo usuário.
- Confiabilidade: a rede de comunicação das SGs é responsável pela proteção das informações de um usuário, se os dados não tiverem sido protegidos amplamente, informações podem ser reveladas a um ataque cibernético.
- Integridade: as mensagens recebidas do usuário final devem ser autenticadas, e a rede deverá garantir que as informações transmitidas não sejam adulteradas, por isso a fonte da mensagem transmitida deve ser autêntica.

Apesar disso, o sistema SCADA apresentar vantagens na conexão das redes de informação, por exemplo, a internet. Vários problemas podem surgir devido a esse motivo, pois tal conexão possibilita a invasão de rede por um intruso, comprometendo assim todo o sistema. (DE FIGUEIREDO; FERST; DENARDIN, 2019).

### 2.2.5 Visão geral das legislações e padrões

Em setembro de 2001, o Departamento de Energia dos Estados Unidos, United States Department of Energy (DOE), iniciou uma série de *workshops* de comunicações e controles focados na integração dos recursos energéticos distribuídos (HOROWITZ, 2019). O futuro das redes de energia envolvendo um nível crescente de inteligência e integração de novas TIs e comunicação em todos os aspectos do sistema elétrico, com a visão ampla de uma transformação para as SGs, foi refletido pelo DOE, pelo GridWise e pela Comunidade Europeia (GARCIA *et al.*, 2022).

A Lei de Independência e Segurança de Energia, de 2007, é o primeiro ato do governo federal dos Estados Unidos da América (EUA) para estabelecer sua política para as SGs, especificando, através desta, os estudos sobre o estado e a segurança das SGs. Delimita assim um comitê consultivo federal e uma força-tarefa de agência intergovernamental, compõe os quadros com tecnologia de pesquisa, desenvolvimento e demonstração, dirige ainda o avanço da interoperabilidade e cria um programa de fundos para encorajar o investimento em SGs (HOROWITZ, 2019).

Abaixo seguem listadas as várias padronizações e estudos na área das SGs que surgiram em diferentes países ou organizações:

- Microsoft: SERA (MICROSOFT, 2009).
- SMB Smart Grid Strategic Group (SG3): IEC Roadmap (SG3, 2010);
- Germany: BMWi E-Energy Program (BECKS *et al.*, 2010);
- Korea: Smart Grid Roadmap 2030 (USLAR *et al.*, 2010);
- United States: NIST IOP Roadmap (NIST, 2022);
- European Union: Mandate CEN/CENELEC M/441 (CENELEC, 2009);
- China: SGCC Framework (SGCC, 2012);
- Japan: METI Smart Grid roadmap (JSF, 2010);
- IEEE 2030 (IEEE, 2011);
- CIGRE: D2.24 (CIGRE, 2011).

No que tange às padronizações e aos estudos sobre as SGs, a rede elétrica inteligente é o tópico dominante no domínio da energia de hoje. No entanto, existem muitas definições das SGs em todo o mundo e, dependendo delas, as SGs são definidas como estado, processo de transição ou infraestrutura de destino. O

conteúdo básico de cada definição é influenciado por muitos fatores diferentes, por exemplo, distintas estruturas de geração causadas por recursos naturais e regulação e diferentes estruturas de consumo causadas pelos preços de energia, usando hábitos, bem como densidade populacional urbana (GHORBANIAN *et al.*, 2019).

No Brasil, a ANEEL é responsável por regulamentar e supervisionar o setor elétrico, de acordo com as políticas e diretrizes do governo federal brasileiro. O *Relatório Smart Grid* do MME (BRASIL, 2010a) informa que as tecnologias que permitem automação inteligente em subestações de transmissão no contexto das SGs já se encontram em estágio avançado no Brasil. A norma IEC 61850-1 (IEC, 2003) vem ganhando campo notadamente nas instalações de empresas de energia elétrica no território nacional, onde há aplicações tanto em geradoras como em distribuidoras de energia para permitir restabelecimento automático das subestações em caso de falta assinalada por evento de proteção. Reitera-se ainda que já há utilização da norma no setor de óleo e gás.

A Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras) vem investindo em equipamentos para suas redes elétricas e subestações com o objetivo de ter supervisão de medidas, balanceamento de carga automático, proteção de falta de disjuntor. Nesse sentido, utiliza mensagens *Generic Object Oriented Substation Event* (GOOSE), as quais carregam informações entre os IEDs (dispositivos eletrônicos inteligentes), já são utilizadas até mesmo para funções críticas como “*trip*” (sinal de desligamento enviado por um relé), em caso de faltas. Nas instalações de centros de controle, o *Inter-Control Center Communications Protocol* (ICCP) já se encontra bastante disseminado.

Há companhias, como a Companhia de Geração e Transmissão de Energia Elétrica do Sul do Brasil (CGT Eletrosul) e a Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF S.A.), que o utilizam mesmo para receber dados de concentradores localizados em nível inferior ao seu nível de centro de controle. Nos centros do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), o protocolo também é utilizado de forma crescente. Por exemplo, com o projeto, o ONS pretende modernizar seus centros a um patamar único no mundo, uma vez que é um dos maiores operadores de sistema em termos de carga e é responsável por área geográfica de proporções continentais, assim o protocolo ICCP ganha posição destacada.

Uma das grandes vantagens da modernização dos centros de controle é a sua capacidade de ter redundâncias de forma a garantir a operação do sistema com alta disponibilidade. Um exemplo seria o centro de controle da subestação assumir o centro de controle do sistema em esquema de contingência. O protocolo ICCP permite a distribuição de dados de forma que todos os centros responsáveis por contingência mantenham os dados em tempo real, não só sob sua supervisão, mas também os dados sobre os quais será responsável em eventualidade por contingência. Com relação à norma IEC 62351-1 (IEC, 2006), como possui um caráter complementar, deve ganhar aceitação de forma gradual. No momento atual, em muitas empresas ainda não se exige aderência a essa norma. Isso decorre por questão de desconhecimento dos conceitos da norma e também pelo próprio fato de que a segurança ainda impõe empecilhos como gerência de chaves de criptografia (BRASIL, 2010a).

Seguem abaixo as resoluções normativas, portarias e normas na área das SGs que surgiram no Brasil:

- Resolução Normativa (RN) ANEEL nº 375/2009: trata da utilização do sistema de distribuição para transporte de sinais digitais e analógicos como internet (ANEEL, 2009a).
- RN ANEEL nº 395/2009: trata da questão de implantação obrigatória do Sistema de Informação Geográfica (SIG), proposto para armazenar e gerenciar parâmetros elétricos, topológicos e estruturais das concessionárias, no sistema de distribuição (ANEEL, 2009b).
- Portaria nº 440, de 15 de abril de 2010: o Ministro de Estado de Minas e Energia, no uso da atribuição que lhe confere o art. 87, parágrafo único, inciso iv, da constituição, resolve: no art. 1º, criar grupo de trabalho com o objetivo de analisar e identificar ações necessárias para subsidiar o estabelecimento de políticas públicas para a implantação de um programa brasileiro de rede elétrica inteligente – “*Smart Grid*” (BRASIL, 2010b).
- RN ANEEL nº 479/2012: tem alteradas as suas condições gerais de fornecimento de energia para acomodar as tarifas de bandeira, pré-pagamento de energia e tarifa branca. As tarifas de bandeira refletem o custo real de geração de energia elétrica e pretendem promover a



conscientização do consumidor (regulamentado pela RN 547/2013) (ANEEL, 2012a).

- RN ANEEL nº 482/2012: a ANEEL determinou as diretrizes para a regulamentação da microgeração e minigeração distribuídas no Brasil (ANEEL, 2012b).
- RN ANEEL nº 610/2014: o pré-pagamento de energia, regulado pela RN 610/2014, e a tarifa branca são outras modalidades tarifárias, de forma que a última é uma tarifa por hora de utilização (TOU) que aguarda sua regulamentação específica (ANEEL, 2014).
- RN ANEEL nº 863/2019: trata da propriedade dos medidores eletrônicos, compondo diretrizes de consumo de medição inteligente para unidades de consumo de baixa tensão (ANEEL, 2019).

### **2.2.6 Exemplos de estudos e projetos no Brasil**

No Brasil, historicamente acontecem investimentos em empreendimentos de infraestrutura de forma reativa, ao invés de ser proativa ao aumento da demanda. Por exemplo, em 2001, após um período de forte expansão da economia e do consumo de energia, associados ao subinvestimento no sistema de geração e transmissão de energia, concomitante com um período de escassez de chuva, ocorreu a indisponibilidade de energia elétrica em virtude da falta de água para geração de energia e do estrangulamento do sistema de transmissão de energia. Ocorreu então um período crítico para o país, e nesse contexto foram iniciados os primeiros estudos das SGs no Brasil (SANTOS, CANATO, 2020).

O Brasil é um país de dimensões continentais com geração predominante de eletricidade renovável e centralizada com sistema de transmissão interligado. O ONS é responsável pela coordenação e controle da operação de geração e transmissão do Sistema Interligado Nacional (SIN), e a ANEEL é responsável pela regulamentação e supervisão da produção, transmissão e distribuição de energia elétrica. (DI SANTO; KANASHIRO; DI SANTO; SAIDEL, 2015).

Em 2010, a ANEEL aprovou um projeto estratégico denominado Programa Brasileiro de *Smart Grid*, que foi conduzido por concessionárias, universidades e outros participantes do setor elétrico. Esse programa contém um diagnóstico da

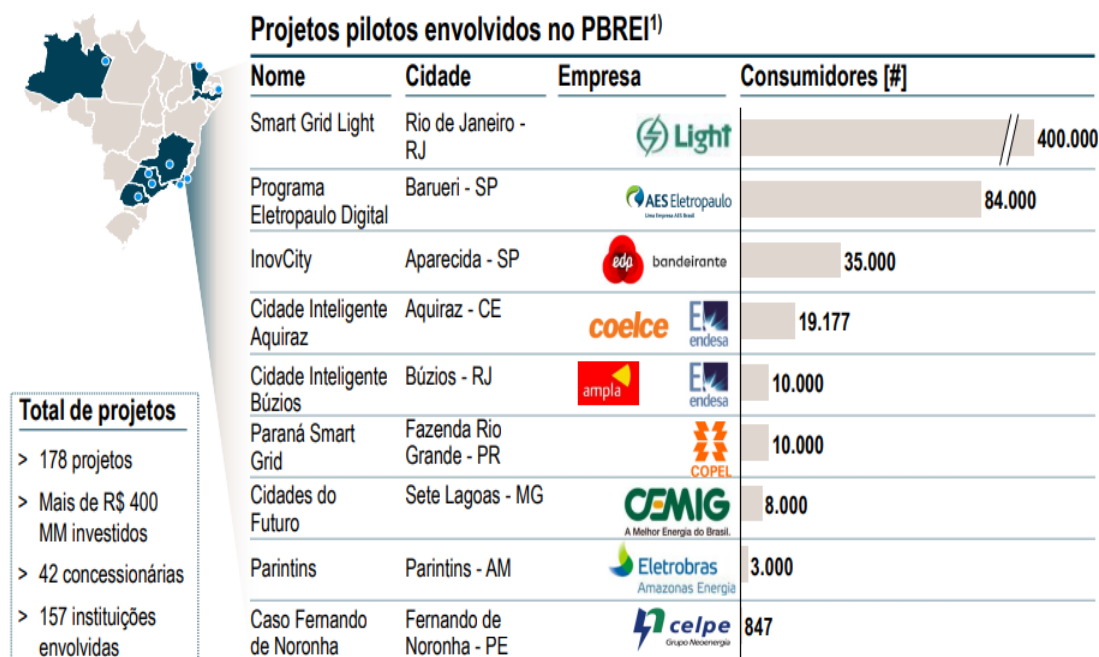
atual automação do sistema de distribuição, quando foi apontado um baixo nível de automação nos sistemas de informação, equipamentos de supervisão e controle e medição avançada de consumidores de baixa tensão. Além disso, um alto nível de automação foi observado em alimentadores, em controles remotos de interruptores e autorrecuperação local (DRANKA; FERREIRA, 2020).

As concessionárias de energia elétrica estão realizando projetos-piloto das SGs com o objetivo de avaliar as tecnologias utilizadas, os custos, os desafios, as vantagens e as desvantagens para sua futura implantação em larga escala, de acordo com as características do mercado (DRANKA; FERREIRA, 2020).

Com o objetivo de incentivar a disseminação das SGs no Brasil, um plano de ação denominado Inova Energia financiou projetos-piloto e seu desenvolvimento tecnológico. Esse plano de ação é um esforço conjunto do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), da ANEEL e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) para disponibilizar US\$ 920 milhões, de 2013 a 2016, para empresas e instituições científicas para o desenvolvimento de ações relacionadas a redes inteligentes, geração de energia renovável e veículos híbridos e eficientes (RIVEIRA; ESPOSITO; TEIXEIRA, 2013).

Na Figura 10 são apresentados os projetos-piloto envolvidos no Projeto Brasileiro de Redes Inteligentes (PBREI). Esse programa foi proposto pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) distribuição e apoiado por 36 concessionárias, resultando em nove planos-piloto.

Figura 10 – Projetos-piloto do Programa Brasileiro de Redes Inteligentes



Fonte: Rota (2018).

### 2.3 SMART METER

Os SMs de energia são dispositivos eletrônicos que realizam a medição do consumo de energia elétrica, fornecendo comunicação bidirecional entre fornecedores de eletricidade e clientes para faturamento do cliente e monitoramento do sistema. Comparados com medidores convencionais de eletricidade, os medidores inteligentes apresentam várias vantagens para as concessionárias e para os clientes, como maior precisão, menor custo, melhor visibilidade e consumo de energia mais ecológica (ALAHAKOON; YU, 2015; DUAN; HUANG; SUN; MIN, 2022). Ainda no que tange aos SMs de energia, acrescenta-se que eles fornecem aos clientes uma grande quantidade de dados na forma de *feedback* personalizado, com informações fornecidas via *display* doméstico (ALBANI; DOMIGALL; WINTER, 2017) ou ainda em aplicativos móveis disponíveis para celular ou *tablet* (AVANCINI *et al.*, 2021). Fornecendo as informações de consumo em tempo real, os consumidores podem agir ao perceber como as mudanças nos comportamentos influenciam o uso de consumo, espelhando respostas em termos de economia e alterando alguns hábitos de consumo (LIU; MUKHEIBIR, 2018).

Em virtude dos benefícios econômicos e ambientais, um número crescente de medidores inteligentes foi implantado em todo o mundo. Por exemplo, o número de SMs instalados no Reino Unido, nos EUA e na China atingiu 2,9 milhões, 70 milhões e 96 milhões, respectivamente, até o final de 2016 (WANG; CHEN; HONG; KANG, 2019). No Brasil, por meio de parceria com o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da ANEEL, a distribuidora Enel Distribuição São Paulo anunciou no dia 28/01/2021 o projeto de instalação de 300 mil medidores inteligentes em São Paulo (ANEEL, 2021a). Dessa forma, indica-se que os projetos e programas para implantação dos SMs no país estão em andamento lento, corroborando uma evolução principiante nas instalações dos SMs.

No Brasil, com a geração de energia proveniente, em sua grande maioria, de fontes renováveis, com baixa emissão de gases causadores de efeito estufa e com uma previsão de demanda baixa quando comparada a outros países, as iniciativas das SGs no país podem se apoiar na modernização da infraestrutura de distribuição, com objetivos voltados à universalização do acesso à energia elétrica, em que a sua potencialidade para o desenvolvimento de recursos energéticos distribuídos e combate ao alto volume de perdas técnicas são consequência de um modelo respaldado no controle público pouco evoluído e tolerante ao furto de energia. No que tange ao furto de energia, o país enfrenta um problema típico de países em desenvolvimento, referentes a instalações irregulares com o intuito do roubo, bastante comum nas grandes metrópoles, e traduzindo-se em grandes perdas no sistema. Esse problema cessará após a implantação dos SMs de energia, coibindo, assim, tal prática (RIGODANZO, 2015).

O relatório de pesquisa do mercado global de SMs elétricos (2021-2026) (RESEARCH REPORTS WORLD, 2021) apresentou em sua publicação a lista das principais empresas fornecedoras, a saber:

- GE Digital Energy;
- Landis+Gyr;
- Siemens;
- Kamstrup;
- Aclara;
- Nuri Telecom;
- Sagemcom;

- Tantalus Systems;
- Itron;
- Silver Spring Network;
- Trilliant;
- Echelon Corporation;
- Elster Group;
- Skrameco;
- ZIV;
- Apator Group;
- ZENNER;
- Diehl Metering;
- Yazaki Corporation;
- Schneider Electric;
- EDMI;
- MeterSit;
- PRI Ltda; e
- Sensus.

### **2.3.1 Sistema tarifário brasileiro de energia**

No Brasil, o modelo tarifário representa um conjunto de tarifas aplicáveis ao consumo de energia elétrica e à demanda de potência ativa. Essas tarifas são definidas de acordo com o grupo tarifário, segundo as opções de contratação definidas na RN ANEEL nº 414/2010 e no módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET).

De acordo com a ANEEL (2016), as unidades consumidoras estão segregadas da seguinte maneira:

- Grupo A:
  - Unidades consumidoras da Alta Tensão (subgrupos A1, A2 e A3), média tensão (subgrupos A3a e A4) e de sistemas subterrâneos (subgrupo AS).
  - Horária azul: tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de

utilização do dia (postos tarifários). Disponibilizada para todos os subgrupos do grupo A.

- Horário verde: tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários) e de uma única tarifa de demanda de potência. Disponível para os subgrupos A3a, A4 e AS.
- Grupo B:
  - Unidades consumidoras da baixa tensão, das classes residencial (subgrupo B1), rural (B2), demais classes (B3) e iluminação pública (B4).
  - Convencional monômnia: tarifa única de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia.
  - Horário branca: tarifa diferenciada de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários). Não está disponível para o subgrupo B4 e para a subclasse baixa renda do subgrupo B1.
- Demais acessantes:
  - Distribuição: tarifa aplicada às distribuidoras que acessam outras distribuidoras. Caracterizada por tarifa horária de demanda de potência e consumo de energia para o grupo A, e de tarifa de consumo de energia única para o grupo B.
  - Geração: tarifas aplicadas às centrais geradoras que acessam os sistemas de distribuição, caracterizada por tarifa de demanda de potência única.

De acordo com a ANEEL (2016), desde o ano de 2015, as contas de energia passaram a trazer o Sistema de Bandeiras Tarifárias, que apresenta as seguintes modalidades: verde, amarela e vermelha. Estas são as mesmas cores dos semáforos e indicam se haverá ou não acréscimo no valor da energia a ser repassada ao consumidor final, em função das condições de geração de eletricidade. Segundo a ANEEL (2016), cada modalidade apresenta as seguintes características:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo.

- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,01874 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido.
- Bandeira vermelha: patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,03971 para cada kWh consumido.
- Bandeira vermelha: patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,09492 para cada kWh consumido.
- Todos os consumidores cativos das distribuidoras serão faturados pelo Sistema de Bandeiras Tarifárias, com exceção daqueles localizados em sistemas isolados.
- Bandeira de escassez hídrica (criada em agosto de 2021): criada para custear os custos excepcionais do acionamento de usinas térmicas e da importação de energia, irá vigorar até abril de 2022. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,142 para cada kWh consumido.

Com relação ao consumo de energia, ressalta-se que se o consumidor reduzir o seu consumo, a sua bandeira não muda de cor de forma direta. Ou seja, a cor da bandeira é definida mensalmente e aplicada a todos os consumidores do SIN (regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte do Norte), ainda que eles tenham reduzido seu consumo.

No que tange às bandeiras tarifárias, estas são faturadas por meio das contas de energia, e, portanto, todos os consumidores cativos das distribuidoras pagam o mesmo valor, proporcional ao seu consumo, independentemente de sua classe de consumo. As únicas exceções são os consumidores dos sistemas isolados. Ainda cabe ressaltar que as bandeiras tarifárias têm descontos para os consumidores residenciais baixa-renda, para os beneficiários da Tarifa Social e para as atividades de irrigação e aquicultura em horário reservado.

Quanto ao consumo mínimo de energia, destaca-se que a tarifa de energia é aplicada sobre ele para que o consumidor contribua com a remuneração da disponibilidade do sistema elétrico. De acordo com o art. 98 da RN ANEEL nº 414/2010, o custo de disponibilidade do sistema elétrico, aplicável ao faturamento mensal do consumidor do grupo B é o valor referente à aplicação da tarifa de energia sobre (ANEEL, 2010):

- 30 kWh, se monofásico ou bifásico a 2 condutores;
- 50 kWh, se bifásico a 3 condutores; ou
- 100 kWh, se trifásico.

Embora haja particularidades na forma de cobrança da bandeira tarifária, tendo em vista que a sua aplicação depende dos custos variáveis mensais de geração de energia e que sua cobrança é apresentada na fatura de maneira segregada, essa ainda é a tarifa de energia. Deste modo, a bandeira tarifária deve incidir sobre o consumo mínimo de energia (ANEEL, 2016).

### **2.3.2 Medidores Inteligentes Instalados no Brasil**

As funções, aplicações e tendências tecnológicas dos SMs de energia são resumidas neste item. Vários estudos apontam que é vantajoso relatar o consumo de energia, junto com a potência ativa, reativa, medições de potência e tensão, de modo que os dados do medidor inteligente possam ser usados não apenas para carregar faturamento e movimentação, mas também para conscientizar a situação de limites do consumo tarifário. Duan, Huang, Sun e Min (2022) acrescentam ainda que é benéfico que os novos aplicativos para SM estendam o escopo aplicativo de categorias de faturamento e monitoramento para categorias de controle, permitindo que os recursos de comunicação bidirecional dos SMs sejam totalmente utilizados.

Salienta-se que a cadeia de valores do setor elétrico deverá sofrer significativas mudanças durante o processo de implantação das tecnologias das SGs, onde o universo de atores é amplo e diversificado à medida que as tecnologias e aplicações envolvidas incluem a indústria tradicional de equipamentos de energia, provedores de serviços de telecomunicações, eletrônica de consumo e fornecedores de sistemas de informação. Nesse contexto, surge a medição avançada, com um papel voltado para prover a infraestrutura dos SMs com funcionalidades de armazenamento de dados e comunicação com as distribuidoras de energia elétrica (SANCHES, 2019).

No Brasil, a WEG certificou, através do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), o primeiro medidor de energia do Brasil em acordo com as novas regulações do órgão (WEG, 2016). O equipamento foi utilizado nas instalações do projeto da AES Eletropaulo.



A Figura 11 apresenta o SM de energia fornecido à AES Eletropaulo pela WEG, tendo como principais características:

- Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária (DRP) e Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica (DRC), interrupções de curta e longa duração e todas as funcionalidades da REN 871 disponíveis.
- Medição nos quatro quadrantes.
- Flexibilidade para mudança de tarifa convencional para tarifa branca com diferenciação tarifária.
- Relé de corte e religa integrado (opcional).
- Medição de corrente de neutro (opcional).
- Interface Ethernet (opcional).
- Memória de massa integrada para registro de mais de 60 dias de informações.
- Flexibilidade de configuração dos dados a serem apresentados no *display*.
- Mecanismos de segurança para garantia de sigilo e integridade, baseado na autenticação e criptografia de dados.
- Preparação para uso de módulo de comunicação *Network Interface Card* (NIC) e um *software* desenvolvido pela WEG para configuração, manutenção e leitura de forma local dos medidores da linha SMW1000/2000/3000 – *Smart Meters* WEG.

Figura 11 – Medidor Inteligente de energia WEG



Fonte: WEG (c2022).

A fabricante Flex e Ducati é a fornecedora dos SMs de energia instalados pela Enel distribuição em São Paulo. Esses SMs permitirão a leitura remota de consumo, via *site* e aplicativo.

A Figura 12 apresenta o SM instalado pela Enel, o projeto tem investimentos de R\$ 121 milhões, vindos do Programa de P&D da ANEEL (TEIXEIRA, 2021).

Figura 12 – SM de energia Enel

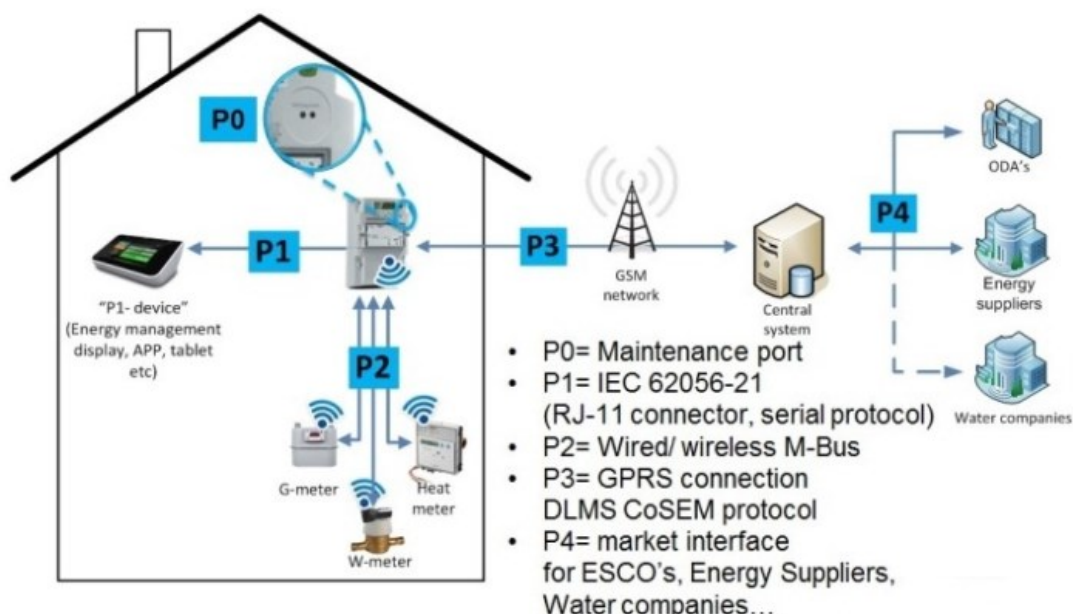


Fonte: Teixeira (2021).

Na Holanda, a empresa de multisserviços Delta NV aborda o uso de SM adicionando dados de água aos dados de SM existentes para gás e eletricidade, e fornece esses dados para a casa continuamente. Inovando para efetivamente promover a eficiência energética, a empresa agrega o fato de que a informação contínua em casa tem um efeito significativamente maior no comportamento de eficiência energética do que os relatórios ou contas de energia domésticos mensais. O estudo *Empower Demand* relata que “em média, um display doméstico é 50% mais eficaz do que uma fatura informativa na redução do consumo geral de eletricidade” (PHILIP; BRENNAN; STROMBACK; KENNEDY, 2015; SUN *et al.*, 2021).

Na Figura 13, está representada a arquitetura residencial de instalação dos SMs de água, energia e gás fornecidos pela empresa Delta NV.

Figura 13 – Instalação dos SMs de energia, água e gás



Fonte: Delta NV (2014).

A arquitetura holandesa de medidor inteligente, apresentada na Figura 13, posiciona o medidor de eletricidade inteligente como um *hub* de dados dentro de casa, porque está sempre conectado à rede elétrica. Além disso, também permite até quatro medidores escravos locais, em que um dos medidores escravos locais quase sempre será um medidor de gás inteligente. Localmente, os consumidores podem ler os dados por meio da interface do cliente (porta P1, um conector RJ-11 simples).

## 2.4 CIDADES INTELIGENTES

Cidades Inteligentes, ou *Smart Cities*, são aquelas que utilizam tecnologias de informação e comunicação para melhorar a qualidade de vida de seus habitantes, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos urbanos. Nesse sentido, a concepção de uma Cidade Inteligente passa pela criação de um Ecosistema Urbano Inteligente, onde a tecnologia é usada como uma ferramenta para integrar e otimizar o uso dos recursos urbanos. Nesse contexto, as mudanças e inovações tecnológicas são necessárias e envolvem uma infinidade de novas tecnologias relevantes e que compõem várias disciplinas, como engenharia civil, elétrica, eletrônica e engenharia de telecomunicações (BLETIS; CASSANDRAS; NUCCI, 2018).

A inclusão da qualidade de vida como uma preocupação tornou possível a aproximação dos conceitos de Cidades Inteligentes e de cidades sustentáveis (BIFULCO *et al.*, 2016), emergindo a ideia de uma Cidade Inteligente-Sustentável (*Smart Sustainable City*). A proposta da Cidade Inteligente-Sustentável é empregar as tecnologias da informação e comunicação para atender às necessidades dos cidadãos, sem comprometer as necessidades de gerações futuras (HÖJER; WANGEL, 2015; AHVENNIEMI *et al.*, 2017).

Um Ecossistema Urbano Inteligente é caracterizado pela sua capacidade de integrar e otimizar o uso de recursos como energia, água, transporte e gestão de resíduos. Isso é possível graças ao uso de sensores, redes de comunicação e sistemas de informação que permitem o monitoramento em tempo real desses recursos. Com isso, é possível tomar decisões mais rápidas e precisas em relação ao uso desses recursos, o que leva a uma maior eficiência e sustentabilidade urbana.

Além disso, um Ecossistema Urbano Inteligente também inclui a criação de espaços públicos mais conectados e acessíveis, com a utilização de tecnologias como iluminação inteligente, mobiliário urbano interativo e transporte público integrado. Esses elementos são projetados para melhorar a mobilidade urbana e tornar a cidade mais inclusiva e amigável para seus habitantes.

A noção de Cidade Inteligente poderia ser simplesmente definida como a incorporação de infraestrutura digital em um ambiente urbano. As cidades e seus edifícios podem ser considerados inteligentes, embora a infraestrutura digital seja apenas um componente físico, o *hardware* (BLEWITT, 2018). Mas o que realmente dá vida à cidade são as interações sociais e culturais, as atividades econômicas e sua vida política. Uma visão mais ampla e sistêmica da cidade precisa incorporar a visão da sustentabilidade. É por esse motivo que uma cidade não pode ser considerada inteligente sem a dimensão da sustentabilidade.

#### **2.4.1 Programas e projetos em Cidades Inteligentes no Brasil**

De acordo com Di Santo, Kanashiro, Di Santo e Saidel (2015), os principais programas e projetos incluídos nos programas de desenvolvimento das SGs no Brasil são os seguintes:

- Cidade Inteligente – Búzios/RJ: o projeto Búzios *Smart City* (Cidade Inteligente) da Ampla Utility está implantado em Búzios, cidade litorânea

do estado do Rio de Janeiro e é reconhecida internacionalmente. A concessionária tem como objetivo construir a primeira Cidade Inteligente da América Latina, demonstrando a implementação de tecnologias limpas para o mundo, alinhando-se aos problemas atuais da sociedade, de forma a alavancar o desenvolvimento da indústria nacional, pesquisa e tecnologias, e adquirir experiências em novas tecnologias inteligentes.

- Programa *Smart Grid* – Barueri e Vargem Grande Paulista/SP: o programa das SGs da concessionária AES Eletropaulo inclui programas diferenciados: estruturação, táxis elétricos, transformadores inteligentes, geração distribuída e outros.
- InovCity – Aparecida/SP: a exemplo do projeto implementado em Évora, Portugal, a concessionária EDP Bandeirante implementou o projeto InovCity em Aparecida, um importante destino turístico localizado entre os dois grandes centros urbanos brasileiros, e composto por clientes urbanos e rurais. Este projeto incluiu medidores inteligentes, iluminação pública eficiente, mobilidade elétrica, automação da rede, ações de eficiência energética, sensibilização das pessoas e geração distribuída com fontes renováveis.
- Cidades do Futuro – Sete Lagoas/MG: o Projeto Cidades do Futuro da concessionária Cemig foi implantado em Sete Lagoas e municípios vizinhos (Santana de Pirapama, Santana do Riacho, Baldim, Prudente de Moraes, Funilândia e Jequitibá) do estado de Minas Gerais, atendendo a 95 mil consumidores.
- Projeto Parintins – Parintins/AM: este projeto da concessionária Eletrobras foi implantado em Parintins, ilha fluvial no estado do Amazonas localizada a 369 km de Manaus (capital do estado). A concessionária visa observar as novas tecnologias desde a geração até o consumo de energia elétrica, além do comportamento do consumo, e replicar o projeto-piloto para outras áreas úteis.
- Projeto Fernando de Noronha – Fernando de Noronha/PE: este projeto da concessionária Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) foi implantado em Fernando de Noronha, ilha pertencente ao estado de Pernambuco localizada a 545 km da capital (Recife).

- Rede inteligente do Paraná – Curitiba/PR: o empreendimento da concessionária Companhia Paraense de Energia (COPEL) está implantado desde 2014 em três bairros da cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná, atendendo a 10 mil consumidores. A região foi selecionada por ter uma população de alta densidade e por representar uma amostra do mercado de utilidades.

## 2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A *Smart Grid* é uma das tecnologias utilizadas nas Cidades Inteligentes, permitindo uma gestão mais eficiente e sustentável da energia elétrica. Além disso, a SG é capaz de integrar outras tecnologias utilizadas nas Cidades Inteligentes, como a IoT e o *big data*, permitindo uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos urbanos.

Os medidores inteligentes desempenham um papel fundamental na implantação e na operação das *Smart Grids*. Esses dispositivos permitem o monitoramento do consumo de energia em tempo real e fornecem informações detalhadas sobre o uso de energia por parte dos consumidores.

Com a implantação dos medidores inteligentes, os consumidores podem ter acesso a informações precisas sobre seu consumo de energia, possibilitando a adoção de medidas para reduzir o consumo e, conseqüentemente, os custos com energia elétrica. Além disso, os medidores inteligentes permitem a detecção de falhas na rede elétrica de forma mais rápida e precisa, propiciando uma intervenção mais rápida e efetiva por parte das equipes de manutenção.

Outra importante função dos medidores inteligentes é a comunicação bidirecional com a rede elétrica, permitindo a transferência de informações e comandos entre os consumidores e a concessionária de energia. Essa comunicação bidirecional é fundamental para a implantação de sistemas de gerenciamento de demanda, que visam equilibrar a oferta e a demanda de energia elétrica em tempo real.

Em resumo, a relação entre *Smart Grid*, *Smart Meter* e Cidades Inteligentes é a criação de um Ecossistema Urbano Inteligente e sustentável, onde a energia, os recursos urbanos e o meio ambiente são gerenciados de forma integrada e sustentável, visando garantir uma melhor qualidade de vida para os habitantes das cidades.

No próximo capítulo é apresentada uma proposta para implementação do SG/SM.

### **3 MODELO PARA IMPLANTAÇÃO DO SG/SM**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

A composição da automação com as tecnologias dos sistemas digitais de informação nas redes elétricas tem por finalidade entregar para o usuário e para o sistema, principalmente, segurança, comodidade e sustentabilidade no fornecimento de energia elétrica. Esse modelo de composição exige redes de distribuição mais modernas e complexas que apresentam para o consumidor: bidirecionalidade, flexibilidade, digitalização e automatização.

A viabilização e a utilização em larga escala das SGs respondem as necessidades do usuário, através da exibição do monitoramento do consumo de energia, incentivando a conscientização e a atenção para os possíveis problemas na rede elétrica que ocasionam desperdícios de energia.

Para que seja criado um estudo de implantação, que tem por finalidade melhorar a qualidade de vida das pessoas e promover ganhos de eficiência nos serviços oferecidos pelas concessionárias de energia, é necessária a obtenção de dados que sejam relevantes, informativos e transparentes para um maior controle sobre a utilização da energia elétrica.

Os requisitos iniciais propostos neste trabalho para a implantação das SGs são:

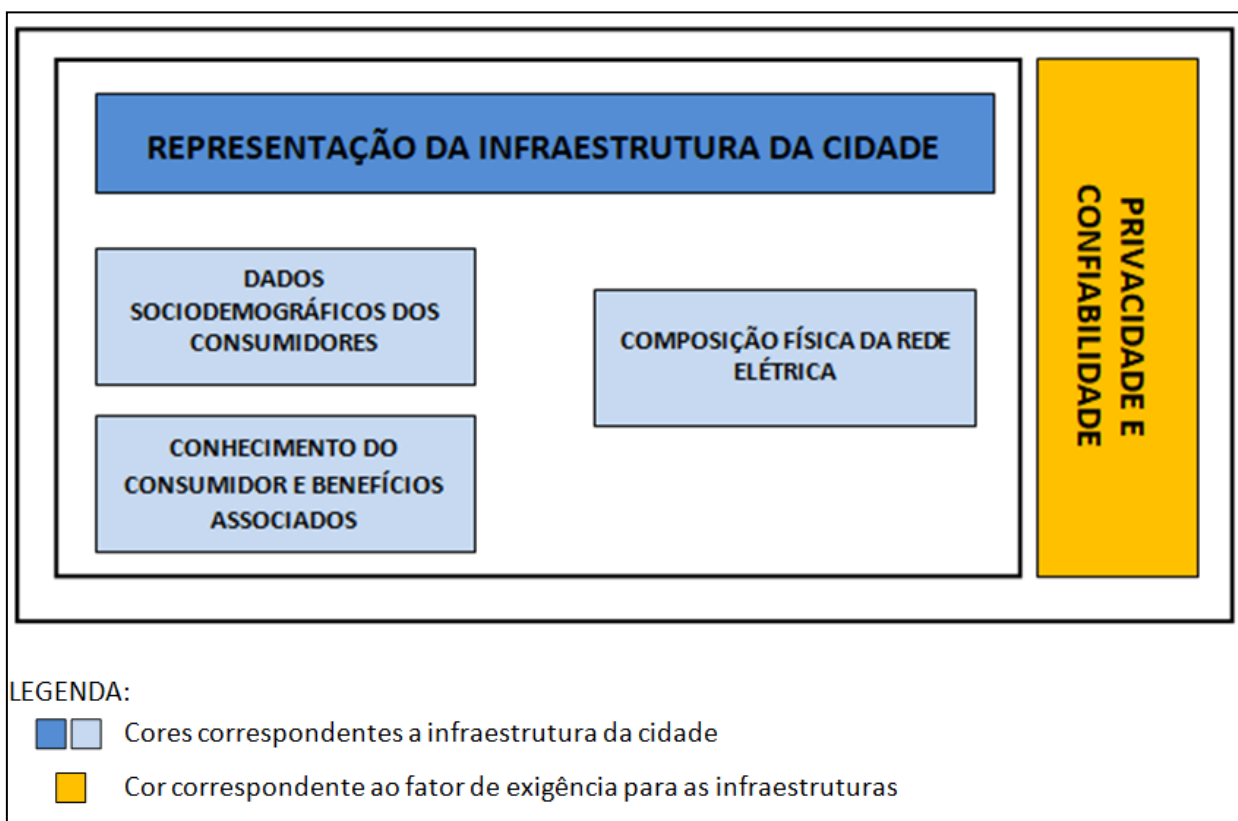
- a representação da infraestrutura da cidade/bairro;
- a estrutura de serviços oferecidos ao usuário da cidade/bairro.

#### **3.2 REPRESENTAÇÃO DA INFRAESTRUTURA DA CIDADE (RIC)**

A representação da infraestrutura deverá indicar a composição física da rede elétrica existente e também conter os dados sociodemográficos dos consumidores dessa cidade, através da apresentação das unidades consumidoras de energia e das características da população (faixa etária, grau de escolaridade, tipo de consumidor. E será por intermédio do processamento dessas informações que estarão disponibilizadas as características de conhecimento do consumidor com relação aos benefícios associados à implantação, e que será obtida a aceitabilidade de implantação pela cidade, ou seja, através do conhecimento dos recursos que o dispositivo implantado pode oferecer à cidade. A RIC é representada na Figura 14

pela composição da rede elétrica local e com os dados sociodemográficos dos consumidores em conjunto com o conhecimento do consumidor acerca da tecnologia envolvida no estudo de implantação e seus benefícios associados.

Figura 14 – Infraestrutura da cidade (RIC)



Fonte: Elaborada pela autora.

Os requisitos da representação da infraestrutura mostrados na Figura 14 são compostos conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Componentes para caracterizar Rede Elétrica Local

Item	Descrição	Componentes
<b>Rede elétrica local</b>	A rede elétrica instalada	Equipamentos existentes Ramais da entrada Ramal alimentador Classe de tensão do ramal Número de transformadores de distribuição Unidades consumidoras conforme a classificação ANEEL



Item	Descrição	Componentes
<b>Consumidores</b>	Características da população	Faixa etária Grau de escolaridade Número de moradores no domicílio Tipo de residência para identificar o uso contínuo do imóvel nos 12 meses do ano
<b>Conhecimento</b>	Indicador de aceitabilidade e conhecimento a respeito dos dispositivos do SG/SM.	Expectativas Motivações para o uso Consciência ambiental Grau de entendimento do funcionamento Influência relativa à instalação Privacidade relativa aos dados pessoais Custos associados à implantação

Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.3 INDICADORES PARA CARACTERIZAÇÃO DA REDE ELÉTRICA LOCAL

São propostos os seguintes indicadores:

- A. Índice para aferir a aceitação para um possível programa de adoção do dispositivo, conforme a Equação (1).

$$Ind_{aceitação} = 0,25 * \{(\sum_{i=1}^n E_i)/n + (\sum_{i=1}^n M_i)/n + (\sum_{i=1}^n GE_i)/n + (\sum_{i=1}^n INF_i)/n\} \quad (1)$$

Onde:

Itens avaliados em uma escala de 0 a 10

- $E_i$ : expectativas para o  $i$ -ésimo consumidor
- $M_i$ : motivações para o uso, para o  $i$ -ésimo consumidor
- $GE_i$ : grau de entendimento do funcionamento para o  $i$ -ésimo consumidor
- $INF_i$ : influência relativa à instalação para o  $i$ -ésimo consumidor.

B. Índice para aferir a consciência da importância social do programa, de acordo com a Equação (2).

$$Ind_{consciência} = 0,33 * \left\{ \left( \sum_{i=1}^n CA_i \right) / n + \left( \sum_{i=1}^n PRIV_i \right) / n + \left( \sum_{i=1}^n CI_i \right) / n \right\} \quad (2)$$

Onde os itens são avaliados de forma binária (0,1):

- CA<sub>i</sub>: Consciência ambiental
- PRIV<sub>i</sub>: Privacidade relativa aos dados pessoais
- CI<sub>i</sub>: Custos associados a implantação.

### 3.4 ESTRUTURA DE SERVIÇOS DA CIDADE (ESC)

Criar novos serviços ao consumidor vai além de oferecer apenas o uso da energia elétrica. Envolve a gestão das leituras de energia feitas pela concessionária.

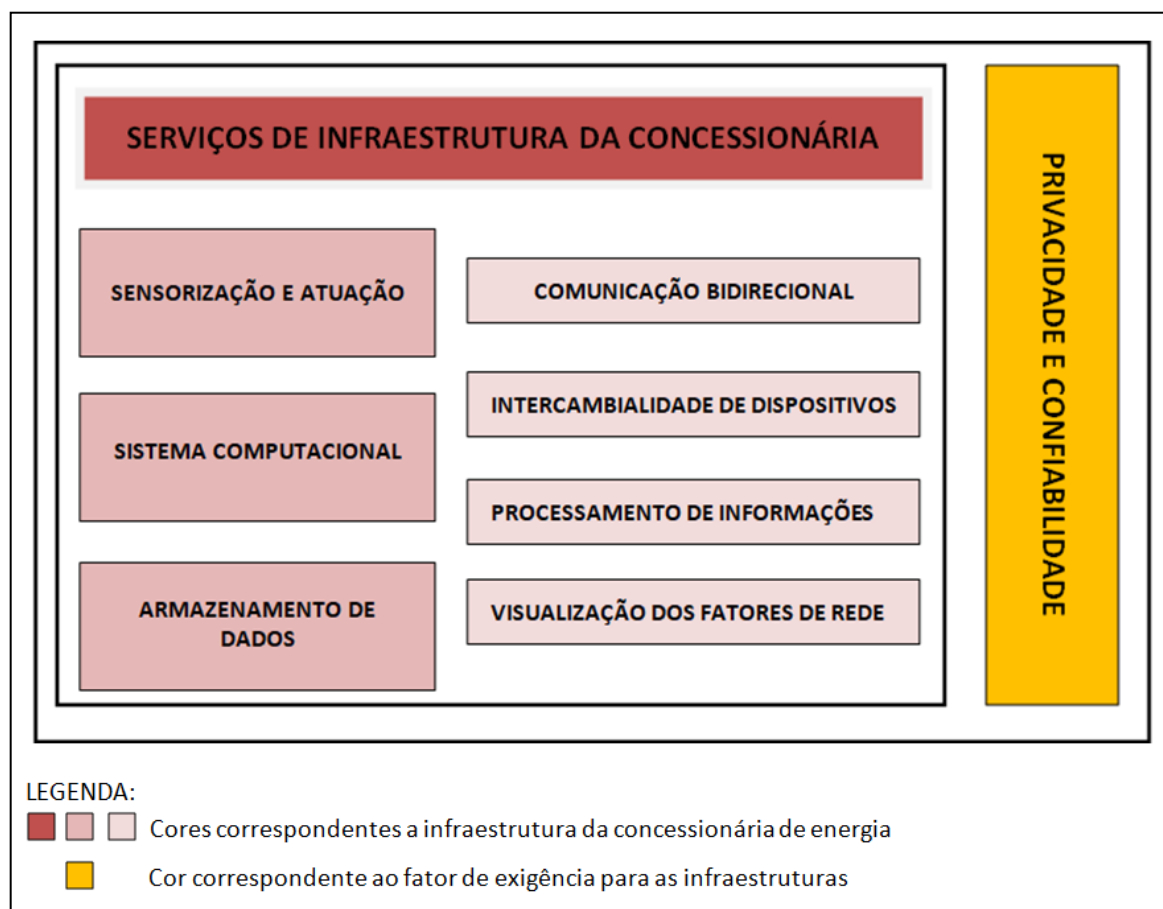
Visando a satisfação do consumidor, são utilizados os dados de entrada que contêm os sinais de tensão e corrente elétrica para o processamento das informações, através de módulos integrados, que irão fornecer vários fatores da rede. Por exemplo: históricos de consumo, consumo real, custo monetário, qualidade da energia, de forma remota, levando em conta a interoperabilidade dos dispositivos utilizados e a virtualização dos recursos oferecidos ao usuário. Além disso, permitem o armazenamento de dados e a visualização dos valores de tensão (V), corrente (I), frequência (f), potência ativa (P), potência reativa (S), potência aparente (Q), fator de potência (fp), consumo (kWh) e custos.

A definição dos requisitos funcionais de sensorização e atuação com a combinação da comunicação bidirecional e da computação irão compor o sistema que vai trocar informações com o *smart meter*, possibilitando o acesso de usuários e do serviço público. Esse enfoque é utilizado como uma infraestrutura de medição avançada em Cidades Inteligentes.

A introdução dessa inovação tecnológica deverá garantir e assegurar a inexistência da violação da privacidade dos dados do usuário, garantindo a segurança e a confiabilidade do usuário.

A Figura 15 apresenta uma estrutura de referência para o desenvolvimento do estudo de implantação do SG/SM.

Figura 15 – Estrutura de Serviços (ESC)



Fonte: Elaborada pela autora.

Os requisitos da representação da estrutura de serviços mostrados na Figura 14 são compostos conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Componentes para caracterizar Estrutura de Serviços

Item	Descrição	Componentes
<b>Sensorização</b>	Conjunto de medições indiretas inteligentes	Equipamentos para registro do fluxo de energia
<b>Sistemas</b>	Disponibilidade de <i>hardware</i> e <i>software</i>	Sistema supervisor e de serviços da comunicação de dados  Sistema que permitam a intercambialidade entre os equipamentos
<b>Armazenamento</b>	Armazenamento da informação	Sistema de informação uso de energia Sistema de segurança

Item	Descrição	Componentes
<b>Visualização</b>	Benefícios recebidos	Consumidor <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualidade da energia recebida</li> <li>• Controle de consumo em tempo real</li> <li>• Sistema de benefícios tarifários oferecidos</li> <li>• Desbalanceamento de cargas e curto circuito interno</li> <li>• Concessionária</li> <li>• Detecção de “gatos na rede”</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.5 INDICADORES PARA CARACTERIZAÇÃO SERVIÇOS OFERECIDOS

É proposto o seguinte indicador:

C. Índice para aferir a oferta de serviços, de acordo com a Equação (3).

$$Ind_{serviços} = 0,5 * (SE + SI + AR + VI)/4 \quad (3)$$

Onde:

Os itens são avaliados por especialistas de forma binária (0,1), em que 0: 0 não atende completamente e 1 atende plenamente:

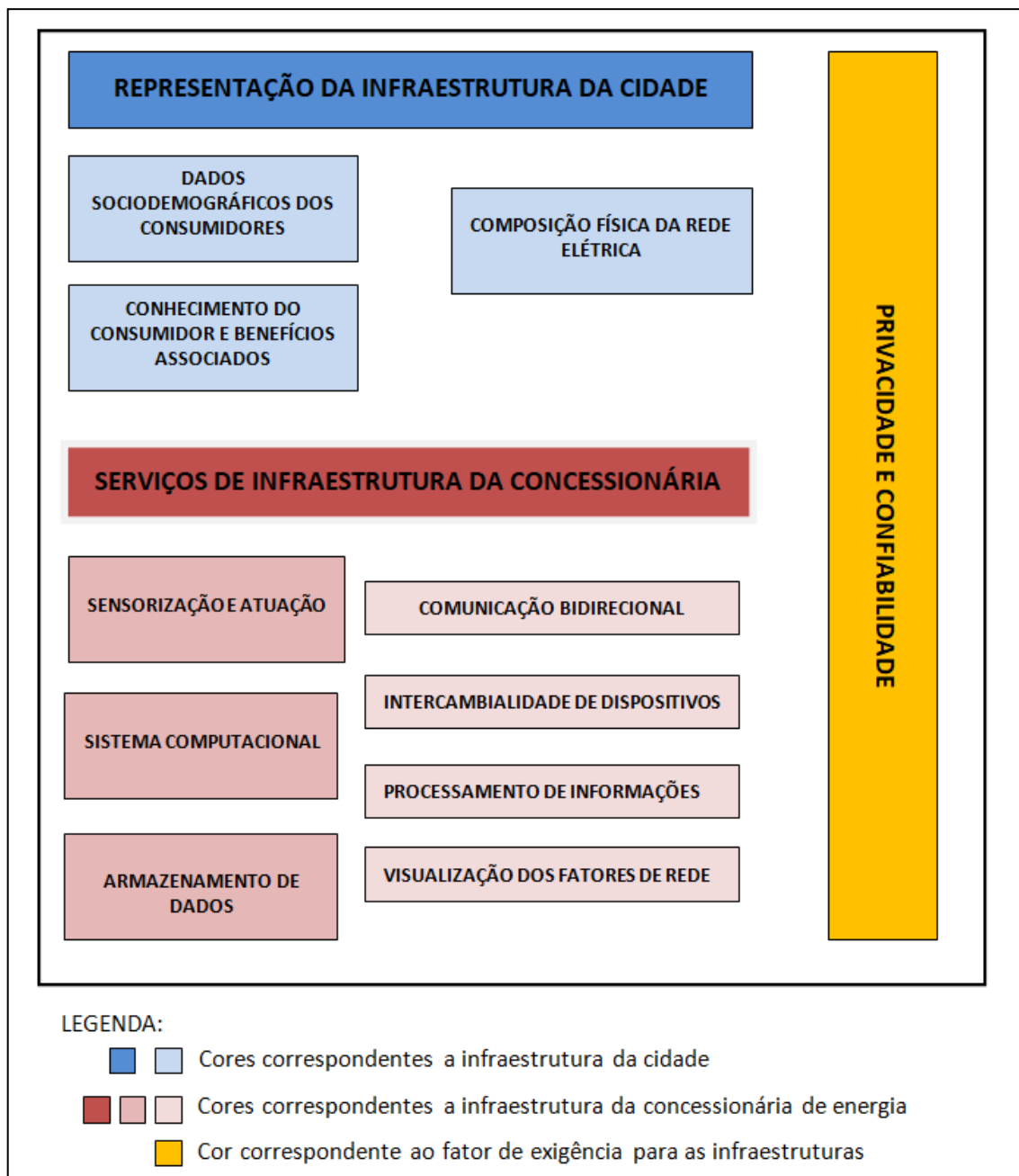
- SE: Sensorização
- SI: Sistemas
- AR: Armazenamento
- VI: Visualização.

### 3.6 PROPOSTA BÁSICA PARA IMPLEMENTAÇÃO SM/SG

Os requisitos de representação para a elaboração da infraestrutura da cidade através dos dados obtidos e para a estrutura de serviços oferecidos ao cliente, através da implantação dos dispositivos de medição inteligente, definem as etapas para implantação do SG/SM.

Os requisitos básicos para implantação do SG/SM estão apresentados na Figura 16.

Figura 16 – Representação da estrutura de implantação do SG/SM



Fonte: Elaborada pela autora.

Para avaliar a implementação realizada, tem-se então o Índice Global de SM/SG, conforme a Equação (4):

$$IG = (A * B)^C \quad (4)$$

Onde:

- A: índice para aferir a aceitação para um possível programa de adoção do dispositivo
- B: índice para aferir a consciência da importância social do programa
- C: índice para aferir a oferta de serviços
- IG: é assim influenciado pelo conhecimento dos consumidores e potencializado pelos serviços oferecidos, comprovado através do Quadro 5.

Utilizando na Equação (4), a função logarítmica como base para uma simulação, tem-se que:

$$\text{Log IG} = C(\log(A) + \log(B)) \quad (5)$$

Assumindo valores de A, B = [1,...).

Quadro 5 – Simulação da equação

Índice Global (IG)	
VALOR DE A Tendendo a Zero	Decresce na mesma proporção que o valor de A
VALOR DE B Tendendo a Zero	Decresce na mesma proporção que o valor de B
VALOR DE C Tendendo a zero	Decresce exponencialmente ao valor de C

Fonte: Elaborado pela autora.

A Equação (4) corrobora e insere o grau de maturidade para implantação do SG/SM em Cidades Inteligentes, comprovando e afirmando através da Tabela 5 a indicação de potencialização dos serviços oferecidos pela concessionária de energia nos resultados do IG.

No próximo capítulo é desenvolvido um estudo de caso no Bairro Daniela visando avaliar a implantação do modelo proposto.

## 4 ESTUDO DE CASO DO BAIRRO DANIELA

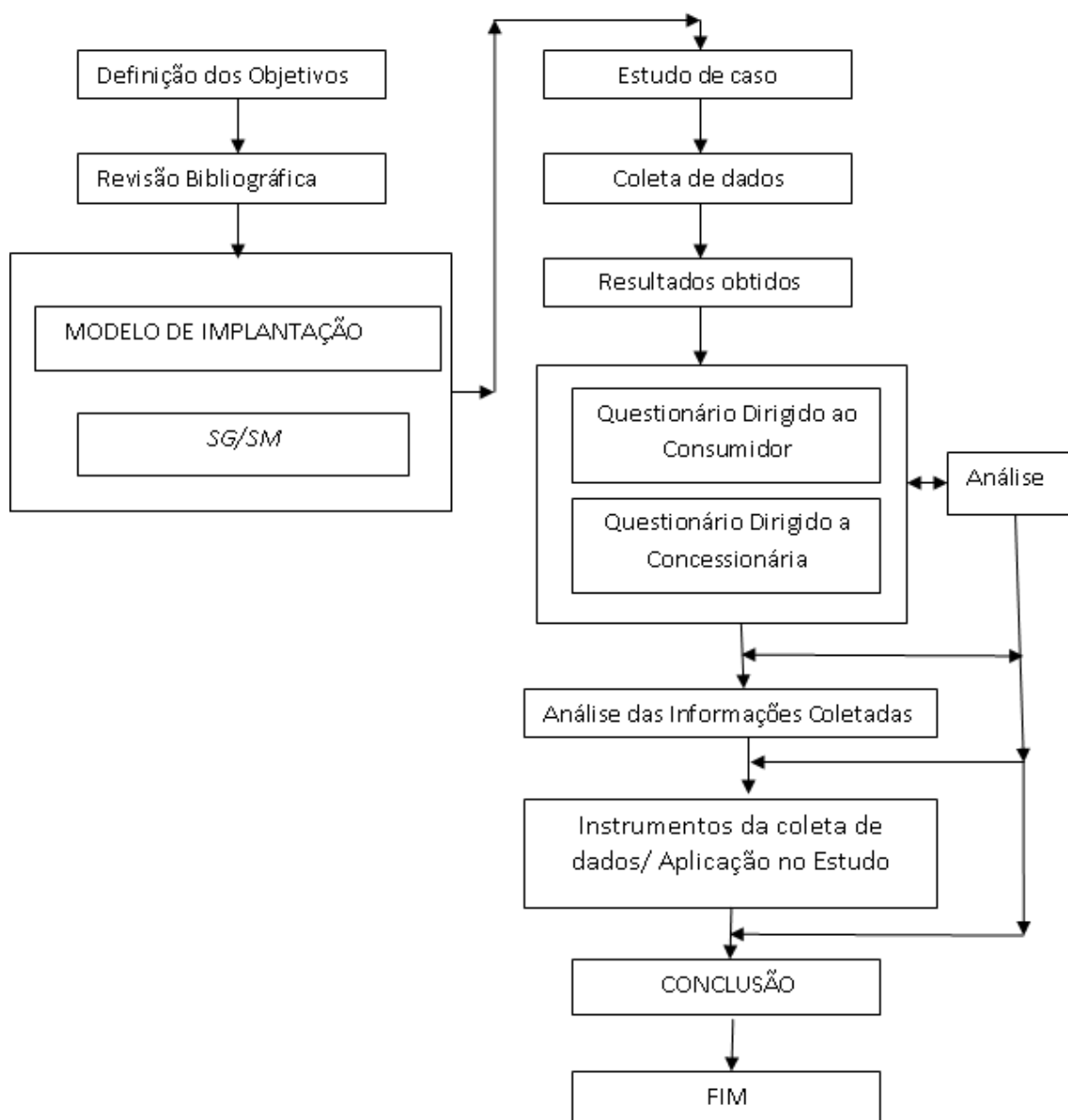
Esta metodologia de estudo propõe incluir a apresentação e o desenvolvimento de respostas de maneira a:

- Identificar, através de pesquisas de campo, o funcionamento do sistema de fornecimento de energia do bairro Daniela, incluindo ainda os parâmetros de operação atual (convencional).
- Levantar com os fabricantes/fornecedores quais os tipos de serviços e dispositivos inteligentes que beneficiariam tanto os usuários domésticos do bairro Daniela quanto a concessionária de energia.
- Conhecer, através de uma pesquisa, a percepção dos moradores do bairro Daniela a respeito dos objetivos e metas do sistema de monitoramento de energia inteligente.
- Conhecer a posição da distribuidora de energia a respeito dos objetivos e metas para a implantação do sistema de monitoramento de energia inteligente.
- Propor, baseado na literatura, nas especificações dos fabricantes, nas expectativas dos moradores e nos estudos da concessionária, um modelo para a implementação dos medidores inteligentes de energia.

### 4.1 *SÍNTESE METODOLÓGICA*

A síntese metodológica é representada pela Figura 17.

Figura 17 – Síntese metodológica



Fonte: Elaborada pela autora.

A partir da identificação do funcionamento do sistema de fornecimento de energia do bairro Daniela, incluindo ainda os parâmetros de operação atual (convencional), deverá ser feito um levantamento com a concessionária de energia e os fabricantes/fornecedores sobre quais os tipos de serviços e dispositivos inteligentes que beneficiariam tanto os usuários domésticos do bairro Daniela quanto a concessionárias de energia.

Através de uma pesquisa que visa a conhecer a percepção dos moradores do bairro Daniela a respeito dos objetivos e metas do sistema de monitoramento de energia inteligente, esta dissertação formulou um questionário, desenvolvido para os



consumidores residenciais com o objetivo de ter a percepção dos moradores do bairro do estudo de caso a respeito do sistema de monitoramento de energia inteligente. Leva-se em conta que a introdução de novas tecnologias na sociedade muitas vezes enfrenta oposição, portanto quando essas inovações tecnológicas não são abordadas, a resistência dos grupos sociais pode retardar a sua implementação. A implantação tecnológica bem-sucedida depende da ampla adoção de indivíduos e setores da sociedade. A aceitação dos medidores inteligentes de energia pelo consumidor não é reduzida quando está assegurada à inexistência de violações de privacidade, ao aumento das contas de energia e à perda de controle sobre o uso da eletricidade. Portanto, é fundamental mudar a percepção e construir a confiança do público. O questionário desenvolvido objetivou principalmente descobrir a percepção do público local no intuito de predeterminar qual estratégia seguir para obter a eficácia na implantação dos medidores inteligentes. Envolveu perguntas para os consumidores de energia sobre os seguintes tópicos: dados sociodemográficos do usuário e dados de conhecimento da tecnologia de medidores inteligentes

O conhecimento a respeito da posição da distribuidora de energia acerca dos objetivos e metas para a implantação do sistema de monitoramento de energia inteligente foi obtido por meio de um questionário para a concessionária de energia, desenvolvido para captar o entendimento da política da empresa no que tange ao sistema de fornecimento de energia do estado de Santa Catarina, incluindo a implantação do SG/SM.

A proposta final, baseada na literatura, nas especificações dos fabricantes, nos manuais de requisitos e nas exigências desenvolvidos pela concessionária de energia e nas expectativas dos moradores é um modelo proposto para a implementação dos medidores inteligentes de energia.

#### **4.2 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS COLETADOS**

A partir dos dados coletados na aplicação dos questionários, bem como das informações documentais relacionadas ao objetivo proposto demonstra-se uma proposta de implantação dos dispositivos e equipamentos necessários para a implantação do SG/SM como instrumentos de desenvolvimento no procedimento de implementação, projeto e gestão do SG/SM.

Para tanto, identificam-se primeiramente os pontos mais relevantes do *Smart Grid* no que diz respeito aos medidores inteligentes, bem como avaliam-se os dados coletados do estudo de caso e dos requisitos necessários para implantação. Dessa forma, é estabelecida uma relação entre os pontos levantados para o estudo de caso e o desenvolvimento de uma proposta de implantação do SG/SM.

#### **4.2.1 Pontos relevantes do SG/SM – viabilidade econômica**

Para avaliar a viabilidade de um projeto, é fundamental entender os custos de implantação, ou seja, quanto será gasto para instalar as peças e os equipamentos necessários para o sistema da rede inteligente funcionar.

Os custos de implantação dos SMs são obtidos a partir do levantamento dos fabricantes disponíveis no Brasil na presente data, e após a pesquisa devem ser seguidas as especificações técnicas dos manuais especiais do sistema de serviços e consumidores do subsistema de medição da concessionária de energia local do estudo de caso. Esses manuais especiais são compostos dos requisitos exigidos para o fornecimento dos dispositivos e equipamentos necessários para a medição inteligente.

A obtenção dos custos dos dispositivos inseridos nesta pesquisa e parte de infraestrutura e instalações associadas objetiva desenvolver soluções e estratégias de fornecimento para os órgãos gestores de políticas públicas engajados na implantação de Cidades Inteligentes.

Com relação à manutenção, os custos são os investimentos necessários para manter o sistema funcionando após a sua implantação e são essenciais para avaliar a viabilidade econômica de um determinado projeto. Um dos princípios das redes inteligentes é ter, além dos SMs, uma comunicação que possibilite o envio dos dados da rede.

Os custos de manutenção do sistema SM devem ser obtidos a partir de pesquisas de mercado com os fabricantes do mercado brasileiro e com os gerentes da concessionária de energia, onde devem ser inseridos os seguintes custos:

- Custos do relatório de disponibilidade de *software* de servidor e serviços;

- Custos do relatório de disponibilidade do sistema supervisor e serviços;
- Custos de manutenção, atualização e relatório de suporte e serviços; e
- Custos do relatório e dos serviços de comunicação de dados.

#### **4.2.2 Estudo de caso: características**

Situado na capital do estado de Santa Catarina, o bairro Pontal de Jurerê, conhecido como Daniela, encontra-se no norte de Florianópolis, a cerca de 26 quilômetros de distância do centro. O bairro compreende uma população fixa de aproximadamente 1.000 moradores.

Neste estudo de caso, os dados da rede elétrica de energia foram obtidos através do Google Maps (2022), iniciando essas informações a partir das características dos ramais de entrada de energia, que são totalmente aéreos. O bairro apresenta a chegada de um único ramal alimentador de energia, com a classe de tensão de 13,8 kV. Esse ramal exclusivo em alta tensão alimenta o bairro, e é através dos 27 transformadores de distribuição instalados que os seus consumidores são alimentados na baixa tensão, em 220 V.

Nesta pesquisa, o número de consumidores e as classes a que estas unidades consumidoras correspondem foram mencionados conforme a classificação da ANEEL (2021b) (RN nº 950, de 23 de novembro de 2021), incluindo, nesse contexto, as unidades consumidoras que contêm placas solares (energia fotovoltaica) e o número de transformadores de distribuição instalados no bairro. Seguiu-se a classificação das unidades consumidoras conforme organização abaixo:

- residências;
- mercados
- restaurantes;
- pousadas;
- consumidor com energia solar.

A Tabela 1 apresenta a quantidade de consumidores de energia subdivididos em: residências com energia fotovoltaica, residências sem energia fotovoltaica, mercados, pousadas e restaurantes. As unidades consumidoras são atendidas através de 26 transformadores de distribuição.

Tabela 1 – Unidades consumidoras

Unidades consumidoras	Número
Residências (sem energia fotovoltaica)	738
Residências (com energia fotovoltaica)	104
Pousadas	6
Restaurantes	6
Mercados	3
<b>Total</b>	<b>857</b>

Fonte: Google Maps (2022).

#### 4.3 EQUIPAMENTOS / DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO INTELIGENTE / REQUISITOS MÍNIMOS

O SM é um medidor de eletricidade que recebe e envia dados digitais e é integrado a uma rede de comunicação. Portanto, esse medidor deverá ter, para se comunicar, um dispositivo de medição e um módulo de comunicação, que podem estar localizados no mesmo dispositivo. Incluindo também a memória de armazenamento de informação, entre períodos de transmissão da informação, o medidor tem a funcionalidade de *gateway* (interface entre o consumidor e a empresa de fornecimento de energia). No que tange ao *gateway*, a garantia da integridade e da privacidade de dados trocados é fundamental.

Neste item, estão contidos os requisitos mínimos exigidos para os equipamentos e dispositivos especificados pela concessionária de energia, objetivando as análises das ofertas de serviços oferecidas por ela.

##### 4.3.1 Requisitos exigidos pela concessionária de energia do estudo de caso para o fornecimento dos medidores inteligentes de energia

A concessionária de energia (CELESC) apresenta em seu *website* os manuais especiais do Sistema de Serviços e Consumidores do Subsistema de Medição. É composto pelos seguintes manuais para requisitos de fornecimento:

**- Manual Especial do Medidor Eletrônico Inteligente com Comunicação RF Mesh Wi-SUN (CELESC, [2019]):**

O manual desse medidor tem por finalidade estabelecer os requisitos a serem atendidos para o fornecimento do medidor eletrônico de energia elétrica inteligente com comunicação RF Mesh Wi-SUN, tendo por âmbito de aplicação o Departamento de Gestão Técnica Comercial, os fabricantes e fornecedores da CELESC. Segue os aspectos legais das RNs da ANEEL nº 502/2012, nº 733/2016 e nº 482/2012 e as portarias do Inmetro nº 586/2012, nº 587/2012 e nº 520/2014), solicitando aos fornecedores as seguintes características funcionais:

- a) Indicação das grandezas de energia ativa e reativa indutiva (para polifásicos) em pelo menos 4 postos tarifários.
- b) Registro da data e do horário de início e fim das últimas 100 interrupções de curta e longa duração.
- c) Registro dos últimos 12 valores calculados a partir dos indicadores DRP e DRC.
- d) O protocolo de comunicação deverá ser compatível com equipamentos para leitura e programação de medidores existentes no mercado, contendo os requisitos de segurança previstos na Portaria Inmetro nº 586/2012.
- e) O medidor deverá medir e registrar a energia ativa em ambos os sentidos de fluxo, totalizando-as em diferentes registradores. O método de cálculo da energia ativa deve ser a soma algébrica da energia medida por fase, utilizando o método de cálculo “catraca”, em que o registrador de energia ativa direta só é incrementado se a soma algébrica das energias for maior do que zero.
- f) O medidor deverá possuir o registro de, no mínimo, 12 canais de memória de massa.
- g) O medidor deverá ter memória de massa com capacidade de no mínimo 35 dias, com registro em intervalos de integração de 5 minutos.
- h) Os medidores polifásicos deverão possuir independência dos elementos de medição e da sequência de fases, garantindo o mesmo desempenho em ensaio por elemento de medição ou trifásico.

- i) Os medidores deverão possuir dispositivo de saída de pulsos para fins de verificação da exatidão do relógio.
- j) O medidor deverá armazenar em seus registradores o valor de demanda máxima em um período programável de até 35 dias.
- k) O medidor deverá registrar as grandezas instantâneas de tensão e corrente (módulo e ângulo) como Página Fiscal.
- l) O medidor deverá possuir um alarme em caso de interrupções de energia (função *last gasp*).
- m) É desejável que o medidor possua funcionalidades antitampering, como: detecção de abertura de tampa do medidor, medição de corrente de neutro etc.
- n) O medidor deverá possibilitar a leitura e a parametrização com senha, local e remota, do medidor com protocolo aberto que possibilite a integração com os sistemas utilizados pela CELESC.
- o) Os parâmetros, a carga de programa e os totalizadores devem ser gravados em memória não volátil.
- p) O medidor monofásico deverá possuir um dispositivo de saída do tipo diodo emissor de luz vermelha para fins de calibração, correspondente à energia ativa. Esses dispositivos devem estar permanentemente ativos.
- q) Os medidores polifásicos deverão possuir dois dispositivos de saída do tipo diodo emissor de luz vermelha para fins de calibração das energias ativa e reativa. Esses dispositivos devem estar permanentemente ativos.

O manual solicita ainda aos fornecedores as seguintes Interfaces de comunicação:

- a) Porta óptica do tipo conector magnético, conforme NBR 14519.
- b) O medidor deve possuir interface de comunicação *Network Interface Card* (NIC) compatível com rede RF Mesh Wi-SUN. A interface de comunicação não pode ser externa ao medidor, devendo o NIC estar incorporado ao encapsulamento do medidor. É desejável que o NIC esteja em local que possibilite sua substituição sem o rompimento do lacre metrológico do medidor e/ou de sua solidarização.

- c) Deverá ser possível realizar, através da comunicação RF Mesh Wi-SUN, todas as operações passíveis de serem efetuadas via porta óptica do medidor, respeitada a legislação vigente. A totalidade das operações deve estar disponível para operação via comandos sem fio.
- d) O equipamento deve permitir a atualização remota (OTA) de *firmware* do NIC e do medidor. O novo versionamento do *software* embarcado só deverá ser atualizado após a confirmação de integridade da atualização.

**- Manual Especial do Módulo de Comunicação 3G para Aplicação em Telemedição (CELESC, [2019]):**

O manual deste módulo tem por finalidade estabelecer os requisitos a serem atendidos para o fornecimento dos módulos de telemedição para aplicação em medição à distância de energia elétrica, tendo por âmbito de aplicação o Departamento de Gestão Técnica Comercial, os fabricantes e os fornecedores da CELESC. Solicita aos fornecedores as seguintes características funcionais:

- a) Comunicação celular, o módulo deverá possuir capacidade mínima de comunicação GSM/GPRS/EDGE/UMTS/HSPA nas frequências Penta-band 850/900/1800/1900/2100 MHz.
- b) Rede de dados por pacote com as seguintes capacidades mínimas:  
GSM/GPRS/EDGE: Quad Band 850/900/1800/1900 MHz e  
UMTS/HSPA+: Five Band 800/850/900/1900/2100 MHz.
- c) Serviços de mensagens, ou seja, possuir capacidade de comunicação por *Short Message Service* (SMS).
- d) Rede de dados comutada, ou seja, com capacidade de comunicação por *Circuit Switched Data* (CSD).
- e) Compatibilidade com Redes de tecnologia *Enhanced Data rates for GSM Evolution* (EDGE) e 3G.
- f) Deverá ter capacidade para 2 SIM cards (2 operadoras) e fácil acesso para instalação e substituição.
- g) O módulo deverá possuir bateria interna recarregável, com tecnologia de íons de lítio (Li-Íon), 3,6 V, com algoritmo de carga comandado por microprocessador, com capacidade mínima de 750 mAh, com duração

mínima de 4 horas para o tráfego de dados de medição no mínimo a cada 15 minutos e envio instantâneo de alarmes na falta do fornecimento de energia elétrica. Deve ser de fácil substituição.

- h) O módulo deverá possuir no mínimo 2 portas seriais RS232C (Rx, Tx, RTS, CTS e GND), conector DB9 Macho, 460kbps, ITU-T V24 (configurações possíveis: 7E1, 7O1, 8E1, 8N1 e 8O1), níveis de tensão de +/-10V, velocidades de 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600, 115200, 230400 e 460800.
- i) O módulo deverá possuir 3 entradas digitais distintas (intervalo mínimo de detecção: 42 ms), através de conector apropriado, para detecção de estado do contato seco de sensores externos (aberto ou fechado) e 1 saída a relé, normalmente aberta, para carga até 5A.
- j) O módulo deverá possuir compatibilidade com: comunicação através de porta RS-485 utilizando adaptador RS232 para RS485, comunicação através de interface óptica utilizando adaptador RS232 para porta de comunicação óptica, com conector magnético ou rosqueável, comunicação serial através de porta óptica de medidores eletrônicos conforme a NBR 14519 e a NBR 14520.
- k) O módulo de comunicação deverá atender à legislação vigente da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) e possuir o Certificado de Homologação de Produto (CHP) emitido pela CELESC Distribuição S.A., que será emitido após comprovação do perfeito funcionamento do módulo de maneira integrada com o *software* Axon do fabricante V2 Tecnologia Ltda.
- l) O módulo deverá possuir integração com o *software* Axon do fabricante V2 Tecnologia Ltda. com reconhecimento automático e transmissão permanente das informações programadas quando da habilitação em campo. O módulo de comunicação deverá ser capaz de conectar-se, automaticamente, no *software* Axon, caso ocorra sua desconexão da rede GSM/GPRS/3G.



**- Manual Especial do Conjunto de Medição Indireta Inteligente para Balanço Energético de Transformadores de Distribuição (CELESC, [2019]):**

O manual desse conjunto de medição tem por finalidade estabelecer os requisitos a serem atendidos para o fornecimento do conjunto de medição indireta inteligente para o balanço energético de transformadores de distribuição, tendo por âmbito de aplicação o Departamento de Gestão Técnica Comercial, os fabricantes e os fornecedores da CELESC. Seguindo os aspectos legais da RN ANEEL nº 502/2012, solicitam-se aos fornecedores as seguintes características funcionais:

- a) Realizar medição indireta de energia ativa e reativa nos terminais de saída dos transformadores de distribuição, em baixa tensão, com transformadores de corrente com capacidade de no mínimo 500 A e 240 V. Também deverá medir distorção harmônica total de tensão e corrente por fase.
- b) Deverá possuir independência dos elementos de medição e da sequência de fases, garantindo o mesmo desempenho em ensaio por elemento de medição ou trifásico;
- c) A alimentação deverá ser provida pela rede de distribuição, sem fonte externa ao gabinete. O conjunto deve funcionar quando conectado a qualquer fase e neutro, bem como conectado entre duas fases (sem a presença do neutro).
- d) O conjunto de medição deve possuir dois dispositivos de saída do tipo emissor de luz vermelha para fins de calibração das energias ativa e reativa. Esses dispositivos devem estar permanentemente ativos. Também deve possuir um indicador luminoso de conjunto energizado.
- e) É desejável que o conjunto possua indicação luminosa referente a seu *status* de comunicação com a rede RF Mesh Wi-SUN.
- f) O conjunto de medição deve medir e registrar a energia ativa e reativa em ambos os sentidos de fluxo, totalizando-as em diferentes registradores.
- g) O conjunto deverá possuir memória de massa para registro de no mínimo 12 canais, com capacidade de no mínimo 35 dias, com registro em intervalos de integração parametrizáveis de no mínimo 5 minutos, que

contemple o registro das energias ativa e reativa no sentido direto, reverso, tensões por fase e correntes por fase.

- h) O conjunto de medição deve possuir o registro de no mínimo 12 canais de memória de massa.
- i) Os parâmetros e os totalizadores devem ser gravados em memória não volátil.
- j) O conjunto deverá possuir um alarme em caso de interrupções de energia (função *last gasp*).
- h) O conjunto deverá possuir fonte de energia auxiliar para, no caso de falta de energia, manter o relógio interno por um período superior a 120 horas.

O conjunto de medição indireta inteligente para balanço energético de transformadores de distribuição deverá possuir também as seguintes interfaces de comunicação:

- a) Porta óptica do tipo conector magnético, conforme NBR 14519.
- b) O medidor deve possuir interface de comunicação NIC compatível com rede RF Mesh Wi-SUN. A interface de comunicação não pode ser externa ao medidor, devendo o NIC estar incorporado ao encapsulamento do medidor. É desejável que o NIC esteja em local que possibilite sua substituição sem o rompimento do lacre metrológico do medidor e/ou de sua solidarização.
- c) Deverá ser possível realizar, através da comunicação RF Mesh Wi-SUN, todas as operações passíveis de serem realizadas via porta óptica do medidor, respeitada a legislação vigente. A totalidade das operações deve estar disponível para operação via comandos sem fio.
- d) O equipamento deve permitir a atualização remota OTA de *firmware* do NIC e do medidor. A nova versão do *software* embarcado só deverá ser atualizada após a confirmação de integridade da atualização.

Tendo como base os requisitos acima exigidos pela concessionária de energia, foi desenvolvida a pesquisa acerca dos equipamentos/dispositivos, objetivando o cálculo dos índices de aceitabilidade do modelo do estudo de caso.

#### 4.4 SERVIÇOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL

As atividades de regulação da distribuição de energia e a função dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) são apresentadas no *website* da ANEEL, sendo listadas abaixo como principais atividades de regulação e distribuição e dos PRODIST:

- Estabelecimento de regras e procedimentos referentes ao planejamento da expansão, acesso, operação e medição dos sistemas de distribuição incluindo o desenvolvimento de redes inteligentes e o gerenciamento do lado da demanda.
- Estabelecimento dos indicadores de qualidade de serviço e do produto de energia elétrica.
- Regulação das condições gerais de fornecimento de energia elétrica.
- Implementação e acompanhamento da universalização do acesso à energia elétrica.
- Implementação e aplicação da tarifa social de energia elétrica.

As regras e os procedimentos referentes ao planejamento da expansão, ao acesso, operação e medição dos sistemas de distribuição, incluindo o desenvolvimento de redes inteligentes e o gerenciamento do lado da demanda, levam aos PRODIST, sendo este dividido em módulos ,conforme disposto a seguir (RN nº 956-2021) :

- Módulo 1 – Introdução.
- Módulo 2 – Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição.
- Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição.
- Módulo 4 – Procedimentos Operativos do Sistema de Distribuição.
- Módulo 5 – Sistemas de Medição.
- Módulo 6 – Informações Requeridas e Obrigações.
- Módulo 7 – Cálculo de Perdas na Distribuição.
- Módulo 8 – Qualidade de Energia Elétrica.
- Módulo 9 – Ressarcimento de Danos Elétricos.
- Módulo 10 – Sistema de Informação Geográfica Regulatório.
- Módulo 11 – Fatura de Energia Elétrica e Informações Suplementares.

Quanto à regulação da Micro e Minigeração Distribuída (MMGD), o *Plano Decenal de Expansão de Energia 2031* da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021) tem como perspectivas regulatórias o limite de minigeração distribuída fotovoltaico reduzido e a criação do programa de energia renovável social que prevê contratação de MMGD para consumidores de baixa renda, incluindo ainda que, no cenário de referência de expansão de energia 2031, será considerada a cobrança de 100% da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD). distribuição a partir de 2029, isso significa desconto de 50% dos custos (encargos, transmissão, perdas e outros).

#### **4.4.1 Política pública – Programa de pesquisa e desenvolvimento da Concessionária de Energia (P&D)**

Segundo a legislação brasileira que regulamenta o programa de Pesquisa e Desenvolvimento do setor de energia, Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, as empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica devem realizar investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética utilizando parte de seu faturamento (BRASIL, 2000).

O portal de pesquisa e desenvolvimento da concessionária de energia (CELESC) apresenta o programa P&D, que tem por intuito alocar adequadamente recursos humanos e financeiros em projetos que demonstrem a originalidade, a aplicabilidade, a relevância e a viabilidade econômica de custos e serviços nos processos e usos finais da energia. Busca promover a cultura e a inovação, estimulando a pesquisa e o desenvolvimento no setor elétrico brasileiro, criando novos equipamentos e aprimorando a prestação de serviços que contribuam para a segurança do fornecimento de energia elétrica, a modicidade tarifária, a diminuição do impacto ambiental do setor e da dependência tecnológica do país.

Entre as principais linhas de pesquisa, estão indicados os seguintes temas: Mobilidade Elétrica, Geração de Energia, Segurança do Trabalho, Robótica, Nanotecnologia, Eficiência Energética, Confiabilidade e Meio Ambiente.

Os projetos são selecionados através de Chamadas Públicas, abertas a empresas e instituições, públicas ou privadas.

#### **4.5 QUESTIONÁRIOS: O CONHECIMENTO DO USO DA ENERGIA INTELIGENTE PELO CONSUMIDOR / OBJETIVOS E METAS DA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA PARA IMPLANTAÇÃO DO SG/SM**

Esta dissertação formulou dois questionários. O objetivo de ambos os questionários desenvolvidos, um para os consumidores e outro para a distribuidora de energia, é, respectivamente, ter a percepção dos moradores do bairro do estudo de caso a respeito do sistema de monitoramento de energia inteligente e ter conhecimento da posição da distribuidora de energia no que concerne aos objetivos e às metas para a implantação do sistema de monitoramento de energia inteligente.

O Apêndice 1 apresenta os questionários desenvolvidos para os consumidores e para a distribuidora de energia em sua íntegra.

##### **4.5.1 Questionário para os responsáveis da concessionária fornecedora de energia**

Os órgãos reguladores de energia podem adotar políticas que incentivem o uso de medidores inteligentes. Portanto, superar barreiras financeiras e institucionais acelera a implantação dos medidores inteligentes. E é através do questionário com a concessionária de energia que é desenvolvido o entendimento da política da empresa no que diz respeito ao sistema de fornecimento de energia do estado de Santa Catarina, incluindo a implantação do SG/SM.

O questionário envolve perguntas para a concessionária de energia sobre os seguintes pontos:

- posicionamento;
- problematização;
- benefícios tarifários;
- micro ou minigeração distribuída.

##### **4.5.2 Questionário para os consumidores de energia**

A introdução de novas tecnologias na sociedade muitas vezes enfrenta oposição, logo quando essas inovações tecnológicas não são abordadas, a

resistência dos grupos sociais pode retardar a sua implementação. A implantação tecnológica bem-sucedida depende da ampla adoção de indivíduos e setores da sociedade. E a aceitação social é muito importante.

A aceitação dos medidores inteligentes de energia pelo consumidor não é reduzida quando está assegurada a inexistência de violações de privacidade, aumento das contas de energia e perda de controle sobre o uso da eletricidade. Portanto, é fundamental mudar a percepção e construir a confiança do público. O questionário desenvolvido objetiva principalmente descobrir a percepção do público local no intuito de predeterminar qual estratégia seguir para obter a eficácia na implantação dos medidores inteligentes.

O questionário envolve perguntas para os consumidores de energia sobre os seguintes pontos:

- dados sociodemográficos do usuário;
- dados de conhecimento da tecnologia de medidores inteligentes com itens relacionados à:
  - expectativas;
  - motivações;
  - meio ambiente;
  - entendimento;
  - influências;
  - privacidade;
  - custos; e
  - intenção de uso dos medidores.

## 5 RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo são apresentados os resultados das respostas dos questionários, incluindo gráficos, tabelas e dados estatísticos em conformidade com o objetivo proposto.

### 5.1 ANÁLISES E EXPLICAÇÕES DA COLETA DE DADOS DA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA

No questionário destinado à concessionária de energia, esta se posicionou informando que, com relação à implantação de medidores inteligentes, no contexto de aplicação para o desenvolvimento de Cidades Inteligentes, em que o assunto está integrado num conceito maior do que redes de distribuição inteligentes, a CELESC iniciou o projeto com medidores de energia elétrica inteligentes, os quais se comunicam por uma rede RF Mesh através do protocolo Wi-SUN até os concentradores; a partir dos concentradores, rede de Backhaul, a comunicação é feita por meio de rádio frequência, em frequência licenciada até o ponto de acesso da rede corporativa da CELESC. No caso prático, o local onde foi implantado é o município de Araranguá/SC, e a CELESC informou que já existe uma rede de comunicação formada, outras *utilities* (produtos essenciais para a sociedade, por exemplo, gás, energia e água) poderiam compatibilizar seus equipamentos no protocolo Wi-SUN, por exemplo, companhias de distribuição de água e gás ou mesmo prefeituras com monitoramento de trânsito e semáforos. Nesses casos, poderiam ser feitos acordos entre os agentes e reforços na rede de comunicação para comportar o tráfego de dados e de fato promover Cidades Inteligentes.

No que tange ao posicionamento levando em conta a relevância para a administração da concessionária de energia, dos custos e do desenvolvimento da implantação dos medidores inteligentes, esta define que: os custos são avaliados tendo em vista o local de implantação, verificando-se principalmente os benefícios em relação à melhora do fornecimento de energia para os consumidores, ou seja, a redução de Duração Equivalente de Interrupção por Consumidor (DEC) e Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor (FEC), a redução de custos de leitura, de perdas e inadimplência e, por outro lado, qual o percentual do custo

será reconhecido como investimento pelo agente regulador, dessa forma, verifica-se a viabilidade econômica para implantação do projeto.

No tema relacionado à relação das recompensas financeiras para a concessionária de energia seguindo a ideia de implantação dos medidores inteligentes como problematização, esta entende que a implantação depende da análise de viabilidade econômica de implementação desse tipo de projeto. Informa ainda que a implantação de forma escalonada, ou seja, por exemplo, em um único bairro de Florianópolis, torna-se dispendiosa, uma vez que o número de pontos a serem implantados afeta diretamente o custo da solução, portanto o projeto se torna mais viável por município.

No assunto associado a custos para o usuário, fica definido que são inexistentes as taxas de contribuição do consumidor relativas à manutenção do sistema de comunicação implantado, ou seja, são custos da distribuidora de energia.

Com referência a benefícios tarifários, a substituição dos medidores atuais por medidores inteligentes não envolve a perda dos benefícios relativos às novas opções de tarifas, muito pelo contrário, a concessionária informa que os medidores inteligentes facilitam a opção do consumidor por novas modalidades tarifárias, não é necessário substituição em campo, pois é permitida a alteração de programação dos postos tarifários a distância. Fica ainda garantido que, com a substituição dos medidores atuais por medidores inteligentes, não será inviabilizada a validade da tarifa social, ou seja, a tarifa social permanece sendo aplicada.

No que diz respeito à micro ou minigeração distribuída, a substituição dos medidores atuais por medidores inteligentes não inviabiliza a possibilidade de implantação futura. Ao contrário, os medidores inteligentes facilitam a opção do consumidor por microgeração, pois não é necessária substituição em campo, sendo feita a alteração de programação dos postos tarifários a distância. A concessionária afirma ainda que a substituição dos medidores atuais por medidores inteligentes não envolve novos custos em uma implantação futura.

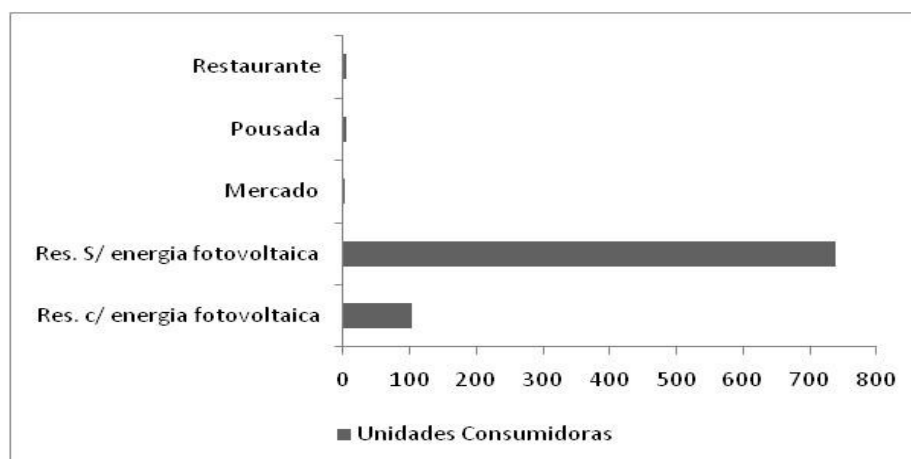
O Anexo 1 apresenta as respostas da concessionária de energia ao questionário na íntegra.



## 5.2 RESOLUÇÕES E ANÁLISES DA COLETA DE DADOS/QUESTIONÁRIO DOS CONSUMIDORES

O Gráfico 2 representa as unidades consumidoras existentes no estudo de caso, e através dele avalia-se claramente que a grande maioria das unidades consumidoras de energia presentes são residenciais e sem energia fotovoltaica.

Gráfico 2 – Unidades consumidoras



Fonte: Google Maps (2022). Elaborado pela autora.

A pesquisa feita a partir do questionário para o usuário foi formada por 52 unidades consumidoras que responderam a esta pesquisa, dados obtidos livremente a partir de consumidores residenciais de energia que optaram por responder o questionário publicado na rede de WhatsApp do bairro em estudo.

Para obter os dados relativos às características da população em estudo, foram elaboradas questões fechadas de múltipla escolha, em que, para a faixa etária, o grau de escolaridade e o número de moradores no domicílio, utilizou-se do critério de aproximação por geração de consumo; para tipos de residência, objetivou-se identificar o uso contínuo do imóvel durante os 12 meses do ano.

Para a obtenção dos dados relativos aos indicadores de aceitabilidade e conhecimento a respeito dos dispositivos de SM/SG, foi feito o levantamento das atitudes e opiniões de um grupo amostral, constituindo os formatos de perguntas mais comuns em pesquisas de dúvidas sobre os medidores inteligentes instalados em outros municípios do Brasil

A introdução do questionário desta pesquisa foi baseada em esclarecimentos mínimos a respeito dessas tecnologias, uma vez que os elementos desta pesquisa tratam de questões ainda relativamente desconhecidas, esta apresentação se encontra no Apêndice 1.

O questionário resultante foi preparado em plataforma da *web*, via Google Forms (Apêndice 1), conforme apresentado na Tabela 2 e na Tabela 3. Os participantes foram convidados mediante apresentação de WhatsApp em convite de grupos das ruas do bairro em estudo.

Tabela 2 – Características da população do estudo

PARÂMETRO	CONTEÚDO
Faixa etária	0 a 39 anos
	40 a 59 anos
	50 a 59 anos
	60 a 69 anos
	70 anos ou mais
Grau de escolaridade	Ensino básico incompleto
	Ensino médio incompleto
	Ensino médio completo
	Ensino superior incompleto
	Ensino superior completo
Tipo de residência	Casa própria para morar
	Casa própria de temporada
	Casa/Apto alugado
	Apto próprio para morar
	Apto próprio para temporada
Número de moradores no domicílio	1
	2
	3
	4
	5 ou mais

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 3 – Características de conhecimento e aceitabilidade

VARIÁVEIS	CONTEÚDO DA PESQUISA	
<b>Expectativa</b>	1	Medidor permite consumir fonte de energia renovável
	2	Medidor reduzirá minha fatura de energia
	3	Medidor melhora a qualidade do fornecimento de energia
	4	Medidor auxilia na economia dos recursos naturais
	5	Medidor integra a opção de estrutura tarifária (tarifa branca por exemplo)
<b>Motivação</b>	1	Gosto de acompanhar o meu consumo de energia
	2	Gosto de usar novos aplicativos
	3	Gosto de usar novas tecnologias
<b>Consciência ambiental</b>	1	Substituir o uso dos combustíveis fósseis por fontes renováveis de energia é importante
	2	Gosto de contribuir para a proteção do meio ambiente
<b>Grau de entendimento</b>	E1	Entendo como funcionam os medidores inteligentes
	E2	Os medidores facilitam o acompanhamento do meu consumo de energia
	E3	Não entendo nada do assunto medidores inteligente
	E4	Os medidores apresentam o acompanhamento do meu consumo de energia por tarifas
<b>Influência</b>	1	Instalaria um medidor se fosse recomendado pela fornecedora de energia local
	2	Instalaria um medidor se as pessoas do meu bairro instalassem
	3	Apoio o uso de medidores inteligentes

VARIÁVEIS		CONTEÚDO DA PESQUISA
Privacidade	1	Não gostaria de fornecer meus dados de consumo para a fornecedora de energia elétrica
	2	O medidor inteligente poderá identificar número de pessoas e hábitos dos usuários
	3	A fornecedora de energia protegerá as informações sobre o meu consumo de energia
Custos	1	Entendo que novas tecnologias envolvem custos adicionais
	2	Pagar pelos medidores inteligentes me incomodaria
	3	O medidor aumentará o custo da minha energia
	4	Não pagarei pelo medidor inteligente
Intenção de uso	1	Pretendo usar os medidores inteligentes
	2	Participaria do programa de adoção de medidores inteligentes
	3	Não gostaria de modificar minha leitura de energia

Fonte: Elaborada pela autora.

### 5.2.1 Análise Descritiva

A análise dos dados será desenvolvida através da estatística, aplicando técnicas para descrever os conjuntos de dados apresentados, com a finalidade de organizar e sintetizar a coleta de dados da pesquisa.

A Tabela 4 apresenta a análise descritiva dos parâmetros de características da amostra.

O perfil sugerido pelo estudo é o de reconhecer que:

- 61,6% tinham mais de 50 anos de idade.
- 90,4% tinham, para o grau de escolaridade, o ensino superior completo.
- 65,4% tinham, para finalidade da residência, a casa própria para morar.
- 50% apresentam 2 (dois) moradores no domicílio.

Tabela 4 – Análise descritiva das características da população

Parâmetro	Conteúdo	Entrada do modelo	
Faixa Etária	0 A 39 anos	10	9,2
	40 A 59 anos	10	9,2
	50 a 59 anos	7	3,5
	60 a 69 anos	14	6,9
	70 anos ou mais	11	1,2
Grau de escolaridade	Ensino básico incompleto	0	
	Ensino médio incompleto	0	
	Ensino médio completo	2	,8
	Ensino superior incompleto	3	,8
	Ensino superior completo	47	0,4
Tipo de residência	Casa própria para morar	34	5,4
	Casa própria de temporada	12	3,1
	Casa/apto alugado	4	,7
	Apto próprio para morar	2	,8
	Apto próprio para temporada	0	
Número de moradores no domicílio	1	2	,8
	2	26	0
	3	12	3,1
	4	8	5,4
	5 ou mais	4	,7

Fonte: Elaborada pela autora.

A Tabela 5 evidencia a descrição e as características de conhecimento e aceitabilidade do estudo de caso do bairro Daniela.

Tabela 5 – Análise descritiva das características de conhecimento e aceitabilidade

Variáveis	Bairro Daniela	Entrada do modelo	%
Expectativa	Medidor permite consumir fonte de energia renovável	E1 = 45	86,50
	Medidor reduzirá minha fatura de energia	E2 = 39	75
	Medidor melhora a qualidade do fornecimento de energia	E3 = 38	74,50
	Medidor auxilia a economia dos recursos naturais	E4 = 37	74
	Medidor integra a opção de estrutura tarifária (tarifa branca, por exemplo)	E5 = 44	86,30

Variáveis	Bairro Daniela	Entrada do modelo	%
Motivação	Gosto de acompanhar o meu consumo de energia	M1 = 50	96,20
	Gosto de usar novos aplicativos	M2 = 43	86
	Gosto de usar novas tecnologias	M3 = 48	92,30
Consciência ambiental	Substituir o uso dos combustíveis fósseis por fontes renováveis de energia é importante	A1 = 51	98,10
	Gosto de contribuir para a proteção do meio ambiente	A2 = 52	100
Grau de entendimento	Entendo como funcionam os medidores inteligentes	GE1 = 23	46
	Os medidores facilitam o acompanhamento do meu consumo de energia	GE2 = 48	96
	Não entendo nada do assunto medidores inteligente	GE3 = 25	49
	Os medidores apresentam o acompanhamento do meu consumo de energia por tarifas	GE4 = 38	79,20
Influência	Instalaria um medidor se fosse recomendado pela fornecedora de energia local	I1 = 48	94,10
	Instalaria um medidor se as pessoas do meu bairro instalassem	I2 = 41	78,80
	Apoio o uso de medidores inteligentes	I3 = 48	96
Privacidade	Não gostaria de fornecer meus dados de consumo para a fornecedora de energia elétrica	P1 = 18	36
	O medidor inteligente poderá identificar número de pessoas e hábitos dos usuários	P2 = 30	60
	A fornecedora de energia protegerá as informações sobre o meu consumo de energia	P3 = 42	82,40
Custos	Entendo que novas tecnologias envolvem custos adicionais	C1 = 39	78
	Pagar pelos medidores inteligentes me incomodaria	C2 = 30	60
	O medidor aumentará o custo da minha energia	C3 = 3	6,40
	Não pagarei pelo medidor inteligente	C4 = 26	54,20
Intenção de uso	Pretendo usar os medidores inteligentes	U1 = 46	93,90
	Participaria do programa de adoção de medidores inteligentes	U2 = 48	96
	Não gostaria de modificar minha leitura de energia	U3 = 9	18,40

Fonte: Elaborada pela autora.

Deste modo, conclui-se preliminarmente que o perfil sugerido pelo estudo é o de reconhecer o que é o SM e que a sua utilização reduz a fatura de energia e também incide em melhorar a qualidade do fornecimento de energia. Indicou ainda a aceitabilidade para o uso de novas tecnologias em composição com o monitoramento do consumo de energia e que este contribui com o meio ambiente. Reconhece ainda que o uso do SM é um agente facilitador do acompanhamento do consumo próprio de energia, sendo adotado e bem aceito se fosse recomendado pela fornecedora de energia local, porém quase metade dos usuários não entende nada do sistema de monitoramento inteligente.

Acerca da privacidade com o uso dos medidores inteligentes, a amostra reconhece que este poderá identificar o número de pessoas e os hábitos dos usuários da residência, porém que a fornecedora de energia protegerá as informações de cada usuário. O respondente entende que novas tecnologias envolvem custos adicionais, entretanto não gostaria de pagar pelos medidores. E quanto às intenções de uso, o usuário participaria do programa de adoção dos medidores inteligentes.

### **5.2.2 Análise gráfica comparativa das características da população do estudo com a aceitabilidade e expectativas no uso dos medidores inteligentes**

Foram observadas tendências, que atuam como delineador da amostra na implantação do dispositivo, ao se analisarem graficamente as características dos dados relativos à idade, escolaridade e moradia comparativamente com as respostas relativas a:

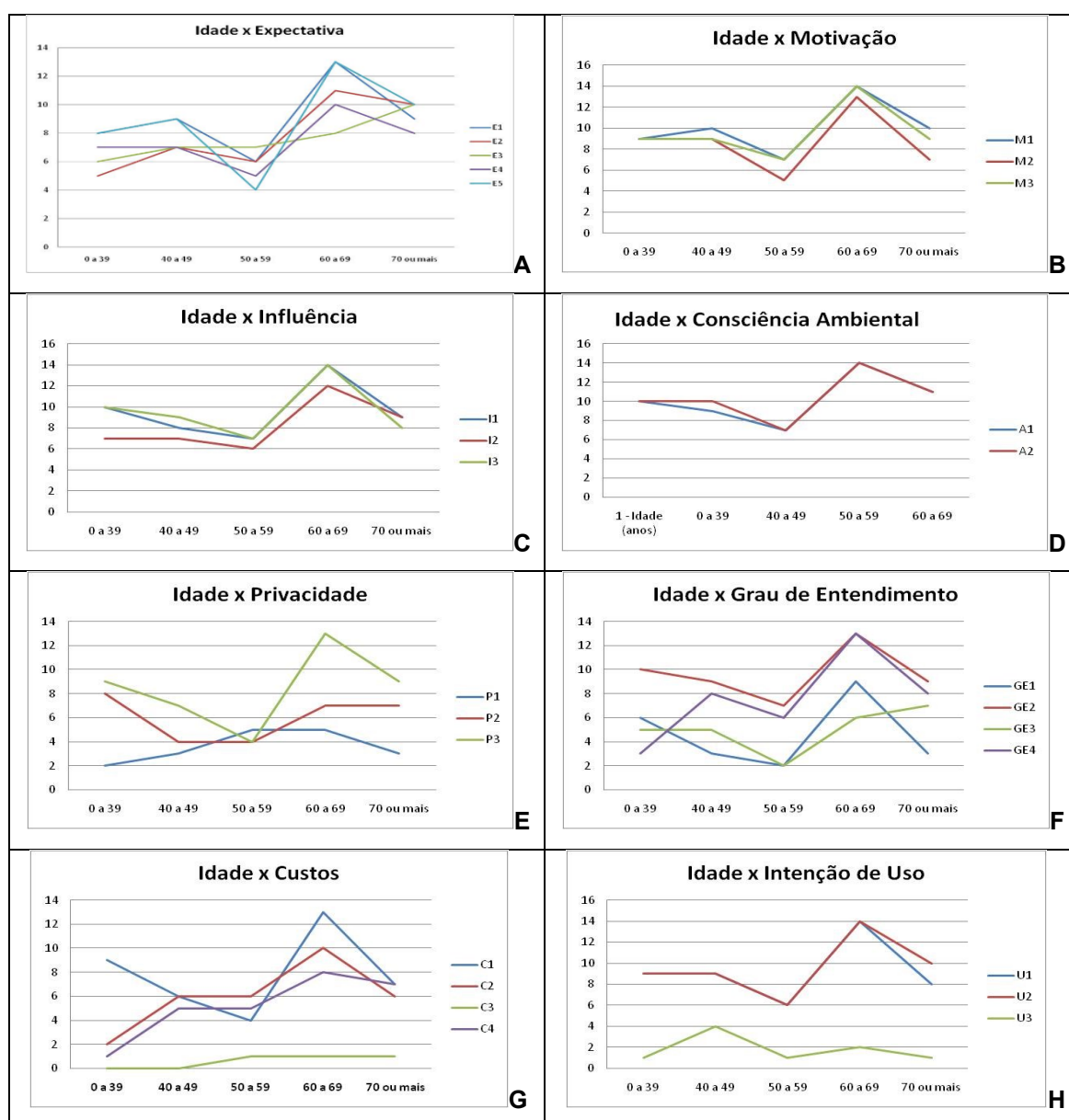
- expectativa do usuário;
- motivação do usuário;
- consciência ambiental do usuário;
- grau de entendimento do usuário;
- influência ao usuário;
- privacidade de dados do usuário;
- custos para o usuário;
- intenção de uso.

Destaca-se que a faixa etária dos 60 aos 69 anos nos gráficos correlacionados à idade é explicada pela alta concentração no grupo amostral do

estudo em questão. Salienta-se ainda que a alta concentração do dado residência própria nos gráficos correlacionados à moradia indicou interferência nos resultados. Distingue-se também o item ensino superior completo na escolaridade do grupo amostral, indicando interferência na correlação das variáveis em estudo.

Na Figura 18 são apresentados os gráficos A, B, C, D, E, F, G e H relativos à idade, comparando com as respostas do usuário concernentes a: expectativa, motivação, consciência ambiental, grau de entendimento, influência, privacidade de dados, custos e intenção de uso.

Figura 18 – Gráficos comparativos de influência da idade no estudo



Fonte: Elaborada pela autora.

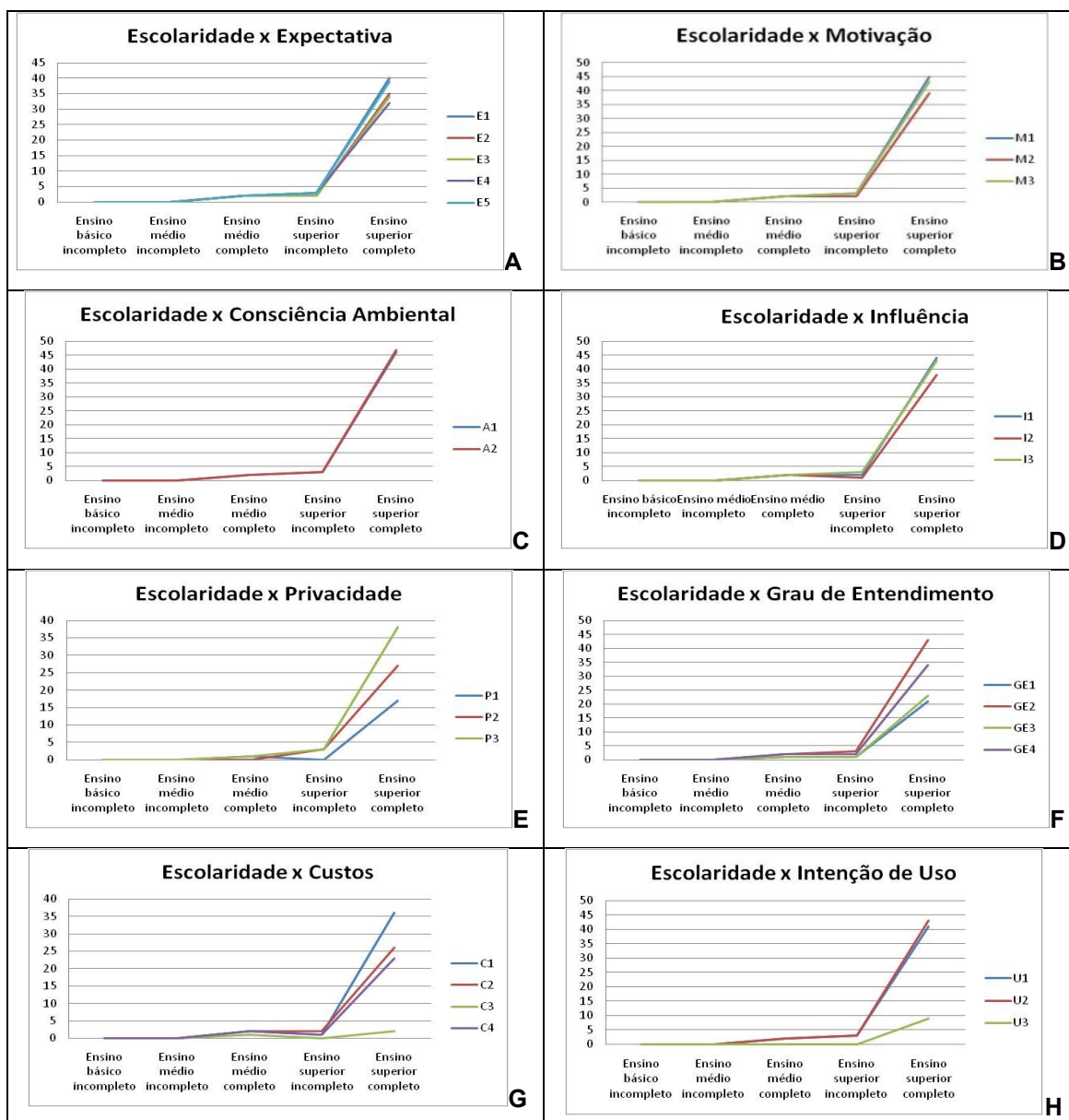


Os gráficos comparativos relativos à idade ilustraram os resultados da pesquisa dos usuários para com o SM e apresentaram as seguintes conclusões:

- A faixa etária de 60 a 69 anos indicou a melhor expectativa para o quesito desempenho e melhorias, motivação dos usuários para com o uso de novas tecnologias e para o acompanhamento do próprio consumo de energia através do SM, incluindo ainda a consciência ambiental dos usuários com a proteção do meio ambiente e o uso dos combustíveis fósseis. Representou também uma maior aceitabilidade do uso do dispositivo e um maior grau de entendimento sobre ele, incluindo ainda preocupação com a segurança de seus dados pessoais e um elevado grau de entendimento com relação a custos adicionais envolvidos com a implantação de novas tecnologias, apresentando nesse intervalo de idades maior grau de intenção de uso. Esses resultados ficaram destacados devido à alta concentração dessa faixa etária no grupo amostral do estudo.
- A faixa etária de 50 a 59 anos indicou maior domínio no quesito conhecimento que o medidor irá integrar a opção de estrutura tarifária brasileira (essa informação foi comprovada pelo responsável pelas respostas do questionário da concessionária de energia), apresentou também maior concentração na variável M2 (Figura 18, gráfico B), que representa apreciar o uso de novos aplicativos. Além disso, seguiu a tendência positiva dos níveis de entendimento, ainda que alguns tenham respondido desconhecer o dispositivo, e o respondente, independentemente da faixa etária, declarou que participaria do programa de adoção de medidores inteligentes.

Na Figura 19 são apresentados os gráficos A, B, C, D, E, F, G e H relativos à escolaridade, comparando com as respostas do usuário concernentes a: expectativa, motivação, consciência ambiental, grau de entendimento, influência, privacidade de dados, custos e intenção de uso.

Figura 19 – Gráficos comparativos de influência da escolaridade no estudo



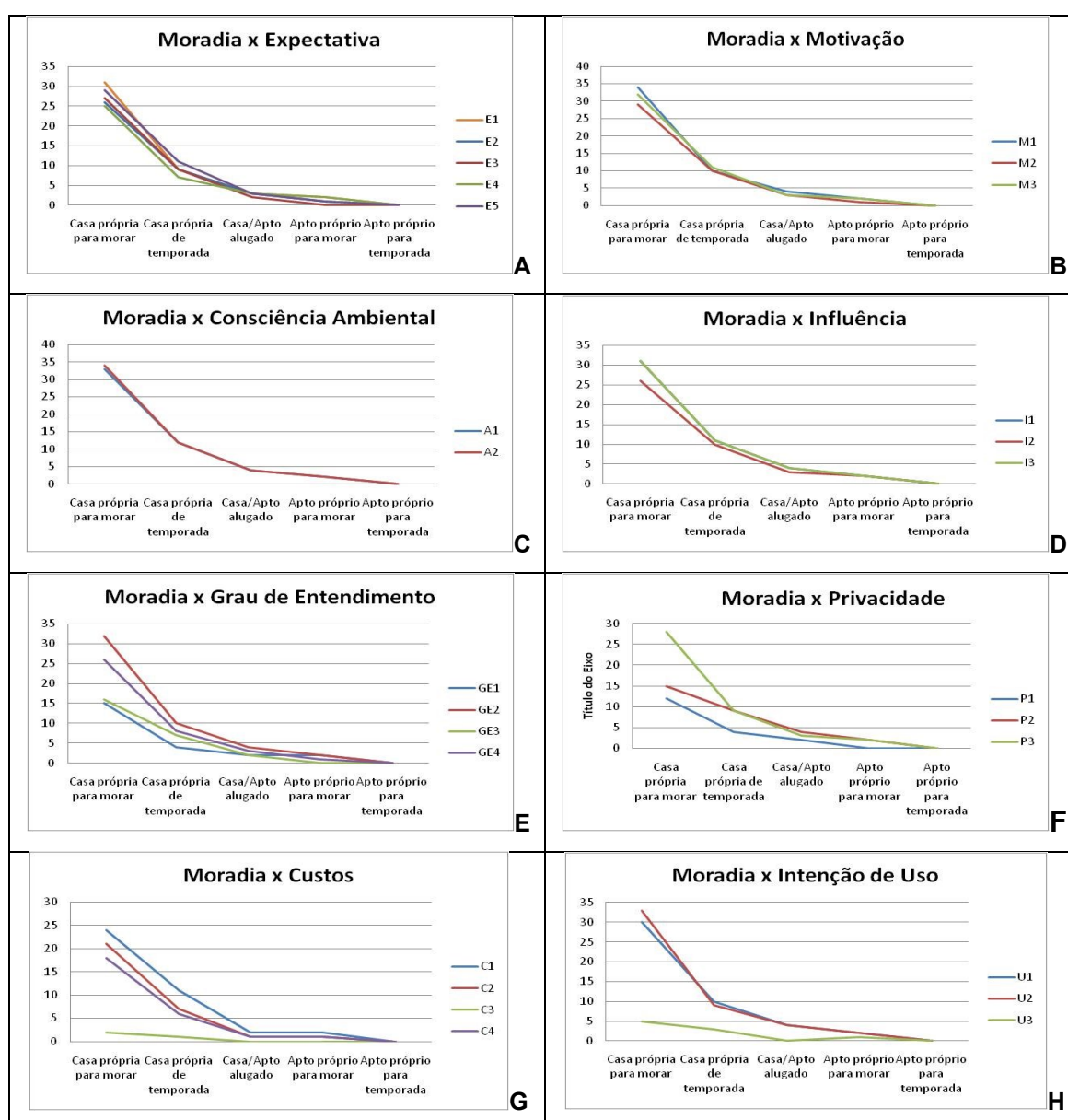
Fonte: Elaborada pela autora.

Os gráficos comparativos relativos à escolaridade ilustraram os resultados da pesquisa dos usuários para com o SM e apresentaram a dominância do *status* ensino superior completo na amostra, representando a não detecção de variação no estudo, porém ressaltou uma amostra coesa em relação à preocupação com o meio ambiente (Figura 19, gráfico C), e apontou na Figura 19, gráfico E, a credibilidade dos usuários para com a concessionária, relativa à segurança de seus dados, através dos resultados para a variável P3, e que o respondente não se importaria em

modificar sua leitura de energia com o uso do SM, dado representado através da variável U3 (Figura 19, gráfico H).

Na Figura 20 são apresentados os gráficos A, B, C, D, E, F, G e H relativos à moradia, comparando com as respostas do usuário concernentes a: expectativa, motivação, consciência ambiental, grau de entendimento, influência, privacidade de dados, custos e intenção de uso.

Figura 20 – Gráficos comparativos de influência do tipo de moradia no estudo



Fonte: Elaborada pela autora.

Os gráficos comparativos relativos à moradia ilustraram os resultados da pesquisa dos usuários para com o SM e apresentaram as seguintes tendências:

- A moradia *versus* expectativa, motivação, consciência ambiental, aceitabilidade, grau de entendimento, privacidade, custos associados e intenção de uso do SM indicou que a dominância do item casa própria na amostra representou a não detecção de variação significativa. Porém, ficou caracterizada no gráfico a aceitação por parte dos respondentes de um controle energético residencial mais eficiente e da necessidade de uma melhora na qualidade de fornecimento de energia, incluindo os benefícios ambientais e a redução de custos na fatura de energia com a implantação do SM e que, através da variável G2 (Figura 20, gráfico E), “os medidores facilitam o acompanhamento do meu consumo de energia”, e também que a variável P3 (Figura 20, gráfico F), “A fornecedora de energia protegerá as informações sobre o meu consumo de energia”, merece destaque na concordância do respondente.
- A Figura 20, gráfico H (moradia *versus* a intenção de uso), indicou a aceitação total do dispositivo por parte do usuário.

### 5.3 INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS

A partir da coleta de dados presentes na Tabela 11, foram calculados os índices de aceitação para o estudo de caso do bairro Daniela (a tabela detalhada com os resultados utilizados encontra-se no Apêndice 2 desta dissertação).

#### 5.3.1 Aplicação dos indicadores da proposta de implementação do SG/SM no estudo de caso

Na aplicação do modelo proposto no estudo de caso para os indicadores, foi calculado o índice para aferir a aceitação de um possível programa para adoção do dispositivo.

Através da Equação (1), e utilizando os dados da Tabela 5, foram encontrados os seguintes resultados apresentados pela Tabela 6.

Tabela 6 – Índice de aceitação

Variáveis do estudo	Resultados
<b>E1</b>	8,6538
<b>E2</b>	7,5
<b>E3</b>	7,3077
<b>E4</b>	7,1154
<b>E5</b>	8,4615
<b>M1</b>	9,62
<b>M2</b>	8,2692
<b>M3</b>	9,2308
<b>G1</b>	4,4231
<b>G2</b>	8,4615
<b>G3</b>	4,8077
<b>G4</b>	7,3008
<b>INF1</b>	9,2307
<b>INF2</b>	7,8846
<b>INF</b>	9,2307
<b>Índice de aceitação</b>	<b>8,0176</b>

Fonte: Elaborada pela autora.

Na aplicação do modelo proposto no estudo de caso para os indicadores, foi calculado o índice para aferir a consciência da importância social do programa.

Através da Equação (2), e utilizando os dados da Tabela 5, foram encontrados os seguintes resultados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7– Índice de consciência social

Variáveis do estudo	Resultados
CA1	9,8077
CA2	10
PRIV1	3,4615
PRIV2	5,1692
PRIV3	8,0769
CI1	7,5
CI2	5,7692
CI3	0,5769
CI4	5,0
<b>Índice de consciência social</b>	<b>6,6952</b>

Fonte: Elaborada pela autora.

Na aplicação do modelo proposto no estudo de caso para os indicadores, foi calculado o índice para aferir a oferta de serviços.

Através da Equação (3), e utilizando os dados apresentados pela concessionária de energia no item 4.3.1, foram avaliados pelo autor de forma binária (0,1), onde o 0 não atende completamente, e o 1 atende plenamente, foram encontrados os seguintes resultados apresentados pela Tabela 8.

Tabela 8 – Oferta de serviços

Variáveis do estudo	Resultados
SE	1
SI	1
AR	1
VI	0
<b>Índice de aceitação</b>	<b>0,375</b>

Fonte: Elaborada pela autora.

Na aplicação do modelo proposto no estudo de caso para os indicadores, foi calculado o índice global do SM/SG.

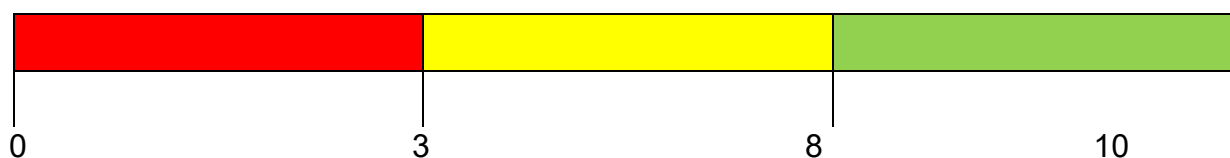
Através da Equação (4) e utilizando os resultados encontrados na Tabela 6, na Tabela 7 e na Tabela 8, foi encontrado o seguinte resultado para o cálculo do índice global de aceitação:

Tabela 9 – índice global de SM/SG

<b>Índice global de SM/SG</b>	<b>4,4533</b>
-------------------------------	---------------

Fonte: Elaborada pela autora.

Assim, admite-se para teste de aceitação dos resultados encontrados a escala abaixo representada.



Onde:

- Vermelho indica: Rejeitado
- Amarelo indica: Aceito com melhorias
- Verde indica : Aceito

Conclui-se então que na aplicação do modelo proposto nos resultados obtidos no estudo de caso do bairro Daniela para a implantação do SG/SM, admite-se o uso dos indicadores de aceitação.

**Índice de aceitação: aceito**

**Índice de consciência social: aceito com melhorias**

**Índice da oferta de serviços: aceito com melhorias**

**Índice de global: aceito com melhorias**

## 6 CONCLUSÕES

No Brasil, a migração e a urbanização transferem questionamentos sobre o desenvolvimento sustentável e os empreendimentos e investimentos governamentais relativos à racionalização do uso, da manutenção e da qualidade da energia para a população. Nesse contexto, tanto o conhecimento das inovações tecnológicas por parte da população quanto os dispositivos inteligentes devem apresentar eficiência no que concerne ao uso dos recursos naturais. A eficiência de energia é capaz de ser desenvolvida utilizando os conceitos da TI e do avanço da rede de distribuição de energia. Busca-se assim a conexão com novas disposições na gestão da prestação de serviços de energia, apresentando informações para as concessionárias de energia, bem como para os consumidores e órgãos reguladores.

A rede elétrica inteligente desempenha o aumento na confiabilidade e a previsibilidade dos recursos, tendo em consideração a demanda, e é capaz de estimar o seu impacto na economia, por causa da medição e verificação mais eficientes.

As mudanças dos medidores trazem como resultado: qual e quanto das informações entregues pelo consumidor deverão ser armazenadas, se em tempo real ou não, sobre o consumo e a qualidade de energia entregue pela concessionária ao cliente. Propõe-se como deverá ser utilizada esta informação:

- garantindo ao cliente a privacidade sobre o seu consumo;
- promovendo a ampliação da prestação dos serviços da concessionária para com a comunidade.

No que tange ao consumo de energia sustentável, através da transição energética e da digitalização, processos interligados e dependentes, torna-se claro que ambos devem desenvolver-se na mesma medida para que não ocorram atrasos. A digitalização indica que é necessário ter mais energia, os novos modelos digitais estão contribuindo com o setor de energia. Ao mesmo tempo, menos usinas de energia operadas com combustíveis fósseis serão ativas, as usinas fotovoltaicas e as usinas eólicas assumirão essa parcela de fornecimento. As condições de mercado estão, portanto, mudando da parcela fóssil para as centrais descentralizadas de energia renovável, este fato deixa claro que as opções de controle para os operadores de rede devem ser significativamente aumentadas tanto



para a geração de energia quanto para o consumo de energia. No entanto, a tão necessária capacidade de controle chega através dos dados obtidos na instalação dos dispositivos inteligentes. Neste contexto, torna-se claro que uma transição energética bem-sucedida requer a digitalização da infraestrutura imediatamente, porque o número de pequenos geradores descentralizados (por exemplo, energia fotovoltaica) vem aumentando rapidamente, tornando obrigatório que a gestão da energia providencie uma estratégia rápida de implementação da digitalização.

Na União Europeia (UE), a Alemanha é um dos países que estabeleceu o prazo de 2032 para a implementação nacional do medidor inteligente. O restante dos países da UE estabeleceu uma meta de 80% de implementação da implantação dos medidores inteligentes até 2030 (EUROPEAN COMMISSION, 2020). Assim, a maioria dos países da UE, com exceção da Itália e da Suécia, ainda está no processo de lançamento. No entanto, o rápido desenvolvimento da transição energética e da transformação digital torna essa meta muito distante do horizonte de desenvolvimento apresentado mundialmente.

Dessa maneira, o desenvolvimento energético e o papel das TICs como prenunciadores do progresso digital revelam e integram a geração de novos conhecimentos tecnológicos para o setor energético internacional. Indica-se uma tendência mundial de implementação do conceito de SG e conseqüentemente de implantação dos medidores inteligentes. Nutre um novo modelo de gestão de energia, que incorpora soluções digitais modernas e envolve o cidadão no centro dessa transformação, promovendo, deste modo, o projeto de Cidades Inteligentes.

O presente estudo foi desenvolvido para colaborar com a parte energética do contexto de implantação de Cidades Inteligentes. E o estudo de caso apresentado foi necessário para incluir o cidadão e a concessionária de energia, os principais atores envolvidos nesta mudança tecnológica. Os questionários tiveram como objeto preponderante no entendimento do aspecto político dos medidores inteligentes. Os cidadãos, por sua vez, obtiveram os esclarecimentos sobre: expectativas, motivações, meio ambiente, entendimento, influências, privacidade, custos e intenção de uso dos medidores. Já a concessionária de energia teve a melhoria nos serviços prestados e esclarecimentos sobre: posicionamento; problematização; benefícios tarifários; e micro ou minigeração distribuída.

A implementação das redes inteligentes e da medição eletrônica, exige em esforço coordenado dos setores governamentais e privados, de forma a garantir a

integração das diversas partes da rede elétrica através de uma evolução constante e com o mínimo de desperdícios. Nessa direção, mais pesquisas sobre as políticas e os procedimentos envolvidos na instalação dos SG/SM são necessárias, incluindo padrões regulatórios e aspectos requeridos para implementação, visando identificar os problemas sociais que esses programas de implementação poderiam enfrentar.

O estudo de caso abordado nesta dissertação corrobora o que é explicitado no parágrafo anterior, pois os consumidores respondentes do questionário do estudo tinham como característica dominante moradia própria e ensino superior completo, condição divergente de grande parte da população brasileira e dos moradores das periferias dos grandes centros urbanos nacionais. Enquanto os consumidores do estudo estão preocupados com a sua privacidade através das informações que trafegam na rede em conjunto com a contribuição com o meio ambiente e a concessionária local em conscientizar o consumo responsável por parte da população, as concessionárias de energia dos grandes centros urbanos estão dedicadas a evitar as fraudes de energia no seu sistema, através de medidores eletromecânicos adulterados, evitando prejuízos financeiros. Portanto, estudos de implementação do SG/SM que envolvem características socioculturais e os questionários para o consumidor e a concessionária são o passo inicial para uma infraestrutura de implantação bem planejada e direcionada para a população a que se destina.

A proposta do modelo de implementação do SG/SM apresentado nesta dissertação indicou como compor a representação da infraestrutura e a estrutura da cidade e da concessionária de energia onde serão aplicados os índices de aferição. Foram obtidos resultados compatíveis entre a análise gráfica feita nesta dissertação e o uso do modelo proposto para implementação. O índice de aceitação encontrado no estudo indicou que a população reagirá positivamente à implementação do SG/SM.

No que tange ao índice de consciência social, ficou claramente destacado que a grande preocupação da população é a privacidade dos dados, e quanto à aferição da oferta de serviços no modelo proposto, fica evidente que este item dependerá única e exclusivamente da concessionária de energia local. No que diz respeito à avaliação da implementação do modelo proposto através do índice global, no caso do objeto de estudo, este foi diretamente impactado pela aferição da oferta de serviços de visualização em tempo real da medição de energia por parte do

consumidor, carência levantada através da análise dos requisitos exigidos pela concessionária de energia do estudo, baseando-se na análise dos manuais que estabelecem as exigências para o fornecimento do sistema de serviços e medição inteligente.

Ao fim, conclui-se que, os medidores inteligentes podem atuar como agentes que fazem a mediação entre a esfera pública e a privada, a coletiva e a individual, a técnica e a política, tornando-se uma importante ferramenta para fortalecer a democracia dessas infraestruturas.

## 6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando os resultados levantados a partir da pesquisa com a concessionária de energia CELESC e com os consumidores de energia do bairro Daniela, reforçam-se as seguintes recomendações:

- Melhoria no processo de coleta de informações.
- Avaliação sistemática dos requisitos exigidos pela concessionária para caracterização dos serviços oferecidos.
- Atualizações perenes nos programas e projetos em Cidades Inteligentes no Brasil, seguindo os aspectos legais das RNs da ANEEL.
- Realização de seminários para que os consumidores de energia discutam a implementação do uso de medidores inteligentes.
- Instauração de uma política de desenvolvimento dos sistemas de medição de energia, os quais deverão conter indicadores de aferição com objetivos e metas para aceitação dos dispositivos inteligentes.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 37122**: Cidades e comunidades sustentáveis - Indicadores para cidades inteligentes. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010**. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Brasília, DF:

ANEEL, 2010. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=1259869#:~:text=Estabelece%20as%20Condi%C3%A7%C3%B5es%20Gerais%20de,de%20forma%20atualizada%20e%20consolidada.&text=Resolue%3A,observadas%20pelas%20distribuidoras%20e%20consumidores](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1259869#:~:text=Estabelece%20as%20Condi%C3%A7%C3%B5es%20Gerais%20de,de%20forma%20atualizada%20e%20consolidada.&text=Resolue%3A,observadas%20pelas%20distribuidoras%20e%20consumidores). Acesso em: 4 abr. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 950, de 23 de novembro de 2021**. Estabelece regras para o acompanhamento e a fiscalização dos planos de universalização dos serviços de distribuição de energia elétrica e dá outras providências. [Brasília]: ANEEL, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/acaoainformacao/>. Acesso em: 5 set. 2022.

AHMAD, T. *et al.* Data-driven probabilistic machine learning in sustainable smart energy/smart energy systems: Key developments, challenges, and future research opportunities in the context of smart grid paradigm. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 160, p. 112128, 2022.

AHVENNIEMI, H. *et al.* What are the differences between sustainable and smart cities? **Cities**, [online], v. 60, p. 234-245, Feb. 2017.

AL-TURJMAN, F.; ABUJUBBEH, M. IoT-enabled smart grid via SM: An overview. **Future Generation Computer Systems**, v. 96, p. 579-590, 2019.

ALAHAKOON, D.; YU, X. Smart Electricity Meter Data Intelligence for Future Energy Systems: A Survey. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, [online], n. 12, p. 1-1, 2015.

ALBANI, A.; DOMIGALL, Y.; WINTER, R. Implications of customer value perceptions for the design of electricity efficiency services in times of smart metering. **Information Systems and e-Business Management**, [online], v. 15, n. 4, p. 825-844, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **ANEEL participa de anúncio de P&D da ENEL para medidores inteligentes em SP**. Brasília, DF, 2021a. Disponível em: <https://bit.ly/36iYoKG> 2021. Acesso em: 15 out. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Modalidades Tarifárias**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>. Acesso em: 17 ago. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 375, de 25 de agosto de 2009**. Regulamenta a utilização das instalações de distribuição de energia elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais. Brasília, DF: ANEEL, 28 ago. 2009a. Disponível em: <https://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelink.php?numlink=212105> 2009a. Acesso em: 22 ago. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 395, de 15 de dezembro de 2009**. Aprova os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, e dá outras providências. [Brasília, DF: ANEEL, 22 dez. 2009b. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/ren2009395.pdf/3011024c-0fd2-4bea-b8f9-ed6861238637?version=1.0> 2009b. Acesso em: 5 nov. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010**. Estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada. Brasília, DF: ANEEL, 2010. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa 479, de 3 de abril de 2012**. Altera a Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, que estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Brasília, DF: ANEEL, 2012a. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=240247>. Acesso em: 6 nov. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF: ANEEL, 2012b. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 547, de 16 de abril de 2013**. Estabelece os procedimentos comerciais para aplicação do sistema de bandeiras tarifárias. Brasília, DF: ANEEL, 2013. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/ren2013547.pdf/c891e96e-9d30-43a0-870c-c1c4b725dbbd?version=1.0> 2013. Acesso em: 6 nov. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa 610, de 1 de abril de 2014**. Regulamenta as modalidades de pré-pagamento e pós-pagamento eletrônico de energia elétrica. Brasília, DF: ANEEL, 2014. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/ren2014610.pdf/5ded4556-9c8a-4e36-9179-9a8dc854b00a?version=1.0#:~:text=1%C2%BA%20Estabelecer%2C%20nos%20termos%20desta,eletr%C3%B4nico%20como%20op%C3%A7%C3%B5es%20de%20faturamento>. Acesso em: 7 jul. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 863, de 10 de dezembro de 2019**. Aprimora os procedimentos de medição e leitura

para acessantes conectados ao sistema de distribuição. Brasília, DF: ANEEL, 2019. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2019863.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 950, de 23 de novembro de 2021**. Estabelece regras para o acompanhamento e a fiscalização dos planos de universalização dos serviços de distribuição de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, DF: ANEEL, 2021b. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=423590#:~:text=Estabelece%20regras%20para%20o%20acompanhamento,el%C3%A9trica%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias>. Acesso em: 14 set. 2022.

AVANCINI, D. B. *et al.* A new IoT-based smart energy meter for smart grids. **International Journal of Energy Research**, [online], v. 45, n. 1, p. 189-202, 2021.

RIVEIRA, R; ESPOSITO, A. S.; TEIXEIRA, I. **Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local**. Rio de Janeiro: BNDES, dez. 2013.

BECKS *et al.* **The German Roadmap: E-Energy/Smart Grid**. Frankfurt: VDE, 2010.

BIFULCO, F. *et al.* ICT and sustainability in smart cities management. **International Journal of Public Sector Management**, [online], v. 29, n. 2, p. 132-147, 2016.

BLETIS, G.; CASSANDRAS, C.; NUCCI, C. Smart Cities. **Scanning the Issue**, [online], v. 106, n. 4, Apr. 2018, p. 513-17.

BLEWITT, J. **Understanding sustainable development**. 3 ed. New York: Routledge, 2018.

BRASIL. Grupo de Trabalho de Redes Elétricas Inteligentes Ministério de Minas e Energia. **Relatório: Smart Grid**. [Brasília, DF]: MME, 2010a. 232 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Portaria nº 440, de 15 de abril de 2010**. Brasília, DF: MME, 16 abr. 2010b. Disponível em: [https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-440-2010\\_225253.html](https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-440-2010_225253.html). Acesso em: 22 ago. 2022.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9991, de 24 de julho de 2000**. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 25 jul. 2000. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19991.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19991.htm). Acesso em: 23 set. 2022.

BÁRBARA CATTAPRETA, L.; JULIANA KEIKO, Y.; LIKA LIVIA, K.; ARMANDO TRAINI, F. Sistema de medição individualizada de água: estudo de caso de edifício comercial em são paulo. **REEC: Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, 11, n. 3, 2016.

CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA S.A. (CELESC.) **Normas Técnicas. Equipamentos de medição.** [Florianópolis], [2019]. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/equipamentos-de-medicao>. Acesso em: 15 out. 2022.

DE FIGUEIREDO, H. F. M.; FERST, M. K.; DENARDIN, G. W., 2019, An Overview about Detection of Cyber-Attacks on Power SCADA Systems. *In: IEEE BRAZILIAN POWER ELECTRONICS CONFERENCE, 15.*, 2019.; *IEEE SOUTHERN POWER ELECTRONICS CONFERENCE, 5.*, 2019, Santos. **Proceedings [...]**. Santos: COBEP/SPEC, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-084928063&doi=10.1109%2fCOBEP%2fSPEC44138.2019.9065353&partnerID=40&md5=5434665c02c8cbb4c4ba4f02dbfe238f>. Acesso em: 25 out. 2022.

DELTA NV. **How smart water meters save energy.** Maarssen, 10 jan. 2014. Disponível em: <https://www.smart-energy.com/news/how-smart-water-meters-save-energy/>. Acesso em: 13 ago. 2022.

DILEEP, G. A survey on smart grid technologies and applications. **Renewable energy**, [online], v. 146, p. 2589-2625, 2020.

DI SANTO, K. G.; KANASHIRO, E.; DI SANTO, S. G.; SAIDEL, M. A. A review on smart grids and experiences in Brazil. **Renewable & sustainable energy reviews**, [online], 52, p. 1072-1082, 2015.

DRANKA, G. G.; FERREIRA, P. Towards a smart grid power system in Brazil: Challenges and opportunities. **Energy policy**, [online], v. 136, n. C, p. 111033, Jan. 2020.

DUAN, N.; HUANG, C.; SUN, C. C.; MIN, L. Smart Meters Enabling Voltage Monitoring and Control: The Last-Mile Voltage Stability Issue. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, [online], v. 18, n. 1, p. 677-687, 2022.

EISENHARDT, K. M. What is the Eisenhardt Method, really? **Strategic Organization**, [online], v. 19, n. 1, p. 147-160, 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Decenal de Energia 2021.** Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>. Acesso em: 31 out 2022.

EUROPEAN COMMISSION. **Smart Metering deployment in the European Union.** [S. l.], 2020. Disponível em : <https://ses.jrc.ec.europa.eu/smart-metering-deployment-european-union>. Acesso em: 5 ago. 2022.

EUROPEAN COMMITTEE FOR ELECTROTECHNICAL STANDARDIZATION (CENELEC). **M/441 EN.** Standardization mandate do CEN, CENELEC and ETSI in the field of measuring instruments for the development of an open architecture for utility meters involving communication protocols enabling interoperability. Brussels, 12 Mar. 2009. Disponível em: <https://www.cencenelec.eu/media/CEN-CENELEC/AreasOfWork/CEN->

CENELEC\_Topics/Smart%20Grids%20and%20Meters/Smart%20Meters/m441\_en.pdf. Acesso em: 14 maio 2022.

FENG, Y.; YI, Q.; ROSE QINGYANG, H. Reference. *In*: FENG, Y.; YI, Q.; ROSE QINGYANG, H. **Smart Grid Communication Infrastructures**: Big Data, Cloud Computing, and Security. [New York]: IEEE, 2017. p. 267-285.

FOSTER, V.; RANA, A. **Rethinking power sector reform in the developing world**. Washington, DC: World Bank Publications, 2020. (Sustainable Infrastructure Series).

GARCIA, J. F. C. *et al.* Smart Grid Project Planning and Cost/Benefit Evaluation. *In*: GHOFRANI, M. **Electric Grid Modernization**. London: IntechOpen, p. 35, 13 Jul. 2022.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas. 6, 2019.

GOMATHY, V. *et al.* Internet of Things-Based Advanced Metering Infrastructure (AMI) for Smart Grids. *In*: KATHIRESH, M.; SUBAHANI, M.; KANAGACHIDAMBARESAN, K. **Integration of renewable energy sources with smart grid**. Beverli: Scrivener Publishing LLC, 2021, p. 77-100.

GHORBANIAN, M. *et al.* Communication in smart grids: A comprehensive review on the existing and future communication and information infrastructures. **IEEE Systems Journal**, [online], v. 13, n. 4, p. 4001-4014, 2019.

GOPSTEIN, A. *et al.* **NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 4.0**. Gaithersburg: NIST, 18 Feb. 2020.

GOOGLE MAPS. 2022. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-27.4598179,-48.512261,14.5z?entry=tту>. Acesso em: jan. 2022.

HÖJER, M.; WANGEL, J. Smart sustainable cities: definition and challenges. *ICT Innovations for Sustainability*. **Springer International Publishing**, [online], v. 310, p. 333-349, 2015.

HOROWITZ, K. A. *et al.* **An overview of distributed energy resource (DER) interconnection**: Current practices and emerging solutions. Golden: NREL, Apr. 2019. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/72102.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNIQUE COMISSION (IEC). **IEC TR 61850-1**: Communication networks and systems in substations – Part 1: Introduction and overview. Geneva: IEC Std., Apr. 2003.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNIQUE COMISSION (IEC). **IEC TR 62351-1**: Power systems management and associated information exchange – Data and communications security – Part 1: Communication network and system security – Introduction to security issues. Geneva: IEC Std., May 2006.



INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS (IEEE). IEEE Draft Guide for the Interoperability of Energy Storage Systems Integrated with the Electric Power Infrastructure. *In*: INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS (IEEE). **IEEE P2030.2/D7.0**, [s. l.]: IEEE, Apr. 2014, p. 1-190.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS (IEEE). **P2030-2011**: Guide for Smart Grid interoperability of Energy Technology and Information Technology Operation with the Electric Power System (EPS), and End-Use Applications and Loads. [S. l.]: IEEE, 2011. Disponível em: <https://joinup.ec.europa.eu/collection/ict-standards-procurement/solution/ieee-p2030-2011-guide-smart-grid-interoperability-energy-technology-and-information-technology>. Acesso em: 14 maio 2022.

INTERNATIONAL COUNCIL ON LARGE ELECTRIC SYSTEMS (CIGRE). **D2.24**: EMS for the 21st Century - System Requirements. [S. l.]: CIGRE, 2011. Disponível em: <https://e-cigre.org/publication/452-ems-for-the-21st-century---system-requirements>. Acesso em: 6 set. 2022.

JAPAN FOR SUSTAINABILITY (JFS). **METI Announces International Standardization Roadmap for Smart Grid**. [S. l.], 13 Apr. 2010. Disponível em: [https://www.japanfs.org/en/news/archives/news\\_id029850.html](https://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id029850.html). Acesso em: 30 out. 2022.

JAMES, P. *et al.* **Smart cities**: Fundamental concepts. Handbook of smart cities, p. 3-33, 2021.

KINDEREN, S. *et al.* Avaliação baseada em modelos de iniciativas de redes inteligentes: Fundamentos, questões em aberto, requisitos e perspectivas de pesquisa. **Engenharia de dados e conhecimento**, [s. l.], v. 141, p. 102052, 2022.

LIU, A.; MUKHEIBIR, P. Digital metering feedback and changes in water consumption – A review. Resources, **Conservation and Recycling**, [online], 134, p. 136-148, 2018.

LIVIERATOS, S.; VOGIATZAKI, V.-E.; COTTIS, P. G. A Generic Framework for the Evaluation of the Benefits Expected from the Smart Grid. **Energies**, [Basel], v. 6, n. 2, Feb. 2013.

MICROSOFT. **Smart energy reference architecture**. [Washington]: Microsoft, 14 Oct. 2009.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7**: Energia limpa e acessível. Brasília, DF, c2023a. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/7>. Acesso em: 27 set. 2022.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11**: Cidades e comunidades sustentáveis. Brasília, DF, c2023b. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>. Acesso em: 4 out. 2022.

MONTEIRO, R. R. *et al.* Aspectos ambientais do acordo entre União Europeia e Mercosul. **Research, Society and Development**, [Vargem Grande Paulista], v. 10, n. 15, p. 1-13, 2021.

MOUFTAH, H. T.; EROL-KANTARCI, M. **Smart grid**: Networking, data management, and business models. Boca Raton: CRC Press, 30 Jan. 2017.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). **The NIST Privacy Framework**: A Tool for Improving Privacy through Enterprise Risk Management. Version 1.0. Gaithersburg, Jan. 2020. Disponível em: <https://www.nist.gov/privacy-framework/privacy-framework>. Acesso em: 7 jul. 2022.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). **Framework and roadmap for smart grid interoperability standards, release, 4.0**. Gaithersburg, 11 Apr. 2022. Disponível em: <https://www.nist.gov/el/smart-grid/smart-grid-framework>. Acesso em: 5 set. 2022.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA OS ASSENTAMENTOS HUMANOS (ONU-HABITAT). **Nova Agenda Urbana**. Nairobi: ONU-Habitat, 2020. Disponível em: [https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/11/20221027\\_nova\\_agenda\\_urbana\\_portugues.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/11/20221027_nova_agenda_urbana_portugues.pdf). Acesso em: 9 out. 2022.

RAZA, N. *et al.* Study of smart grid communication network architectures and technologies. **Journal of Computer and Communications**, [online], v. 7, n. 3, p. 19-29, 2019.

RESEARCH REPORTS WORLD. **Global Smart Electrical Meters Market Research Report 2021, Forecast to 2026**. Maharashtra: Research Reports World, 8 Jun. 2021. <https://www.researchreportsworld.com/global-smart-electrical-meters-market-18451664>. Acesso em: 30 ago. 2022.

RIGODANZO, J. **Instalação de medidores inteligentes no Brasil**: uma análise econômica. 2015. - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Santa Maria., UFSM, <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/8571>.

RODRIGUES, E.; GRIEBELER, M.; TARTARUGA, I. G. P. Cidades mais inteligentes: um Olhar sobre San Rafael (Mendoza, Argentina) e Novo Hamburgo (Rio Grande do Sul, Brasil). *In*: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 9. 2019, Santa Cruz do Sul. **Anais [...]**. Santa Cruz do Sul: Unisc, 2019.

ROTTA, F. ABDI apresenta ambiente de demonstração de tecnologias no Connected Smart Cities. **ABDI**, Brasília, DF, 9 set. 2018. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/postagem/abdi-apresenta-ambiente-de-demonstracao-de-tecnologias-no-connected-smart-cities>. Acesso em: 23 ago. 2022.

SANCHES, Carmen Silvia. Avançando na cadeia de inovação pelos projetos de P&DI do setor elétrico: um projeto de aperfeiçoamento do programa de P&D regulado pela ANEEL. 2019.

SANTOS, A. C.; CANATO, R. L. C. Smart Grid: desafios em segurança. **Prospectus**, v. 2, n. 1, 2020.

SARKAR, A. Significance of Smart Cities in 21st Century: An International Business Perspective. **FOCUS: Journal of International Business**, [online], n. 2, 2 Nov. 2015.

SCHETTINO, S. **Cenários de uso das redes elétricas inteligentes (smart grid):** tendências de sua difusão no Brasil. 2013. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5233>. Acesso em: 16 jun. 2022.

SETO, Y. Application of Privacy Impact Assessment in the Smart City. **Electronics and Communications in Japan**. [online], v. 98, n. 10, p. 52-61, 31 Jan. 2015.

SMB SMART GRID STRATEGIC GROUP (SG3). **IEC smart grid standardization roadmap**. Ed. 1.0. [S. l.]: SG3, 31 May 2010.

SRINIVAS, J.; DAS, A. K.; KUMAR, N. Government regulations in cyber security: Framework, standards and recommendations. **Future generation computer systems**, [online], v. 92, p. 178-188, 2019.

SMEND, J.; MNATSAKANYAN, A.; SGOURIDIS, S. **A Smart Grid Solution Integrating Distributed Generation and Internet of Things Sensors for Demand Side Management and Fault Identification: Case Study**. 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85112368437&doi=10.1109/PEDG51384.2021.9494196&partnerID=40&md5=29b875f6c1389fdb919b5003d20cb5ef>. Acesso em: 31 out. 2022.

STATE GRID CORPORATION OF CHINA (SGCC). **SGCC framework and roadmap for strong and smart grid standards**. Beijing: SGCC, 2012.

SUN, H. *et al.* Energy efficiency: The role of technological innovation and knowledge spillover. **Technological Forecasting and Social Change**, [online], v. 167, p. 120659, 2021.

TAN, S. Y.; TAEIHAGH, A. Smart city governance in developing countries: A systematic literature review. **Sustainability**, [online], v. 12, n. 3, p. 899, 2020.

TEIXEIRA, P. A. Enel SP vai instalar 300 mil medidores inteligentes. Canal energia, Rio de Janeiro, 28 jan. 2021. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53162022/enel-sp-vai-instalar-300-mil-medidores-inteligentes-esse-ano>. Acesso em: 15 jul. 2022.

UNITED NATIONS (UN). Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Population Prospects 2019: Highlights**. New York: UN, 2019a. Disponível em: [https://population.un.org/wpp/publications/files/wpp2019\\_highlights.pdf](https://population.un.org/wpp/publications/files/wpp2019_highlights.pdf). Acesso em: 9 jun. 2022.

UNITED NATIONS (UN). **Habitat III Issue Papers**: Urban Ecosystems and Resource Management. New York: UN, 2017. Disponível em: <https://habitat3.org/documents-and-archive/preparatory-documents/issue-papers/>. Acesso em: 19 set. 2022.

UNITED NATIONS (UN). **World urbanization prospects**: The 2018 Revision. New York: UN, 2019b. *E-book*. Disponível em: <https://population.un.org/wup/publications/Files/WUP2018-Report.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2022.

USLAR, M. *et al.* Survey of smart grid standardization studies and recommendations - part 2. *In*: IEEE PES INNOVATIVE SMART GRID TECHNOLOGIES CONFERENCE EUROPE (ISGT EUROPE), 2010, Gothenburg. **Anais [...]**. Gothenburg: IEEE, 2010.

WANG, Y.; CHEN, Q.; HONG, T.; KANG, C. Review of Smart Meter Data Analytics: Applications, Methodologies, and Challenges. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [online], n.10, p. 3125-3148, 2019.

THORNBUSH, Mary; GOLUBCHIKOV, Oleg. Smart energy cities: The evolution of the city-energy-sustainability nexus. **Environmental Development**, [online], v. 39, p. 100626, 2021.

WEG. **WEG tem o primeiro medidor de energia do Brasil certificado pelo Inmetro**. Jaraguá do Sul, c2022. Disponível em: <https://www.weg.net/institucional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/weg-tem-o-primeiro-medidor-de-energia-do-brasil-certificado-pelo-inmetro>, 2016.

YE, F.; QIAN, Y.; HU, R. Q. Identity-based schemes for a secured big data and cloud ICT framework in smart grid system. **Security and Communication Networks**, 9, n. 18, p. 5262-5277, 2016.

**APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIOS DIRIGIDOS A CONCESSIONÁRIA DE  
ENERGIA CELESC E AOS CONSUMIDORES DO BAIRRO DANIELA -  
FLORIANÓPOLIS-SC**

Questionário dirigido a CELESC (Concessionária de energia de Santa Catarina)

1 – Este questionário envolve perguntas para a concessionária de energia sobre os seguintes pontos:

- Posicionamento;
- Problematização;
- Benefícios Tarifários;
- Micro ou Minigeração distribuída.

(1) Qual o posicionamento da CELESC, na implantação de medidores inteligentes, no contexto de aplicação para desenvolvimento de cidades inteligentes?

(2) Qual o posicionamento da CELESC, com relação à relevância para a administração da Concessionária de energia, dos custos e do desenvolvimento da implantação dos medidores inteligentes?

(3) A CELESC entende como problematização, com relação a recompensas financeiras para a concessionária, a idéia do programa de implantação dos medidores inteligentes?

(4) A CELESC entende como um problema a implantação dos medidores inteligentes de uma forma escalonada, ou seja, especificamente em um único bairro de Florianópolis?

(5) Com relação a custos para o usuário, será inserida uma taxa de contribuição do consumidor relativa à taxa de manutenção do sistema de comunicação a ser implantado?

(6) Com relação aos benefícios tarifários, a substituição dos medidores atuais por medidores inteligentes envolve a perda dos benefícios relativos às novas opções de tarifas?

(7) Com relação aos benefícios tarifários, a substituição dos medidores atuais por medidores inteligentes, inviabiliza a validade da tarifa social?

(8) Com relação à micro ou minigeração distribuída, a substituição dos medidores atuais por medidores inteligentes, inviabiliza a possibilidade de implantação futura?

9) Com relação a micro ou minigeração distribuída, a substituição dos medidores atuais por medidores inteligentes, envolve novos custos em uma implantação futura?

A seguir a Tabela 10 apresenta o esquema de formação das perguntas do questionário desenvolvido.

Tabela 10 – Esquema do questionário enviado a concessionária de energia

<b>Posicionamento</b>	<b>Contexto</b>	<b>Implantação dos medidores inteligentes</b>
<b>Aplicação</b>	<b>Cidades Inteligentes</b>	<b>(Resposta CELESC)</b>
<b>Relevância para a Administração</b>	<b>Custos e Desenvolvimento</b>	<b>(Resposta CELESC)</b>
<b>Problematização</b>	<b>Contexto</b>	<b>Implantação dos medidores inteligentes</b>
<b>Ideia do Programa</b>	<b>Recompensas financeiras</b>	<b>(Resposta CELESC)</b>
<b>Implementação</b>	<b>Bairro específico de Florianópolis</b>	<b>(Resposta CELESC)</b>
<b>Custos para o usuário</b>	<b>Contexto</b>	<b>Implantação dos medidores inteligentes</b>
<b>Contribuição</b>	<b>Taxa de Manutenção do Sistema</b>	<b>(Resposta CELESC)</b>
<b>Benefícios Tarifários</b>	<b>Contexto</b>	<b>Implantação dos medidores inteligentes</b>
<b>Perder benefícios</b>	<b>Substituição do Medidor atual</b>	<b>(Resposta CELESC)</b>
<b>Validade da Tarifa Social</b>	<b>Substituição do Medidor</b>	<b>(Resposta CELESC)</b>

<b>atual</b>		
<b>Micro ou Minigeração distribuída</b>	<b>Contexto</b>	<b>Implantação dos medidores inteligentes</b>
<b>Possibilidade de Implantação futura</b>	<b>Substituição do Medidor atual</b>	<b>(Resposta CELESC)</b>
<b>Custos de Implantação Futura</b>	<b>Substituição do Medidor atual</b>	<b>(Resposta CELESC)</b>

Fonte: Elaborada pela autora.

Questionário dirigido aos consumidores de energia do Bairro Daniela – Florianópolis/SC :

1-Dados sociodemográficos do usuário:

<b>Idade (anos)</b>	
<b>0 a 39</b>	<input type="checkbox"/>
<b>40 a 49</b>	<input type="checkbox"/>
<b>50 a 59</b>	<input type="checkbox"/>
<b>60 a 69</b>	<input type="checkbox"/>
<b>70 ou mais</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Escolaridade</b>	
<b>Ensino básico incompleto</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Ensino médio incompleto</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Ensino médio completo</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Ensino superior incompleto</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Ensino superior completo</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Gênero</b>	
<b>Feminino</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Masculino</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Outro</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Residência</b>	
<b>Casa própria para morar</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Casa própria de temporada</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Casa/Apto alugado</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Apto próprio para morar</b>	<input type="checkbox"/>
<b>Apto próprio para temporada</b>	<input type="checkbox"/>



Pessoas que moram na residência	
1	( )
2	( )
3	( )
4	( )
5 ou mais	( )

## 2 – Dados de conhecimento da tecnologia de medidores inteligentes

Item Expectativa	Descrição	
1	Medidor permite consumir fonte de energia renovável	( ) Concordo ( ) Discordo
2	Medidor reduzirá minha fatura de energia	( ) Concordo ( ) Discordo
3	Medidor melhora a qualidade do fornecimento de energia	( ) Concordo ( ) Discordo
4	Medidor auxilia na economia dos recursos naturais	( ) Concordo ( ) Discordo
5	Medidor integra a opção de estrutura tarifária ( tarifa branca por exemplo)	( ) Concordo ( ) Discordo
6	Medidor integra a opção de compra de energia de outros fornecedores ou de energia pré paga	( ) Concordo ( ) Discordo
Item Motivação	Descrição	
1	Gosto de acompanhar o meu consumo de energia	( ) Concordo ( ) Discordo
2	Gosto de usar novos aplicativos	( ) Concordo ( ) Discordo

3	Gosto de usar novas tecnologias	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Discordo
<b>Item Ambiental</b>	<b>Descrição</b>	
1	Substituir o uso dos combustíveis fósseis por fontes renováveis de energia é importante	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Discordo
2	Gosto de contribuir para a proteção do meio ambiente	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Discordo
<b>Item Entendimento</b>	<b>Descrição</b>	
1	Entendo como funcionam os medidores inteligentes	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Discordo
2	Os medidores facilitam o acompanhamento do meu consumo de energia	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Discordo
3	Não entendo nada do assunto medidores inteligente	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Discordo
4	Os medidores apresentam o acompanhamento do meu consumo de energia por tarifas	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Discordo
<b>Item influência</b>	<b>Descrição</b>	
1	Instalaria um medidor se fosse recomendado pela fornecedora de energia local	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Discordo
2	Instalaria um medidor se as pessoas do meu bairro instalassem	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Discordo
3	Apoio o uso de medidores inteligentes	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Discordo

Item Privacidade	Descrição	
1	Não gostaria de fornecer meus dados de consumo para a fornecedora de energia elétrica	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo em parte <input type="checkbox"/> Discordo
2	O medidor inteligente poderá identificar número de pessoas e hábitos dos usuários	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo em parte <input type="checkbox"/> Discordo
3	A fornecedora de energia protegerá as informações sobre o meu consumo de energia	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo em parte <input type="checkbox"/> Discordo

Item Custos	Descrição	
1	Entendo que novas tecnologias envolvem custos adicionais	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo em parte <input type="checkbox"/> Discordo
2	Pagar pelos medidores inteligentes me incomodaria	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo em parte <input type="checkbox"/> Discordo
3	O medidor aumentará o custo da minha energia	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo em parte <input type="checkbox"/> Discordo
4	Não pagarei pelo medidor inteligente	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Concordo em parte <input type="checkbox"/> Discordo

Item Intenção de uso	Descrição	
1	Pretendo usar os medidores inteligentes	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Discordo
2	Participaria do programa de adoção de medidores	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Discordo

---

	inteligentes	
<b>3</b>	Não gostaria de modificar minha leitura de energia	<input type="checkbox"/> Concordo <input type="checkbox"/> Discordo

---

## APÊNDICE 2 – RESULTADOS DA COLETA DE DADOS

Tabela 11 – Instrumentos da coleta de dados

Item	Variável	Registro	Questão
Rede Elétrica Local	<b>Equipamentos existentes:</b>		
	Ramais da entrada	Numérico	1
	Ramal alimentador	Numérico	1
	Classe de tensão do ramal	Numérico	13,8 kV
	Número de transformadores de distribuição	Numérico	26
	<b>Unidades consumidoras conforme a classificação ANEEL</b>		
	Residências com energia fotovoltaica	Numérico	104
	Residências sem energia fotovoltaica	Numérico	738
	Mercados	Numérico	03
	Pousadas	Numérico	06
Restaurantes	Numérico	06	
Consumidores	<b>Faixa etária</b>		
	0 a 39 anos	Numérica	10
	40 a 59 anos	Numérica	10
	50 a 59 anos	Numérica	07

Item	Variável	Registro	Questão
	60 a 69 anos	Numérica	14
	70 anos ou mais	Numérica	11
	<b>Grau de escolaridade</b>		
	Ensino básico incompleto	Rótulo ordenado	0
	Ensino médio incompleto	Rótulo ordenado	0
	Ensino médio completo	Rótulo ordenado	02
	Ensino superior incompleto	Rótulo ordenado	03
	Ensino superior completo	Rótulo ordenado	47
	<b>Número de moradores no domicílio:</b>		
	1	Numérica	02
	2	Numérica	26
	3	Numérica	12
	4	Numérica	08
	5 ou mais	Numérica	04
	<b>Tipo de residência para identificar o uso contínuo do imóvel nos 12 meses do ano:</b>		
	Casa própria para morar	Rótulo ordenado	34
	Casa própria para temporada	Rótulo ordenado	12
	Casa/apto alugado	Rótulo ordenado	04
	Apto próprio para morar	Rótulo ordenado	02
	Apto próprio para temporada	Rótulo ordenado	0
	.		
<b>Conhecimento e aceitabilidade</b>	<b>Expectativas</b> Medidor permite consumir fonte de energia renovável	Intervalar	45

Item	Variável	Registro	Questão
	Medidor reduzirá minha fatura de energia	Intervalar	39
	Medidor melhora a qualidade do fornecimento de energia	Intervalar	38
	Medidor auxilia na economia dos recursos naturais	Intervalar	37
	Medidor integra a opção de estrutura tarifária (tarifa branca)	Intervalar	44
	<b>Motivações para o uso:</b>		
	Gosto de acompanhar o meu consumo de energia	Intervalar	50
	Gosto de usar novos aplicativos	Intervalar	43
	Gosto de usar novas tecnologias	Intervalar	48
	<b>Consciência ambiental:</b>		
	Substituir o uso dos combustíveis fósseis por fontes renováveis de energia é importante	Intervalar	51
	Gosto de contribuir para a proteção do meio ambiente	Intervalar	52
	<b>Grau de entendimento do funcionamento:</b>		
	Entendo como funcionam os medidores inteligentes	Intervalar	23
	Os medidores facilitam o acompanhamento do meu consumo de energia	Intervalar	48

Item	Variável	Registro	Questão
	Não entendo nada do assunto medidores inteligente	Intervalar	25
	Os medidores apresentam o acompanhamento do meu consumo de energia por tarifas	Intervalar	38
	<p><b>Influência relativa a instalação:</b></p> <p>Instalaria um medidor se fosse recomendado pela fornecedora de energia local</p> <p>Instalaria um medidor se as pessoas do meu bairro instalassem</p> <p>Apoio o uso de medidores inteligentes</p>	Intervalar	48
		Intervalar	41
	<p><b>Privacidade relativa aos dados pessoais:</b></p> <p>Não gostaria de fornecer meus dados de consumo para a fornecedora de energia elétrica</p> <p>O medidor inteligente poderá identificar número de pessoas e hábitos dos usuários</p> <p>A fornecedora de energia protegerá as informações sobre o meu consumo de energia</p>	Intervalar	18
		Intervalar	30
		Intervalar	42



Item	Variável	Registro	Questão
	<p><b>Custos associados à implantação:</b></p> <p>Entendo que novas tecnologias envolvem custos adicionais</p> <p>Pagar pelos medidores inteligentes me incomodaria</p> <p>O medidor aumentará o custo da minha energia</p> <p>Não pagarei pelo medidor inteligente.</p>	<p>Intervalar</p> <p>Intervalar</p> <p>Intervalar</p> <p>Intervalar</p>	<p>38</p> <p>30</p> <p>3</p> <p>26</p>

Fonte: Elaborada pela autora.

## **ANEXO 1 – RESPOSTAS DA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA CELESC**

(1) Qual o posicionamento da CELESC, na implantação de medidores inteligentes, no contexto de aplicação para desenvolvimento de cidades inteligentes?

R: Cidades inteligentes se incluem num conceito maior do que Redes de Distribuição Inteligentes, a Celesc iniciou o projeto com medidores de energia elétrica inteligentes, onde os mesmos se comunicam por uma rede RF MESH através do protocolo WI-SUN até os concentradores, a partir dos concentradores, rede de Backhaul, a comunicação é feita através de rádio frequência em frequência licenciada até o ponto de acesso da rede corporativa da Celesc. No caso prático, onde foi implantado no município de Araranguá, já existe uma rede de comunicação formada, outras Utilities poderiam compatibilizar seus equipamentos no protocolo WI-SUN, por exemplo, companhias de distribuição de água e gás ou mesmo prefeituras com monitoramento de trânsito e semáforos, nestes casos poderiam ser feitos acordos entre os agentes e reforços na rede de comunicação para comportar o tráfego de dados e de fato promover cidades inteligentes.

(2) Qual o posicionamento da CELESC, com relação à relevância para a administração da Concessionária de energia, dos custos e do desenvolvimento da implantação dos medidores inteligentes?

R: Os custos são avaliados frente ao local de implantação, verificando-se principalmente os benefícios em relação a melhora do fornecimento de energia para os consumidores (redução de DEC e FEC), redução de custos de leitura, perdas e inadimplência e por outro lado qual o percentual do custo será reconhecido como investimento pelo agente regulador, dessa forma verifica-se a viabilidade econômica para implantação do projeto.

(3) A CELESC entende como problematização, com relação a recompensas financeiras para a concessionária, a ideia do programa de implantação dos medidores inteligentes?

R: Não, depende da análise de viabilidade econômica de implantação deste tipo de projeto.

(4) A CELESC entende como um problema a implantação dos medidores inteligentes de uma forma escalonada, ou seja, especificamente em um único bairro de Florianópolis?

R: De forma escalonada não, mas o número de pontos a serem implantados afeta diretamente no custo da solução, portanto o projeto se torna mais viável por município.

(5) Com relação a custos para o usuário, será inserida uma taxa de contribuição do consumidor relativa à taxa de manutenção do sistema de comunicação a ser implantado?

R: Não, este é um custo da Distribuidora.

(6) Com relação aos benefícios tarifários, a substituição dos medidores atuais por medidores inteligentes envolve a perda dos benefícios relativos às novas opções de tarifas?

R: Não, pelo contrário, os medidores inteligentes facilitam a opção do consumidor por novas modalidades tarifárias, pois não é necessária substituição em campo, pois é permitida a alteração de programação dos postos tarifários a distância.

(7) Com relação aos benefícios tarifários, a substituição dos medidores atuais por medidores inteligentes, inviabiliza a validade da tarifa social?

R: Não, a tarifa social permanece sendo aplicada.

(8) Com relação à micro ou minigeração distribuída, a substituição dos medidores atuais por medidores inteligentes, inviabiliza a possibilidade de implantação futura?

R: Não, pelo contrário, os medidores inteligentes facilitam a opção do consumidor por microgeração, pois não é necessária substituição em campo, sendo feita a alteração de programação dos postos tarifários a distância.

9) Com relação a micro ou minigeração distribuída, a substituição dos medidores atuais por medidores inteligentes, envolve novos custos em uma implantação futura?

R: Não.

Atenciosamente,

Celesc Distribuição S.A

Diretoria Comercial - DCL

Departamento de Gestão Técnica Comercial - DPGT

Divisão de Automação da Medição - DVAM

0xx48 3231 5954