

MARCELO CONTATTO DOS SANTOS

**ACEITABILIDADE SOCIAL DE MEDIDORES INTELIGENTES:
UM ESTUDO DE CASO NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. José Ripper Kós, Phd.

Florianópolis
2018

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

Santos , Marcelo Contatto dos
Aceitabilidade social de medidores inteligentes
: um estudo de caso no Brasil / Marcelo Contatto
dos Santos ; orientador, Prof. José Ripper Kós,
2018.
207 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós
Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis,
2018.

Inclui referências.

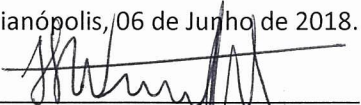
1. Arquitetura e Urbanismo. 2. Medidores
inteligentes. 3. Aceitabilidade social. 4. Teorias
de aceitação de tecnologias. 5. Sistemas domésticos
de gerenciamento energético. I. Kós, Prof. José
Ripper . II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e
Urbanismo. III. Título.

Marcelo Contatto dos Santos

**ACEITABILIDADE SOCIAL DE MEDIDORES INTELIGENTES: UM ESTUDO
DE CASO NO BRASIL**


Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 06 de Junho de 2018.




Prof. Dr. Fernando Simon Westphal,
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Phd. José Ripper Kós,
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Fernando Simon Westphal,
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Rafael Nilson Rodrigues,
Instituto Federal de Santa Catarina

“(...) getting a new idea adopted, even when it has obvious advantages, is often very difficult.”

(ROGERS, p.1, 1995)

RESUMO

Em termos mundiais, a implantação das Redes Elétricas Inteligentes (REI) tem sido frequentemente apontada como um dos principais esforços de modernização do setor de energia elétrica no século XXI. Um dos principais componentes das REI, o “Smart Meter” (SM) ou Medidor Inteligente, consiste de um medidor eletrônico instalado na unidade consumidora, dotado de funcionalidades que vão muito além da tradicional medição do consumo. Baseadas em teorias como a do “Déficit da Informação” (OWENS; DRIFFILL, 2008), um grande número de pesquisas têm sugerido que o feedback oportunizado pelos novos sistemas de gerenciamento e medição inteligentes podem constituir um importante instrumento de incentivo à adoção de práticas mais sustentáveis e de consumo energético mais consciente. No Brasil, impulsionados pelas concessionárias de energia elétrica, atualmente seguem em curso onze projetos pilotos que pretendem explorar as potenciais barreiras técnicas, econômicas e sociais dos projetos de REI. Paralelamente, o arcabouço regulatório vem sendo preparado para receber as novas tecnologias no sistema elétrico. Todavia, embora possamos fazer suposições sobre como os consumidores poderiam ou deveriam se comportar diante deste novo paradigma no gerenciamento energético das edificações, o fato é que é difícil, tanto compreender os valores que influenciam as decisões de consumo, quanto prever o grau em que os usuários estão preparados e são favoráveis a aceitar essas mudanças em seus lares. Justamente porque os SM seguem hoje sendo implementados em todo o mundo e que a maioria dos estudos sobre tema tem focado em dimensões eminentemente técnicas, destaca-se a importância de passarmos a investigar as questões relacionadas ao engajamento e aceitação social dessas novas tecnologias. O objetivo deste estudo é, portanto, identificar os fatores críticos, positivos e negativos que, sob a ótica dos consumidores residenciais de energia, podem contribuir para o sucesso dos processos de difusão das tecnologias de medição e gerenciamento inteligente de energia disponibilizados no âmbito dos projetos de REI em implantação no Brasil. Metodologicamente, trata-se de uma pesquisa aplicada, exploratória e de abordagem quantitativa, cuja construção das hipóteses fundamenta-se em um modelo estendido da Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT2) de

Venkatesh et al. (2012). O presente estudo baseia-se, portanto, em oito variáveis independentes, uma variável dependente e quatro variáveis moderadoras. A pesquisa foi conduzida a partir de um questionário online e resultou em um banco de dados composto por 240 respondentes. O modelo teórico foi analisado utilizando técnicas descritivas e de inferência estatística multivariada, sendo que, de acordo com os resultados obtidos, quatro variáveis do modelo estrutural de pesquisa mostraram-se significativas para a Intenção de Uso: Expectativa de Desempenho, Expectativa de menor Esforço, Expectativa de menor Risco e Conteúdo Tecnológico e Feedback. Os resultados obtidos nesta pesquisa contribuem para uma melhor compreensão acerca dos fatores que influenciam a intenção dos consumidores de energia em adotar e utilizar os sistemas de gerenciamento e medição inteligentes que, nos próximos anos, deverão ser gradualmente oferecidos aos consumidores por concessionárias de energia elétrica de todo o país.

Palavras-chave: Medidores inteligentes; Aceitabilidade social; Teorias de aceitação de tecnologias; Sistemas domésticos de gerenciamento energético.

ABSTRACT

Globally, the deployment of Smart Grids has often been considered as one of the main modernization efforts of the electricity sector in the 21st century. Considered one of the key components of Smart Grids, the Smart meter is an electronic meter installed in the consumer unit, equipped with features that go far beyond the traditional measurement of consumption. Based on theories such as the "Information Deficit" (OWENS; DRIFFILL, 2008), a large number of researches have suggested that feedback provided by new intelligent electrical systems can constitute an important instrument to encourage the adoption of more sustainable practices and more conscious energy consumption. In Brazil, driven by electrical utilities, eleven pilot projects are currently underway to explore the potential, technical, economic and social barriers of Smart Grid projects. At the same time, the regulatory framework is being prepared to receive the new technologies in the electrical system. However, although we can make assumptions about how consumers could or should behave in the face of this new paradigm in energy management of residential buildings, the fact is that it is difficult, both to understand the values that influence consumption decisions, and to predict the degree in which users are prepared and are supportive of accepting these changes into their homes. Because Smart Meters are currently being deployed around the world and most studies on this matter have focused on its technical dimensions, it is important that we proceed to investigate the issues related to the engagement and social acceptance of these technologies. Therefore, the objective of this study is to identify the critical factors that, from the perspective of residential energy consumers, can contribute to the success of the Smart Meters technologies diffusion processes in the scope of Brazilian Smart Grid projects. Methodologically, this is an exploratory research with a quantitative approach, which hypotheses are based on an extended model of the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT2) by Venkatesh et al. (2012). Thus, the present study is based on eight independent variables, one dependent variable and four moderating variables. The survey was conducted from an online questionnaire and resulted in a database of 240 respondents. The theoretical model was analyzed using descriptive and multivariate statistical inference techniques.

According to the results obtained, four variables of the structural research model were significant for the Intention of Use: Performance Expectation, Expectation of Lesser Effort, Expectation of Lower Risk and Technological Content and Feedback. The results obtained from this research contribute to a better understanding of the factors that influence the intention of the energy consumers to adopt and use intelligent energy metering and management systems that, in the next years, should be gradually offered to consumers by Brazilian electrical utilities.

Palavras-chave: Smart meters; Social acceptance; Theory of acceptance of technology; Home energy monitoring systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fundamentos de uma Rede Elétrica Inteligente.	26
Figura 2 - Consumo mundial de energia - CO ² Shares.	33
Figura 3 - Percentual do consumo mundial de energia em 1990 e 2011 por países.....	34
Figura 4 - Fluxo de Energia Elétrica no Brasil.	35
Figura 5 - Medidores eletromecânicos - Ponteiro e Ciclométrico.....	42
Figura 6 - Percentual de Perdas no Sistema Elétrico Nacional, global em 2017.....	47
Figura 7 - Percentual histórico de Perdas no Sistema Elétrico Nacional.	48
Figura 8 - Exemplo de Smart Meter instalado.	56
Figura 9 - Potenciais fluxos de informações de uma REI.	58
Figura 10 - Comparativo: Tarifa Branca e Tarifa Convencional..	60
Figura 11 - Funcionalidades de um HEMS.....	65
Figura 12 - Implementação de medidores inteligentes na União Europeia.	72
Figura 13 - Kit Enel Info + disponibilizado pela DSO italiana, ENEL.	77
Figura 14 - Penetração Residencial dos Smart Meters nos EUA em 2015.	89
Figura 15 - Modelo ampliado da Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia - UTAUT2.....	113
Figura 16 - Modelo baseado no TAM, utilizado nos estudos de Kranz et al. (2010).	116
Figura 17 - Modelo baseado no TAM, utilizado nos estudos de Wunderlich et al. (2012)	117
Figura 18 - Modelo híbrido baseado no IDT e no UTAUT, resultante dos estudos de Wunderlich et al. (2012).	122
Figura 19 - Modelo proposto de pesquisa.	131
Figura 20 - Gráfico de barras e intervalos de confiança dos itens dos constructos "ED" e "EE".....	148
Figura 21 - Gráfico de barras e intervalos de confiança dos itens dos constructos "VP" e "IS".	149

Figura 22 - Gráfico de barras e intervalos de confiança dos itens dos constructos "CF" e "ER".	151
Figura 23 - Gráficos de barras e intervalos de confiança dos itens dos constructos "CT" e "DI".....	153
Figura 24 - Ilustração do modelo estrutural com efeito moderador.....	159

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo: Rede convencional e Smart Grid.	50
Tabela 2 - Características de uma Rede Elétrica Inteligente.....	50
Tabela 3 - Classificação de alguns dos principais mecanismos de resposta a demanda.....	55
Tabela 4 - Funcionalidades mínimas de um Smart Meter - União Europeia.	59
Tabela 5 - Tipos de Feedback.	63
Tabela 6 - Categorias que integram HEMS.....	66
Tabela 7 - Oportunidades para os HEMS, de acordo com os recursos da REI.....	67
Tabela 8 - Motivadores para expansão dos projetos de REI internacionais.	70
Tabela 9 - Síntese dos constructos do UTAUT e origem na literatura.....	111
Tabela 10 - Quadro Síntese da Teorias de Aceitação Tecnológica.	114
Tabela 11 - Determinantes de aceitabilidade utilizados por Alabdulkarim et al. (2012).....	119
Tabela 12 - Construtos propostos por Chou e Yutami (2014) para o modelo TAM.	123
Tabela 13 - Compilado da Experiência Internacional em pesquisas de aceitabilidade das tecnologias de SM.	124
Tabela 14 - Operacionalização da Pesquisa - Variáveis Caracterizadoras.	136
Tabela 15 - Operacionalização Preliminar da Pesquisa - Critério de Aceitabilidade.	137
Tabela 16 - Análise descritiva das variáveis caracterizadoras.	145
Tabela 17 - Análise descritiva e comparação dos itens dos construtos.....	146
Tabela 18 - Modelo de mensuração.	156
Tabela 19 - Validade dos modelos de mensuração.....	157
Tabela 20 - Modelo estrutural com efeito moderador.	158
Tabela 21 - Resumo das hipóteses confirmadas pelo modelo.	163

Tabela 22 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Expectativa de Desempenho.	164
Tabela 23 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Expectativa de menor Esforço.	165
Tabela 24 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Valor do Preço.	166
Tabela 25 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Influência Social.....	167
Tabela 26 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Condições Facilitadoras	168
Tabela 27 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Expectativa de menor Risco.	169
Tabela 28 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Conteúdo Tecnológico e Feedback.	170
Tabela 29 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Disponibilidade de Informação.....	172
Tabela 30 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Intenção de Uso.....	173

LISTA ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Corrente Alternada
AMI	Advanced Metering Infrastructure
AMM	Automated Meter Management
AMR	Automated Meter Reading
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CF	Condições Facilitadoras
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
CT	Conteúdo Tecnológico e o Feedback
DECC	Departamento de Energia e Mudanças Climáticas
DI	Disponibilidade de Informação
DSO	Distribution System Operation
EC	Comitê Europeu de Energia
ED	Expectativa de Desempenho
EE	Espectativa de Esforço
ER	Expectativa de menor Risco
EU	União Européia
GEE	Gases de Efeito Estufa
GLD	Programa de Gerenciamento pelo Lado da Demanda
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
HAN	Home Area Network
HEMS	Home Energy Management System
IDT	Innovation Diffusion Theory (Teoria da Difusão de Inovações)
IHD	In Home Display
IS	Influência Social
IU	Intenção de Uso
MM	Motivation Model (Modelo motivacional)
MME	Ministério de Minas e Energia
MPCU	Modelo de Utilização dos Computadores Pessoais
OFGEM	Office of the Gas and Electricity Markets

OIC	Orders in Council (emenda à Lei)
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
REI	Redes Elétricas Inteligentes
RN	Resolução Normativa
SCT	Social Cognitive Theory (Teoria Cognitiva Social)
SG	Smart Grids (Redes Elétricas Inteligentes)
SGGB	Smart Grid Great Britain
SM	Smart Meter (Medidor Inteligente)
TAM	Technology Acceptance Model (Modelo de Aceitação de Tecnologias)
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
ToU	Time of Use (Tarifação Horária)
TPB	Theory of Planned Behavior (Teoria do Comportamento Planejado)
TRA	Theory of Reasoned Action (Teoria da Ação Racionada)
UTAUT	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (Teoria Unificada de Aceitação e uso da Tecnologia)
UTAUT2	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology 2 (Teoria Unificada de Aceitação e uso da Tecnologia 2)
VAGO	Auditor Geral de Victoria
VP	Valor do Preço
ZEIB	Zero Energy Intelligent Buildings (Edifícios Inteligentes com Energia Zero)

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS ESTATÍSTICAS

1ª Q	1ª Quartil
2ª Q	2ª Quartil
3ª Q	3ª Quartil
AC	Alfa de Cronbach
AVE	Variância Média Extraída
CC	Confiabilidade Composta
CF	Cargas fatoriais
COM	Comunalidade
DIM	Dimensionalidade
DP	Desvio Padrão
EP	Erro Padrão
GOF	Goodness of Fit
IC 95%	Intervalo de 95% de confiança

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	21
1.1.CONTEXTO.....	21
1.2.JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA	26
1.3.ABORDAGEM DA PESQUISA	30
1.4.OBJETIVOS	31
1.4.1.Objetivos Gerais	31
1.4.2.Objetivos Específicos	31
2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	33
2.1.A ENERGIA	33
2.1.1.O Cenário Energético Brasileiro	35
2.2.A TECNOLOGIA.....	39
2.2.1.Medidores de Energia Elétrica: Um Breve Histórico	39
2.2.2.Tipos de Medidores	41
2.2.3.O Sistema de Medição de Energia Elétrica no Brasil ...	44
2.2.4.As Perdas de Energia no Brasil	46
2.2.5.A Rede Inteligente de Energia – <i>Smart Grid</i> (SG)	49
2.2.6.Os Medidores Inteligentes (<i>Smart Meters</i> – <i>SM</i>).....	56
2.2.7.O <i>Feedback</i> de Energia	62
2.2.8.Medição Inteligente e o Panorama Mundial de Implantação.....	69
2.3.O USUÁRIO	98
2.3.1.O Consumidor de Energia	99
2.3.2.O Processo de Aceitação de Novas Tecnologias	103
2.3.3.As Teorias de Aceitação e Uso de Tecnologias	105
2.3.4.Estudos prévios sobre a aceitabilidade de <i>Smart Meters</i>.....	115
3.METODOLOGIA	125
3.1.O MÉTODO DE PESQUISA.....	125
3.2.O MODELO TEÓRICO E HIPÓTESE DE PESQUISA	125
3.3.CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	132
3.3.1.Quanto à abordagem da pesquisa (a) e (b)	132

3.3.2.Quanto a natureza da pesquisa (c)	132
3.3.3.Quanto aos objetivos de pesquisa (d) e (e)	133
3.3.4.Quanto ao procedimento de pesquisa (f)	134
3.3.5.População e Amostra de Pesquisa	134
3.3.6.Instrumento de Coleta de Dados	134
3.4.MÉTODO PARA VALIDAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS .	140
4.VALIDAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS	143
4.1.DESCRICÃO DA BASE DE DADOS	143
4.1.1.Análise de dados faltantes e outliers	143
4.1.2.Normalidade e Linearidade	144
4.2.ANÁLISE DESCRITIVA	145
4.3.MODELAGEM DE EQUAÇÕES ESTRUTURAIS	153
4.3.1.Modelo de Mensuração	154
4.3.2.Modelo Estrutural	157
4.3.3.Comparação quanto aos Indicadores	163
5.CONCLUSÕES	175
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	183
APENDICE	197
APENDICE A – INSTRUMENTO DE PESQUISA	198
APENDICE B – CARTA CONVITE	207

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, a habitação tem cumprido seu papel, de prover o homem de abrigo adequado para suas mais fundamentais manifestações sociais, culturais e tecnológicas. Ao longo das eras, sempre que as condições de vida mudaram, a habitação acompanhou estas mudanças, incorporando estes avanços e refletindo as revoluções que acompanharam a evolução humana.

Mais do que integrar alta tecnologia ao tradicionalmente inerte habitat, que passivamente tem acompanhado o desenvolvimento humano ao longo dos séculos, os últimos anos passaram a sinalizar um crescente consenso entre pesquisadores e indústria, de que a habitação do futuro, inteligente, passaria a adquirir um papel muito mais protagonista na vida das pessoas.

Ao que tudo indica, a mudança de uma sociedade industrial para uma sociedade digital, convergente e permanentemente conectada à informação, promete mais uma vez promover significativas alterações na relação do homem e seu habitat.

Dessa forma, assim como outras tecnologias modernas do século XX o fizeram, essas mudanças tecnológicas prometem constituir uma das principais fontes de impacto sobre o estilo de vida, as interações sociais, a comunicação e o uso dos ambientes nas habitações do futuro. Uma mudança que afetaria dramaticamente não só o design dos espaços, mas principalmente a dinâmica das relações do homem e seu habitat.

1.1. CONTEXTO

A Crise do Petróleo, ocorrida na década de 1970, alertou o mundo quanto ao uso indiscriminado de energia e seus decorrentes impactos econômicos e ambientais para o mundo. A partir de um novo contexto de eficiência energética, que passou a integrar a agenda mundial nos anos que seguiram, constatou-se que os mesmos serviços poderiam ser executados com menor consumo energético e, portanto, com menores impactos financeiros, ambientais, sociais e econômicos. Neste sentido, na medida em que equipamentos e hábitos passaram a ser analisados, surgiram uma série de regulamentos, normas e diretivas internacionais, cada vez mais rigorosas, que passaram a

fixar metas com o intuito de garantir um uso mais eficiente e consciente da energia.

Nos anos que seguiram, uma grande explosão tecnológica somada a uma crescente preocupação com a questão das mudanças climáticas, em grande parte atribuída à produção e ao consumo de energia, concorreram para a formação das bases de uma nova consciência coletiva de desenvolvimento sustentável.

A maioria dos autores, amparados por teorias como as do “Triple Bottom Line”¹ (ELKINGTON, 1999), passaram a debater em uníssono que as questões de sustentabilidade globais seriam um dos grandes desafios a serem enfrentados no século XXI.

Como resultado, conceitos como sustentabilidade, edifícios verdes e, mais ultimamente, edifícios inteligentes com energia zero – ZEIB (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2012), ganharam força e despontaram como respostas do setor da construção à crescente preocupação com a redução dos impactos ambientais que resultam no aquecimento global e nas consequentes mudanças climáticas mundiais.

Neste contexto, o ambiente construído passou a ser, reiteradamente, apontado pela Organização das Nações Unidas (ONU), como um dos grandes responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa em todo o mundo e conseqüentemente um dos maiores vilões do desenvolvimento sustentável do início deste século.

De acordo com inúmeras fontes, a demanda global por energia no ano de 2050 deverá dobrar seguindo inúmeras tendências: aproximadamente 0.8 bilhões de pessoas ainda hoje não possuem habitação adequada, 1,3 bilhões de pessoas não possuem acesso à eletricidade e aproximadamente 3 bilhões de pessoas no mundo ainda dependem de combustíveis sólidos para aquecimento e cocção (UN-HABITAT, 2010).

Neste sentido, o desenvolvimento de pesquisas acerca de tecnologias mais inteligentes e eficientes passaram a constituir um importante movimento das nações neste esforço pela promoção de cidades mais sustentáveis e inteligentes, trazendo consigo uma vasta gama de desafios investigativos e tecnológicos que passaram a afetar em muitos aspectos a vida das pessoas.

¹ *Triple Bottom Line*, ou tripé da sustentabilidade, é a teoria na qual a garantia da sustentabilidade envolve o equilíbrio entre os valores econômico, social e ambiental.

Em adição ao desenvolvimento e proliferação das chamadas energias renováveis, uma promissora solução tem sido mundialmente considerada a fim de melhor lidar com as questões energéticas mundiais: os chamados “Smart Grids” (SG) ou Redes Elétricas Inteligentes (REI), em muitos aspectos representam a evolução das redes elétricas atuais na medida em que otimizam a eficiência do sistema ao permitirem a troca de informações e a comunicação em tempo real entre diversas tecnologias conectadas. A expressão, utilizada pela primeira vez em 2005 em um artigo publicado na revista IEEE P&E Magazine por Massoud Amin e Bruce F. Wollenberg (AMIN; WOLLENBERG, 2005), representou uma quebra de paradigmas no mercado da energia ao estabelecer uma nova ótica sob as formas de geração e consumo tradicionais, na medida em que passou a objetivar não apenas suprir o usuário de eletricidade, mas também abordar, de forma integrada, diversas outras perspectivas, sociais, ambientais, políticas e econômicas no âmbito do consumo energético mundial.

Conceitualmente, a REI pode ser compreendida como “a rede elétrica que utiliza tecnologia digital avançada para monitorar e gerenciar o transporte de eletricidade em tempo real com fluxo de energia e de informações bidirecionais entre o sistema de fornecimento de energia e o cliente final. A implementação da REI possibilita uma gama de novos serviços, abrindo a possibilidade de novos mercados. Desta forma, a REI se apresenta como uma das fortes tendências de modernização do sistema elétrico em vários países.” (CGEE, 2012)

Uma das características mais emblemáticas das mudanças trazidas pelas REI é a massificação da geração distribuída, onde o setor passa de um modelo de mercado com um único fornecedor, para um mercado com múltiplas fontes de energia e clientes que podem atuar hora como consumidor, hora como fornecedor de energia (prosumidor). (PELEGRINI; VALE, 2014)

Notavelmente, um dos principais componentes das REI, o “Smart Meter” (SM) ou Medidor Inteligente, consiste de um medidor eletrônico de energia instalado na unidade consumidora, dotado de funcionalidades que vão muito além da tradicional medição do consumo de energia ou de outros recursos como água e gás.

De maneira geral, uma das mais representativas vantagens atribuídas aos medidores inteligentes, quando comparados com medidores tradicionais de energia elétrica, é a sua capacidade de

coletar, armazenar e exibir dados detalhados de consumo, em tempo real, através de uma grande variedade de dispositivos interconectados e à disposição dos seus usuários.

No que concerne o consumidor, inúmeras pesquisas têm sugerido que o feedback direto, possibilitado pelos medidores inteligentes, possa constituir um importante instrumento de incentivo à adoção de práticas mais sustentáveis e de consumo energético mais consciente. Amparados por teorias como a do “Déficit da Informação” (OWENS; DRIFILL, 2008), estes estudos têm buscado estimar os reais benefícios obtidos a partir da exibição de informações detalhadas de consumo através de dispositivos como os mostradores domésticos (in home displays – IHD). Nesta linha, estudos recentes têm concluído que o simples consumo energético inconsciente por parte de seus usuários, pode representar um acréscimo de até um terço ao consumo energético inicialmente previsto nos edifícios. (NGUYEN; AIELLO, 2013)

Para as concessionárias, os SM também prometem inúmeros benefícios: contribuem para a redução dos custos operacionais através de leituras e coletas de dados remotos; melhoram a confiabilidade da rede ao otimizarem a detecção de falhas; reduzem perdas oriundas do furto de energia e; promovem maior eficiência energética global através da redução das demandas de pico. (TELEFONICA DIGITAL, 2014)

Mundialmente, a crescente utilização de equipamentos de medição inteligente está gradualmente mudando a forma como os serviços básicos de infraestrutura são geridos. Estima-se que entre 90 e 130 milhões de medidores inteligentes serão instalados anualmente em todo o mundo, até 2022 (NAVIGANT CONSULTING, 2013). Neste contexto, muitos países já passaram a considerar a temática das REI estratégica para a política nacional e, dessa forma, os governos nacionais vêm atuando de forma a dirimirem os obstáculos para sua completa implantação. (LEITE, 2013)

Muito embora a implantação dos medidores inteligentes siga em ascensão em todo o mundo, os agentes motivadores e as próprias características do sistema diferem sensivelmente em cada mercado mundial. Enquanto em algumas regiões, especialmente na Europa, os projetos de implantação das REI têm sido impulsionados por motivações essencialmente ambientais com notável enfoque em energias renováveis, geração distribuída

(GD) e armazenamento distribuído, em outros países como os Estados Unidos a prioridade tem sido o atendimento a demandas por maior segurança e estabilidade da rede elétrica com um claro objetivo na direção das funcionalidades de auto cura do sistema (self-healing). Em outros países, os motivos para implantação das REI são semelhantes ao caso americano e europeu com algumas pequenas diferenças, como é o caso da Austrália, China, Índia e Coreia do Sul (URIBE-PEREZ et al., 2016). No Brasil, o combate às perdas não técnicas, como o furto de energia constitui um dos maiores fatores influenciadores para os primeiros projetos implantados em território nacional. (VENÍCIO, 2011)

Chancelados por órgãos do governo federal, os principais mecanismos de financiamento dos projetos das redes inteligentes no Brasil vem sendo o Programa de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e o plano de ação Inova Energia, através de um esforço conjunto da ANEEL, do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) e da FINEP (Financiadora Brasileiro de Estudos e Projetos), que juntos contribuíram para a realização de mais de 200 projetos, envolvendo cerca de 450 instituições com investimentos que já ultrapassam a casa do 1,5 bilhões de reais. (COELHO, 2014).

Neste contexto, inúmeros estudos e diagnósticos têm sido realizados com o intuito de serem identificadas as atuais barreiras para a difusão das REI e dos medidores inteligentes no Brasil. No entanto, a maioria destas pesquisas tem focado em contextos de ordem essencialmente regulatórias, econômicas, tecnológicas e industriais, estabelecendo pouca ou nenhuma consideração com os aspectos sociais que envolvem a adesão, aceitação e engajamento destas tecnologias sob a ótica do usuário, cujo envolvimento tem sido mundialmente reconhecido como um fator chave para o sucesso das redes inteligentes (Figura 1),

Figura 1 - Fundamentos de uma Rede Elétrica Inteligente.



Fonte: Adaptado de RAHMAN (2015).

Assim enquadra-se o presente trabalho, como um esforço de contribuição acerca dos potenciais critérios e barreiras que podem impactar a aceitabilidade e o engajamento social das novas tecnologias de medição inteligente, sob a ótica de seus potenciais usuários, no âmbito das redes elétricas inteligentes atualmente em implantação no Brasil.

Ainda, embora os princípios que regem os medidores inteligentes também os permitam ser aplicados a outros serviços, como água e gás, o presente trabalho pretende limitar-se ao panorama elétrico do sistema energético nacional.

1.2. JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA

Com o consumo de energia crescendo a uma média aproximada de 4% a.a. no Brasil e 2% a.a. no mundo, segundo dados do Ministério de Minas e Energia (CGEE, 2012), é perceptível que os governos mundiais passem a buscar alternativas para atender a esta demanda com segurança e sustentabilidade. Sobremaneira, tornar o sistema elétrico mais acessível, moderno e confiável tornou-se fundamental para a sociedade e para a economia mundial.

Em termos mundiais, a implantação das REI tem sido frequentemente apontada como um dos principais esforços rumo à modernização do setor de energia elétrica no século XXI. Neste sentido, entidades governamentais de vários países têm buscado realizar estudos e levantamentos acerca dos múltiplos aspectos que envolvem o processo de implantação das redes inteligentes

com o intuito de definirem as principais diretrizes e barreiras para a sua implantação.

No Brasil, impulsionados pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica e apoiados por programas governamentais, atualmente seguem em curso a implantação de onze projetos pilotos² (REDES INTELIGENTES BRASIL, 2018) que pretendem explorar as potenciais barreiras técnicas, econômicas e sociais acerca da implantação das REI em território nacional.

Não obstante, o arcabouço regulatório vem sendo preparado para receber as novas tecnologias no sistema elétrico. Enquanto na esfera política, tramitam junto ao Congresso e ao Senado Federal uma série de projetos de lei que tratam de políticas públicas que potencialmente podem alavancar a implantação das redes elétricas inteligentes no Brasil, na esfera regulatória, a ANEEL, uma das maiores incentivadoras brasileiras das REI, tem reiteradamente publicado uma série de estudos e normativas objetivando a efetiva regulamentação da medição inteligente no Brasil.

Uma das mais significativas alterações regulatórias recentes trata da possibilidade de os consumidores em baixa tensão poderem optar pela chamada tarifa branca. A partir da publicação da resolução 502/2012, a ANEEL não apenas regulamentou a utilização dos medidores inteligentes residenciais no Brasil, mas possibilitou a implementação da tarifação horo-sazonal, ou “tarifa branca” que, ao vigorar a partir de janeiro de 2018 (ANEEL, 2016), passou a despontar como uma nova alternativa para que os consumidores optantes, e capazes de gerenciar o próprio consumo energético, possam reagir ativamente (Demand Reponse - DR) a diferentes preços de energia conforme o dia e o horário do consumo, permitindo-os adaptar seus padrões de

² Os projetos piloto em andamento no Brasil são Cidades do Futuro (Cemig - MG), Cidade Inteligente Búzios (Ampla - RJ), Projeto Smart Grid (Light - RJ), Projeto Parintins (Eletrobrás Amazonas Energia - AM), Cidade Inteligente Aquiraz (Coelce - CE), Caso Ilha de Fernando de Noronha (Celpe - PE), InovCity (EDP Bandeirante - SP), Eletropaulo Digital (AES Eletropaulo - SP), Paraná Smart Grid (Copel - PR), Smart Grid CPFL (CPFL Energia - SP) e Projeto Cidade Inteligente (Elektro - SP).

utilização aos períodos de menor custo energético – ou fora do pico.

De acordo com o disposto na RN 502/2012 (ANEEL, 2012a), os optantes deverão ter à disposição dois tipos de medidores com diferentes funcionalidades. Um modelo mais simples e que será fornecido gratuitamente pelas concessionárias e um segundo modelo, dotado de mais funcionalidades, que deverá ser disponibilizado aos optantes mediante pagamento da diferença de valor em relação ao modelo mais simples. Em quaisquer dos casos caberá ao usuário a decisão final quanto à adesão, ou não, às novas tecnologias. Como resultado, ao que tudo indica, no caso brasileiro, serão os consumidores os responsáveis por ditar o ritmo em que a medição inteligente será implementada no país.

A mudança tem sido compreendida como uma das primeiras medidas efetivas para a disseminação das redes inteligentes fora dos ambientes experimentais dos projetos pilotos brasileiros, especialmente por implicarem na modernização dos sistemas de medição e, principalmente, por passarem a estimular as reflexões acerca das significativas mudanças comportamentais esperadas, tanto por parte das concessionárias no tratamento do fluxo de informações provenientes das unidades consumidoras, como dos consumidores na eficiente gestão da nova informação energética disponível.

O que se percebe é que, embora possamos fazer suposições sobre como os consumidores poderiam ou deveriam se comportar diante de tão significativas mudanças no gerenciamento energético das edificações, o fato é que é difícil, tanto compreender os valores que influenciam as decisões de consumo, quanto prever o grau em que os usuários são favoráveis a aceitar e incorporar essas mudanças na dinâmica de seus lares (VERBONG; BEEMSTERBOER; SENGERS, 2013).

Seguindo o entendimento inicialmente proposto por So et al. (1999), de que os edifícios inteligentes não o seriam por si próprios, mas que apenas estariam aptos a dotar seus usuários de mais inteligência e eficiência, ou de Janda (2011), de que não seriam os edifícios consumidores de energia, mas sim seus usuários, Honebein et al. (2011), mais tarde, na mesma linha, assinalou que seriam os usuários os únicos aspectos verdadeiramente inteligentes de uma REI.

Justamente porque os medidores inteligentes seguem hoje sendo implementados em todo o mundo e que a maioria dos

estudos sobre o tema tem focado em suas dimensões técnicas e econômicas, embora já se saiba que a aceitabilidade e engajamento social sejam fatores determinantes para o sucesso das REI (REF), destaca-se a importância de serem investigadas as eventuais expectativas, percepções e preocupações sociais acerca destas novas tecnologias.

Nesta fase inicial de implantação, é importante que sejam identificados, não apenas o papel a ser desempenhado pelos consumidores, mas também suas motivações, opiniões, atitudes e barreiras a fim de potencializarmos um real cenário de eficiência acerca do desenvolvimento tecnológico das REI no Brasil. De acordo com Gangale et al. (2013), a pesquisa investigativa, nestes termos, poderá auxiliar a direcionar os esforços de sensibilização social para uma participação ativa no sistema elétrico, enquanto estimulará o envolvimento de potenciais consumidores em favor do bom desempenho destas novas tecnologias.

Ainda, embora não restem dúvidas de que o mecanismo da informação possa aumentar em algum nível a percepção dos consumidores e torná-los mais conscientes acerca do seu consumo energético, alguns pesquisadores afirmam que existem outros fatores ou "lacunas" a serem preenchidos que influenciam o uso de energia e podem não ser afetados por esse mecanismo da informação (JANDA, 2011). De fato, conforme relacionado por Hargreaves et al. (2013), a complexidade do comportamento do consumidor sugere que o consumo de energia doméstico é idiossincrático e influenciado de formas complexas e por múltiplos aspectos, racionalidades e lógicas, conduzidos por múltiplos indivíduos, muitas vezes envolvidos em negociações complexas e dinâmicas, e de formas que mudam ao longo do tempo em resposta a diferentes forças contextuais (HARGREAVES et al., 2013). Dessa forma, aspectos subjetivos, como aqueles relacionados à cultura e à experiência humana, também devem ser considerados. Por conseguinte, é fundamental também incluir no debate acerca do consumo energético residencial, áreas de investigação não diretamente relacionadas com o terreno tecnológico. Neste contexto, a arquitetura é conhecida como uma disciplina que integra essas diferentes áreas. No entanto, mesmo pesquisas desenvolvidas dentro das escolas de arquitetura raramente conectam essas áreas quando o assunto é a eficiência energética.

O presente estudo pretende, portanto, ampliar a compreensão dos fatores que afetam a intenção dos consumidores de energia em adotar e utilizar tecnologias domésticas sustentáveis de gerenciamento energético, especificamente os medidores inteligentes, que a partir de 2018 deverão ser oferecidos aos consumidores pelas concessionárias de energia elétrica do país (ANEEL, 2016).

Como conclusões, a partir do presente estudo espera-se poder contribuir para uma melhor compreensão do comportamento, atitudes e percepções dos consumidores de energia diante da implementação de novas tecnologias residenciais sustentáveis, como os novos medidores inteligentes. Espera-se ainda que os resultados oportunizados pela presente pesquisa possam contribuir para a tomada de decisões por parte dos atores responsáveis pela difusão das tecnologias de REI, bem como o desenvolvimento das políticas e estratégias relacionadas à inserção dos medidores inteligentes nos edifícios residenciais do futuro.

1.3. ABORDAGEM DA PESQUISA

Em se tratando de uma pesquisa aplicada, exploratória e de abordagem eminentemente quantitativa, a presente pesquisa destina-se a investigar critérios específicos de aceitabilidade e engajamento social e que podem contribuir para os processos de difusão e aceitação dos sistemas de medidores inteligentes residenciais em implantação no Brasil.

Para que os objetivos deste trabalho possam ser alcançados, a presente pesquisa será estruturada em cinco etapas, conforme descritas a seguir:

- I. **Fundamentação Teórica** percorrendo os eixos, energia, tecnologia e usuário objetivando a identificação de uma lista de valores que supostamente interferem nos processos de aceitação social das tecnologias de medidores inteligentes;
- II. **Revisão da Literatura** a partir da revisão de casos reais de implementação em pesquisas de aceitabilidade desenvolvidas acerca do tema central desta pesquisa

III. Construção das Hipóteses de pesquisa a partir da revisão da literatura, seleção e posterior aplicação de modelo com reconhecido potencial preditivo para aceitabilidade social de tecnologias de informação e comunicação (TIC), nominalmente o modelo estendido da Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT2) de Venkatesh et al. (2012);

IV. Coleta de Dados, a ser realizada exclusivamente via e-mail, a partir de questionários elaborados via Google Forms e estruturados de acordo com critérios obtidos na revisão da literatura e a partir da Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT2) de Venkatesh et al. (2012);

V. Validação e Análise do modelo de pesquisa, via modelagem de equações estruturais e Análise dos Dados coletados a fim de serem identificados os potenciais valores que influenciam à adoção das tecnologias de medição inteligente no contexto desta pesquisa e que eventualmente possam auxiliar na formulação das estratégias de implementação dos SM no mercado nacional em um futuro próximo.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivos Gerais

I. Identificar os fatores críticos, positivos e negativos que, sob a ótica dos consumidores residenciais de energia, podem contribuir para o sucesso dos processos de difusão das tecnologias de medição e gerenciamento inteligente de energia disponibilizados no âmbito dos projetos de REI em implantação no Brasil.

1.4.2. Objetivos Específicos

I. Mapear e explorar a resposta dos consumidores residenciais de energia no que tange suas expectativas, percepções e preocupações acerca da implantação e utilização das tecnologias de medição e gerenciamento inteligente de

energia, tendo em vista o iminente cenário de expansão dos projetos de REI no Brasil.

II. Identificar o nível de informação, percepção e esclarecimento do usuário brasileiro acerca das vantagens e desvantagens oferecidas pelos sistemas de medição inteligente de modo a evidenciar as potenciais lacunas de conhecimento que podem influenciar a adesão e efetiva utilização dos sistemas, por parte dos consumidores.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

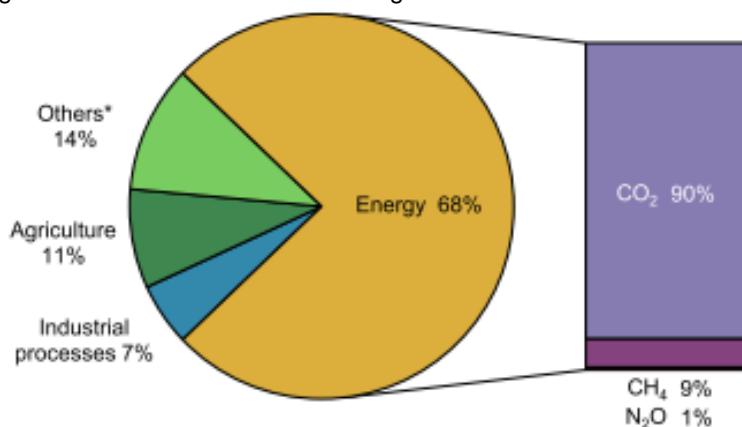
2.1. A ENERGIA

Fatores como o crescimento populacional e crescente conscientização acerca das questões ambientais e tecnológicas relacionadas ao uso dos recursos naturais, como energia e aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), têm levantado muitas preocupações em nível mundial acerca das tendências atuais no consumo de energia (BERARDI, 2016).

Neste contexto, algumas das mais relevantes agências do cenário energético mundial, tem reiteradamente reportado previsões mundialmente alarmantes acerca das questões relativas à energia e sustentabilidade ambiental.

O Comitê Europeu de Energia, por exemplo, prevê que caso mudanças radicais não ocorram, as emissões de GEE relacionadas a energia, poderão dobrar até 2050 (EC, 2013). Paralelamente, a Agência Internacional de Energia indica que, dentre as inúmeras atividades humanas geradoras de GEE, o uso de energia representa, de longe, a maior fonte de emissões, totalizando cerca de 68% do total das emissões mundiais (IEA, 2015), conforme Figura 2.

Figura 2 - Consumo mundial de energia - CO₂ Shares.



Fonte: IES (2015).

Decorre dos estudos que, se por um lado a energia desponta como um dos temas mais relevantes para serem

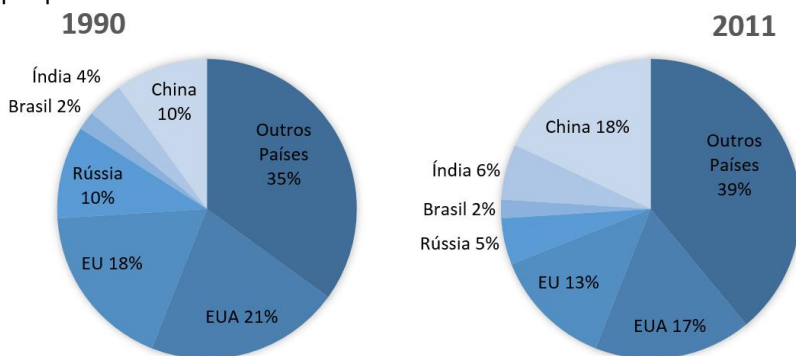
considerados ante quaisquer esforços destinados à promoção de cidades mais inteligentes, eficientes e sustentáveis, por outro, o setor das edificações se destaca como o segmento de maior consumo energético mundial, representando cerca de um terço do consumo total da energia mundialmente consumida. (IEA, 2013)

Com um aumento populacional mundial previsto para o ano de 2050 na casa de 2,5 bilhões de pessoas (IEA, 2013), muito embora as nações desenvolvidas ainda hoje representem grande parte do consumo energético mundial, o maior aumento aguardado para a demanda mundial de energia tem sido atribuído às nações em desenvolvimento para as quais questões como o crescimento populacional, taxas de urbanização crescente e incremento das expectativas de conforto são esperadas. (EIA, 2016).

Neste âmbito, o setor das edificações tem atraído cada vez mais a atenção do mundo e já é considerado um dos maiores vilões do desenvolvimento sustentável neste início de século.

Visando uma melhor compreensão quanto às tendências internacionais de consumo energético, a Figura 3 ilustra dados referentes ao consumo energético em mercados desenvolvidos como Estados Unidos da América (EUA) e União Europeia (UE) além dos emergentes integrantes dos BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China) que juntos representam mais de 60% do consumo global de energia.

Figura 3 - Percentual do consumo mundial de energia em 1990 e 2011 por países.



Fonte: EIA (2016)

Note-se que, conforme relatado pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2013) as tendências energéticas no setor da

construção tendem a variar, de país para país, dependendo, portanto, de uma série de fatores que variam desde características culturais, climáticas, renda, estágio de desenvolvimento econômico e até o tamanho das habitações.

Tendo em vista as possibilidades para eficiência energética no âmbito das edificações, as iniciativas têm sido frequentemente divididas tanto em aspectos referentes a eficiência de equipamentos e sistemas quanto em estímulos à mudanças comportamentais dos usuários (IEA, 2013).

Neste sentido, argumenta-se que a definição das prioridades imediatas e futuras, no âmbito das ações de eficiência energética nos edifícios, deverão refletir, não apenas acerca de questões relacionadas às suas características estruturais, tecnológicas e econômicas, mas principalmente equacionarem as complexidades associadas ao envolvimento e engajamento social de seus usuários.

2.1.1. O Cenário Energético Brasileiro

No que concerne o setor elétrico nacional, o Brasil dispõe de uma matriz de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que responde por 64,0% da oferta interna (). As fontes renováveis representam 75,5% da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável. (EPE, 2016a)

Em 2015, a participação de renováveis na Matriz Energética Brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo, com pequeno crescimento devido, particularmente, à queda da oferta interna do petróleo e seus derivados (7,2%). (EPE, 2015)

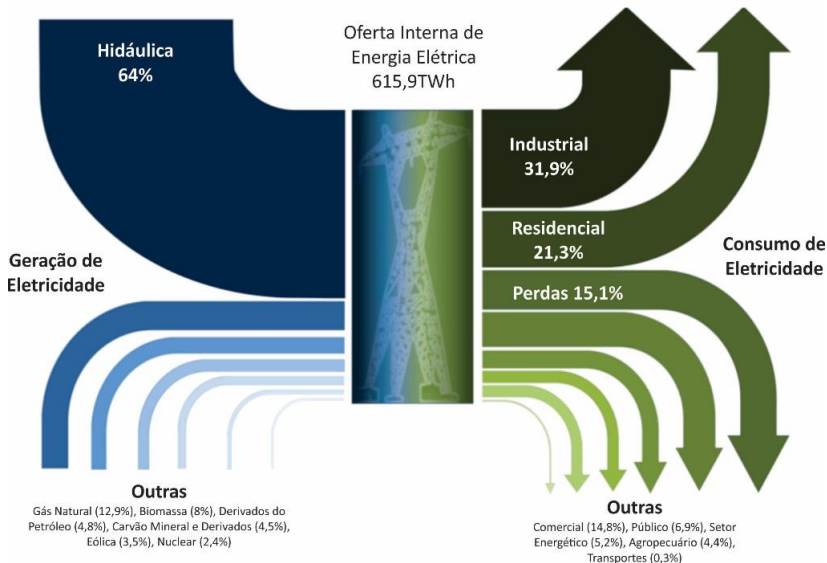
2.1.1.1. O Setor Residencial no Brasil

No que concerne o setor residencial brasileiro, as fontes energéticas mais representativas, são a eletricidade, o gás liquefeito de petróleo (GLP) e a lenha. (EPE, 2016b)

Nesse setor, variáveis como o número de domicílios e o perfil de posse de equipamentos têm importante impacto na determinação do consumo de energia. Enquanto o consumo de eletricidade é significativo para o uso de eletrodomésticos e outros

equipamentos de uso em residências, como chuveiros e lâmpadas, o consumo da lenha, do gás natural e do GLP tem uma aplicação importante no atendimento da demanda por cocção e aquecimento de água. (EPE, 2016b)

Figura 4 - Fluxo de Energia Elétrica no Brasil.



Fonte: Adaptado de EPE (2016a)

Sendo assim, a evolução desse consumo dependerá da combinação de efeitos tais como o crescimento do número de domicílios, a evolução da posse e uso dos equipamentos eletrodomésticos e térmicos, a potência de consumo de cada equipamento e a evolução dos índices de eficiência energética destes aparelhos. (EPE, 2016b)

Neste sentido, no horizonte do Plano Nacional de Energia 2050 (EPE, 2016b), conforme relatórios preliminares, estima-se que sejam acrescidos cerca de 35 milhões de novos domicílios no país, 100% atendidos pelos serviços de fornecimento de energia elétrica e suficientes para atender tanto o déficit habitacional existente, quanto para comportar o crescimento populacional esperado para o período. Adicionalmente, espera-se que a redução da desigualdade social, cujo movimento intensificou-se após o ano de 2001, de forma conjunta ao aumento gradual da renda per capita, impulsionarão a inclusão de um número

expressivo de consumidores que demandarão cada vez mais bens de consumo, serviços e energia, com impactos positivos sobre diversos setores da economia. (EPE, 2016b)

Paralelamente, é notável que essa tendência de ascensão social de uma grande parcela da população, por outro lado, promova também significativos impactos sobre os padrões de consumo energético no país. Mais do que atender a uma demanda atualmente reprimida, observa-se que este novo quadro tende a ensejar uma ampliação das expectativas e demandas por novos equipamentos que respondam aos novos anseios sociais e tecnológicos, promovendo, conseqüentemente, um aumento no consumo de energia destes lares.

Ainda, no cenário evolutivo de longo prazo do setor residencial, também existe a premissa de aumento da intensidade de uso dos equipamentos, tanto pelo aumento da disponibilidade de renda já mencionado, quanto pelo aumento do uso de tecnologias para entretenimento, para a interconectividade de pessoas e equipamentos, bem como devido ao desenvolvimento de novos hábitos que se expandirão no horizonte, como o tele trabalho que, naturalmente, tende a promover significativas alterações na relação de utilização dos lares pelos seus usuários.

No horizonte do estudo é esperada, ainda, a introdução e expansão das tecnologias de “smart grid” junto ao setor elétrico, possibilitando o uso de equipamentos e eletrodomésticos inteligentes, como os veículos elétricos e dispositivos domésticos inteligentes, que poderão ser configurados para operarem fora dos horários de pico, podendo ser pré-programados ou acionados remotamente para funcionarem em horários alternativos em busca de tarifas elétricas mais reduzidas.

Como resultado deste novo cenário de consumo, estima-se que no ano de 2050, o consumo energético do setor residencial brasileiro atinja um acréscimo de 270% em relação aos índices obtidos em 2013. (EPE, 2016b)

2.1.1.2. Iniciativas de Eficiência Energética

As ações de eficiência energética têm se destacado cada vez mais no cenário mundial por contribuírem com a redução da demanda futura de energia e, conseqüentemente, promoverem a redução dos impactos ambientais e sociais advindos da

necessidade da expansão de grandes projetos de geração de energia.

O crescente aumento do consumo de energia no Brasil, característica típica de países em desenvolvimento, está diretamente relacionado ao aumento do Produto Interno Bruto (PIB) desses países e, por conseguinte, as iniciativas de eficiência energética tem ganhado cada vez mais importância.

Acerca dos mecanismos de eficiência energética no Brasil, diversas iniciativas têm sido empreendidas ao longo dos últimos 20 anos, algumas voluntárias e outras obrigatórias. Destacam-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), o Programa de apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO), coordenado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado pela Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRAS), e o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), sob responsabilidade da Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras). O PBE é vinculado ao ministério do Desenvolvimento, da Indústria e do Comércio Exterior (MDIC). O PROCEL e o CONPET são vinculados o Ministério de Minas e Energia (MME). (EPE, 2013)

Além destas, em nível federal, outras ações com impacto direto sobre a eficiência energética podem ser elencadas, como a Lei nº 10.295/2001 que tratou de fixar “níveis máximos de consumo para máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados e comercializados no país” e a Portaria Interministerial nº 1.007/2010 que estruturou a bases da política de gradativo banimento das lâmpadas incandescentes por faixa de potência no Brasil até o ano de 2017. (EPE, 2013)

Cabe destacar que, sob uma perspectiva de um horizonte de longo prazo, a eficiência energética tem adquirido papel cada vez mais fundamental para o atendimento da demanda futura de energia pela sociedade brasileira. O Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2007), por exemplo, considerado um marco na história do setor energético brasileiro, além de explicitar o papel da eficiência energética no planejamento energético nacional apresentou, pela primeira vez, em nível governamental e de forma integrada, a indicação de metas de eficiência energética no longo prazo para o país.

De fato, a estratégia de atendimento à demanda futura de energia deve considerar ações sob o ponto de vista tanto da expansão da oferta quanto da redução da demanda de energia para a realização de serviços energéticos, necessários para a produção de bens e serviços, para obtenção de produtos finais ou para proporcionar mobilidade e/ou conforto aos consumidores finais. (EPE, 2016b)

Nesse contexto, o gerenciamento energético pelo lado da demanda, sob notável e inédita responsabilidade delegada aos próprios consumidores de energia, passará a desempenhar um papel essencial na efetivação das ações de eficiência energética, não apenas por promoverem um almejado cenário de inteligência na gestão dos recursos energéticos, mas também por possibilitarem a redução de grandes investimentos necessários para a expansão da geração centralizada frente à crescente demanda energética mundial.

2.2. A TECNOLOGIA

As relações homem-máquina, principalmente a partir da explosão informacional do século XX, têm sido objeto de profundas reflexões e estudos, principalmente no que se refere as chamadas tecnologias de informação e comunicação (TIC) que, ao permitirem um estreitamento das relações entre os usuários e os computadores, passaram a contribuir para uma melhor organização, classificação e difusão dos procedimentos organizacionais, do conhecimento e da informação mundialmente disponíveis.

Neste sentido, os conceitos de Redes Inteligentes de Energia (REI) e Medidores Inteligentes de Energia despontam como algumas das principais alternativas do setor elétrico, não apenas por apresentarem uma resposta aos anseios ambientais pelo desenvolvimento de tecnologias que permitam uma vida mais sustentável, mas também por atenderem a crescente demanda informacional, cada vez mais essencial para a gestão eficiente dos complexos sistemas necessários para o suporte da vida moderna.

2.2.1. Medidores de Energia Elétrica: Um Breve Histórico

A energia elétrica é um produto consumido por todos os segmentos da sociedade e seu fornecimento deve ser garantido

de forma direta e contínua aos seus consumidores, o que, naturalmente, requer uma complexa infraestrutura e logística de rede desde à geração até os polos de consumo. Para a medição do total de energia consumida, as concessionárias fazem uso de medidores da energia que, geralmente instalados junto aos ramais de entrada das unidades consumidoras, permitem aos técnicos leituristas, a verificação do consumo mensal.

Até o ano de 1870, a utilização da energia elétrica era essencialmente restrita ao uso dos telefones e telégrafos. Apenas em 1872, nos Estados Unidos, Samuel Gardiner trouxe a público a primeira patente de medidor de energia, que consistia em algumas lâmpadas ligadas em série e acopladas a um contador de corrente contínua (DC), de tal forma que se possibilitava aferir o tempo que as lâmpadas ficavam acesas. Dessa forma, o nome dado a esta primeira unidade de medição ficou conhecido como lâmpada-hora.

Em 1878, J. B. Fuller patenteou um novo tipo de medidor, igualmente referenciado à unidade de medida lâmpada-hora, porém operando em corrente alternada (AC). O protótipo consistia de um par de bobinas que vibravam de acordo com a frequência de alimentação de um relógio, possibilitando assim a medição do consumo.

Todavia, quaisquer dos sistemas de medição em lâmpada-hora, embora pioneiros, mostravam-se eficientes apenas para cargas conhecidas e, por conseguinte, mostravam-se inadequados para cargas com variação de potência durante o período de medição.

Foi em 1879, com a invenção da lâmpada incandescente, por Thomas Edison, e a decorrente subdivisão dos circuitos de iluminação para o controle das luzes que a medição em lâmpada-hora passou a ser cada vez mais inviável, sendo descontinuada após 1890.

Em 1882, descontente com o método tradicional de medição de energia em lâmpada-hora, Thomas Edison desenvolveu um novo medidor baseado em um contador químico de amperes-hora. O medidor consistia de duas chapas de zinco mergulhadas em uma solução condutora e conectadas em série com o circuito elétrico. Mensalmente, as placas dos consumidores eram pesadas e as medidas do consumo baseavam-se na diferença de peso de um mês para outro. Este método, porém, era ineficiente e acarretava muitos erros.

Foi somente em 1888 que Oliver B. Shalleberger, a partir de experimentos inovadores realizados à época, durante a construção de uma lâmpada em AC, desenvolveu o primeiro medidor de ampere-hora para corrente alternada, que passou a ser adotado como padrão nas indústrias da época.

Quase que simultaneamente, em 1889, Thomson apresentou o primeiro medidor em watt-hora que rapidamente difundiu-se como um novo padrão para diversas atividades. Seu Wattímetro Gravador, embora concebido para a medição em corrente alternada, logo provou-se também perfeitamente adequado para medições em corrente contínua.

Entretanto, embora rapidamente aceitos, tanto o medidor ampere-hora de Shalleberger como o Wattímetro Gravador de Thomson, logo demonstraram-se incapazes de realizar medições devido às variações de tensão e ao baixo fator de potência dos circuitos de corrente alternada à época. A partir desse fato, Shallenberger desenvolveu um novo e funcional medidor, que embora inovador ainda se mostrava muito caro, grande e pesado.

Em 1892, uma dura disputa de patentes entre algumas empresas pioneiras do setor elétrico mundial, Edison General Electric Company e a Thomson-Houston Company, resultou na fusão que originou a General Electric (GE).

Assim, em 1903, por intermédio da General Electric (GE), foram apresentados os primeiros medidores em watt-hora para corrente alternada que seriam produzidos em larga escala. Este modelo, amplamente utilizado até 1960, foi considerado o precursor dos medidores modernos.

Até meados de 1980, seguindo os avanços da eletroeletrônica moderna, os fabricantes começaram a introduzir no mercado novos modelos de registradores híbridos e novos dispositivos automáticos de leitura. No setor elétrico brasileiro, entretanto, medidores completamente eletrônicos, em substituição aos antigos eletromecânicos, considerados menos eficazes, passaram a surgir apenas na virada da década de 1980 para 1990.

2.2.2. Tipos de Medidores

Tradicionalmente, no Brasil, existem três tipos de medidores de energia instalados em clientes residenciais: Ponteiro, ciclométrico e eletrônico, sendo os dois primeiros

eletromecânicos, porém dotados de tecnologias diferentes no sistema do registrador.

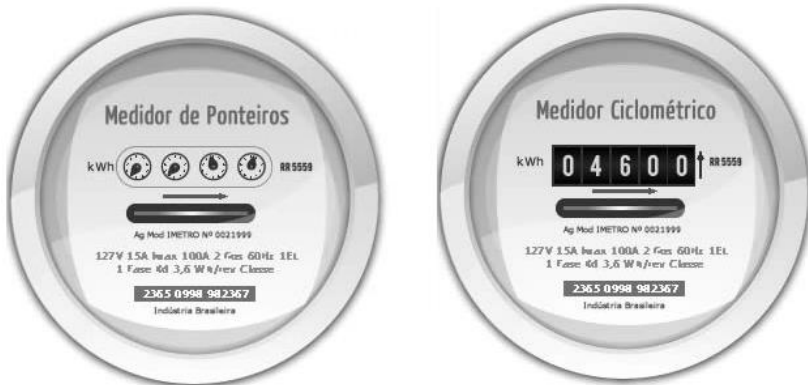
2.2.2.1. Medidores Eletromecânicos

Devido ao baixo custo e à ampla disponibilidade no mercado, o tradicional medidor de energia eletromecânico (Figura 5) ainda hoje representa a tecnologia de medição predominante no setor elétrico brasileiro.

O princípio de funcionamento destes tipos de medidores é baseado na Lei de Lenz, e a medição, feita em kWh, se dá a partir da quantidade de rotações feitas por um rotor, que representa, proporcionalmente, a quantidade de energia consumida no período.

A indicação do consumo, no caso do modelo à ponteiro, é feita por meio de engrenagens semelhantes às de um relógio, o que conferiu ao aparelho a denominação popular de “relógio de luz”.

Figura 5 - Medidores eletromecânicos - Ponteiro e Ciclométrico.



Fonte: CELPE (2017)

Geralmente utilizados em residências e pequenos consumidores comerciais, os medidores eletromecânicos constituem uma tecnologia bastante consolidada no cenário nacional, cuja credibilidade foi conquistada ao longo de muitos anos de utilização. Esses medidores possuem como característica a capacidade de manutenção dos dados medidos, mesmo no caso de interrupções no fornecimento de energia, sem que haja,

portanto, a necessidade de baterias adicionais, constituindo uma das maiores vantagens atualmente ainda reconhecidas quando comparados aos mais modernos medidores eletrônicos.

Em contrapartida, os aparelhos mecânicos apresentam erros de medição da ordem de $\pm 2\%$ (NICOLAU, 2013), que frequentemente culminam em prejuízos financeiros tanto para as concessionárias quanto para os consumidores.

Conforme relatado por Vaz (2012), além das questões referentes a baixa confiabilidade e grande suscetibilidade a fraudes, os medidores eletromecânicos possuem outras desvantagens, que têm motivado o setor elétrico à adoção dos sistemas eletrônicos, mais modernos e eficientes:

- Ausência de mecanismos que permitam a leitura automatizada e o combate às fraudes, uma vez que nem sempre os lacres que inibem o acesso às engrenagens e mecanismos de funcionamento dos medidores conseguem evitar adulterações e violações desses medidores;
- Dificuldades próprias referentes à leitura desses medidores, especialmente no que tange à dificuldade de acesso ao medidor e os erros de leitura;
- A necessidade de leituras periódicas para emissão de faturas referentes ao consumo de energia elétrica.

Com o intuito de minimizar irregularidades que contribuem com o incremento das perdas de energia no Brasil, as distribuidoras do setor elétrico brasileiro têm gradualmente buscado a integração de novas tecnologias que operem, cada vez mais, de acordo com os novos princípios de eficiência energética. Neste sentido, ao longo dos últimos anos, têm buscado promover, em áreas predeterminadas de suas regiões de concessão, a gradual substituição dos medidores eletromecânicos pelos modelos eletrônicos.

2.2.2.2. Medidores Eletrônicos

Ainda durante a década de 1970, a partir dos avanços na eletrônica, os fabricantes iniciaram o desenvolvimento dos primeiros medidores eletrônicos e dispositivos automáticos de leitura. Enquanto na década seguinte surgiam os primeiros medidores dotados de registradores eletrônicos, foi apenas no

início da década de 1990 que os fabricantes começaram a introduzir os primeiros medidores totalmente eletrônicos que mais tarde viriam a se tornar os principais dispositivos de medição convencional do mercado mundial de energia.

Diferentemente dos medidores eletromecânicos, estes novos dispositivos eletrônicos descartaram as engrenagens mecânicas que caracterizavam os tradicionais medidores eletromecânicos e rapidamente mostraram-se muito mais precisos ao longo do tempo, requerendo menos ajustes e manutenções, constituindo, inicialmente, uma das principais razões que motivaram a expansão destes aparelhos nos anos que se seguiram.

Fato é que estes medidores eletrônicos, desde sua criação na década de 80, passaram a incorporar uma série de novas tecnologias, desde o advento da medição remota unidirecional oportunizada pela tecnologia de primeira geração, conhecida como AMR (*Automated Meter Reading*), até a implantação dos sistemas de comunicação bidirecional, AMM (*Automated Meter Management*), que rapidamente passou a constituir as bases para a implementação da chamada medição inteligente (*smart metering*) e das Redes Inteligentes de Energia (*smart grids*) no Brasil e no mundo.

As seções a seguir aprofundarão os conceitos e características destes novos sistemas de medição eletrônica, popularmente conhecidos como Medidores inteligentes.

2.2.3. O Sistema de Medição de Energia Elétrica no Brasil

O Brasil é um país de dimensões continentais com uma geração de eletricidade predominantemente renovável, centralizada e um sistema de transmissão interligado. O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é responsável pela coordenação e controle da operação de geração e transmissão do Sistema Nacional Interligado (SIN). A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é responsável pela regulamentação e supervisão da produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. Além disso, a fim de serem garantidos os critérios técnicos de operação e funcionamento dos equipamentos de medição, estes precisam ser certificados pelo órgão máximo de metrologia no Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

O conceito de medição de consumo é definido na Resolução Normativa 414, de 9 de setembro de 2010, da ANEEL, item XLVI:

“Processo realizado por equipamento que possibilite a quantificação e o registro de grandezas elétricas associadas à geração ou consumo de energia elétrica, assim como à potência ativa ou reativa, quando cabível...”.

Desde o início do século XIX, o medidor eletromecânico tem sido o instrumento de medição predominante empregado pelas distribuidoras brasileiras. Conforme estatísticas da ANEEL, até o ano de 2009, o parque de medição nacional era constituído predominantemente por medidores eletromecânicos.

Entretanto, mais recentemente, e em decorrência do desenvolvimento das novas tecnologias de informação e comunicação, os novos sistemas de medição eletrônica passaram a ser instalados a fim de oportunizar toda uma nova gama de vantagens advindas das novas tecnologias.

Neste contexto, principalmente motivadas pela redução das perdas não-técnicas possibilitada por estes novos aparelhos, muitas concessionárias brasileiras têm buscado a gradual substituição do seu parque de medidores eletromecânicos pelos modelos eletrônicos, mais eficientes, precisos e resistentes a adulterações. Ocorre que, até o ano de 2012, com a publicação da Resolução Normativa Nº 502 pela ANEEL, que regulamentou os novos sistemas de medição de energia elétrica de unidades consumidoras do Grupo B, sequer havia regulamentação disponível quanto às características mínimas destes novos medidores no Brasil, o que favoreceu a expansão de um cenário de desconfiança e desinformação, por parte dos usuários pioneiros, uma vez que os novos sistemas, a despeito da grande variedade de capacidades disponíveis, eram dotados de tecnologias que atendiam quase que exclusivamente os interesses das concessionárias. Sob a ótica dos consumidores, estes novos contadores pareciam apenas registrar um maior consumo residencial, não trazendo quaisquer outros benefícios para os usuários, fato que, embora fosse tecnicamente justificável, uma vez que substituíam os antigos e desgastados medidores eletromecânicos, certamente contribuiu para uma primeira má impressão da tecnologia no Brasil.

2.2.4. As Perdas de Energia no Brasil

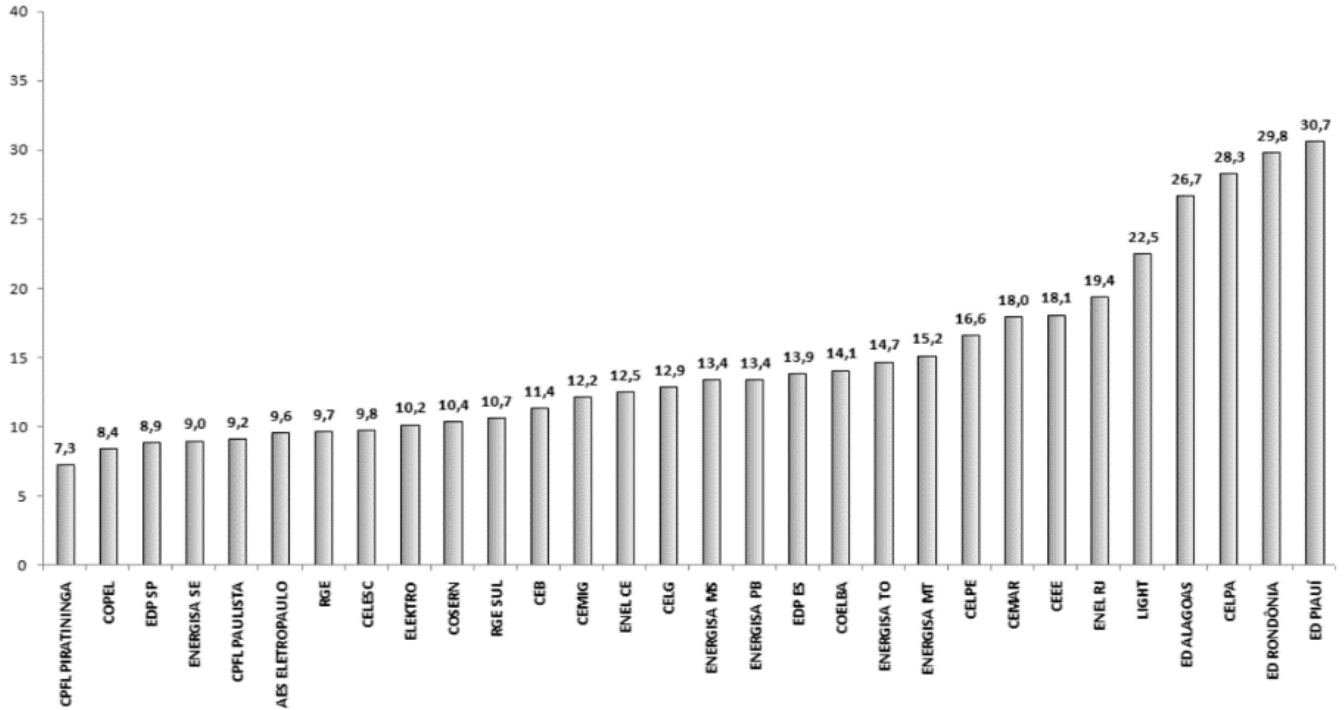
Destacada como uma questão fundamental inerente ao Setor de Distribuição, e tida como uma das maiores motivadoras da expansão da medição inteligente no Brasil, as perdas de energia elétrica remetem à energia que, apesar de inserida no Sistema Interligado e na rede das Distribuidoras, não chega a ser comercializada, seja por motivos técnicos ou por motivos de ordem comercial. (ABRADEE, 2017)

As perdas técnicas são as que acontecem naturalmente em qualquer circuito devido à resistência e aquecimento dos condutores – por efeito Joule. Neste caso, todos os consumidores pagam pelas perdas técnicas de energia ocasionadas pelo seu próprio consumo. Já as perdas comerciais ou não-técnicas são resultantes do furto ou fraude de energia elétrica, resultando em energia consumida e não contabilizada ou não faturada. Em algumas regiões do Brasil, as perdas comerciais respondem por boa parte do custo da energia elétrica, conforme Figura 6 e Figura 7.

Neste sentido, o furto é caracterizado pelo desvio direto de energia da rede para o consumidor ilegal, o que faz com que a energia seja utilizada, mas não contabilizada, levando às perdas. No caso da fraude, o consumo é parcialmente registrado por parte da distribuidora, frequentemente decorrente de adulterações no próprio medidor.

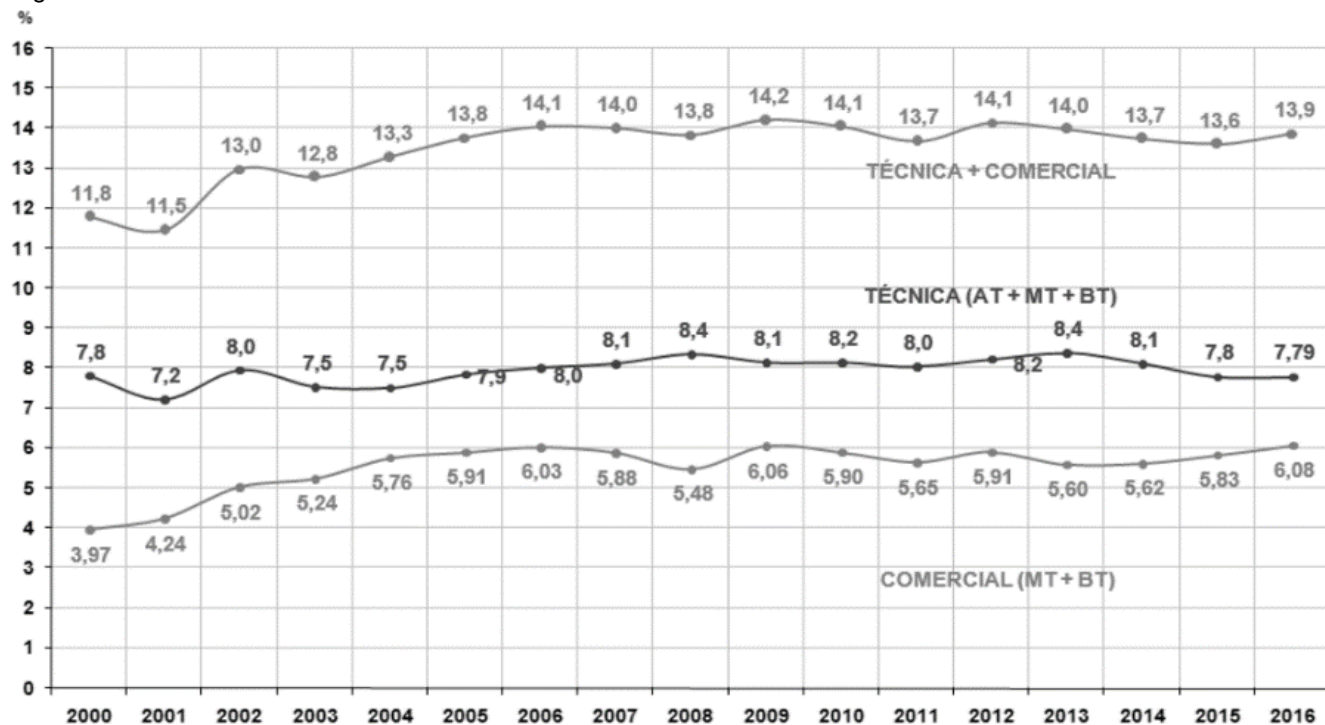
Em quaisquer dos casos, o consumo irregular de energia elétrica apresenta prejuízos para a unidade geradora, para a distribuidora e para o consumidor. O furto de energia pode sobrecarregar a rede de distribuição e afetar a distribuição para consumidores regulares. Ainda, parte do custo do consumo irregular de consumidores ilegais é repassado aos consumidores regulares. Neste sentido, a ANEEL se utiliza de métodos regulatórios para determinar qual o nível máximo de perdas não técnicas que as distribuidoras podem repassar às tarifas, de sorte que estas também sofrem grandes prejuízos e por isso buscam soluções para o saneamento destas perdas.

Figura 6 - Percentual de Perdas no Sistema Elétrico Nacional, global em 2017.



Fonte: ABRADÉE (2017)

Figura 7 - Percentual histórico de Perdas no Sistema Elétrico Nacional.



Fonte: ABRADÉE (2017)

2.2.5. A Rede Inteligente de Energia – *Smart Grid* (SG)

O Smart Grid (SG), ou Rede Elétrica Inteligente (REI), consiste em uma das mais recentes e importantes revoluções tecnológicas desenvolvidas no âmbito dos sistemas elétricos modernos. A expressão, utilizada pela primeira vez em 2005 em um artigo publicado por Amin e Wollenberg (2005), representou uma quebra de paradigmas no mercado da energia ao estabelecer uma nova ótica sob as formas de geração e consumo tradicionais.

A tecnologia, que no Brasil já conta com alguns anos de debates, pesquisas e implementações a partir da extensa incorporação de novas tecnologias de informação comunicação, objetiva não apenas a otimização da cadeia de geração e distribuição da energia elétrica, mas também busca abordar, de forma concomitante, diversas outras perspectivas, sociais, ambientais, políticas e econômicas no âmbito do consumo energético mundial. A temática, embora já bastante disseminada em diversos países, ainda apresenta uma série de desafios investigativos que, em muitos aspectos, tem contribuído para a crescente produção acadêmica encadeada por pesquisadores de todo o mundo.

Conceitualmente, a REI pode ser definida como “a rede elétrica que utiliza tecnologia digital avançada para monitorar e gerenciar o transporte de eletricidade, em tempo real e com fluxo de energia e informações bidirecionais entre o sistema de fornecimento e o cliente final” (CGEE, 2012). Diferem sensivelmente, portanto, das redes elétricas convencionais (Tabela 1) na medida em que possibilitam a integração de novos conceitos e tecnologias associados à geração, transmissão, distribuição, armazenamento e consumo da energia elétrica, objetivando um sistema elétrico mais eficiente e interativo. Em suma, a lógica das redes inteligentes decorre da introdução de uma nova filosofia de gestão dos sistemas elétricos nacionais.

Tabela 1 - Comparativo: Rede convencional e *Smart Grid*.

Rede Convencional	Rede Elétrica Inteligente (<i>Smart Grid</i>)
Medidor eletromecânico eletrônico (AMR)	Medidor eletrônico (AMM)
Comunicação unidirecional	Comunicação bidirecional
Geração centralizada	Geração distribuída
Sistema de transmissão hierárquico	Sistema de transmissão não-hierárquico
Poucos sensores	Muitos sensores
Restauração manual	Auto restauração
Falhas e blackouts	Adaptativas
Gerenciamento manual	Gerenciamento remoto
Poucas escolhas para o usuário	Muitas escolhas para o usuário
Baixa disponibilidade de informações	Alta disponibilidade de informações

Fonte: Adaptado de MANDELMAN (2011)

2.2.5.1. Características de uma Rede Elétrica Inteligente

A potencial promessa da rede inteligente inclui, dentre outros, a melhoria da confiabilidade e da qualidade da energia, a redução das demandas de pico, a redução dos custos de transmissão, o aumento da eficiência energética, uma maior resiliência e segurança da rede, a ampla disponibilidade de informações e, principalmente, uma maior integração dos consumidores na gestão dos recursos energéticos.

A Tabela 2 apresenta, a partir de uma visão global, as principais características das redes inteligentes, de acordo com o departamento de energia dos EUA.

Tabela 2 - Características de uma Rede Elétrica Inteligente.

Características	Descrição
1. Habilita a participação consciente dos consumidores na gestão do sistema	Em uma REI os consumidores se tornam parte integrante do sistema de energia elétrica. Com o acesso a novas tecnologias e informações acerca do funcionamento da rede, os consumidores passam a contribuir com o equilíbrio da oferta e da demanda de energia, modificando padrões de utilização e a maneira como interagem com o sistema.
2. Acomoda múltiplas opções de geração	Uma rede inteligente acomoda não só grandes centrais de energia, mas também o crescente conjunto de recursos energéticos

e armazenagem de energia	distribuídos, incluindo fontes renováveis, geração distribuída e armazenamento de energia.
3. Habilita a introdução de novos produtos, serviços e mercados	A REI conecta os múltiplos atores envolvidos no sistema de energia elétrica envolvendo-os em uma complexa rede de informações. Possibilitam a participação ativa dos usuários que poderão atuar hora como consumidores, hora como geradores (prosumidores). Possibilita ainda a participação ativa das distribuidoras no balanço das cargas domésticas.
4. Fornece Qualidade de Energia para uma Variedade de Necessidades	Capacidade de atuar no gerenciamento eletrônico da rede a partir de uma ampla rede de sensores. Os métodos de controle avançados monitoram os componentes essenciais, permitindo um diagnóstico rápido e soluções precisas diante de surtos e anomalias no funcionamento da rede.
5. Otimiza a Utilização de Ativos e a Eficiência Operacional	Uma rede inteligente aplica as mais recentes tecnologias para otimizar o uso de seus ativos.
6. Opera de forma resiliente a distúrbios, ataques e desastres naturais	Resiliência refere-se à capacidade de um sistema reagir a eventos isolados, incluindo ataques físicos e ataques cibernéticos, de modo a garantir o funcionamento normal do sistema. Essas ações de auto cura resultam na redução da interrupção do serviço aos consumidores e ajudam os prestadores de serviços a melhor gerenciar o sistema elétrico.

Fonte: Adaptado de U.S. DOE (2012)

2.2.5.2. Tecnologias de uma Rede Elétrica Inteligente

As características apresentadas a seguir descrevem brevemente alguns dos mais relevantes componentes e tecnologias integrantes do conceito de REI. Alguns destes itens serão retomados nas próximas seções a fim de serem tratados de forma mais aprofundada:

a. Medidores Inteligentes (Smart Meters – SM)

Os medidores inteligentes são frequentemente vistos como componentes chave das redes inteligentes. Constituem dispositivos de medição eletrônica dotados de capacidades para aplicações que vão muito além da medição do consumo de energia, registrando dados, disponibilizando informações, possibilitando o controle remoto, a comunicação bidirecional entre todos os atores do sistema de energia elétrica, além de possibilitarem a gestão de uma série de dispositivos localizados na rede residencial local (*Home Area Network – HAN*), além de outros. Destacadamente, ao estabelecerem-se como um dos principais elementos de interface entre os consumidores e a rede elétrica inteligente, permitem que estes obtenham informações acerca do funcionamento das redes domésticas de energia, habilitando-os para tomadas de decisão mais conscientes acerca do gerenciamento energético residencial.

b. Sistemas de Gestão de Energia (Energy Management Systems)

O Sistema de Gestão de Energia (EMS) consiste em um sistema de interface que permite o gerenciamento (controle) e visualização (informação) dos sistemas de energia elétrica e demais dispositivos conectados no âmbito de uma REI. No âmbito residencial, conhecidos como HEMS (*Home Energy Management System*), são definidos como “quaisquer sistemas de hardware e/ou software capazes de monitorar e fornecer feedback sobre o consumo de energia de uma residência e/ou também permitir o controle avançado de sistemas, dispositivos e aparelhos que utilizam energia elétrica” (NEEP, 2015). Integram a gama de dispositivos HEMS, dispositivos de interface do usuário, hardwares inteligentes e plataformas de software.

c. Sistemas de Comunicação

Notavelmente um dos mais importantes recursos integrados às REI, os sistemas de comunicação permitem gerenciar de forma eficaz e inteligente os complexos sistemas de energia. De fato, argumenta-se que o sucesso de um sistema de medição inteligente depende muito da escolha das tecnologias de comunicação (URIBE-PEREZ et al., 2016). Estas devem ser

eficientes em termos de custos, devem proporcionar uma boa cobertura, devem garantir a segurança dos dados, bem como a largura de banda e a qualidade de energia (DEPURU; WANG; DEVABHAKTUNI, 2011).

De acordo com o MME, essa infraestrutura de comunicação está essencialmente organizada a partir de três fluxos distintos (MME, 2012):

- Distribuidora \Rightarrow Concentrador
- Concentrador \Rightarrow Medidor
- Medidor \Rightarrow Equipamentos domésticos

De uma forma geral, a tecnologia utilizada para cada um desses enlaces varia entre conexões sem fio (radiofrequência, GSM, Wimax) e a por cabo (PLC ou ADSL). Ainda, de acordo com o relatório do MME (MME, 2012), uma interface local de comunicação (*Home Area Network – HAN*), baseada em protocolos abertos e localizada juntamente ao medidor deve ser capaz de permitir a conexão de dispositivos domésticos e garantir, em tempo real, o controle e acesso aos dados disponíveis.

Dessa forma, um ponto que tem ganhado destaque nas discussões mundiais é a questão da segurança da informação, cuja proteção deverá ser assegurada pela concessionária. Outra preocupação é com a atuação de hackers, uma vez que dados sobre o hábito e consumo de toda a população estarão trafegando pelas redes de comunicação, possibilitando que ações mal-intencionadas interfiram no fluxo dos dados e na operação das interfaces automatizadas.

d. Geração Distribuída (Distributed Generation – DG)

O fornecimento de energia elétrica divide-se em geração, transmissão e distribuição. As redes elétricas inteligentes integram esses setores aos de armazenamento e consumo. A geração introduzida pelas redes elétricas inteligentes, que complementa a geração centralizada, é conhecida como geração distribuída. Segundo a ANEEL (2011a), a geração distribuída pode ser caracterizada como geração de pequeno porte localizada próxima aos centros de carga, isto é, uma fonte de geração conectada diretamente na rede de distribuição ou ao consumidor.

A geração distribuída possibilita que o consumidor de energia tenha maior autonomia no gerenciamento de sua conta.

Isso significa que, além de diminuir o consumo, ele também poderá fornecer essa energia ao mercado de energia. Essa operação é conhecida como fluxo bidirecional. É importante ressaltar que a agregação de fontes de energia limpa, como solar e eólica, é fundamental para esse novo modelo de geração.

e. Sistemas de Armazenamento de Energia (SAE)

Outra oportunidade é o armazenamento distribuído de energia, a partir do qual baterias exclusivas ou dispositivos com baterias integradas, como os veículos elétricos, poderão oferecer armazenamento de energia durante os períodos fora de pico, para ser utilizada durante os horários de pico. Essa opção, além de otimizar o consumo da rede, ajudará as concessionárias a atingirem metas de geração de energias renováveis a partir de fontes intermitentes.

f. Programas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD)

O Gerenciamento pelo Lado da Demanda, consiste em uma sequência de ações que as concessionárias dispõem para gerenciar o perfil de carga e/ou as diretrizes de consumo pelo lado do consumidor (demanda) para que todo o sistema elétrico opere mais eficientemente. De acordo com Ellabban e Abu-Rub (2016), os programas de GLD compreendem dois mecanismos principais:

- Mecanismos de Resposta a Demanda (*Demand Response – DR*): Buscam promover mecanismos baseados em incentivos e/ou em preços, que estimulem a participação ativa dos consumidores individuais para a otimização do desempenho da rede.

A Tabela 3, a seguir, apresenta alguns dos principais mecanismos de resposta a demanda utilizados no âmbito das REI modernas.

Tabela 3 - Classificação de alguns dos principais mecanismos de resposta a demanda.

Mecanismos de Resposta a Demanda baseados em preços	Mecanismos de Resposta a Demanda baseados em incentivos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ TOU (Time of Use) – Tarifação dinâmica baseada em blocos de valores que variam durante o dia; ▪ CPP (Critical Peak Pricing) – Tarifação para picos críticos, baseada em tarifas extraordinárias durante os períodos de pico; ▪ RTP (Real Time Pricing) – Tarifação em tempo real, com tarifas alteradas regularmente para acompanharem os custos da energia no mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Balanceamento Direto das Cargas (Direct Load Control) – consumidores recebem incentivos por permitirem que as concessionárias gerenciem remotamente alguns equipamentos residenciais; ▪ Programas de Resposta a demanda emergenciais – Consumidores recebem incentivos para reduzirem e/ou interromperem o consumo em períodos específicos/emergenciais;

Fonte: Adaptado de Allabban e Abu-Rub (2016)

- Mecanismos de Eficiência Energética: Buscam promover a redução do consumo de modo que os mesmos serviços possam ser executados com a mesma qualidade, porém com maior eficiência energética.

Conforme observado, um sistema de medição inteligente implica na implantação de uma ampla e heterogênea infraestrutura, incluindo dispositivos de medição, redes de comunicação e sistemas de coleta e processamento de dados. Destacadamente, um dos elementos essenciais para tal mudança consiste na instalação de dispositivos inteligentes de medição junto às residências dos consumidores. Argumenta-se que a partir de sua instalação, serão possibilitados um melhor controle dos recursos energéticos disponíveis, estimulando não apenas a conscientização dos consumidores, mas também permitindo que estes passem a participar mais ativamente do mercado de energia a partir de iniciativas de eficiência, de micro geração, geração distribuída, além de outras.

2.2.6. Os Medidores Inteligentes (*Smart Meters – SM*)

Foi a partir da gradual incorporação de novas funcionalidades e tecnologias, que os tradicionais medidores eletrônicos evoluíram até se transformarem nos dispositivos que conhecemos por Smart Meters (SM) ou Medidores Inteligentes. Sobremaneira, a difusão destes novos e modernos medidores eletrônicos, no âmbito das redes elétricas, passou a constituir uma fundamental etapa precursora à implementação dos projetos de Redes Inteligentes em todo o mundo.

Considerado um dos principais componentes de todo o sistema, o SM é responsável pela maior parte das tarefas de uma rede inteligente. Utilizando-se de uma combinação de tecnologias, como sensores de tempo real, de notificação de falhas e monitoramento da qualidade da energia, além de outros, os medidores inteligentes são capazes de processar dados e enviar comandos para uma vasta gama de sistemas e equipamentos, integrando, de forma bidirecional, toda uma cadeia de fornecimento e consumo (MME, 2012). A Figura 8 ilustra um exemplo de medidor inteligente (Smart Meter) instalado.

Figura 8 - Exemplo de Smart Meter instalado.



Fonte: EXL (2016)

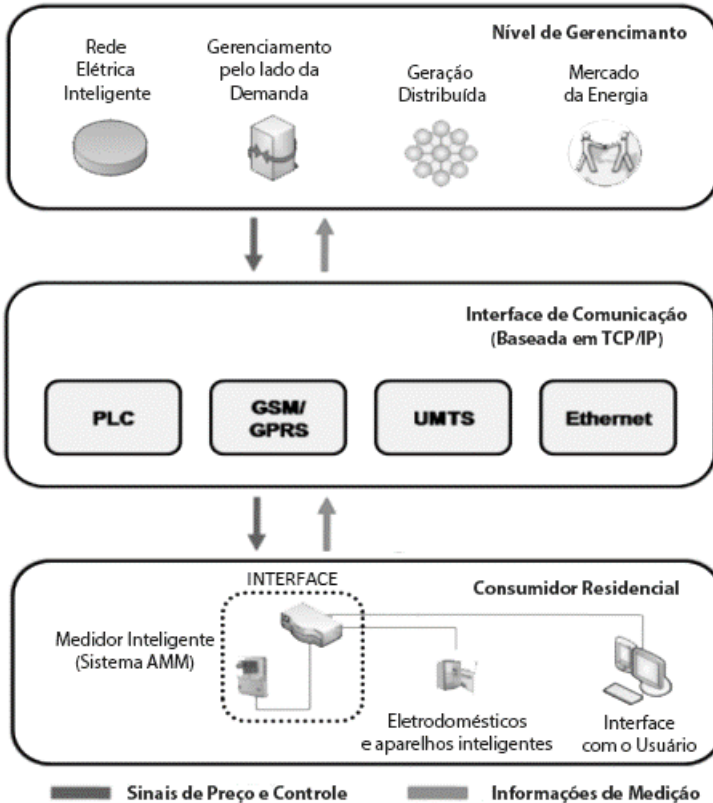
Tomando as definições um pouco mais além, conforme relatado por Darby (2010), a literatura tem demonstrado consenso de que um medidor inteligente deve ser capaz de (1) medir e armazenar dados em intervalos específicos e (2) atuar como interface para comunicação bidirecional entre fornecedores e consumidores, possível a partir da implementação de dispositivos

do tipo AMM (*Automated Meter Management*). Versões mais simplificadas de medidores eletrônicos, em contrapartida, normalmente designados apenas como “avançados”, oferecem simples comunicação unidirecional, a partir dos clientes para as concessionárias. Estes aparelhos, conhecidos como AMR (*Automated Meter Reading*), têm sido utilizados em todo o mundo, por grandes consumidores comerciais e industriais já há muitos anos. Já a chamada AMI, (*Advanced Metering Infrastructure*) consiste em um conceito mais abrangente, referindo-se ao sistema de medidores inteligentes (AMM) e estrutura de comunicação correspondente e que caracterizam os sistemas de medição de uma REI (DARBY, 2010). A Figura 9 ilustra potenciais fluxos de informação em um sistema elétrico inteligente.

De maneira geral, a implementação das redes inteligentes e medidores inteligentes habilitam fornecedores de energia e consumidores a gerenciarem de forma mais eficiente seus recursos energéticos, através de novos e modernos recursos de monitoramento, análise e controle em tempo real (WICHAKOOL et al., 2015).

Diferentemente dos modelos eletromecânicos, cujas diferenças, até mesmo visuais, são notáveis quando comparados com modelos de SM, o mesmo não se pode dizer sobre os modelos eletrônicos. Enquanto medidores Inteligentes são, de fato, medidores eletrônicos, não é possível afirmar que todo medidor eletrônico também seja um Smart Meter. Muito embora o conceito de medição inteligente esteja frequentemente associado às funcionalidades das Infraestruturas Avançadas de Medição (AMI), fato é que ainda não existe consenso universal acerca dos critérios ou diretrizes que os definem, de sorte que diferentes organizações do setor elétrico mundial, dentro das suas áreas de atuação, têm buscado estabelecer diretrizes próprias para qualificá-los, especialmente no que tange às suas características e funcionalidades mínimas.

Figura 9 - Potenciais fluxos de informações de uma REI.



Fonte: Adaptado de KRANZ et al. (2010)

De acordo com a Diretiva 27/2012/EC, o Parlamento Europeu definiu o *Smart Meter* ou sistema de medição inteligente como "um sistema eletrônico capaz de medir o consumo de energia, disponibilizar mais informações do que um medidor convencional e transmitir e receber dados utilizando uma forma de comunicação eletrônica" (EUROPEAN PARLIAMENT, 2012). A partir da Recomendação 2012/148/EU (COMISSÃO EUROPEIA, 2012), quando foram determinadas as condições para a implementação dos sistemas de medição inteligente no âmbito da União Europeia (EU), definiu-se uma série composta por dez características mínimas que todos os sistemas de medição inteligente de eletricidade deveriam oferecer. As funções destacadas seguem enumeradas na Tabela 4.

Tabela 4 - Funcionalidades mínimas de um *Smart Meter* - União Europeia.

FUNCIONALIDADES DOS SMART METERS - UE - (Recomendação 2012/148/UE)	
Consumidor	1. Fornecer as leituras diretamente ao cliente e a terceiros designados pelo consumidor.
	2. Atualizar as leituras com frequência suficiente para que a informação possa ser utilizada para economizar energia.
Operador	3. Permitir a leitura remota dos medidores pelo operador
	4. Fornecer comunicação bidirecional entre o sistema de medição inteligente e redes externas para manutenção e controle do sistema de medição
	5. Permitir que as leituras sejam feitas com a frequência suficiente para que as informações sejam usadas para o planejamento da rede.
Comercial	6. Apoiar sistemas tarifários avançados.
	7. Permitir controle remoto quanto ao fornecimento e/ou fluxo de potência.
Segurança	8. Fornecer comunicações de dados seguras.
	9. Prevenção e detecção de fraudes.
Geração Distribuída	10. Proporcionar medição da energia importada/exportada

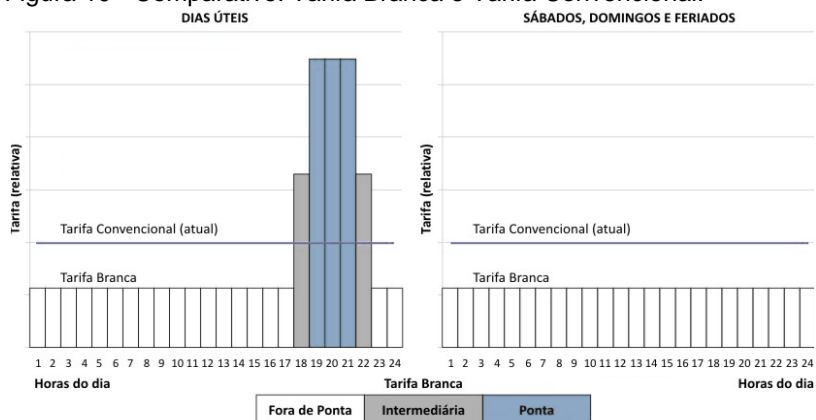
Fonte: Comissão Europeia (2012)

No caso específico do Brasil, qualquer regulamentação acerca das funcionalidades mínimas destes novos medidores passou a ser considerada apenas em 2010, através da Chamada Pública 043/2010 (ANEEL, 2010), que tratou de coletar contribuições da sociedade a fim auxiliar na consolidação dos critérios que mais tarde resultariam na Resolução Normativa nº 502, de 7 de agosto de 2012 (ANEEL, 2012a). Foi somente a partir da publicação da RN 502/2012 pela ANEEL (ANEEL, 2012b), que finalmente regulamentou-se os sistemas de medição eletrônica que seriam utilizados nas unidades consumidoras residenciais brasileiras.

Notavelmente, um dos principais motivadores da Agência Reguladora para editar a RN 502/2012 foi possibilitar a implementação da tarifação dinâmica no Brasil. O mecanismo, chamado Tarifa Branca (Figura 10), consiste em uma nova opção de tarifação, de adesão voluntária, que sinaliza aos consumidores a variação do valor da energia conforme o dia e o horário do

consumo. De acordo com este novo regime tarifário, que passou a vigorar apenas a partir de janeiro de 2018 (ANEEL, 2016), o preço da eletricidade na rede, ao longo do dia, poderá variar em três períodos distintos – ponta, intermediária e fora da ponta. Criado para corresponder mais precisamente ao preço da geração da energia em diferentes períodos de consumo, o sistema objetiva estimular o deslocamento do consumo para horários fora da ponta, quando a energia é mais barata, reduzindo o consumo energético e a necessidade de investimentos em expansão da rede para o atendimento das demandas exclusivas de pico.

Figura 10 - Comparativo: Tarifa Branca e Tarifa Convencional.



Fonte: Adaptado de ANEEL (2016)

Ainda, de acordo com a RN 502/2012, deverão estar à disposição dos consumidores interessados, integrantes do grupo B (exceto B1 e B4), dois tipos de medidores dotados de diferentes níveis de capacidades. Um modelo mais simples deverá ser fornecido gratuitamente para os consumidores que aderirem à Tarifa Branca e deverá ser capaz de medir consumo ativo em pelo menos quatro postos tarifários. Referente à oferta de resposta ao consumidor, deverão estar disponíveis, por meio de mostrador existente no próprio medidor ou em dispositivo localizado internamente à unidade consumidora, (a) o valor de energia elétrica ativa consumida acumulada por posto tarifário e (b) a clara identificação do posto tarifário corrente. Um segundo modelo disponível, mais completo, estará à disposição dos consumidores que aderirem à Tarifa Branca mediante o pagamento da diferença de custo relativo ao modelo mais simples. Além das mesmas

características metrológicas, este modelo deverá ser capaz de fornecer informações adicionais acerca da (a) tensão elétrica e dados da corrente elétrica, (b) valor de energia elétrica ativa consumida acumulada por posto tarifário, (c) identificação do posto tarifário corrente, (d) data e horário de início e fim das últimas 100 interrupções (e) além dos últimos 12 (doze) meses de indicadores de conformidade por nível de tensão de Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária (DRP) e da Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica – DRC (ANEEL, 2012a). Além dessas características compulsórias, ficará a critério das distribuidoras a oferta de sistemas de medição dotados de funcionalidades adicionais para atender grupos de consumidores específicos dentro das suas áreas de atuação. (ANEEL, 2011b)

De acordo com Carvalho (2015), acerca das características previstas para a medição inteligente no Brasil, a falta de funcionalidades mínimas que vão além da diferenciação do consumo em cada um dos quatro períodos de preços diferentes para aqueles que optam pela Tarifa Branca, coloca em risco a disponibilidade de recursos como a interoperabilidade de sistemas e recursos, a privacidade dos dados, os programas de resposta à demanda, além de outros serviços disponíveis no âmbito das REI.

O fato é que, observada a ausência de uma política nacional de substituição compulsória dos antigos medidores pelos novos e modernos sistemas de medição e gerenciamento inteligente de energia, por iniciativa das concessionárias, decairá aos consumidores a decisão pela instalação, ou não, dos novos dispositivos. No caso brasileiro, conforme RN 502/2012, a instalação dos novos sistemas de medição inteligente não será obrigatória, a menos que haja a opção, por parte dos consumidores, pela nova modalidade tarifária, caso em que um novo medidor eletrônico será necessário (ANEEL, 2012a). Como resultado dessa política de “adesão voluntária”, alguns autores acreditam que serão os próprios consumidores os maiores responsáveis por ditar o ritmo em que a medição inteligente será implementada no país. Acreditam ainda que o comportamento desses consumidores pioneiros, quanto à adesão e utilização dos novos medidores inteligentes, terá grande influência na difusão da tecnologia por outros usuários (CARVALHO, 2015).

De qualquer forma, embora possamos fazer sugestões ou suposições sobre como esses consumidores deverão ou irão se comportar, o fato é que é muito difícil entender os valores que

influenciam as decisões dos consumidores e também de prever até que ponto eles são favoráveis a aceitar mudanças no gerenciamento energético das suas casas (VERBONG; BEEMSTERBOER; SENGERS, 2013). Ainda, a ausência de uma adequada assessoria econômica, invariavelmente impedirá a correta avaliação dos custos e benefícios financeiros por parte dos usuários, dificultando a tomada de decisões para a adesão aos novos sistemas. Incertezas que poderão trazer dificuldades também para os fornecedores responsáveis pelos investimentos iniciais na medição inteligente no país que deverão planejar o montante de investimentos que serão necessários para o seu desenvolvimento. (CARVALHO, 2015)

2.2.7. O Feedback de Energia

O fato de os medidores inteligentes poderem ser conectados a uma grande variedade de dispositivos (*smart appliances*) localizados no âmbito das edificações inteligentes (*smart houses*), não apenas oferecerá elevada conectividade e oferta de informações sobre o funcionamento dos sistemas residenciais, mas também permitirá uma gestão muito mais eficiente da energia disponível.

Esta mudança de paradigma torna possível desencadear mecanismos de economia de energia decorrentes da resposta dos consumidores a partir do feedback disponibilizado, por exemplo, pelos sistemas de gerenciamento residencial (*Home Energy Monitoring Systems – HEMS*).

O Feedback de energia permite tornar visível um recurso que até recentemente era considerado invisível para os consumidores, oportunizando a formação e transformação dos consumidores de energia, até então passivos, na figura de “prosumidores” que participam mais ativamente do mercado de energia.

2.2.7.1. Os Tipos de Feedback de Energia

Atualmente existem dois tipos de Feedback: Indireto e Direto. A Tabela 5, a seguir, descreve algumas das subcategorias destes dois tipos de feedback, identificando algumas das suas mais notáveis características.

Tabela 5 - Tipos de *Feedback*.

TIPO DE FEEDBACK	SUB-TIPO DE FEEDBACK	MEIO	TIPO DE INFORMAÇÃO	COMUNICAÇÃO
Feedback Indireto	Fatura Tradicional	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Papel 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consumo Histórico de energia ▪ Comparativos histórico 	Unidirecional
	Fatura Otimizada	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Papel ▪ Fatura eletrônica 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recompensas ▪ Orientações sobre eficiência energética ▪ Comparativos sociais ▪ Comparativos históricos 	Unidirecional
Feedback Direto	Feedback Direto c/ IHD	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mostrador Doméstico ▪ Web 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informações em tempo real ▪ Orientações sobre eficiência energética ▪ Comparativos sociais ▪ Comparativos históricos 	Unidirecional
	Feedback Direto c/ dispositivos interconectados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mostrador Doméstico ▪ Web ▪ Smart Meter 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informações em tempo real ▪ Orientações sobre eficiência energética ▪ Comparativos sociais ▪ Desagregação de aparelhos inteligentes 	Bidirecional

Fonte: Adaptado de Serrenho et al. (2015)

2.2.7.2. Sistemas Residenciais de Gestão de Energia

O mercado de Gerenciamento de Energia Doméstica (*Home Energy Management System - HEMS*) está se expandindo rapidamente, juntamente com investimentos substanciais para melhorar a eficiência energética e atualizar a infraestrutura elétrica para uma rede mais inteligente. Essas mudanças permitem aos consumidores terem maior controle sobre o consumo de energia, o que, apoiados de medidores inteligentes, pode ser possibilitado através do uso de Sistemas de Gerenciamento de Energia.

Desde as primeiras implementações documentadas de medidores inteligentes, por volta dos anos 2000, administradores e pesquisadores de todo o mundo têm procurado estudar maneiras de utilizar as informações de energia fornecidas no âmbito residencial de modo a melhorar a eficiência energética das residências e dos programas de conservação. Desde então, um grande número de pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de identificar os reais benefícios da informação de consumo para a adoção de práticas mais sustentáveis no consumo energético residencial.

Atualmente, com o ingresso de gigantes da tecnologia no mercado dos HEMS, estimuladas por um cenário de franca ascensão da chamada “internet das coisas” e de conceitos como as “casas inteligentes”, os HEMS evoluíram de simples mostradores e contadores de energia para plataformas completas de gerenciamento e informações domésticas. Assim, de acordo com o NEEP (2015), os sistemas de monitoramento de energia residencial (HEMS) podem hoje ser definidos como “quaisquer sistemas de hardware e/ou software capazes de monitorar e fornecer feedback sobre o consumo de energia de uma residência e/ou também permitir o controle avançado de sistemas, dispositivos e aparelhos que utilizam energia elétrica”.

Dessa forma, os sistemas residenciais de gerenciamento energético alcançam uma grande variedade de propósitos, tanto para as concessionárias quanto para os consumidores: (1) otimizam o gerenciamento energético doméstico, (2) promovem benefícios econômicos, (3) oportunizam maior conforto e conveniência, (4) potencializam a eficiência energética, (5) contribuem para redução das emissões de GEE, (6) promovem sustentabilidade ambiental, (7) ajudam a garantir acesso a um abastecimento energético mais confiável.

a. Funcionalidades de um Sistema Residencial de Gestão de Energia

Para que as tecnologias HEMS, tal como definidas acima, satisfaçam os seus objetivos, devem oferecer um conjunto de funcionalidades baseadas em informações e/ou controle aos usuários (Figura 11).

- Informação:

Refere-se à capacidade dos sistemas ou produtos fornecerem informações sobre o consumo de energia (específico ou geral) ao utilizador de energia.

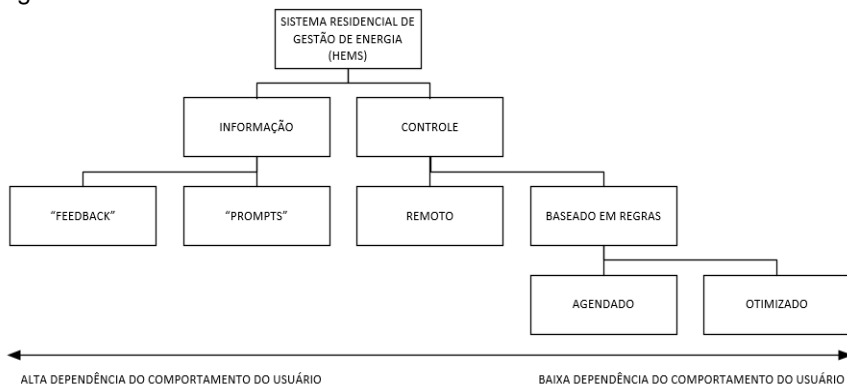
Enquanto, “*feedback*”, refere-se ao processo de fornecer informações decorrentes de determinado comportamento, os “*prompts*” visam enviar sugestões direcionadas ou cronometradas ao usuário de energia que lhes permitam gerenciar mais ativamente a demanda (KARLIN et al., 2015).

- Controle:

Refere-se à capacidade de modificar o consumo de energia de um aparelho doméstico por meio de controle remoto (manual) ou baseado em regras (automático).

Enquanto o “controle remoto” é definido como a situação em que um usuário controla ativamente a operação de um dispositivo em casa através de uma interface de usuário, o controle baseado em regras permite o controle mediante agendamento ou programação (KARLIN et al., 2015).

Figura 11 - Funcionalidades de um HEMS.



Fonte: Adaptado de KARLIN et al. (2015)

b. Categorias de um Sistema Residencial de Gestão de Energia

Considerando o rápido crescimento do setor dos HEMS, de acordo com Karlin et al. (2015), atualmente existem 12 categorias distintas que integram os sistemas de gerenciamento energético. Estas, conforme Tabela 6, se dividem em três grupos: (1) interfaces de usuário, (2) hardware inteligente e (3) plataformas de software.

Tabela 6 - Categorias que integram HEMS.

INTERFACE DO USUÁRIO	HARDWARES INTELIGENTES	PLATAFORMAS DE SOFTWARE
Portal de Energia	Aparelhos Inteligentes	Plataforma de Smart Home
	Termostato Inteligente	
Monitor de Carga	Iluminação Inteligente	Plataforma de Análise de Dados
	Tomadas Inteligentes	
<i>In home display</i>	HUBs Integradores	Plataforma de Serviços Web

Fonte: Adaptado de KRALIN et al. (2015)

- Interfaces de Usuários:

Incluem portais de energia, monitores internos (*in-home displays – IHDs*) e monitores de carga, cuja principal função é incorporar o usuário no processo de gerenciamento de energia doméstica, fornecendo-lhes informações para auxiliá-los a tomar decisões mais conscientes sobre o uso de energia e/ou permitindo-lhes implementar ações de controle remoto (manual) ou baseado em regras (automático).

- Hardware Inteligente:

Incluem aparelhos, termostatos, sistema de iluminação, plugues e hubs agregadores. Descrevem produtos que permitem o gerenciamento físico da energia nos domicílios de modo que os padrões de demanda de energia de determinados aparelhos possam ser modificados para atender objetivos específicos.

- Plataforma de Software:

As plataformas de software facilitam a comunicação de informações entre usuários, concessionárias e hardware inteligentes em casa. Incluem: (1) Plataformas Residenciais Inteligentes, que fornecem um ambiente gerenciado e fornecem serviços essenciais para permitem uma interface padronizada para interagir com os dispositivos e aparelhos domésticos; (2)

Plataformas de Análise de Dados, que normalmente são hospedadas na nuvem e analisam grandes volumes de dados para fornecer panoramas adicionais sobre padrões de uso de energia domésticos; E (3) Plataformas de Serviços Web, que proporcionam aos usuários finais funcionalidades adicionais para gerenciar dispositivos conectados.

No contexto da integração de medidores inteligentes, os HEMS são capazes de incorporar toda uma gama de recursos singulares e complementares aos medidores inteligentes com vistas a uma participação mais ativa dos usuários no mercado da energia. Baseados em capacidades informativas, os HEMS potencializam a comunicação no nível do consumo da energia, estabelecendo-se, não apenas como dispositivos de interface para os consumidores, mas principalmente habilitando o relacionamento dos usuários e os dispositivos de controle energético, no âmbito das REI.

Neste contexto, a Tabela 7, apresenta algumas das oportunidades para os dispositivos de gerenciamento energético domésticos, no contexto das novas redes elétricas inteligentes, em expansão no Brasil.

Tabela 7 - Oportunidades para os HEMS, de acordo com os recursos da REI.

RECURSO	BASEADO EM INFORMAÇÕES	BASEADO EM CONTROLE
Eficiência Energética	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fornecer feedback aos usuários acerca do consumo energético; ▪ Fornecer informações acerca de recompensas, incentivos e outras medidas de EE; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oferecer ao usuário opções para o gerenciamento energético ativo a partir de sistemas inteligentes;
Resposta à Demanda Automática	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informar consumidores acerca de ações de resposta à demanda iminentes; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oferecer gerenciamento direto da carga residencial a partir dos administradores do sistema energético;
Resposta à Demanda Comportamental	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informar aos usuários acerca de mudanças na tarifação dinâmica; 	

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solicitar aos usuários que reduzam o consumo; ▪ Fornecer sugestões sobre como reduzir o consumo; ▪ Solicitar a adesão dos consumidores a eventos iminentes de resposta a demanda; 	
Balanceamento de carga e Geração Distribuída	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informar consumidores acerca do estado da geração distribuída; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alternância automática da fonte de consumo da rede externa para a rede interna, conforme a eficiência do sistema fotovoltaico;
Etiquetagem e Emissão de GEE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informar consumidores acerca da métrica atual do consumo energético; ▪ Informar consumidores acerca da quantidade de emissão de GEE que estão produzindo; ▪ Informar a métrica residencial para facilitar a venda de imóveis; 	
Armazenamento de Energia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informar os usuários acerca da quantidade de energia que está armazenada nas baterias; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alternância automática da fonte de consumo para as baterias em caso de quedas de energia ou emergências; ▪ Permitir fornecimento da energia armazenada de volta para a rede;

Fonte: Adaptado de NEEP (2015)

2.2.8. Medição Inteligente e o Panorama Mundial de Implantação

A difusão das Redes Elétricas Inteligentes é um processo gradual e que segue pleno processo de desenvolvimento em todo o mundo. As infraestruturas de medição avançada (AMI), incluindo os *Smart Meters*, por sua vez, tidas como peças chave destes novos implementos tecnológicos, acompanham a franca ascensão, de tal modo que, apenas considerando dez dos maiores desdobramentos mundiais aguardados até 2020, cerca de 500 milhões de novos medidores serão instalados, triplicando a base global instalada e deslocando o local de crescimento da América do Norte e Europa para a América Latina e a Ásia (ACCENTURE, 2013).

Neste sentido, uma extensa gama de experiências promovidas internacionalmente acerca dos projetos de REI oferece reconhecida oportunidade de aprendizado, especialmente para países que apenas recentemente optaram por iniciar seus processos de implementação. É notável, portanto, que a análise da visão internacional sobre estas experiências permita visualizar e antecipar desafios que possam surgir no âmbito dos projetos realizados no Brasil.

A Rede Elétrica Inteligente, embora universalmente destacada como uma tecnologia em franca ascensão, acompanha fatores motivadores que variam sensivelmente para atender os interesses específicos de cada mercado mundial (Tabela 8). Assim, enquanto em algumas regiões, especialmente na Europa, os projetos têm sido essencialmente impulsionados por motivações ambientais, outras regiões têm buscado na adoção destas novas tecnologias, uma forma de aumentarem a eficiência do sistema ou mesmo combaterem o furto de eletricidade, como é o caso de boa parte dos países emergentes, incluindo o Brasil.

Tabela 8 - Motivadores para expansão dos projetos de REI internacionais.

EUA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agenda tecnológica para recuperação econômica ▪ Infraestrutura obsoleta ▪ Geração Distribuída ▪ Confiabilidade, segurança e eficiência do sistema ▪ Uso de veículos elétricos e híbridos
EUROPA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integração de diversas fontes de energia renováveis ▪ Infraestrutura Envelhecida ▪ Uso de veículos elétricos
JAPÃO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diversificação energética (acidentes nucleares) ▪ Uso de veículos elétricos ▪ Implantação de “Cidades Inteligentes”
CHINA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Implantação de “Cidades inteligentes” e protagonismo mundial em IoT ▪ Eficiência Energética ▪ Diversificação energética (renováveis)

Fonte: Adaptado de EISA (2012)

Assim, na medida em que o Brasil inicia os preparativos para a massificação das tecnologias de REI no país, a seção a seguir propõe estabelecer um panorama sobre o estado de implantação dessas novas tecnologias nos sistemas elétricos mundiais. Para tanto, as regiões relacionadas foram selecionadas tendo em vista o significativo estágio de desenvolvimento da medição inteligente e, portanto, por apresentarem reconhecida oportunidade de aprendizado para os países que apenas recentemente decidiram ingressar no mercado das redes inteligentes de energia.

2.2.8.1. Europa

O processo de difusão dos medidores inteligentes, no âmbito da União Europeia (EU) está estreitamente ligado aos objetivos da política energética de combate às alterações climáticas e à promoção do desenvolvimento sustentável.

Com vistas a alcançar estes objetivos e promover a renovação e ampliação dos sistemas elétricos de geração, transmissão e distribuição nacionais, governos dos 27 países membros têm investido em ações de eficiência energética e de incentivo ao *Smart Grid* (SG) e aos *Smart Meters* (SM) (CGEE, 2012). Neste sentido, as tecnologias de redes inteligentes têm sido destacadas como mecanismos facilitadores para atingir as metas aprovadas pelo Parlamento Europeu no Pacote Clima-Energia de

2008, também conhecido como Plano 20-20-20, que determinou a redução das emissões de CO₂ em 20%, o aumento da geração de energia limpa em 20% e o aumento da eficiência energética em 20% até o ano de 2020 (ESMIG, 2016).

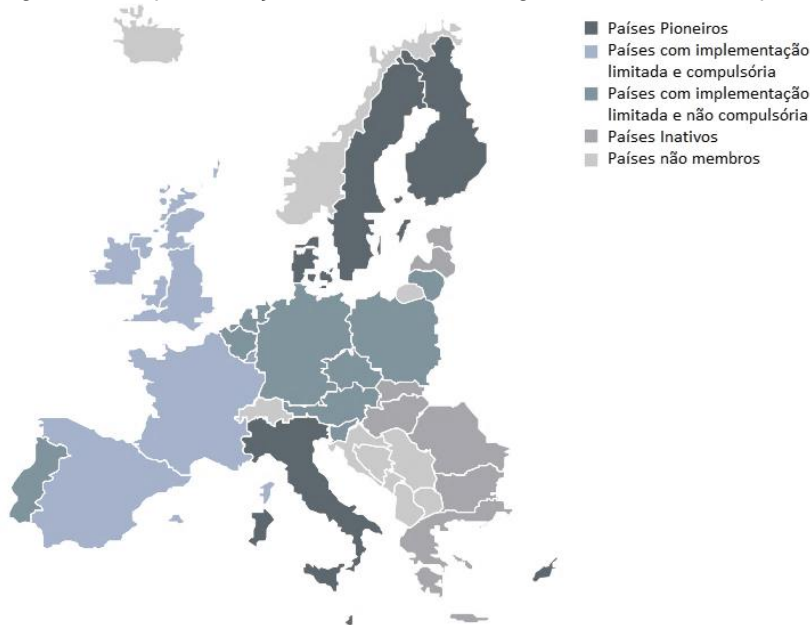
Na União Europeia (UE), o processo de difusão e implantação dos medidores inteligentes, associado ao mercado da eletricidade, passou a obter significativo progresso, principalmente após o ano de 2009 com a publicação da Diretiva 2009/72/EC, que estabeleceu regras para o mercado interno da eletricidade, e da Recomendação 2012/148/EU, que trata dos preparativos para a implantação dos medidores inteligentes. De acordo com Diretiva 2009/72/EC, a implantação dos medidores inteligentes, desde que condicionada a uma análise econômica positiva, deveria atender a pelo menos 80% dos consumidores de energia elétrica até 2020.

Em todo o caso, no âmbito da UE, a edição destes regulamentos conjuntamente a uma série de determinações compulsórias, passaram a promover um maior engajamento dos países membros quanto ao desenvolvimento do mercado energético, especialmente no que concerne às tecnologias ligadas às redes inteligentes de tal maneira que, conforme Figura 12, vinte e dois dos países membros já planejaram, até o ano de 2020, promover a difusão em escala da medição inteligente em seus territórios (EUROPEAN COMMISSION, 2016). Ainda assim, de acordo com a Comissão Europeia (2016), até o presente momento, apenas os países membros Suécia (2009), Itália (2011), Finlândia (2013) e Malta já concluíram, em algum nível, o processo de implementação em seus territórios.

Além disso, na União Europeia, o estágio de difusão dos medidores inteligentes é comumente classificado em quatro categorias de países (GIGLIOLI; PANZACCHI; SENNI, 2012):

- Pioneiros – Países onde a implementação foi, em algum nível, concluída ou segue em nível avançado: Noruega, Suécia, Finlândia, Dinamarca, Itália e Malta.
- Países com implementação limitada e compulsória: França, Espanha e Reino Unido.
- Países com implementação limitada e não compulsória: Alemanha e Holanda.
 - Países inativos: Representados principalmente por países da Europa Oriental.

Figura 12 - Implementação de medidores inteligentes na União Europeia.



Fonte: Adaptado de GIGLIOLI et al. (2012)

Acerca das funcionalidades mínimas dos sistemas, até a publicação da Recomendação 2012/148/EU, que tratou de fixar as características mínimas dos medidores inteligentes no âmbito da UE, incluindo aspectos técnicos e funcionalidades mínimas, estas variavam sensivelmente de país para país. Hoje, porém, após a introdução da regulamentação, apenas 11,5% dos países membros indicam a não adoção integral das dez funções recomendadas (KOSKI et al., 2015). Essas características mínimas, para fins de referência e conforme recomendado pela 2012/148/EU, constam relacionadas na Tabela 4.

Notavelmente, o envolvimento e a aceitação dos consumidores tem sido assunto cada vez mais destacado pelos organismos que compõem o cenário energético europeu como um fator crítico de sucesso para a implantação a medição inteligente. De fato, quando as primeiras diretivas relativas à energia foram introduzidas pela Comissão, o objetivo principal consistia em oferecer aos consumidores um maior controle das suas faturas de energia e, conseqüentemente, promover uma maior economia de

energia (TRAJANOVSKA, 2013). Neste contexto, a própria Diretiva Europeia para Eficiência Energética passou a determinar que os consumidores recebessem aconselhamento e informações adequadas quando da instalação dos aparelhos em suas residências (PARLAMENTO EUROPEU, 2012). Também, em pesquisa recente realizada pelo *Concerted Action for the Energy Efficiency Directive* (CA EED), acerca do tema “Engajamento dos consumidores”, seis países informaram já possuírem tais estratégias implementadas e uma maioria composta por outros quatorze países membros, embora indiquem ainda não possuírem estratégias para engajamento dos consumidores, informam prevê-las para o futuro. Apenas três dos Estados-Membros informaram ainda não possuírem nem terem a intenção de as desenvolverem no futuro próximo (KOSKI et al., 2015).

Quanto ao modelo de implantação, uma maioria composta por treze dos países membros definiram posição para implementação compulsória dos *smart meters* (KOSKI et al., 2015), destacando uma das mais importantes características dos processos em implantação no bloco europeu. Apenas Suécia e Malta, que já finalizaram o processo de implementação dos SM, optaram pela adesão voluntária dos dispositivos, enquanto que na Holanda, a partir de uma grande rejeição popular ao caráter mandatório da estratégia, o Estado passou a adotar um regime flexível, de natureza compulsória, mas com a possibilidade de recusa posterior por parte dos consumidores (*Mandatory with opt-out*) (EUROPEAN COMMISSION, 2016).

A seguir são apresentados alguns dos mais notáveis casos de implementação dos SM da EU:

a. Holanda

Notavelmente, a Holanda é reconhecida por ter desenvolvido, em 2005, uma das primeiras avaliações econômicas com enfoque na difusão em massa dos medidores inteligentes de eletricidade e gás. A avaliação econômica, em princípio, resultou em um saldo positivo da ordem dos 1,3 bilhões de euros e, portanto, já em 2008 eram publicadas as primeiras normativas para a efetiva implementação das novas tecnologias (EUROPEAN COMMISSION, 2014). Inicialmente dotada de um rigoroso caráter compulsório, a partir da previsão de multas e penas de reclusão, o primeiro movimento holandês foi

severamente acompanhado de grande rejeição popular, o que levou o Estado a recuar e, somente alguns anos depois, em 2010, reintroduzir um novo modelo de adesão voluntária. A partir dessa revisão, aos consumidores foi facultada a possibilidade de recusar o medidor inteligente ou optar por usar um, a partir de três configurações possíveis:

- Desligamento Administrativo (“*administrative off*”)
- Leitura Padrão – Bimestral
- Leitura Detalhada

Atualmente, no caso Holandês, embora aos consumidores seja facultada a opção de recusar o *smart meter*, em alguns casos como nas novas construções e renovações, a instalação do SM é obrigatória, porém o usuário detém plenos direitos de requisitar o desligamento administrativo das funcionalidades especiais de modo que o mesmo atue como um medidor tradicional. Além disso, a nova previsão legislativa buscou reduzir os impactos acerca da polêmica da segurança da informação, que à época das primeiras normativas nacionais, chegou a ser considerada uma afronta aos direitos à privacidade garantidos pelo artigo 8 da Convenção Europeia de Direitos Humanos (TRAJANOVSKA, 2013).

Com um período de implementação previsto para o interregno compreendido entre os anos 2012 e 2020, de acordo com dados da Comissão Europeia (2014), o cenário atual é positivo, com plena aceitação popular e com quase a totalidade dos aparelhos conectados para leitura padrão – bimestral – através de redes PLC (80%) e GPRS (20%). Apenas uma pequena parcela dos consumidores (2%) efetivamente recusou a instalação SM, aos quais foram fornecidos medidores tradicionais.

Ainda, no caso Holandês, a instalação dos dispositivos não necessariamente acompanhava uma interface de HEMS. Ainda assim, a partir de resultados preliminares, observou-se uma redução do consumo energético médio residencial na ordem dos 15%. (EUROPEAN COMMISSION, 2014)

b. Suécia

A implantação de medidores inteligentes tem acompanhado diferentes propósitos em diferentes países no mundo. Na Suécia, embora iniciada em 2003, foi somente a partir da legislação

introduzida em julho de 2009, que determinou que as famílias passassem a receber mensalmente faturas exatas de eletricidade, e não mais baseadas em estimativas anuais, que finalmente motivou-se a ampla e rápida disseminação dos medidores inteligentes para todos os consumidores suecos. O principal fator de decisão baseou-se não apenas na expectativa ensejada pelas novas tecnologias de serem alcançadas uma maior economia e uma maior percepção quanto ao consumo energético das famílias, mas principalmente, em decorrência da insatisfação e frequentes queixas por parte dos consumidores suecos acerca do processo de faturação empreendido pelas operadoras até então (VASSILEVA; CAMPILLO, 2016). Apesar do caráter voluntário de adesão dos SM na Suécia, tanto a expectativa por parte dos consumidores por uma maior transparência dos mercados da eletricidade, quanto a exigência legal de faturamento mensal, contribuíram para a ampla aceitação popular das tecnologias de SM no país.

c. Itália

A Itália foi o primeiro Estado-Membro a optar, já em 2001, pela implementação voluntária de medidores inteligentes. Naquele momento sequer existiam normativas ou regulamentos que orientassem ou definissem requisitos para a implantação da medição inteligente na Europa. O objetivo fundamental foi a redução das perdas não-técnicas, que na época constituíam um grave problema para as operadoras italianas, a Enel. Essencialmente à época, muitos dos medidores tradicionais eram removidos da rede antes mesmo de poderem ser lidos uma única vez. Além das (1) perdas não-técnicas eram consideradas (2) a leitura remota, periódica e sob demanda, (3) o controle remoto das operações, incluindo conexões e desconexões e a (4) demonstração de que os investimentos poderiam ser facilmente cobertos pela recuperação e redução das perdas não técnicas (EXL, 2016).

Em 2001, a Enel começou a instalar medidores inteligentes em toda a sua base de clientes de baixa tensão, ou seja, cerca de 30 milhões de aparelhos, cobrindo rapidamente cerca de 85% do mercado doméstico italiano. Em 2006 com vistas a implementação da tarifação horária (*Time of Use – ToU*) no país, a autoridade reguladora passou a definir uma série de regulamentos para a

medição inteligente no país, incluindo a determinação de requisitos mínimos e a inauguração de um programa nacional para implantação compulsória e em massa para os *Smart Meters*.

O plano de adesão compulsória, iniciado em 2008, visava inicialmente alcançar à totalidade de consumidores em meados de 2011 (EUROPEAN COMMISSION, 2014). Atualmente, apenas Itália e Suécia já alcançaram 100% de implementação dos SM na EU (KEMA, 2012). Entretanto, considerando o objetivo inicial de reduzir as fraudes e os custos operacionais da DSO, os conjuntos de medição e os próprios serviços de medição, por muito tempo careceram de alternativas que fornecessem adequado feedback para os clientes e, portanto, inicialmente resultaram em um limitado alcance no sentido de incentivarem os usuários a reduzirem seus consumos de eletricidade.

Visando preencher esta lacuna, em dezembro de 2012 a Enel lançou o projeto piloto Enel Info+ com o objetivo de oferecer aos consumidores maior acesso ao seu próprio consumo de energia. A medida, que consistia na distribuição de um conjunto de dispositivos para monitoramento energético, visava essencialmente aumentar a percepção do consumo doméstico e, portanto, desenvolver um comportamento mais eficiente por parte dos usuários.

O programa, que buscou envolver uma representativa parcela das famílias atendidas na região da Isernia, distribuiu cerca de 6.000 kits até dezembro de 2014 (MARTINI, 2015). O conjunto consistia de um dispositivo *plug and play*, capaz de ser conectado a qualquer tomada da residência e estabelecer conexão com o SM via PLC, além de um dispositivo IHD capaz de exibir informações detalhadas relacionadas ao consumo de energia elétrica (LOMBARDI et al., 2014). Ao final do piloto, 95% dos consumidores consideraram a iniciativa positiva e declararam terem aprimorado o entendimento familiar acerca do consumo elétrico residencial, 70% informaram ainda checar regularmente os aparelhos e 60% dos usuários declararam terem alterado positivamente os hábitos de consumo a partir da instalação dos dispositivos. Ao fim, constatou-se que a implementação do programa permitiu uma economia em média 4% superior aos usuários que já dispunham de SM, mas que não tinham acesso aos dispositivos de informação de consumo.

A Figura 13 ilustra o dispositivo de interface disponibilizados pela ENEL no âmbito do projeto piloto italiano, Enel Info+.

Figura 13 - Kit Enel Info + disponibilizado pela DSO italiana, ENEL.



Fonte: ENEL (2016)

Atualmente, em decorrência de os sistemas de medição inteligentes estarem totalmente implantados na Itália, estes passaram a desempenhar papel fundamental para que marcos pudessem ser atingidos e mudanças significativas pudessem ocorrer no mercado energético do país (EXL, 2016):

- A introdução obrigatória da tarifação horária na Itália passou a integrar o maior experimento de ToU no mundo, incluindo mais de 25 milhões de clientes domésticos e mais de três milhões de pequenos clientes empresariais;
- Decorrente de uma série de regulamentos que foram introduzidos em favor da integração da geração intermitente e da geração distribuída, a Itália passou a ocupar destacada posição mundial quanto a penetração de energias renováveis na matriz energética nacional;
- A massificação dos SM na Itália tem desempenhado um papel fundamental na aceleração do processo de liberalização do mercado energético fomentando a liberdade de escolha e a criação de novos serviços;

- A coleta de valiosas informações (Big Data) facilitadas pelos SM passou a desempenhar papel central em uma série de projetos desenvolvidos pelas DSO:
 - Desenvolvimento de sistemas preditivos a partir de informações coletadas nas redes de abastecimento e distribuição;
 - Análise de perdas não-técnicas nos setores de distribuição, identificando comportamentos anormais das redes e possíveis tentativas de fraudes na rede;
 - Utilização de web analytics e ferramentas de escuta social para aumentar a compreensão acerca das necessidades e opiniões dos consumidores.

d. Reino Unido

A discussão que envolve a introdução da medição inteligente no Reino Unido vem ocorrendo há vários anos seguindo uma crescente preocupação do governo inglês com a segurança energética nacional. Motivados por fatores como (1) o fato de o Reino Unido ser um importador de energia com relevante nível de dependência externa (28%), (2) a previsão de diminuição das reservas de petróleo e gás do Mar do Norte, (3) a previsão de encerramento das usinas de energia à carvão em observância às novas e estritas regulamentações ambientais e (4) o fechamento de algumas usinas nucleares próximas ao fim de sua vida produtiva, os principais motivos para os projetos de SM no Reino Unido são: (EXL, 2016)

- Aumentos esperados na demanda e preço da energia elétrica;
- Preocupações com questões relativas à segurança do abastecimento de energia elétrica no país;
- Metas governamentais de alcançar 15% de energias renováveis até 2020; 80% de redução de carbono em relação aos níveis de 1990 até 2050, e diminuição da dependência de combustíveis fósseis importados.

Dessa forma, objetivando mitigar futuros aumentos de preços, bem como assegurar um fornecimento de energia capaz de satisfazer as necessidades da sua indústria e da população em

geral, o processo inglês é reconhecido por enfatizar as energias renováveis e promover profunda reforma no setor elétrico nacional.

O processo Britânico de implantação dos SM teve seu início apenas em meados de outubro de 2008, quando o governo inglês determinou o início da distribuição de *smart meters* junto ao setor residencial britânico. Já no ano seguinte, em 2009, eram divulgados os planos estatais para a distribuição de cerca de 53 milhões de medidores inteligentes até 2020 (TELEFONICA DIGITAL, 2014).

Embora tenha havido consulta pública sobre os planos de implementação dos medidores inteligentes no Reino Unido, experiências prévias advindas de outros países levaram o governo a se abster de tornar os SM obrigatórios enquanto ainda eram discutidas as melhores formas de abordar questões críticas quanto ao funcionamento dos aparelhos como a polêmica questão da privacidade de dados disponíveis no âmbito das redes inteligentes (EXL, 2016).

A criação do *SmartGrid GB* (SGGB), em 2011, é considerada um marco para o processo Britânico, uma vez que possibilitou a centralização das discussões acerca do tema no Reino Unido. Criado como uma organização independente destinada à integração das partes interessadas e envolvidas no desenvolvimento de redes inteligentes na Grã-Bretanha, o SGGB serve como um importante fórum voltado ao compartilhamento e consulta de informações com o intuito de dar suporte à formação da política governamental que irá tornar as redes elétricas inteligentes uma realidade para os países do grupo.

Neste contexto, a responsabilidade geral pela implantação dos medidores inteligentes no Reino Unido é conferida ao Departamento de Energia e Mudanças Climáticas (DECC), ao órgão regulador Britânico, OFGEM (*Office of the Gas and Electricity Markets*), além de outras partes envolvidas. Já as concessionárias, responsáveis pela implantação dos dispositivos de medição, tem promovido uma série de ações a fim de investigar as melhores estratégias para um melhor engajamento dos consumidores nos processos de difusão dos SM. De fato, a DECC e a OFGEM criaram uma série de requisitos e regulamento para proteger os consumidores, incluindo a criação do CDB (*Central Delivery Body*), uma organização independente, financiada pelo setor para aumentar a conscientização pública sobre a medição

inteligente e ajudar a preparar terreno para os processos de implantação das tecnologias de REI.

Percebe-se, portanto que, ao longo das suas ações, o governo britânico tem demonstrado reconhecer a relevância do envolvimento positivo dos consumidores para o sucesso dos projetos de REI e, neste sentido, tem reiteradamente planejado programas para promover a capacitação e a conscientização dos consumidores para melhor lidarem com aspectos relacionados ao tema energia (KEMA, 2012). Alinhado com estes objetivos, em 2012, o governo editou a publicação “Estratégias para Engajamento do Consumidor” objetivando não apenas estimular um comportamento mais eficiente, mas também elevar os níveis de conscientização e engajamento social acerca deste novo paradigma proposto pela medição inteligente no país (KOSKI et al., 2015). Na mesma linha, em 2014, sob a chancela de um novo organismo nacional criado para dar suporte às ações de conscientização previstas na publicação de 2012, o Smart Energy GB inaugurou uma nova fase de acompanhamento social ativo pautado nos seguintes objetivos principais:

- Desenvolver a confiança dos consumidores acerca dos novos medidores inteligentes;
- Desenvolver a conscientização e compreensão do consumidor acerca da operação e das informações disponibilizadas pelos SMs.
- Aumentar a disposição dos usuários quanto à utilização dos SM de modo a permitir alterações no comportamento que reduzam o consumo energético das famílias.
- Auxiliar clientes vulneráveis, de baixa renda e pré-pagos a perceberem os benefícios advindos dos sistemas de medição inteligente de modo a serem mantidos níveis adequados de conforto ou relativos a outras necessidades energéticas.

No que concerne às ações e mecanismos de SM implementados no âmbito dos projetos de REI Britânicos, observam-se algumas dissimilaridades:

- Privacidade dos dados: exceto quando necessários para cumprir obrigações regulamentadas, identificou-se que aos consumidores deveriam ser facultadas as

decisões sobre quais, e para quem, suas informações estariam disponíveis;

- Geração distribuída (*Distributed generation – DG*): tem sido estimulada através de mecanismos conhecidos como ‘*feed-in tariff*’ (FIT) através do qual os consumidores são reembolsados pelo excedente de energia elétrica que produzem e devolvem à rede;
- HEMS: Visando alcançar o pleno potencial da medição inteligente, nos projetos Britânicos os fornecedores deveriam oferecer mecanismos de interface capazes de prover os consumidores das informações necessárias para garantir que estes estivessem aptos a engajar ativamente na adoção de práticas mais eficientes e sustentáveis quanto ao consumo de energia elétrica domésticos.

Acerca das funcionalidades mínimas previstas para os SM implementados no âmbito do planejamento Britânico e que deverá ser fornecido sem custos, incluindo um mostrador interno do tipo IHD, seguem: (1) opção de configurar o SM para um sistema de pré-pagamento, que já é comum no Reino Unido, (2) estabelecer comunicação na HAN (*Home Area Network*) através de protocolos e padrões abertos, (3) atender à regulamentação quanto às informações mínimas a serem exibidas em tempo real através do IHD, (4) capacidade de gerenciamento de carga, (5) conexão e desconexão remotos, além da (6) capacidade de gerenciar micro geração local (KEMA, 2012). O esquema de implantação estipula ainda que a comunicação dos sistemas será fornecida por uma única empresa (DCC) e deverá ser utilizada por todas as partes, delimitando um modelo centralizado de comunicações (KEMA, 2012).

No caso do Reino Unido, é notável o empenho dos múltiplos atores envolvidos em todo o processo de difusão dos SM, inclusive governamentais, em estabelecer regras e padrões que possam garantir a proteção dos consumidores de modo que estes tenham acesso aos benefícios decorrentes da utilização dos novos medidores inteligentes. Sobremaneira, considerando que os SM não são obrigatórios no processo de implementação Britânica, tal aproximação com os consumidores parece essencial para garantir o seu engajamento tanto nos processos de adesão quanto na efetiva utilização das novas tecnologias.

e. *Outros países membros*

A Alemanha ainda segue em estágio relativamente inicial na implantação de medidores inteligentes, investindo pesadamente em avaliações econômicas de custo benefício. Boa parte das implementações em curso destinam-se aos segmentos da sociedade que mais se beneficiarão com a implantação dos SM, de modo que apenas grupos específicos com consumo acima de 6.000 kWh/a, edifícios novos, áreas de renovação urbana e propriedades dotadas de sistemas de micro geração a partir de fontes renováveis, serão beneficiados. Simultaneamente, tem optado por instalar medidores inteligentes facilmente atualizáveis e que poderão, posteriormente, serem integrados de forma segura com outros sistemas existentes, constituindo um processo reconhecidamente mais fácil de implementar, mais suave de aceitar e economicamente eficaz em comparação com os processos de difusão em massa utilizados em outros mercados. (EXL, 2016)

Em Malta, apesar da ausência de avaliações econômicas preliminares, o primeiro plano piloto de implementação voluntária dos *Smart Meters* teve início em 2009, a partir da iniciativa do Operador do Sistema de Distribuição (DSO), Enemalta. Motivado pela redução das perdas não-técnicas e redução dos custos para a implementação do faturamento bimestral, um segundo momento de ampla disseminação e caráter compulsório teve início no ano de 2010, objetivando alcançar todos os demais consumidores do arquipélago (EUROPEAN COMMISSION, 2014). De acordo com relatórios recentes, embora inicialmente prevista para o ano de 2014, a implementação ainda segue em suas etapas finais, sendo que os últimos 80.000 medidores, de um total de 260.000, deverão ser instalados nos próximos anos (MASSA, 2015).

Na Finlândia, embora a indústria tenha iniciado voluntariamente a implementação em massa dos SM já no início dos anos 2000, foi a partir de uma avaliação econômica realizada em 2008 que o governo finlandês passou a determinar em caráter compulsório a implantação da medição inteligente para 80% dos consumidores até 2014 (EUROPEAN COMMISSION, 2014). Atualmente o processo consta finalizado e, em decorrência disto, há um mercado crescente para serviços baseados em dados obtidos a partir dos medidores inteligentes. A possibilidade de comunicação remota facilita os procedimentos operacionais das

operadoras e permitem aos consumidores uma gama de ferramentas voltadas para o controle do doméstico. Ainda, os usuários podem escolher por programas específicos de tarifas, a partir de uma gama de fornecedores que oferecem tarifas baseadas em preços horários. A Finlândia é, por conseguinte, um dos primeiros países a utilizar este tipo de precisão no mercado de eletricidade europeu, permitindo que surjam diferentes regimes de preços à disposição dos consumidores. Também seguem em desenvolvimento serviços baseados na gestão ativa de cargas selecionadas pelo lado da demanda (*demand-side management – DSM*). No caso finlandês, embora os SM estejam em utilização há mais de uma década, a segurança dos dados não tem sido uma grande preocupação do público em geral e desde o princípio. De fato, desde o princípio, não foram identificados incidentes em relação à segurança dos dados. (EUROPEAN COMMISSION, 2014)

2.2.8.2. Austrália

Na Austrália, o Estado de Vitória foi a primeira jurisdição a considerar a ampla difusão de medidores inteligentes. Em 2004, através de um programa denominado "*Interval Meter Rollout*" (IMRO), a Comissão de Serviços Essenciais de Vitória (*Essential Services Commission of Victoria – ESC*) divulgou alterações na legislação estadual a fim de promover a instalação em massa de medidores inteligentes com leitura manual para 2,6 milhões de clientes de eletricidade. No entanto, o Departamento de Infraestrutura de Vitória (Dol), juntamente com a indústria de fornecimento de energia elétrica passaram a promover a visão de que a evolução da tecnologia de medição implicava que as funcionalidades da IMRO deveriam ser expandidas para produzir maiores benefícios globais.

Em 2005, a partir das críticas efetuadas, foi encomendado um estudo para avaliar os potenciais benefícios advindos da incorporação de novas funcionalidades às determinações do IMRO. Como resultado o Parlamento aprovou, em agosto de 2006, uma emenda à Lei da Indústria da Eletricidade que concedia ao governo autoridade para emitir determinações (*Orders in Council – OIC*) acerca da implantação das AMI (*Advanced Metering Infrastructure*) no país. Assim, em 2007, o governo de Vitória determinou o início do processo de implantação que consistia no

fornecimento compulsório de SMs para todos os consumidores que, por sua vez, arcaíam com os custos envolvidos. Além disso, uma nova OIC determinou os níveis de funcionalidade mínimos para os medidores inteligentes para os quais foram previstos níveis relativamente altos de funcionalidades mínimas e serviços associados aos aparelhos, incluindo as seguintes capacidades (ESC, 2011):

- Medidores configuráveis;
- Leituras locais e remotas;
- Conexão e desconexão remotas;
- Sincronização remotas do relógio
- Balanceamento seletivo de cargas da HAN (Home Area Network);
- Detecção de falhas e interrupções de fornecimento;
- Registro de qualidade e eventos em geral;
- Controle do limite de carga disponível;
- Interface com a HAN.

Através dessas medidas, governo esperava que a implantação reduziria os preços da eletricidade para os consumidores, aumentaria a concorrência no varejo, melhoraria a qualidade do serviço e aumentaria a eficiência dos fornecedores de eletricidade. A implantação dos SM teve início no final de 2009 e os distribuidores deveriam atender às determinações de promover a completa difusão dos medidores inteligentes em todas as residências e empresas até dezembro de 2013. No entanto, logo no início o processo passou a experimentar problemas (NZSGF, 2015):

O programa encontrou sérias dificuldades depois que o Auditor Geral de Victoria (VAGO) oficialmente demonstrou preocupações com aspectos mal resolvidos relacionados à governança do projeto, aos méritos econômicos do processo, dos riscos incluídos, em especial aqueles de natureza tecnológica, e implicações acerca da aceitabilidade e engajamento dos consumidores (VAGO, 2009). De fato, à época, o custo-benefício do projeto era posto em cheque na medida em que extrapolavam dos 800 milhões de dólares previstos para cerca de 2,3 bilhões de dólares (WEC, 2010). Ainda, os consumidores, influenciados pelo

frenesi da mídia, apresentavam crescente rejeição acerca dos novos dispositivos:

“Eles eram forçados a pagar por um processo pelo qual percebiam não lhes fornecer qualquer benefício – não teria havido qualquer consulta ou participação dos consumidores. Ao mesmo tempo, os preços da eletricidade aumentavam significativamente o que levou a percepção de que os medidores serviram apenas para beneficiar as empresas de eletricidade, que estavam usando-os para aumentar ainda mais os ganhos.”
(BUDECOMM, 2015)

Uma das primeiras críticas ao programa foi à ausência de obrigatoriedade quanto à implementação dos mostradores domésticos (IHD) em acompanhamento aos SM. Embora os medidores distribuídos em Vitória dispusessem de tecnologia para permitir a conexão com os IHD, estes não eram distribuídos e deveriam ser adquiridos separadamente pelos consumidores. Quando perceberam, grupos de consumidores acusaram as distribuidoras de estarem agindo de má fé (WEC, 2010). Aliados aos crescentes custos que oneravam os consumidores, a ausência de uma interface adequada impedia que os usuários identificassem e acompanhassem seus consumos e, portanto, pudessem tentar diminuir-los, o que constituía um dos principais objetivos para a implementação dos dispositivos. (WEC, 2010)

Outro ponto duramente criticado diz respeito ao modelo de Tarifação Horário implementado e que acabou resultando na moratória do importante recurso no ano de 2010. Argumentava-se que pessoas de baixa renda, crianças, pessoas acamadas, idosos e pessoas desfavorecidas em geral, poderiam possuir menor compreensão acerca do tema energia ou dependerem do funcionamento de certos aparelhos a despeito dos custos variáveis da energia. Por conseguinte, não conseguiriam desligar aparelhos indesejados. Em resumo, observou-se que o sistema de tarifação horária (*Time of Use – ToU*) poderia aumentar as contas de energia em até \$300 dólares por ano para famílias de baixa renda, o que representava um salto de 30% em suas contas anuais de energia. (WEC, 2010)

Embora as maiores críticas tenham sido acerca de questões envolvendo a aceitabilidade e o engajamento dos usuários, outros

argumentos contrários aos SM eram relacionados a aspectos de custos, privacidade, segurança, ausência de escolha (no opt-out) e o crescente aumento faturas (NZSGF, 2015).

Em dezembro de 2011, o governo optou por dar continuidade ao processo de implantação, porém incorporando as recomendações do VAGO, ao passo que em 2014 o projeto alcançou a marca de 90% concluídos (BUDDCOMM, 2015), 2.8 milhões de SMs distribuídos e AUD\$ 2 bilhões de dólares australianos investidos (NZSGF, 2015).

O exemplo Australiano constituiu um dos mais representativos casos de implementação compulsória que falhou em primeira instância, especialmente devido à falta de envolvimento e confiança do consumidor. Os legisladores australianos prestaram demasiada atenção a determinados aspectos relacionados aos medidores e realizaram profundas análises de custo-benefício, mas negligenciaram uma das principais ferramentas para alcançar os objetivos inicialmente propostos. De fato, o exemplo australiano permitiu inferir que o sucesso de programas que incluam ações de gerenciamento pelo lado da demanda também depende de estruturas de preços e dinâmicas bem projetadas que, por sua vez, requerem programas de educação e conscientização além de interfaces inovadoras que possam ser compreendidas e aproveitadas com sucesso pelos consumidores.

2.2.8.3. América do Norte

Conjuntamente à Europa, a América do Norte desponta como um dos mercados de maior proeminência na implementação de sistemas e estratégias de medição inteligente no mundo. Embora não constituam a única parte do continente onde esses projetos estejam ocorrendo, uma vez que em níveis reduzidos esses sistemas também sigam sendo implementados na América Central e do Sul, países como os Estados Unidos e o Canadá têm sido responsáveis pelas maiores iniciativas, envolvendo a instalação de dezenas de milhares de medidores inteligentes no contexto dos seus territórios.

Na América do Norte, preocupações como segurança, privacidade, custos excessivos e também os potenciais efeitos causados pelos medidores inteligentes e tecnologias wireless à saúde, têm sido algumas das mais importantes razões para

oposição pública aos *Smart Meters*. Conforme relatado por Hess (2013), em alguns casos, pessoas que de outra forma apoiariam os medidores inteligentes devido a suas crenças ambientais passaram a rejeitá-los devido a esse pacote de preocupações. Estes opositores, embora constituam apenas uma minoria de famílias e empresas, têm sido persistentes e vocais o suficiente para que tenham conseguido algumas respostas políticas (HESS, 2013).

a. Estados Unidos da América

Os Estados Unidos são o segundo maior consumidor mundial de eletricidade. Aproximadamente 84% de sua energia tem origem em combustíveis fósseis e é utilizada em setores como dos transporte, indústria e uso doméstico (OECD, 2015). Ainda, embora constituam menos de 5% da população mundial, os EUA consomem cerca de 26% do total da energia gerada no mundo (EXL, 2016).

A política estadunidense de implementação das tecnologias de REI, a partir de uma nova política de modernização dos sistemas nacionais de transmissão e distribuição de energia elétrica teve início com a promulgação do Ato de Independência e Segurança Energética (*Energy Independence and Security Act – EISA*) em 2007. No âmbito do EISA, o Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (*National Institute of Standards and Technology – NIST*) tornou-se o principal organismo nacional encarregado de identificar e avaliar as normas existentes, métodos de medição, tecnologias e outros serviços de apoio relacionados à adoção das tecnologias de redes inteligentes. Foi apenas após a assinatura da EISA, que teve início o processo de implementação dos medidores inteligentes em diferentes estados do país (NIST, 2010).

Em 2009, passaram a ser organizados workshops e reuniões a fim de integrar especialistas e outras partes interessadas na implementação nacional das redes inteligentes de energia. No mesmo ano, o Departamento de Energia (*Department of Energy – DOE*) anunciou um aporte de 3,4 bilhões de dólares destinados a cerca de 100 novos projetos de REI no país. Para além deste financiamento, o custo de implantação passou a ser recuperado essencialmente através das tarifas pagas pelos próprios consumidores (EXL, 2016).

No caso americano, assim como em boa parte dos outros países interessados nas tecnologias de REI, a difusão e utilização dos medidores inteligentes relaciona-se a um contexto ainda mais amplo de desenvolvimento energético nacional, sendo observados diversos outros fatores chave que integram o cenário das redes elétricas inteligentes. Neste contexto, outras iniciativas como os programas de resposta à demanda (*Demand Response – DR*), especialmente entre os anos 2010 e 2013, passaram a ser incorporadas à estratégia norte americana alcançando considerável sucesso na mitigação das demandas de pico e emergências do sistema.

Acerca do processo de engajamento e aceitação social dos SM nos EUA, a reação pública tem sido mista, favorecendo não apenas as concessionárias que ofereceram aos consumidores muitos dos benefícios possibilitados pelas novas tecnologias, mas aquelas que investiram em programas destinados a envolver e conscientizar os consumidores durante as várias fases de implantação, acerca da aceitação e adoção de tecnologias e programas inteligentes (ACCENTURE, 2013). A maior oposição aos SM, entretanto, deu-se na pioneira Califórnia onde a mobilização pública levou a 53 decretos e resoluções governamentais tratando de quesitos relacionados a oposição e instalação compulsória dos medidores inteligentes (HESS, 2013).

Observou-se, por exemplo, em uma pesquisa preliminar realizada em 2012, que o acesso a informações adicionais pelos consumidores, afeta não apenas os níveis de consciência relativos ao tema energia, mas também aprimoram a relação destes consumidores com suas concessionárias de serviço. Também, os HEMS (*Home Energy Monitoring System*) com o impacto mais positivo na opinião dos consumidores eram as plataformas móveis e baseados na web, indicando interesse em um acesso rápido e fácil às informações disponibilizadas pelos SM. (POWER, 2012)

Em contrapartida, consumidores demonstraram preocupações com questões relacionada à saúde, privacidade e também decorrentes dos aumentos nos custos da eletricidade que acompanharam a instalação dos novos SM (EXL, 2016).

Ao final de 2015, as concessionárias de energia elétrica dos EUA já haviam instalado cerca de 64,7 milhões de SM, sendo 88% das instalações realizadas junto aos consumidores residenciais (EIA, 2016). A Figura 14 ilustra em mapa o percentual de penetração da tecnologia nos EUA no ano de 2015.

Figura 14 - Penetração Residencial dos Smart Meters nos EUA em 2015.



Fonte: Adaptado de COOPER (2016)

b. Canadá

O Canadá é um dos poucos países desenvolvidos que são exportadores de energia, tendo nos EUA seu maior parceiro comercial. Através de um vasto território dotado de um rico e variado conjunto de recursos naturais, o Canadá também desponta entre os cinco maiores produtores de energia do mundo. (US ITA, 2015)

Em abril de 2004, o governo de Ontário, apoiado por organismos federais (*Ministry of Energy*), provinciais (*Ontario Energy Board – OEB*), além de 73 concessionárias locais, anunciou um inédito e ambicioso plano para reduzir o consumo de energia na província, a partir de uma cultura de conservação e eficiência energética. Um dos aspectos do plano referiu-se à introdução da Medição Inteligente, constituindo o primeiro e maior plano de implementação de SM no Canadá. Um dos objetivos do plano era introduzir mecanismos de resposta à demanda (DR), como a tarifação horária (ToU) a fim de incentivar os consumidores a deslocarem o seu consumo de eletricidade para horários de menor demanda. A expectativa ensejada pelo Ministério da Energia estabelecia agressivas metas de implementação dos SM, incluindo a instalação de 800.000 medidores inteligentes até 2007 e a cobertura completa para todos os consumidores residenciais e pequenas empresas até o ano de 2010. (OFFICE OF THE AUDITOR GENERAL OF ONTARIO, 2014)

Sobremaneira, a introdução da medição inteligente em Ontário refletiu a intenção das entidades governamentais de gerenciar mais eficientemente a demanda por eletricidade e ao mesmo tempo reduzir a dependência de importações de energia de outras províncias. Notavelmente, no Canadá a jurisdição sobre a energia é independente e, em grande, parte delegada às províncias que detêm jurisdição sobre aspectos como a exploração, desenvolvimento, conservação e gestão de recursos não renováveis, bem como geração e produção de energia elétrica no âmbito dos seus territórios (EXL, 2016).

Em 2008, os primeiros medidores inteligentes foram instalados na província de Ontário. Nos anos subsequentes, as demais províncias seguiram implementações voluntárias e compulsórias, com províncias com mercados não-regulados como Alberta e a própria província de Ontário tornando compulsória a instalação dos medidores inteligentes.

Desde o início do processo de implantação Canadense, a aceitação de medidores inteligentes tem sido majoritariamente positiva em províncias onde o governo tem adotado uma abordagem proativa ao liderar uma campanha de educação do consumidor, enquanto que nas províncias onde não houve campanhas de sensibilização, a aceitação tem sido consideravelmente mais baixa (EXL, 2016). Um grande número de pesquisas, entretanto, sugere que ainda há falta de confiança dos consumidores em relação aos medidores inteligentes, incluindo preocupações saúde, segurança e privacidade.

Assim, a segunda maior oposição aos SM na América do Norte deu-se na província da Colúmbia Britânica, destacando fatores como a velocidade de introdução dos SM (tendo como prazo inicial o ano de 2012 em relação à meta mais lenta de 2020 na Europa), a falta de uma campanha pública e bem desenvolvida de educação, além da recusa em atender aos consumidores que desejavam desligar-se dos sistemas de REI (*opt-out*). Para a indústria e agências reguladoras do governo, entretanto, preocupações com a segurança e privacidade dos dados apresentaram um nível muito mais alto de legitimidade, o que levou a Província de Ontário a desenvolver, em 2012, uma política de orientação e privacidade (*Information and Privacy Commissioner*) para resolver algumas dessas preocupações (HESS, 2013).

Atualmente, o Canadá é considerado uma liderança global em tecnologias de REI, incluindo a implantação de SMs. De fato, uma maioria dos domicílios canadenses já possuem medidores "inteligentes" ou "avançados" instalados. Destacadamente, a província de Ontário foi uma das primeiras a completar a implantação de medidores inteligentes, incluindo a utilização bem-sucedida de mecanismos de tarifação horária (*Time of Use - ToU*), abrangendo um montante de cerca de 4,6 milhões de medidores inteligentes. Notavelmente, outras cidades e províncias parecem estar seguindo a liderança de Ontário. Montreal, recentemente, embarcou uma nova rodada de implantação de medidores inteligentes em direção a implantação da tarifação horária (ToU). Alberta e British Columbia, em contrapartida, embora não estejam planejando a implantação da ToU no curto prazo, continuam a investir em programas de eficiência energética. (US ITA, 2016)

2.2.8.4.O Cenário Nacional

A implantação de redes inteligentes no Brasil tem seguido tendências dos países onde o conceito de rede inteligente foi inicialmente concebido, como Estados Unidos, Canadá e alguns países europeus. Entretanto, tal como a maioria dos países emergentes, a implantação das Redes Elétricas Inteligentes no Brasil tem especificidades que a diferenciam dos países desenvolvidos.

Atualmente existem 11 projetos-piloto³ conduzidos por concessionárias, distribuidoras de energia em diversas regiões do país, sendo que a maioria destes projetos ainda se encontra na fase de substituição dos medidores convencionais pelos medidores inteligentes, não havendo ainda, portanto, resultados significativos relativos ao potencial de resposta dos consumidores. A maioria dessas implementações, todavia, referem-se à

³ Os projetos piloto em andamento no Brasil são Cidades do Futuro (Cemig - MG), Cidade Inteligente Búzios (Ampla - RJ), Projeto Smart Grid (Light - RJ), Projeto Parintins (Eletrobrás Amazonas Energia - AM), Cidade Inteligente Aquiraz (Coelce - CE), Caso Ilha de Fernando de Noronha (Celpe - PE), InovCity (EDP Bandeirante - SP), Eletropaulo Digital (AES Eletropaulo - SP), Paraná Smart Grid (Copel - PR), Smart Grid CPFL (CPFL Energia - SP) e Projeto Cidade Inteligente (Elektro - SP).

experimentação de conceitos e à adaptação de modelos desenvolvidos para atenderem às múltiplas realidades regionais encontradas no país. Devido à grande diversidade social e cultural, à grande extensão territorial e à demanda energética diferenciada por região, estas adaptações destacam-se por possuírem reconhecida importância para o sucesso dos projetos de REI no Brasil.

Particularmente no Brasil, os motivadores para o avanço das REI refletem a realidade na qual as concessionárias estão inseridas, considerando características intrínsecas às empresas, como sua condição atual, cultura empresarial, maturidade tecnológica e de processos, e a influência de características externas à empresa, representadas pelo cenário socioeconômico e ambiental da sua área de concessão (PELEGRINI; VALE, 2014). Dentre os principais fatores motivadores, destacam-se:

- A possibilidade de redução de custos da operação dos sistemas elétricos a partir de uma maior eficiência operacional;
- Expectativa de uma gestão mais eficiente dos ativos das empresas;
- Decorrentes de exigências advindas da sociedade por maior qualidade do fornecimento de energia. Considerando ainda que as empresas de energia no Brasil têm o seu desempenho avaliado pelo regulador através de metas baseadas em indicadores de qualidade de fornecimento;
- Oportunidade de proteção à receita e combate às perdas, em especial, as não-técnicas que apresentam altos índices no país, principalmente quando comparados com os índices nos países desenvolvidos.

Chancelados por órgãos do governo federal, os principais mecanismos de financiamento dos projetos das redes inteligentes no Brasil vem sendo o Programa de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e o plano de ação Inova Energia, através de um esforço conjunto da ANEEL, do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) e da FINEP (Financiadora Brasileiro de Estudos e Projetos), que juntos contribuíram para a realização de mais de 200 projetos, envolvendo cerca de 450 instituições com

investimentos que já ultrapassam a casa do 1,5 bilhões de reais. (COELHO, 2014)

Neste contexto, inúmeros estudos e diagnósticos têm sido realizados com o intuito de serem identificadas as atuais barreiras para a difusão das REI e dos medidores inteligentes no Brasil. No entanto, a maioria destas pesquisas tem focado em contextos de ordem essencialmente regulatórias, econômicas, tecnológicas e industriais, estabelecendo pouca ou nenhuma consideração com aspectos sociais que envolvem o engajamento e a aceitação destas tecnologias sob a ótica do usuário, cujo envolvimento tem sido mundialmente reconhecido como um fator chave para o sucesso das redes inteligentes.

A seguir são apresentados alguns dos principais projetos pilotos de REI desenvolvidos no Brasil.

a. Projeto Cidade Inteligente Búzios – RJ (Ampla/Enel)

O projeto Cidade Inteligente Búzios, objetiva a construção da primeira cidade inteligente da América Latina, localizada na cidade de Búzios, Rio de Janeiro.

Abrangendo cerca de 10.000 clientes conectados a partir de sistemas inteligentes de medição, a construção deste caso real busca, dentro outros, estabelecer em Búzios um referencial internacional para o desenvolvimento do conceito de cidades inteligentes na América Latina. (ENEL, 2018)

As ações previstas para o projeto concentram-se em 08 blocos principais, incluindo as áreas de (a) Edifícios Inteligentes, a partir da integração dos sistemas elétricos com as plataformas “*Energy@home*”, para interação remota com aparelhos domésticos inteligentes, (b) Veículos elétricos inteligentes, a partir da implementação de projetos bem sucedidos já implantados pela Enel na Europa (Enel e-mobility Italy e Endesa Movele), (c) Sistemas de Armazenamento de Energia, para a acumulação de grandes quantidades de energia oriundas de fontes renováveis, (d) Geração Inteligente de Energia, a partir da implementação da Geração e Microgeração Distribuída, fotovoltaica e a partir de sistemas eólicos do tipo “*Miniwind*”, (e) Iluminação Pública Inteligente, a partir da instalação de luminárias LED com regulagem inteligente em função dos horários e fluxos de pessoas, (f) Gerenciamento Inteligente de Energia, a partir da substituição de medidores convencionais por novos medidores inteligentes,

que permitem a gestão remota e a participação dos consumidores no mercado da energia, na figura de “prosumidores”, além dos sistemas de interface do tipo HEMS “*Enel Smart info*” que permitem gerenciamento doméstico dos recursos energéticos, (g) Engajamento e Integração Social, a partir da implementação de estratégias e programas que contribuam com o ideal de sustentabilidade, como o Programa Medição Horária (ENEL, 2018) que estimula o deslocamento das curvas de carga residenciais para horários fora do pico em troca de pontos que podem ser trocados por eletrodomésticos com selo A do Procel, além de (h) Telecomunicações, Internet e Controle remoto dos sistemas, que permitem o atendimento automático diante de situações críticas nas redes, corte e religação remotos, sistemas de segurança da informação e fornecimento de internet via PLC. (ENEL, 2018)

b. Projeto Redes Inteligentes Barueri – SP (AES Eletropaulo)

A AES Eletropaulo é uma das maiores concessionárias de energia elétrica da América Latina, operando em 24 cidades do Estado de São Paulo (SP), incluindo a capital.

Para o desenvolvimento do seu projeto de Redes Inteligentes a AES identificou na cidade de Barueri a capacidade de indicar um modelo representativo da sua área de concessão. Localizada na região metropolitana de São Paulo, Barueri assimila bem estas características, incluindo localização em nível metropolitano, perfil de clientes diversificado entre residências, comércio e indústria, níveis elevados de consumo, intermitências entre horários de picos, além de indicadores de desempenho similares às demais áreas de abrangência. (AES, 2018)

Contemplando também o município de Vargem Grande Paulista, o projeto prevê investimentos de mais de R\$ 70 milhões, contemplando cerca de 62 mil clientes e 250 mil habitantes, que farão do projeto Redes Inteligentes da AES Eletropaulo um dos maiores do país. (AES, 2018)

A partir das ações previstas pelo projeto, os consumidores passarão a ter condições de monitorarem seu consumo energético em tempo real, o que poderá ocorrer a partir dos próprios medidores ou a partir de um portal na internet. Para o combate às perdas não técnicas, cerca de 2100 unidades consumidoras localizadas em áreas de baixa renda e que possuem ligações

irregulares, estão sendo inseridas no novo modelo de distribuição de energia. Além disso, os sistemas estão sendo preparados para o recebimento dos veículos elétricos, incluindo o desenvolvimento de um programa de táxis elétrico e pontos de recarga, das casas inteligentes, dos sistemas de geração e micro geração distribuída, incluindo a possibilidade de participação ativa dos consumidores no mercado de energia (prosumidores), da disponibilização de mecanismos diversos de tarifação, como o pré-pagamento, além dos sistemas de comunicação bidirecional e automação inerentes ao sistemas de medição remota do tipo AMI. (AES, 2018)

c. Projeto Cidades do Futuro – MG (Cemig)

O projeto Cidades do Futuro da Cemig, desenvolvido nas cidades de Sete Lagoas e municípios vizinhos (Santana de Pirapama, Santana do Riacho, Baldim, Prudente de Morais, Funilândia e Jequitibá) do Estado de Minas Gerais (MG), é outro dos mais relevantes programas brasileiros de implementação das arquiteturas de REI.

Abrangendo cerca de 5100 medidores inteligentes instalados, o objetivo central do piloto, desenvolvido entre os anos de 2010 e 2014, foi de estabelecer um modelo funcional de referência para subsidiar futuras decisões de implantação em larga escala, englobando aspectos regulatórios, socioeconômicos, financeiros e de aceitação pelo consumidor por meio de pesquisas e desenvolvimento de aplicações de interação com os clientes visando seu engajamento e participação. (CEMIG, 2015)

As ações desenvolvidas no projeto buscaram integrar a implantação de infraestruturas de medição avançada (AMI), incluindo medidores e tecnologias inteligentes que permitissem a troca de informações entre os dispositivos de campo e os centros de controle, possibilitando a participação dos consumidores a partir da ampla disponibilização de dados de consumo e alertas em tempo real (aplicativo e portal web), além da possibilidade de utilização de novos mecanismos de tarifação. O projeto buscou integrar, ainda, mecanismos de automação e gerenciamento remoto das redes, auto resolução de falhas, iniciativas de geração distribuída, além de estudos para a implantação do conceito de casas inteligentes. (DI SANTO et al., 2015)

Na visão da Cemig, “o consumidor é o grande protagonista da implantação de redes elétricas inteligentes - e o principal responsável pelo seu sucesso”. (CEMIG, 2015)

d. Projeto Parintins – AM (Eletrobras Amazonas)

Nascido da necessidade identificada pela Eletrobrás de realizar um grande projeto piloto para a instalação do sistema de redes inteligentes integrando as áreas de Pesquisa e Desenvolvimento das seis distribuidoras da empresa, o Projeto Parintins, desenvolvido desde 2011, vem sendo implementado no município de Parintins, em uma ilha fluvial do Estado do Amazonas (AM), localizado a 369 km da capital, Manaus. (REIS, 2014)

Abrangendo cerca de 8000 medidores inteligentes instalados, com investimentos que ultrapassam R\$ 23 milhões, Parintins foi inicialmente selecionada por constituir um sistema de energia isolado alimentado por termoelétricas, o que favoreceria os testes na rede de distribuição em situações extremas e de estresse. O objetivo do projeto foi de promover a observabilidade acerca das novas tecnologias, desde a geração até o consumo de energia elétrica, incluindo o comportamento de consumo, além de formar bases para replicação do projeto piloto para outras áreas de serviço. (REIS, 2014)

As ações previstas pelo projeto, contemplaram a implantação de infraestruturas de medição avançada (AMI), incluindo mecanismos de automação e monitoramento remoto das redes, incluindo detecção e correção remota de falhas de energia, a partir do centro operacional em Manaus. Além disso, buscou-se desenvolver uma infraestrutura de interação e comunicação com consumidores via aplicativos e portal web, disponibilização de novos modais tarifários, incluindo tarifação horária, além de experimentações com geração distribuída a partir da disponibilização de sistemas fotovoltaicos para consumidores residenciais. (DI SANTO et al., 2015)

Um fato notável no processo de implementação amazonense consta no reconhecido interesse social nas tecnologias, que muito colaboraram com o processo de desenvolvimento do projeto em Parintins. (REIS, 2014)

e. Paraná Smart Grid – PR (Copel)

O projeto Paraná Smart Grid integra o programa Smart Energy Paraná, criado pelo governo estadual para incentivar a geração distribuída por fontes renováveis.

Desenvolvido desde 2014 como uma iniciativa conjunta entre o Governo do Estado e a concessionária Copel, o projeto piloto buscou implementar conceitos de Redes Elétricas Inteligentes em uma área com cerca de 10 mil unidades consumidoras localizadas nos bairros Bigorriho, Campina do Siqueira e Mossunguê, na cidade de Curitiba. A definição da área deveu-se à grande densidade populacional do trecho e por representar uma representativa amostra do mercado, englobando os múltiplos segmentos de consumidores da concessionária.

De forma similar aos demais projetos, as ações empregadas pela Copel têm compreendido a implantação de infraestruturas de medição avançada (AMI), incluindo medidores e tecnologias inteligentes, mecanismos de automação e gerenciamento remoto das redes, auto resolução de falhas, iniciativas de geração distribuída, novos esquemas tarifários, incluindo Tarifa Branca e pré-pagamento, além de testes de conceito que abrangem desde a automação predial até a integração de eletropostos para carros, bicicletas e ônibus elétricos. Contemplaram ainda, estudos para implantação da medição remota compartilhada de energia elétrica, água e gás utilizando os mesmos canais de comunicação.

O desenvolvimento dos projetos de REI no Paraná, embora por um lado sigam sendo ampliados para outras regiões do Estado, incluindo a inclusão de 5 mil unidades consumidoras na cidade de Ipiranga e 120 mil unidades em São José dos Pinhais (SMARTENERGY, 2018), por outro vêm indicando poucas ações voltadas à efetiva integração dos consumidores aos novos mecanismos de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) possibilitados pelas REI. Estes estudos, incluindo os GLD, a integração de eletrodomésticos inteligentes e automação residencial, as campanhas de conscientização, comunicação e as pesquisas de mercado, seguem previstos para uma segunda etapa (REDES INTELIGENTES BRASIL, 2018).

2.3. O USUÁRIO

Diante da transição em curso de uma rede elétrica centralizada para um sistema elétrico mais descentralizado e inteligente, espera-se que os consumidores finais residenciais desempenhem um papel cada vez mais ativo na gestão dos recursos energéticos.

Embora esta mudança de paradigmas venha sendo estimulada por metas advindas de políticas nacionais e internacionais, múltiplos atores do mercado energético continuam a procurar maneiras de otimizar o envolvimento dos consumidores residenciais com a questão energética nacional, especialmente diante de um iminente cenário de difusão das REI no Brasil.

Neste contexto, a substituição dos tradicionais medidores analógicos por novos e modernos Medidores Inteligentes (*Smart Meters - SM*) tem constituído uma das primeiras e principais ações nacionais empreendidas por concessionárias e distribuidoras de todo o mundo com a expectativa, dentre outras, de que os consumidores de energia os utilizem como uma ferramenta para alcançar os novos objetivos específicos para cada mercado energético mundial. De fato, inicialmente, as entidades envolvidas esperavam que, com poucas ações de mercado e um medidor inteligente devidamente habilitado, o consumidor estaria adequadamente equipado para administrar eficientemente o seu consumo (YESUDAS; CLARKE, 2015).

Entretanto, embora os SM venham sendo aclamados como uma importante tecnologia de suporte e transição para um consumo energético residencial mais eficiente, resiliente e sustentável, questões como oposição pública, desinformação, baixo engajamento social e, principalmente, pouca consideração, por parte de seus promotores, pela efetiva implementação de mecanismos que promovam a integração dos consumidores, têm surgido em diversos países, comprometendo não apenas os programas de implementação, mas a eficiência dos sistemas de medição inteligente e projetos de REI no mundo.

Naturalmente, a implantação de quaisquer novas tecnologias, tais quais os novos sistemas de gestão e medição inteligentes, que pretendem integrar ativamente os consumidores residenciais ao mercado de energia, envolve não apenas desafios políticos, econômicos, tecnológicos e de gestão, mas também, de aceitação e engajamento dos consumidores. Baseado na

experiência internacional, rejeição, baixo engajamento social e desinteresse pelas novas tecnologias têm sido frequentemente atribuídos à falta de compreensão por parte dos promotores dos processos de difusão quanto às preocupações e anseios de seus potenciais usuários, falha de comunicação quanto às vantagens, limitações e funcionalidades dos sistemas e falta de respostas adequadas às críticas e preocupações inferidas aos novos sistemas. Indo nesta linha, conforme relacionado por Yesudas e Clarke (2014), “a menos que uma tecnologia atenda às expectativas de seu usuário final, ela não será bem-vinda, mesmo que possa contribuir para a solução de grandes questões mundiais como a redução das emissões de carbono e das alterações climáticas”.

De fato, um dos pontos mais importantes acerca dos novos sistemas de gestão e medição inteligentes previsto no âmbito dos novos projetos de REI, vai muito além da simples instalação da tecnologia e envolve a maneira pelo qual estes passarão a fazer parte da rotina dos consumidores domésticos (HARGREAVES; NYE; BURGESS, 2010). Decorre, portanto, desde uma fase inicial, a necessidade de os consumidores serem compreendidos e envolvidos, para que possam assumir este novo papel no sistema energético nacional no futuro (MENGOLINI; VASILJEVSKA, 2013).

Neste sentido, uma possível abordagem para investigar a percepção dos consumidores acerca de novas tecnologias de informação e controle, como os sistemas de gestão e medição inteligentes, dá-se através de uma ampla variedade de teorias e modelos de aceitação tecnológica. Para Alabdulkarim et al., (2012), a partir da aplicação destes modelos e teorias, possibilita-se uma maior compreensão acerca dos consumidores e dos fatores que influenciam suas opiniões e comportamento, e que podem impactar significativamente nos processos de adoção e utilização destas novas tecnologias.

2.3.1. O Consumidor de Energia

De acordo com Burgess et al. (1998), a busca pela sustentabilidade baseia-se no princípio de que os indivíduos e as instituições podem ser persuadidos a aceitar a responsabilidade pelos problemas ambientais globais e, assim, serem capazes de

promover as mudanças significativas em suas práticas diárias necessárias para amenizar impactos futuros.

Uma das principais preocupações em engajar com a agenda mundial da sustentabilidade no ambiente construído tem sido a busca por maneiras de melhor interpretar seu amplo conceito sem deixar de integrar seus múltiplos atores envolvidos. Mesmo assim, uma maioria de pesquisas acadêmicas sobre edifícios e energia, ao invés de estabelecerem uma abordagem mais abrangente, tem focado em contextos de ordem essencialmente regulatórias, econômicas, tecnológicas e industriais, estabelecendo pouca ou nenhuma consideração com os aspectos sociais que envolvem a aceitação e adesão destas tecnologias.

Fato é que, no contexto do ambiente construído, isto acentua os riscos de uma interpretação "determinística" do ato de conceber um "design sustentável", muitas vezes, compreendido como um simples subproduto da sustentabilidade e quase que exclusivamente associado a critérios de classificações energéticas, características técnicas ou metas de reduções de CO₂. (AL TOMONTE; RUTHERFORD; WILSON, 2015)

Mesmo assim, no que tange os impactos aos ecossistemas naturais decorrentes da ação humana, uma quantidade relevante de descobertas já foi feita. Partindo da afirmação de Janda (2011), de que os edifícios não gastam energia, mas as pessoas sim, um grande número de iniciativas passaram a investir em ações e programas de conscientização dos consumidores visando promover uma mudança de comportamento capaz de trazer respostas significativas para os desafios contemporâneos relacionados ao consumo de energia e a sustentabilidade. Neste contexto, ainda que existam muitas "lacunas" de conhecimento a serem preenchidas, ações de conscientização e educação têm sido caracterizadas como algumas das principais medidas para superar o chamado "déficit de informação" e então "corrigir" o comportamento das pessoas.

Nesta linha, uma grande diversidade de teorias tem procurado explicar como os indivíduos consomem energia e interagem com suas casas. Enquanto uma maioria dessas teorias baseiam-se em um modelo de "déficit de informação" (OWENS; DRIFILL, 2008), que pressupõe que uma maior disponibilidade de informações resultaria em melhores padrões de uso, outros assumem que o consumo é, na verdade, baseado em hábitos, práticas e normas sociais que podem mudar ao longo do tempo,

como resultado de uma combinação de expectativas sociais e fatores culturais que não são facilmente redesenhados (SHOVE, 2003).

De fato, como observado por Burgess e Nye (2008), para a maioria dos consumidores, a eletricidade é "duplamente invisível", primeiro como mercadoria não consumida ativamente ou "uma força invisível e abstrata entrando na casa através de fios muitas vezes ocultos" (HARGREAVES et al. , 2010), e segundo porque é difícil para as pessoas conectarem comportamentos específicos ao consumo de eletricidade (SHOVE, 2003). Kempton e Layne (1994), por sua vez desenharam uma analogia de que o consumo doméstico de eletricidade poderia ser associado a um ato cotidiano de fazer compras em um supermercado onde não houvesse nenhum preço individual exibido, sendo o único feedback recebido através de uma conta mensal com um custo totalizado.

Consideradas estas observações, uma grande quantidade de pesquisas e experimentos práticos sobre a resposta decorrente do acesso a informação têm sido conduzidos em diferentes contextos ao longo dos últimos 30 anos. Estes incluem fornecer aos usuários orientações gerais de consumo, informações de preços, consumo histórico, feedback em tempo real, contas, programas de engajamento, além de outros. No entanto, apesar da vasta evidência acumulada, a literatura revela que as mesmas medidas de informação podem ter efeitos diferentes sobre a economia de energia. Enquanto alguns destes estudos têm identificado baixo impacto no feedback da informação (COMISSÃO EUROPEIA, 2016), outros relataram economias de energia de até 20% (DARBY, 2006), com uma média de 7,4% (DELMAS et al., 2013). Alguns destes estudos serão sinteticamente relatados a seguir:

Um estudo conduzido por Darby (2006) descobriu que a economia decorrente do feedback direto, produzido por medidores inteligentes, associados a monitores em tempo real (In Home Displays – IHD), pode variar entre 5% a 15%, enquanto que soluções de feedback indireto, como por exemplo faturas informativas fornecem não mais que 10% de economia. Fischer (2008), por sua vez, demonstrou que diferentes formas de feedback podem contribuir para uma economia que varia de 1.1% até 20%, com resultados mais frequentes na faixa dos 5% a 12%. Faruqi et al. (2010) concluíram que o feedback direto

proporcionado por IHDs encorajam os consumidores a adotarem uma postura mais eficiente acerca do tema energia, possibilitando uma economia média de 7%. Gans et al. (2011), em um estudo acerca da disponibilização de informações de consumo em tempo real, na Irlanda do Norte, identificaram que as famílias respondem à informação consumindo menos eletricidade. De acordo com os autores, o efeito é bastante pronunciado, reduzindo o consumo de 15% a 17%, suportando, portanto, alegações anteriores constantes da literatura de feedback de informações. Westskog et al. (2015), mais recentemente, realizaram uma pesquisa em 33 residências norueguesas, a fim de avaliar os efeitos dos IHD nas práticas e consumo de eletricidade domésticos. Os resultados seguiram alinhados com estudos anteriores. Mesmo depois de um ano de instalação dos IHDs, as famílias que inicialmente tinham um nível ligeiramente mais elevado de consumo (3%) em comparação com residentes próximos, acabaram consumindo 12,2% menos de eletricidade do que os seus vizinhos.

Embora não restem dúvidas de que a informação possa aumentar em algum nível a percepção dos consumidores e torná-los mais conscientes acerca do seu consumo energético, alguns pesquisadores afirmam que existem outros fatores ou "lacunas" a serem preenchidos que influenciam o uso de energia e podem não ser afetados por esse mecanismo da informação (JANDA, 2011). De fato, conforme relacionado por Hargreaves et al. (2013), o modelo racionalista do "déficit de informação", diante da complexidade das forças que movem os usuários de energia, poderia ser considerado demasiadamente simplista. Para o autor, a complexidade do comportamento do consumidor sugere que o consumo de energia doméstico é idiossincrático e influenciado de formas complexas e por múltiplos aspectos, racionalidades e lógicas, conduzidos por múltiplos indivíduos, muitas vezes envolvidos em negociações complexas e dinâmicas, e de formas que mudam ao longo do tempo em resposta a diferentes forças contextuais (HARGREAVES et al., 2013). Dessa forma, aspectos subjetivos, como aqueles relacionados à cultura e à experiência humana, também devem ser considerados. Por conseguinte, é fundamental também incluir no debate acerca do consumo energético residencial, áreas de investigação não diretamente relacionadas com o terreno tecnológico. Neste contexto, a arquitetura é conhecida como uma disciplina que integra essas diferentes áreas. No entanto, mesmo pesquisas desenvolvidas

dentro das escolas de arquitetura raramente conectam essas áreas quando o assunto é a eficiência energética.

O fato é que, em muitos aspectos, a definição de consumidor de energia está mudando. Enquanto a crescente adoção de veículos elétricos cria um consumidor de energia em movimento, os sistemas de gerenciamento energético desenvolvem uma nova percepção acerca do consumo energético domésticos e a micro geração distribuída passa a incorporar os consumidores de energia ao mercado energético, paralelamente, tradicionais atores do mercado da energia são desafiados a desenvolverem uma nova relação, mais simétrica e dinâmica com seus consumidores. Naturalmente, é esperado que essa a relação mude sensivelmente, na medida em que os consumidores, na figura dos novos “prosumidores”, passem a gerar a própria energia, negociando os excedentes de volta para a rede. (ACCENTURE, 2015).

Argumenta-se, portanto, que, se para o cenário futuro de difusão das novas redes elétricas inteligentes é esperado que o consumidor assuma inédito e significativo protagonismo, da mesma forma, objetivando a garantia da eficiência dos novos mecanismos e sistemas associados ao contexto das redes elétricas inteligentes, um significativo esforço deverá ser promovido de modo que possam ser identificadas e incluídas as características capazes de promover a integração e o engajamento social destes atores no cenário de expansão dos projetos de REI no Brasil.

2.3.2. O Processo de Aceitação de Novas Tecnologias

De acordo com Louho e Kallioja (2006), aceitação tecnológica refere-se a como e porque as pessoas aceitam e adotam determinada tecnologia para uso próprio.

Em geral, o potencial de aceitação de uma tecnologia relaciona-se diretamente com aspectos culturais, sociais e econômicos de uma sociedade, mas também com características psicológicas e singulares dos indivíduos e que podem levá-los, ou não, a adotar e utilizar voluntariamente uma tecnologia recém-introduzida.

Embora os usuários de energia estejam entre os principais agentes de mudança de uma REI, frequentemente não estão recebendo um adequado nível de atenção no que diz respeito à

concepção das novas tecnologias. Em alguns casos, as motivações para participarem ativamente deste novo paradigma do setor elétrico internacional não têm sido plenamente apreciadas, trazendo desde riscos que podem impactar na eficiência dos sistemas, até inviabilizarem todo um processo de implementação, como ocorrido em alguns casos emblemáticos constantes da experiência internacional.

Notavelmente, e conforme relacionado, a implantação de novos sistemas de gestão e medição energéticos, envolve muitos desafios políticos, econômicos, tecnológicos e de gestão. Um dos primeiros passos para o desenvolvimento das redes inteligentes, entretanto, é garantir a aceitabilidade tecnológica destes sistemas pelos seus usuários. De acordo com Chou et al. (2015), a implementação dos projetos de REI pode ser facilmente recusada se os consumidores subestimarem seus benefícios ou superestimarem seus problemas. Decorre, portanto, a necessidade de serem elaborados estudos sobre a percepção destas tecnologias, pelos seus usuários, a fim de que seus promotores possam obter as valiosas informações que possam colaborar para os processos de difusão e implantação das REI no Brasil. (CHOU et al., 2015).

De fato, conforme relacionado por Ellabban e Abu-Rub (2016) qualquer inovação tecnológica deve ser planejada seguindo dois critérios fundamentais: um relacionado às ferramentas tecnológicas propriamente ditas e o outro envolvendo investigações sobre quem deve aceitá-las, adotá-las e utilizá-las.

Neste sentido, um grande número de teorias e modelos de aceitabilidade tem buscado explicar o comportamento dos usuários diante destes novos recursos tecnológicos e sua relação com os consumidores domésticos de energia. De acordo com Alabdulkarim (2012), cada teoria é única, investigando a aceitação a partir de uma certa perspectiva que considera uma série de fatores derivados de seu respectivo campo de estudo. O objetivo tem sido de explorar como esses fatores podem afetar a disposição dos consumidores em adotar e utilizar estas tecnologias. Os resultados destas pesquisas, entretanto, vão além do mero entendimento acerca das opiniões individuais dos consumidores, na medida em que podem contribuir para a formulação das políticas relacionadas aos processos de implementação e difusão das novas tecnologias (ALABDULKARIM; LUKSZO; FENS, 2012). De acordo com Dilon

(2001), isso pode ser conseguido, por exemplo, traduzindo os resultados de tais modelos em etapas ou planos que podem ser executados pelos legisladores, formuladores de políticas, designers e desenvolvedores das novas tecnologias.

2.3.3. As Teorias de Aceitação e Uso de Tecnologias

Esta subseção, portanto, propõe a sucinta apresentação de algumas das mais relevantes abordagens teóricas empregadas em pesquisas de aceitação de novas tecnologias, desenvolvidas ao redor do mundo.

a. *Innovation Diffusion Theory – IDT (1962, 1995)*

A Teoria da Difusão de Inovações (*Innovation Diffusion Theory - IDT*), inicialmente apresentada por Rogers (1962), para a área da sociologia é hoje considerada uma das principais teorias sobre aceitação e difusão de inovações (ROGERS, 1995). Muitos dos modelos que tentam explicar os fatores que afetam a aceitabilidade e intenção de uso de novas tecnologias pelos indivíduos e organizações basearam-se na Teoria da Difusão de Inovações de Rogers (WARD, 2013).

Para Rogers, uma inovação consiste em "uma idéia, prática ou objeto que é percebido como novo por um indivíduo" e sua taxa de adoção, dentro de determinado grupo, seria influenciada por cinco variáveis principais a constar: (a) **atributos de inovação percebidos** (vantagem relativa, compatibilidade, complexidade, experimentabilidade, observabilidade), (b) **tipos de decisão por inovação** (opcional, coletiva ou compulsória), (c) **canais de comunicação** (mídia, interpessoal, etc), (d) **natureza do sistema social** (normas) e (e) **extensão dos esforços de promoção dos agentes de mudança**.

Destes, os **atributos de inovação percebidos** constituem um dos mais importantes e reconhecidos variáveis de predição, tendo sido frequentemente incorporados por outros modelos posteriores (ROGERS, 1995):

- **Vantagem relativa** – a inovação é tecnicamente superior (em termos de custo, funcionalidade, "imagem", etc.) do que a tecnologia que substitui;

- **Compatibilidade** – a inovação é compatível com valores, habilidades e práticas dos potenciais adotantes;
- **Complexidade** – a inovação é relativamente fácil de entender e utilizar;
- **“Experimentabilidade”** (*trialability*) – grau em que uma inovação pode ser experimentada sem grandes esforços; Ele pode ser implementado incrementalmente e ainda fornecer um benefício positivo líquido;
- **Observabilidade** – os resultados e benefícios do uso da inovação podem ser facilmente observados e comunicados a outros.

Ainda, de acordo com Rogers (1995), prevê-se um sistema classificatório do sistema social com base na capacidade e predisposição de seus membros à inovação. As cinco categorias de adoção são: (a) **inovadores** (*innovators*); (b) **adotantes antecipados** (*early adopters*); (c) **maioria antecipada** (*early majority*); (d) **maioria tardia** (*late majority*); e (e) **retardatários** (*laggards*). Rogers mencionou que, normalmente, apenas 2,5% dos indivíduos de um sistema social podem ser categorizados dentro do grupo dos inovadores. Os próximos 13,5% são rotulados como adotantes iniciais, e os próximos 34% dos adotantes são chamados de maioria inicial.

b. Theory of Reasoned Action – TRA (1975)

Considerado o primeiro modelo teórico a ganhar ampla aceitação em pesquisas de aceitação tecnológica, a Teoria da Ação Raciocinada (*Theory of Reasoned Action – TRA*) (FISHBEIN; AJZEN, 1975) profundamente embasada por teorias da psicologia social, buscou identificar fatores determinantes do comportamento consciente, significativos para a realização de determinado comportamento-alvo.

De acordo com Fishbein e Ajzen (1975), a TRA prevê que a intenção de realizar determinado comportamento decorre de dois fatores principais: (a) **atitudes** e (b) **normas subjetivas**. Uma atitude é a avaliação tomada por um indivíduo acerca de um dado comportamento em potencial, que pode ser positiva ou negativa, enquanto uma norma subjetiva consiste em uma pressão social percebida advinda da influência do meio ou de um outro alguém.

Conforme percebido por Ellabban e Abu-Rub (2016), o TRA tem algumas limitações. A primeira relaciona-se ao risco de contradição entre atitude e norma, uma vez que tanto as normas como as atitudes, podem ser formadas. Em segundo lugar, embora a ocorrência de uma ação dependa essencialmente de uma intenção por agir, na prática, muitos outros fatores externos, como ambiente, tempo, capacidade limitada e outros podem ser barreiras para a realização de um determinado comportamento.

c. Social Cognitive Theory – SCT (1986)

Desenvolvida por Albert Bandura em 1986, a Teoria Cognitiva Social teoriza que a aprendizagem ocorre em um contexto social através de uma dinâmica e recíproca interação de fatores pessoais, ambientais e comportamentais (BANDURA, 1986).

Compeau e Higgins, (1995), por sua vez, adaptaram e ampliaram a SCT com o objetivo de aplicá-la ao uso de computadores e tecnologias de informação em geral. Deste estudo, cinco construtos principais para aceitabilidade e utilização de TICs foram elaborados: (a) **Expectativa de Resultados – Performance**, (b) **Expectativa de Resultados – Pessoais**, (c) **Auto eficácia** (percepção de capacidade para usar a tecnologia), (d) **Afeto** (simpatia por determinado comportamento) e (e) **Ansiedade** (Ansiedade ou reações emocionais diante de determinado comportamento).

d. Technology Acceptance Model – TAM (1986, 1989)

O Modelo de Aceitação de Tecnologia (DAVIS, 1989), desenvolvido a partir da Teoria da Ação Raciocinada (TRA), foi o primeiro a relacionar fatores psicológicos que atuam diretamente na aceitação de tecnologias de informação e comunicação (TIC). Elaborado com o objetivo de prever a aceitação e uso da tecnologia no contexto organizacional, o TAM passou por diversas revisões e reinterpretações e é atualmente uma das mais influentes teorias de aceitabilidade no âmbito das tecnologias de informação.

Em sua pesquisa, Davis (1989) sugere que a (a) **Utilidade Percebida** e (b) **Facilidade de Uso Percebida** são os dois atributos mais importantes que impactam na aceitação ou não de uma dada tecnologia.

- Utilidade Percebida – grau pelo qual uma pessoa acredita que o uso de um determinado sistema ou tecnologia possa contribuir para a melhora de um sistema ou tarefa;
- Facilidade de Uso Percebida – grau em que uma pessoa acredita que a utilização de um sistema particular seria livre de esforço.

De acordo com Davis (1989), essas duas crenças comportamentais, utilidade percebida e facilidade de uso percebida formariam uma Atitude para o uso, seguido de uma Intenção de uso propriamente dita, para só então resultar em um Comportamento Real de Uso.

Ainda, em seus estudos, Davis (1989) identificou que a utilidade percebida é o mais forte preditor da intenção de uso associado a uma tecnologia da informação.

e. Theory of Planned Behavior – TPB (1991)

A Teoria do Comportamento Planejado, de Ajzen (1991), autor da TRA, foi concebido com a intenção de melhorar algumas das desvantagens do modelo anterior, segundo o qual a intenção de uso derivava essencialmente de fatores ligados à vontade individual. A fim de superar tais limitações, a TPB passou a introduzir um terceiro fator determinante: o (c) **Controle Comportamental Percebido**, refere-se à percepção do indivíduo sobre a medida em que o desempenho de um determinado comportamento é fácil ou difícil. O Controle Comportamental considera a disposição de recursos essenciais, habilidades e oportunidades para viabilizar um determinado comportamento.

De acordo com o que Kripanont (2007) enfatizou, ao alterar valores relacionados aos três preditores dos TPB: (a) **Atitudes**, (b) **Normas Subjetivas** e (c) **Controle Comportamental Percebido**, a chance de um indivíduo exprimir vontade (intenção) para realizar uma determinada ação pode ser aumentada, colaborando diretamente para que o usuário efetivamente venha a fazê-lo.

f. Modelo de Utilização do PC – MPCU (1991)

O Modelo de Utilização dos Computadores Pessoais, desenvolvido por Thompson et al., (1991), baseado na teoria do comportamento humano de Triandis (1977), previu a edição de um

modelo comportamental para a utilização dos computadores pessoais. De acordo com seus autores, "o comportamento é determinado pelo o que as pessoas gostariam de fazer (Atitudes), o que eles pensam que deveriam fazer (Normas Sociais), o que costumam fazer (Hábitos) e as consequências esperadas de seu comportamento" (THOMPSON et al., 1991). No MPCU, seis determinantes distintas são propostas: (a) **Adequabilidade ao Trabalho**, (b) **Complexidade**, (c) **Consequências de Longo Prazo**, (d) **Efeitos do Uso**, (e) **Fatores Sociais** e (f) **Condições Facilitadoras**. Para Venkatesh et al. (2003), a natureza do MPCU torna-o particularmente adequado para prever a aceitação e utilização individual de uma grande variedade de TICs.

g. Motivation Model – MM (1992)

Baseados em aspectos psicológicos de aceitação tecnológica, o Modelo Motivacional foi desenvolvido em 1992 por Davis et al. (1992) para estudar a adoção e uso das tecnologias de informação e comunicação (TICs) no contexto das organizações. Por definição, o MM postula que o comportamento de um indivíduo é baseado em motivações "intrínsecas" e "motivações extrínsecas". De acordo com seus autores, a (a) **motivação intrínseca** de um indivíduo para realizar uma tarefa decorre de um impulso interior e relaciona-se ao prazer, ou satisfação associados a uma atividade. Por outro lado, a (b) **motivação extrínseca** valoriza o resultado de uma ação e a probabilidade de alcançá-la, além da tarefa em si (melhor desempenho, maior remuneração, promoções, etc). Neste modelo, aspectos relacionados à (a1) Motivação Hedônica são fatores determinantes da motivação intrínseca (DAVIS et al., 1992) e fatores relacionados à (b1) Utilidade Percebida, eram aspectos determinantes da motivação extrínseca. A partir dos estudos conduzidos por Davis et al (1992), observou-se que a utilidade percebida e "aprazibilidade" tinham um efeito significativo na intenção de uso de uma determinada tecnologia.

h. Modelo Combinado TAM/RPB – C-TAM-TPB (1995)

O modelo combinado TAM – TPB foi desenvolvido por Taylor e Todd em 1995, a partir da incorporação dos construtos (a) **normas subjetivas** e (b) **controle comportamental percebido** da Teoria do Comportamento Planejado (TPB) ao

Modelo de Aceitação da Tecnologia (TAM) (TAYLOR; TODD, 1995). De acordo com os autores, os fatores deveriam ser adicionados na medida em que já apresentavam reconhecida capacidade preditiva em pesquisas da psicologia social. O C-TAM-TPB evoluiu de tal forma, que hoje é considerado um adequado modelo preditivo para avaliar a aceitabilidade tecnológica tanto de usuários experientes quanto inexperientes.

i. Unified Theory of Acceptance and Use of Technology – UTAUT (2003)

A Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT) foi formulada por Venkatesh et al. (2003) no campo das tecnologias da informação para estudar a aceitação e o uso de novas tecnologias introduzidas pelas organizações.

Elaborado a partir da síntese de um conjunto de teorias e modelos de aceitação de tecnologia, buscando uma convergência para seu modelo integrado, o modelo propôs um método para a avaliação da probabilidade de sucesso diante da introdução de novas tecnologias, auxiliando na compreensão dos fatores determinantes para sua adoção e utilização.

Neste sentido, Venkatesh et al. (2003) desenvolveram o UTAUT a partir da compilação de oito das mais proeminentes teorias e modelos de aceitação de tecnologia, cada uma integrando um conjunto de determinantes de aceitação tecnológica originados a partir de diferentes áreas como: sistemas de informação, sociologia e psicologia.

As teorias que compõem o modelo UTAUT são: Teoria da Ação Racionalizada (TRA); Modelo de Aceitação da Tecnologia (TAM); Modelo Motivacional (MM); Teoria do Comportamento Planejado (TPB); Modelo Combinado TAM-TPB; Modelo de Utilização do PC (MPCU); Teoria da Difusão da Inovação e Teoria Social Cognitiva.

De acordo com Moraes (2013), o UTAUT apresenta capacidade preditiva superior a todos os modelos utilizados em sua elaboração, unificando as perspectivas teóricas existentes e incorporando fatores moderadores.

Relativo aos seus construtos chave, conforme Tabela 9, o UTAUT é composto por quatro variáveis independentes, (a) Expectativa de Desempenho, (b) Expectativa de Esforço, (c) Influência Social, (d) Condições Facilitadoras, além dos aspectos

moderadores, (e) Gênero, (f) Idade, (g) Experiência e (h) Voluntariedade. De acordo com Venkatesh et al. (2003), as definições de cada um dos construtos são as seguintes:

- Expectativa de Desempenho – grau em que o indivíduo acredita que usar o sistema aumentará sua performance no trabalho. De acordo com Venkatesh et al. (2003), trata-se do construto com maior influência na intenção de uso.
- Expectativa de Esforço – grau de facilidade associado ao uso do sistema. De acordo com Venkatesh et al. (2003), trata-se de um construto significativo, tanto em um contexto voluntário quanto em um compulsório de utilização.
- Influência Social – grau em que o indivíduo considera importante a opinião de outros sobre utilização ou não do novo. De acordo com Venkatesh et al. (2003), este construto possui forte influência em ambientes de utilização compulsória, interferindo apenas na percepção sobre as tecnologias, sem impacto significativo em cenários de utilização voluntária.
- Condições Facilitadoras – percepção de um indivíduo acerca da existência de infraestrutura técnica e/ou organizacional para utilização da tecnologia.

Tabela 9 - Síntese dos constructos do UTAUT e origem na literatura.

CONSTRUTO	ORIGEM	
(a) Expectativa de Desempenho	Utilidade Percebida Motivação Extrínseca Adequabilidade ao Trabalho Vantagem Relativa Expectativa de Resultados	TAM, C-TAM-TPB MM MPCU IDT SCT
(b) Expectativa de Esforço	Facilidade de Uso Percebida Complexidade Facilidade de Uso	TAM MPCU IDT
(c) Influência Social	Norma Subjetiva Fatores Sociais Imagem	TRA, TPB, C-TAM-TPB MPCU IDT
(d) Condições Facilitadoras	Controle Percebido Condições Facilitadoras Compatibilidade	TPB, C-TAM-TPB MPCU IDT

Fonte: VENKATESH et al. (2003b)

De acordo com Venkatesh et al. (2003), a Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT) permitiu um avanço nas pesquisas de aceitação individual, através da unificação de perspectivas teóricas comuns na literatura.

j. Unified Theory of Acceptance and Use of Technology 2 – UTAUT2

A Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT) foi originalmente desenvolvida para descrever a aceitação e o uso de tecnologia no contexto organizacional. A fim de adaptá-lo para o contexto de aceitação e uso da tecnologia de consumo, Venkatesh et al. (2012) publicaram o UTAUT2.

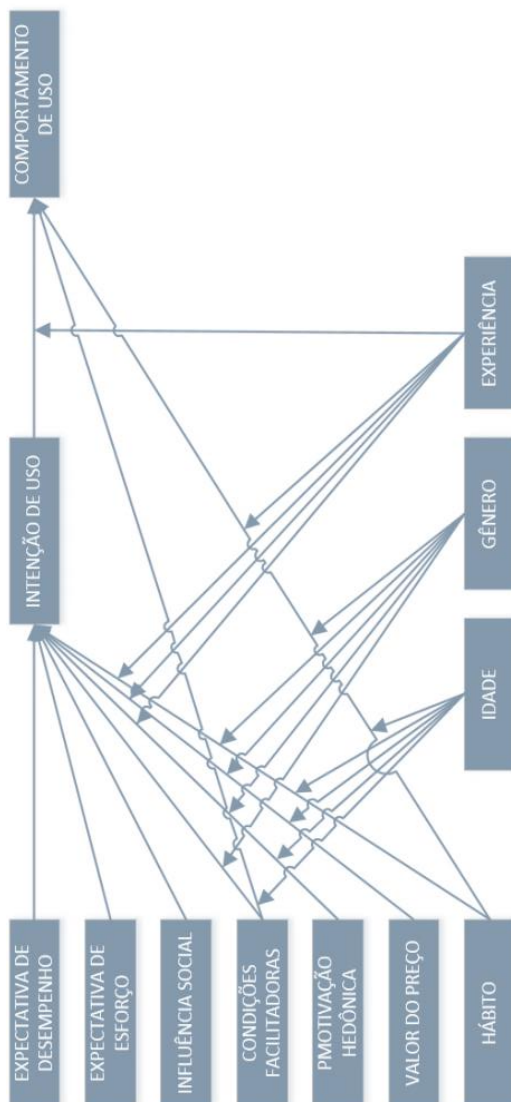
No UTAUT2, além das variáveis da UTAUT, três novos construtos foram acrescentados: (a) Motivação Hedônica, (b) Valor do Preço e (c) Hábito.

- **Motivação Hedônica** – definida como a diversão ou o prazer em utilizar uma determinada tecnologia;
- **Valor de Preço** – considera que no contexto do consumo, ao contrário dos ambientes organizacionais, os usuários são responsáveis pelos custos e, portanto, podem afetar as decisões de adoção e/ou utilização de uma determinada tecnologia;
- **Hábito** – definido como a medida em que as pessoas tendem a executar comportamentos automaticamente por causa da aprendizagem;

As variáveis moderadoras utilizadas no UTAUT, idade, sexo, e experiência seguiram incluídas no UTAUT2, com exceção da variável “voluntariedade”. De acordo com os autores (VENKATESH; THONG; XU, 2012), explicou-se sua retirada do modelo seguindo o entendimento de que o comportamento de consumo é essencialmente voluntário, resultando, portanto em nenhuma variação na construção da voluntariedade. Já as novas variáveis (a) Motivação Hedônica, (b) Preço e (c) Hábito, trouxeram novas perspectivas para o entendimento da aceitação e do uso de tecnologia por parte dos indivíduos no contexto do consumo resultando, além de uma notável melhoria na variância explicada à Intenção Comportamental e Uso de tecnologia (VENKATESH; THONG; XU, 2012).

A Figura 15 ilustra o modelo ampliado da Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT2) de Venkatesh et al. (2012).

Figura 15 - Modelo ampliado da Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia - UTAUT2.



Fonte: VENKATECH et al. (2012)

A Tabela 10 sintetiza as variáveis de aceitabilidade utilizadas por algumas das mais importantes teorias de aceitação de tecnologias atualmente empregadas na literatura.

Tabela 10 - Quadro Síntese da Teorias de Aceitação Tecnológica.

CÓDIGO	TEORIA	CONSTRUTOS
1. IDT	Teoria da Difusão de Inovações (ROGERS, 1995)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vantagem relativa ▪ Compatibilidade ▪ Complexidade ▪ “Experimentabilidade” ▪ “Observabilidade”
2. TRA	Teoria da Ação Raciocinada (FISHBEIN; AJZEN, 1975)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Atitudes ▪ Normas Subjetivas
3. SCT	Teoria Cognitiva Social (BANDURA, 1986)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expetativa de Resultados – Performance ▪ Expetativa de Resultados – Pessoas ▪ Auto eficácia ▪ Afeto ▪ Ansiedade
4. TAM	Modelo de Aceitação de Tecnologia (DAVIS, 1989)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilidade Percebida ▪ Facilidade de Uso
5. TPB	Teoria do Comportamento Planejado (AJZEN, 1991)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Atitudes ▪ Normas Subjetivas ▪ Controle Comportamental Percebido
6. MPCU	Modelo de Utilização do PC (THOMPSON et al., 1991)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adequabilidade ao Trabalho ▪ Complexidade ▪ Consequências de Longo Prazo ▪ Efeitos do Uso ▪ Fatores Sociais ▪ Condições Facilitadoras
7. MM	Modelo Motivacional (DAVIS et al., 1992)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Motivação Intrínseca ▪ Motivação Extrínseca
8. C-TAM-TPB	Modelo Combinado TAM / TPB (TAYLOR; TODD, 1995)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilidade Percebida ▪ Facilidade de Uso ▪ Normas Subjetivas ▪ Controle Comportamental Percebido

9. UTAUT	Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia (VENKATESH et al., 2003)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expectativa de Desempenho ▪ Expectativa de Esforço ▪ Influência Social ▪ Condições Facilitadoras
10. UTAUT2	Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia Ampliada (VENKATESH et al., 2012)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expectativa de Desempenho ▪ Expectativa de Esforço ▪ Influência Social ▪ Condições Facilitadoras ▪ Motivação Hedônica ▪ Valor de Preço ▪ Hábito

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3.4. Estudos prévios sobre a aceitabilidade de *Smart Meters*

Uma vez reconhecido que o pleno sucesso da implementação de um sistema de medição inteligente, em sua interface com os consumidores domésticos de energia, requerem altos níveis de aceitação e engajamento social, conforme observado a partir da experiência internacional em *Smart Meters*, e que os modelos teóricos de aceitação e o uso de tecnologia constituem uma adequada ferramenta para identificar potencialidades e barreiras para a difusão de novas TICs, recentemente uma parcela de pesquisadores passaram a concentrar esforços em pesquisas com o intuito de buscar respostas para as crescentes preocupações com a aceitabilidade e usabilidade dessas novas tecnologias por parte dos seus usuários, consumidores domésticos de energia. Nesse contexto, boa parte desses autores buscou adaptar modelos e teorias existentes de aceitabilidade tecnológica e psicologia motivacional a fim de serem desenvolvidos modelos preditivos capazes de refletir e indicar variáveis determinantes para a adoção, aceitação e, principalmente, engajamento social com as referidas tecnologias de REI.

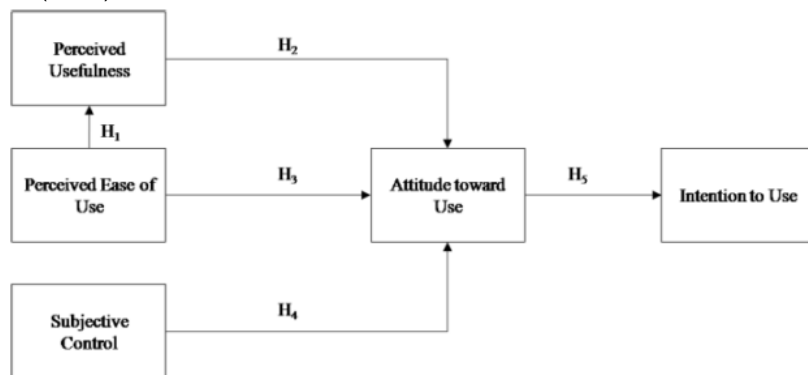
Dessa forma, esta seção pretende apresentar, brevemente, alguns dos mais relevantes estudos realizados acerca da aceitabilidade das tecnologias de medição e gerenciamento inteligente da energia em edifícios residenciais:

Kranz et al., (2010) estiveram entre os primeiros pesquisadores a investigarem a aceitação dos medidores inteligentes em um contexto residencial. Usando uma extensão do

Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) de Davis (1989), o modelo buscou investigar a aceitação dos medidores inteligentes na Alemanha a partir dos construtos base do TAM, (a) **Utilidade Percebida** e (b) **Facilidade de Uso Percebida**, além da incorporação de uma nova variável, (c) **Controle Subjetivo** que considera a capacidade percebida de controlar uma determinada tecnologia.

A Figura 16 ilustra o modelo baseado no TAM, utilizado nos estudos de Kranz et al. (2010).

Figura 16 - Modelo baseado no TAM, utilizado nos estudos de Kranz et al. (2010).



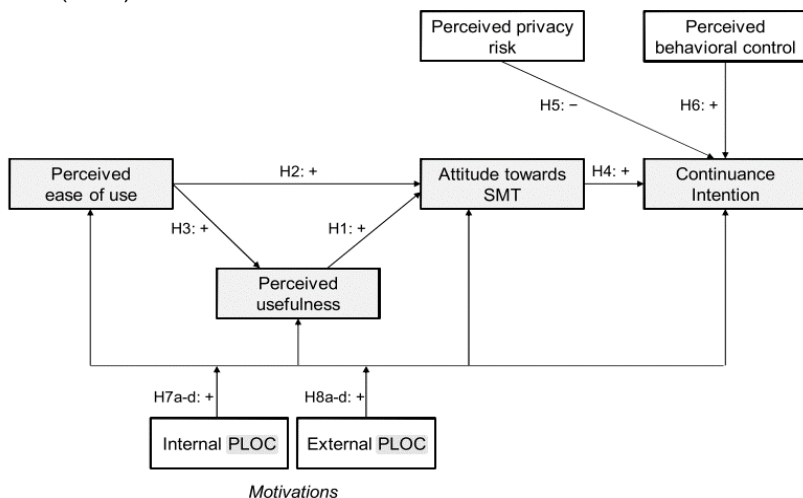
Fonte: KRANZ et al. (2010)

Como resultados, Kranz et al., (2010) reconheceram a consistência das premissas do TAM, de que a Utilidade Percebida e a Facilidade de Uso Percebida podem constituir duas variáveis importantes para a determinação da intenção de uso das tecnologias de SM. Além disso, constaram que a nova variável adicionada, Controle Subjetivo, surgiu como segundo mais forte preditor para a Intenção de Uso, ficando atrás apenas do construto Utilidade Percebida. Identificaram, ainda, que a variável “Atitude para Uso” realmente intermedia a influência da Facilidade de Uso Percebida, Utilidade Percebida e Controle Subjetivo para explicar uma quantidade substancial de variância para a Intenção de Uso dos SM. Dessa forma, o modelo utilizado por Kranz et al., (2010) foi capaz de explicar uma variabilidade de 54% na Intenção de Uso, sendo este um resultado notavelmente superior à variabilidade média de 30 a 40%, normalmente explicada pelo TAM (VENKATESH, 2000).

Wunderlich et al. (2012) estenderam um modelo de adoção de tecnologia desenvolvido por Malhotra et al. (2008), concebido originalmente sobre o Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) de Davis (1989). A partir dos seus estudos, buscaram investigar a continuidade na utilização das tecnologias de SM a partir de dados coletados de uma amostra composta por 933 consumidores de energia residentes na Alemanha e que já possuíam acesso às novas tecnologias.

De acordo com o modelo proposto por Wunderlich et al., ilustrado na Figura 17, a intenção de uso de uma tecnologia de SM estaria diretamente relacionada aos fatores, (a) **Utilidade Percebida**, (b) **Facilidade de Uso Percebida**, (c) **Percepção de Riscos à Privacidade** e a (d) **Percepção de Controle Comportamental** que, por sua vez, estaria relacionada a percepção quanto à existência de restrições ou condições facilitadoras, internas ou externas aos indivíduos, incluindo a sensação de auto eficácia, capazes de suportar a utilização das tecnologias. Para a avaliação dos construtos, os autores consideraram, ainda, um par de variáveis moderadoras, representando aspectos motivacionais internos e externos aos indivíduos e que poderiam influenciar a motivação para adoção das tecnologias.

Figura 17 - Modelo baseado no TAM, utilizado nos estudos de Wunderlich et al. (2012)



Fonte: WUNDERLICH et al. (2012)

Em suas conclusões, Wunderlich et al., constaram, de forma consistente às premissas do TAM de Davis (1989), que a Utilidade Percebida e a Facilidade de Uso Percebida constituiriam significantes preditores para a formação de uma Atitude favorável ao uso das tecnologias de SM. Reconheceram, ainda, que questões relacionadas à Percepção de Riscos à Privacidade, embora constituíssem um argumento central e frequente nas controvérsias públicas acerca da implementação dos novos sistemas de medição na Alemanha, não pareciam exercer qualquer efeito prático nas intenções de utilização das novas tecnologias de SM. Aos autores, parecia haver uma espécie de negociação interna, por parte dos usuários, a partir dos quais os benefícios superavam as preocupações com a privacidade. Ou, ainda, que estes simplesmente confiavam nos mecanismos de proteção da privacidade disponibilizados pelos sistemas. Este chamado “Paradoxo da Privacidade” constituiria um comportamento bastante conhecido em pesquisas com tecnologias de informação e poderiam decorrer da percepção dos usuários quanto aos níveis de sensibilidade das informações eventualmente disponibilizadas (MOTHERSBAUGH et al., 2012).

Alabdulkarim et al. (2012), por sua vez, propuseram um modelo híbrido composto pela Teoria Unificada de Aceitação e Uso de Tecnologia (UTAUT), de Venkatesh et al. (2003), e pela Teoria da Difusão da Inovação (IDT), de Rogers (1995), com o objetivo de investigar determinantes de aceitabilidade para os sistemas de SM na Holanda. Ante a definição do modelo, foram equacionados e incluídos, com base em estudos e experiências prévias, possíveis fatores determinantes, positivos e negativos, para aceitabilidade dos *Smart Meters*. Estes fatores, que contribuíram para a elaboração das hipóteses preliminares do modelo, e que constam relacionados na Tabela 11, serviram de base para a elaboração do questionário de pesquisa, cuja aplicação deu-se exclusivamente via e-mail para 315 consumidores de energia residentes na Holanda.

Tabela 11 - Determinantes de aceitabilidade utilizados por Alabdulkarim et al. (2012).

DETERMINANTES DE ACEITABILIDADE – ALABDULKARIM et al. (2012)		
IDT	(a) Observabilidade	O grau em que os resultados e benefícios do uso da inovação podem ser facilmente observados e comunicados a outros.
	(b) Compatibilidade	O grau em que a inovação é compatível com valores, habilidades e práticas dos potenciais adotantes.
	(c) Experimentabilidade	O grau em que uma inovação pode ser experimentada sem grandes esforços; o que pode ser implementada incrementalmente e ainda fornecer um benefício positivo líquido.
UTAUT	(d) Expectativa de Desempenho	Refere-se ao grau em que um indivíduo acredita que usar o sistema os ajudará a obter ganhos de desempenho.
	(e) Expectativa de Esforços	Refere-se ao grau de facilidade de usar o sistema.
	(f) Influência Social	Refere-se ao grau em que se julga ser importante a opinião de terceiros para a utilização do sistema.
Antecedentes de Rejeição	(g) Custos Financeiros Percebidos	Refere-se a obrigação financeira advindas da nova tecnologia e que não estavam presentes antes da introdução da nova tecnologia.
	(h) Percepção de Perda de Controle	Preocupações relativas à capacidade de desconexão remota dos serviços em qualquer momento, sem notificação prévia ou autorização dos consumidores.

	(i) Percepção de Riscos à Saúde	Preocupações com relação aos efeitos adversos da presença ou uso de determinada tecnologia na saúde dos membros da família.
	(j) Percepção de Riscos à Segurança e à Privacidade	Preocupação com a segurança das informações pessoais que podem resultar na divulgação ilegal de informações a terceiros não autorizadas ou intrusos.
Estimulantes de Aceitação	(k) Feedback Efetivo	Fornecer aos consumidores feedback de consumo que pode motivá-los a assumir um papel ativo em ações de resposta à demanda.
	(l) Arquitetura de Dados	Refere-se à arquitetura de armazenamento de dados do sistema, centralizada ou distribuída. Argumenta-se que o armazenamento de dados distribuído é favorecido pelos consumidores.
	(m) Consciência Tecnológica	A medida em que os consumidores sabem sobre medidores inteligentes.
	(n) Imagem Organizacional Percebida	Conhecimento dos consumidores sobre a organização que governa uma tecnologia, ou seja, operadores de rede elétrica para sistemas de medição inteligentes.
	(o) Influência da Mídia	A frequência ou extensão em que os SM são mencionados em diferentes canais de mídia, como jornais, rádio e internet.

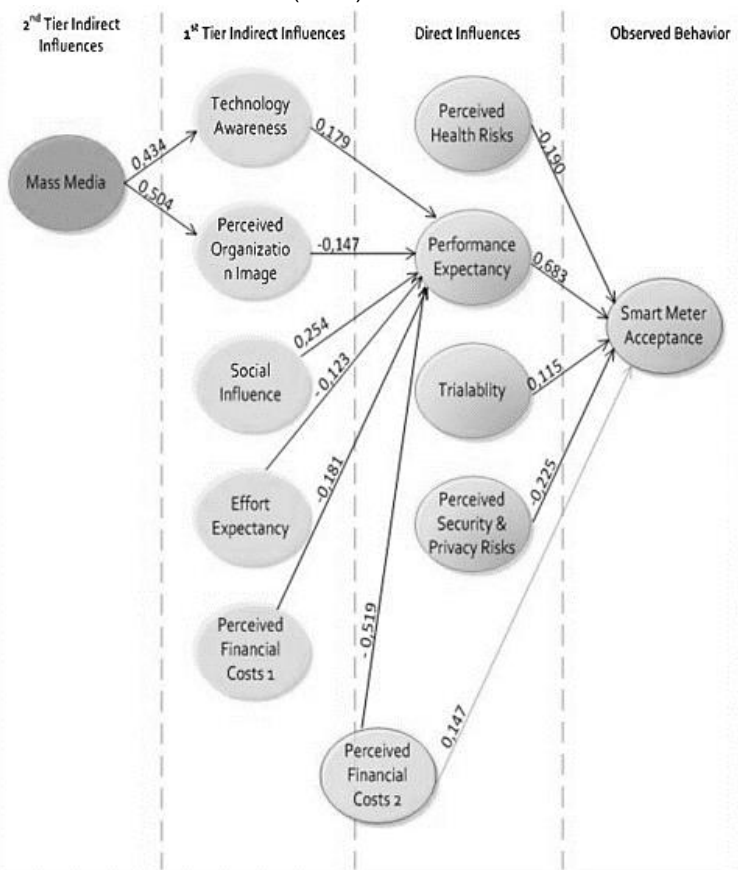
Fonte: Adaptado de ALABDULKARIM et al.(2012)

A Figura 18 ilustra o modelo estrutural de pesquisa utilizado por Alabdulkarim et al. (2012). Observa-se, porém, que os construtos (b) Percepção de Perda de Controle e (f) Arquitetura de

Dados acabaram sendo removidos do modelo final, uma vez que não apresentaram influências significativas para o modelo.

Como resultados, dentre os indicadores de aceitação inicialmente previstos na pesquisa de Alabdulkarim et al. (2012), a Expectativa de Desempenho provou ser o mais forte preditor direto de aceitação das tecnologias de SM, contrariando expectativas dos próprios pesquisadores que esperavam ser o construto Percepção de Riscos à Segurança e à Privacidade o fator de aceitação mais determinante para os consumidores. Assim, os quatro preditores mais influentes e diretos da aceitação de SM, conforme identificados por Alabdulkarim et al. (2012) foram, em ordem decrescente de significância: Expectativa de Desempenho, Percepção de Riscos à Segurança e à Privacidade, Percepção de Riscos à Saúde e Experimentalidade. As demais relações, diretas e indiretas, identificadas na pesquisa de Alabdulkarim et al. (2012) seguem demonstradas na Figura 18 Chou et al. (2015), ao considerarem que a adoção de novas tecnologias em diferentes cenários mundiais de implantação poderiam estar sujeitas a uma série de valores e normas nacionais, e que estes seriam capazes de alterar as percepções, preferências e valores sociais ante a adesão destas novas tecnologias, desenvolveram um estudo que pudesse examinar estas diferenças a partir de uma pesquisa conduzida com consumidores residenciais de energia elétrica residentes em quatro países asiáticos: Indonésia, Coréia do Sul, Taiwan e Vietnã. De acordo com os autores, enquanto que uma melhor compreensão acerca destas influências regionais poderia contribuir com a identificação de potenciais indicadores universais e regionais de aceitabilidade, sendo estes últimos resultantes de características socioeconômicas e culturais destes países, estes, por sua vez, poderiam constituir argumentos chave para que os formuladores de políticas pudessem promover, com maior sucesso, o desenvolvimento das redes inteligentes nos quatro países.

Figura 18 - Modelo híbrido baseado no IDT e no UTAUT, resultante dos estudos de Wunderlich et al. (2012).



Fonte: WUNDERLICH et al. (2012)

Baseados em um modelo ampliado do Modelo de Aceitação Tecnológica (TAM) de Davis (1989), a partir da incorporação de variáveis relacionadas a questões sociais, (a) Influência Social / Normas Subjetivas; questões individuais (b) Tarifa / Custo de Energia, (c) Privacidade e Segurança; e questões técnicas (d) Conteúdo do Programa / Características de Feedback e (e) Complexidade Tecnológica, os estudos conduzidos por Chou et al. (2015) permitiram concluir que as questões relativas às percepções do consumidor quanto à utilidade percebida, facilidade de uso e riscos na utilização das tecnologias de SM, constituíram

importantes preditores de aceitabilidade para consumidores da maioria dos países. No entanto, apenas a métrica compreendida pelo construto Expectativa de Satisfação do usuário destacou-se como preditor universal de aceitabilidade para consumidores de energia dos quatro países estudados.

A Tabela 12, a seguir, apresenta a síntese dos construtos considerados no estudo de Chou et al. (2015).

Tabela 12 - Construtos propostos por Chou e Yutami (2014) para o modelo TAM.

DETERMINANTES DE ACEITABILIDADE – CHOU e YUTAMI (2014)	
CONSTRUTOS	DEFINIÇÃO
Intenção Comportamental de Uso	Uma medida de força da intenção do usuário em realizar um comportamento específico
Atitude em favor do Comportamento de Uso	Sentimentos positivos ou negativos de um indivíduo (efeito avaliativo) sobre a realização do comportamento alvo
Expectativa de Utilidade Percebida	O grau em que um indivíduo espera que o uso da tecnologia melhore seu desempenho
Expectativa de Facilidade de Uso Percebida	O grau em que um indivíduo espera ser livre de esforços utilizar uma determinada tecnologia
Risco Percebido	Incerteza que afeta a confiança das pessoas em suas decisões
Expectativa de Satisfação do usuário	O grau em que um usuário espera que as informações fornecidas atendam às suas necessidades
Influência Social	Percepção individual acerca das influências provenientes de outros acerca do comportamento em questão
Conteúdo/Capacidades do Programa	Ferramentas de software criadas pelo fornecedor projetadas para completar as tarefas solicitadas pelo usuário
Complexidade Tecnológica	Percepção individual da dificuldade em entender e usar novas tecnologias
Preço/Tarifa da Energia	Custos relacionados à tecnologia e a energia
Preocupação com Privacidade e Segurança	Crenças acerca dos processos, atividades, sistemas ou tarefas que protegem a confidencialidade, integridade e acessibilidade das informações e dados disponíveis

Fonte: Adaptado de CHOU e YUTAMI (2014)

A Tabela 13, a seguir, apresenta um compilado da Experiência Internacional em pesquisas de aceitabilidade das tecnologias de SM.

Tabela 13 - Compilado da Experiência Internacional em pesquisas de aceitabilidade das tecnologias de SM.

	Kranz et al. (2010)	Wunderlich et al. (2012)	Alabdulkarim et al. (2012)	Chou et al. (2015)			Frequência Indicadores
				Taiwan	Coreia do Sul	Indonésia	
	Alemanha	Alemanha	Holanda		Vietnã		
EXPECTATIVA DE DESEMPENHO	► Utilidade Percebida (UP)					✓ UP	7
	► Motivação Extrínseca (ME)	✓ UP				✓ UP	
	► Adequabilidade ao Trabalho (AT)						
	► Vantagem Relativa (VR)						
	► Expectativa de Resultados (ER)						
EXPECTATIVA DE ESFORÇO	► Facilidade de Uso Percebida (FU)	✓ FU	✓	✓	✓	✓ FU	7
	► Complexidade (CO)			✓		✓	4
VALOR DO PREÇO							
INFLUÊNCIA SOCIAL	► Norma Subjetiva (NS)					✓	3
	► Fatores Sociais (FS)					NS - FS	
	► Imagem (IM)						
CONDICIONES FACILITADORAS	► Controle Percebido (CP)	✓ CP					2
	► Condições Facilitadoras (CF)						
	► Compatibilidade (CB)						
	► Percepção de Riscos à Segurança e à Privacidade (PR)		✓	✓	✓	✓	5
OUTROS	► Conteúdo e Feedback (CF)		✓	✓	✓	✓	5
	► Influência da Mídia (IM)			✓			1
	► Conscientização Tecnológica (CT)			✓			1
	► Imagem Organizacional Percebida (IO)			✓			1
	► Percepção de Riscos à Saúde (P5)			✓			1

Fonte: Elaborado pelo autor

3. METODOLOGIA

Observando os preceitos de Minayo (1993, p.23), a pesquisa científica consiste na “atividade básica das ciências na sua indagação e descoberta da realidade. Trata-se de uma atitude e prática teórica de constante busca que define um processo intrinsecamente inacabado e permanente. É uma atividade de aproximação sucessiva da realidade que nunca se esgota, fazendo uma combinação particular entre teoria e dados”.

Dessa forma, o presente estudo pretende ampliar, mas não esgotar, a compreensão dos fatores que afetam a intenção dos consumidores de energia em adotar e utilizar sistemas de gerenciamento e medição inteligentes de energia que, nos próximos anos, passarão a ser gradualmente oferecidos aos consumidores residenciais pelas concessionárias de energia elétrica de todo o país.

3.1. O MÉTODO DE PESQUISA

A fim de alcançar os objetivos propostos, o presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem (a) **quantitativa** e (b) **dedutiva**, de natureza (c) **aplicada** e classificada como (d) **exploratória** e (e) **descritiva**. O método de coleta de dados baseia-se em (f) **pesquisa bibliográfica** seguida de pesquisa do tipo (f) **“survey”**.

A construção das hipóteses utilizadas nesta pesquisa deriva do modelo estendido da Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT2), enquanto que a coleta dos dados quantitativos, necessários para a aplicação do modelo proposto, decorre da aplicação de pesquisa (*survey*) elaborada sobre uma escala “Likert” de cinco pontos realizada exclusivamente via e-mail com participantes localizados na região sul do Brasil.

Nas seções a seguir, serão apresentadas as justificativas para os enquadramentos metodológicos propostos e a descrição dos procedimentos utilizados nesta pesquisa.

3.2. O MODELO TEÓRICO E HIPÓTESE DE PESQUISA

A revisão da literatura sobre aceitabilidade de tecnologias de informação e comunicação (TIC), conforme brevemente apresentado no capítulo anterior, revela a existência de uma

grande variedade de estudos e modelos teóricos destinados a identificar e explicar a aceitação e o uso das TICs em múltiplos aspectos da vida moderna. Ainda, esclarece que a intenção de adotar e utilizar uma determinada tecnologia, no contexto dos seus usuários, é impulsionada por um grande número de fatores que podem variar em decorrência de uma grande variedade de motivos – sociais, demográficos, econômicos, políticos, culturais, além de outros.

Suportados pela literatura, o presente Modelo de Pesquisa e suas respectivas hipóteses de aceitação e utilização, tendo em vista o iminente cenário de difusão de novos mecanismos de gerenciamento e informação possibilitados pelos medidores inteligentes de energia (Smart Meters – SM), consideram (a) a literatura de referência, utilizando-se de argumentos levantados durante a etapa de fundamenta teórica e a revisão bibliográfica, (b) a experiência internacional, representada pela recorrência no casos de implementação mundial e estudos de aceitabilidade dos SM (Tabela 13), além das premissas originalmente propostas pela (c) Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT2), de Venkatesh et al. (2012). No que concerne à pesquisa de Venkatesh et al. (2012) optou-se pela **supressão** da variável **Hábito** e a incorporação de aspectos relacionados à **Motivação Hedônica** a nova variável, **Conteúdo Tecnológico e o Feedback (CT)**. No que diz respeito à variável **Hábito**, argumenta-se que, em se tratando da inserção de uma nova tecnologia no mercado nacional, não é possível inferir qualquer relação, positiva ou negativa, entre o Hábito e a Intenção de Uso pelos seus potenciais usuários. Já, para a não determinação de uma variável exclusiva para **Motivação Hedônica**, considerou-se a ausência de suporte da literatura de referência (Tabela 13) sob o argumento principal de que os mecanismos de medição e gerenciamento inteligente de energia não atenderiam a esta finalidade. Todavia, a perspectiva de que incorporação de mecanismos de gamificação (FLETCHER; JAMES; WEARN, 2013), como comparativos sociais (anônimos ou não) e sistemas de recompensas (achievements), poderem estimular o engajamento social e incorporação dos SM ao cotidiano dos consumidores, motivou-se a consideração de aspectos relacionados à Motivação Hedônica na presente pesquisa. Por último, acerca das variáveis moderadoras, optou-se pela adição das variáveis **Renda Familiar** e **Consumo** (CHOU et al., 2015) e pela **manutenção** das variáveis **Idade** e **Gênero**

apresentados por Venkatesh et al. (2012) a fim de testar seu impacto nas variáveis do presente modelo.

Ante o exposto, apresentam-se os construtos, seguidos dos argumentos e respectivas hipóteses utilizadas nesta pesquisa:

a. Expectativa de Desempenho (ED)

Refere-se ao grau em que um indivíduo espera que a Medição Inteligente seja útil e ofereça vantagens em comparação à forma atual de operar. É suportada pelas pesquisas de Kranz et al. (2010), Wunderlich et al. (2012), Alabdulkarim et al. (2012) e Chou et al. (2015), além de constituir argumento base para o modelo UTAUT2 de Venkatesh et al. (2012).

H1. A Expectativa de Desempenho influencia a Intenção de Uso dos SM.

H9. O Gênero afeta a influência da ED para Intenção de Uso dos SM.

H17. A Idade afeta a influência da ED para Intenção de Uso dos SM.

H25. A Renda afeta a influência da ED para Intenção de Uso dos SM.

H33. O Consumo afeta a influência da ED para Intenção de Uso dos SM.

b. Expectativa de Menor Esforço (EE)

Refere-se ao grau em que um indivíduo acredita que a utilização de determinada tecnologia será livre de esforços. É suportada pelas pesquisas de Kranz et al. (2010), Wunderlich et al. (2012), Alabdulkarim et al. (2012) e Chou et al. (2015), além de constituir argumento base para o modelo UTAUT2 de Venkatesh et al. (2012).

H2. A Expectativa de Menor Esforço influencia a Intenção de Uso dos SM.

H10. O Gênero afeta a influência da EE para Intenção de Uso dos SM.

H18. A Idade afeta a influência da EE para Intenção de Uso dos SM.

H26. A Renda afeta a influência da EE para Intenção de Uso dos SM.

H34. O Consumo afeta a influência da EE para Intenção de Uso dos SM.

c. Valor do Preço (VP)

Considera que questões financeiras podem afetar as decisões de adoção e/ou utilização de uma determinada tecnologia. É suportado pelas pesquisas de Alabdulkarim et al. (2012), e Chou et al. (2015), além de constituir argumento base para o modelo UTAUT2 de Venkatesh et al. (2012).

H3. O Valor do Preço influencia a Intenção de Uso dos SM.

H11. O Gênero afeta a influência do VP para Intenção de Uso dos SM.

H19. A Idade afeta a influência do VP para Intenção de Uso dos SM.

H27. A Renda afeta a influência do VP para Intenção de Uso dos SM.

H35. O Consumo afeta a influência do VP para Intenção de Uso dos SM.

d. Influência Social (IS)

Refere-se ao grau em que o indivíduo considera importante a opinião de outros sobre utilização dos novos sistemas. É suportado pelas pesquisas de Alabdulkarim et al. (2012) e Chou et al. (2015), nos países Coréia do Sul e Indonésia, além de constituir argumento base para o modelo UTAUT2 de Venkatesh et al. (2012).

H4. A Influência Social influencia a Intenção de Uso dos SM.

H12. O Gênero afeta a influência da IS para Intenção de Uso dos SM.

H20. A Idade afeta a influência da IS para Intenção de Uso dos SM.

H28. A Renda afeta a influência da IS para Intenção de Uso dos SM.

H36. O Consumo afeta a influência da IS para Intenção de Uso dos SM.

e. Condições Facilitadoras (CF)

Refere-se ao grau em que um indivíduo acredita que existe uma infraestrutura organizacional e técnica para apoiar o uso da Medição Inteligente. É suportada pelas pesquisas de Kranz et al. (2010) e Wunderlich et al. (2012), além de constituir argumento base para o modelo UTAUT2 de Venkatesh et al. (2012).

H5. A existência, ou não, de Condições Facilitadoras influencia a Intenção de Uso dos SM.

H13. O Gênero afeta a influência das CF para Intenção de Uso dos SM.

H21. A Idade afeta a influência das CF para Intenção de Uso dos SM.

H29. A Renda afeta a influência das CF para Intenção de Uso dos SM.

H37. O Consumo afeta a influência das CF para Intenção de Uso dos SM.

f. Expectativa de menor Risco (ER)

Refere-se ao grau em que um indivíduo acredita que a utilização de uma tecnologia é livre de riscos à privacidade e/ou à segurança. É suportada pelas pesquisas de Wunderlich et al. (2012), Alabdulkarim et al. (2012) e Chou et al. (2015), exceto no Vietnã.

H6. A Expectativa de menor Risco influencia a Intenção de Uso dos SM.

H14. O Gênero afeta a influência da PR para Intenção de Uso dos SM.

H22. A Idade afeta a influência da PR para Intenção de Uso dos SM.

H30. A Renda afeta a influência da PR para Intenção de Uso dos SM.

H38. O Consumo afeta a influência da PR para Intenção de Uso dos SM.

g. Conteúdo Tecnológico e o Feedback (CT)

Refere-se ao grau em que um indivíduo acredita que a tecnologia dispõe das ferramentas e qualidades necessárias para completar as tarefas ansiadas pelos usuários. É suportado pelas

pesquisas de Alabdulkarim et al. (2012) e de Chou et al. (2015), nos países de Taiwan, Coréia do Sul, Indonésia e Vietnã.

H7. O Conteúdo Tecnológico e o Feedback influenciam a Intenção de Uso dos SM.

H15. O Gênero afeta a influência das CT para Intenção de Uso dos SM.

H23. A Idade afeta a influência das CT para Intenção de Uso dos SM.

H31. A Renda afeta a influência das CT para Intenção de Uso dos SM.

H39. O Consumo afeta a influência das CT para Intenção de Uso dos SM.

h. Disponibilidade de Informação (DI)

Refere-se à ampla disponibilidade de informações, potencializadas pela frequência ou extensão em que os SM são mencionados em diferentes canais de comunicação, como jornais, rádio e internet. Embora não constitua argumento frequente nas pesquisas de aceitabilidade do usuário, o critério é respaldado pela pesquisa de Alabdulkarim et al. (2012), referenciada como Influência da Mídia. Argumenta-se, neste trabalho, que a “Disponibilidade de Informação” sobre os sistemas e suas funcionalidades, em sua interface com o usuário, constitua argumento chave para a aceitação dos SM.

H8. A Disponibilidade de Informação influencia a Intenção de Uso dos SM.

H16. O Gênero afeta a influência da DI para Intenção de Uso dos SM.

H24. A Idade afeta a influência da DI para Intenção de Uso dos SM.

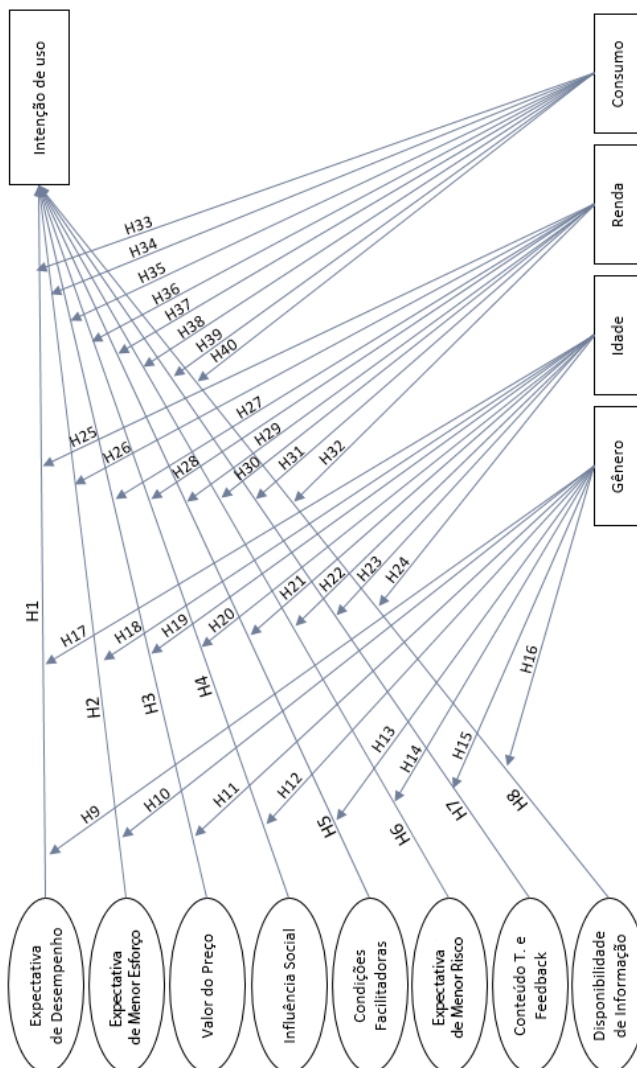
H32. A Renda afeta a influência da DI para Intenção de Uso dos SM.

H40. O Consumo afeta a influência da DI para Intenção de Uso dos SM.

Assim, conforme Figura 19, este estudo baseia-se em oito variáveis independentes, uma variável dependente e quatro variáveis moderadoras. As variáveis independentes são: Expectativa de Desempenho (ED), Expectativa de menor Esforço (EE), Valor de Preço (VP), Influência Social (IS), Condições

Facilitadoras (CF), Expectativa de menor Risco (ER), Conteúdo Tecnológico e Feedback (CT) e Disponibilidade de Informação (DI). A variável dependente é representada pela Intenção de Uso (IU) e as variáveis moderadoras são Gênero (G), Idade (I), Renda (R) e Consumo (C).

Figura 19 - Modelo proposto de pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor

3.3. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

3.3.1. Quanto à abordagem da pesquisa (a) e (b)

De acordo com Creswell (2003), existem duas abordagens principais aplicadas em pesquisas: Pesquisa Qualitativa e Pesquisa Quantitativa. Enquanto a pesquisa quantitativa é aquela que trata de dados numéricos a partir do emprego de métodos de coleta e análise de dados que também utilizam e produzem dados numéricos, a pesquisa qualitativa utiliza métodos de coleta e análise de dados especificamente projetados para dados não numéricos. (CRESWELL, 2003)

Há também uma segunda tipologia de abordagem de pesquisa (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2012): Abordagem Dedutiva e Abordagem Indutiva. De acordo com os autores, a abordagem dedutiva de pesquisa decorre da elaboração de hipóteses e teorias, que posteriormente são testadas por teorias pré-definidas e concebidas especificamente para o assunto de pesquisa. Em contrapartida, a pesquisa indutiva segue lógica inversa, na medida em que propõe desenvolver teorias baseadas em resultados de análise de dados.

Com base na discussão acima, a presente pesquisa será essencialmente de ordem (a) **quantitativa**, uma vez que envolve a coleta e análise de dados em formato numérico. Também como não há intenção de generalização dos resultados e há perguntas predefinidas a serem respondidas, além de um modelo a ser testado pela análise de dados, esta pesquisa adota a abordagem (b) **dedutiva** à pesquisa.

3.3.2. Quanto a natureza da pesquisa (c)

Seguindo os ensinamentos de Silveira e Córdova (2009), existem duas classificações possíveis quanto a natureza das pesquisas: (a) Pesquisa Básica e (b) Pesquisa Aplicada.

Enquanto a Pesquisa Básica objetiva gerar novos conhecimentos, úteis para o avanço da Ciência, mas sem aplicação prática prevista, a Pesquisa Aplicada, em contrapartida, busca gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos e envolvendo verdades e interesses locais

Assim, quanto a natureza da pesquisa, este trabalho classifica-se como uma pesquisa (c) aplicada, uma vez que pretende esclarecer fatores práticos, dentro de um limitado horizonte de tempo (período de difusão dos projetos de REI no Brasil) e espaço (delimitado pelo grupo amostral), que afetam a intenção dos consumidores de energia em utilizar tecnologias de medição e gestão inteligente de energia.

3.3.3. Quanto aos objetivos de pesquisa (d) e (e)

De acordo com Gil (2008), as pesquisas podem ser classificadas em três categorias principais: exploratória, descritiva e explicativa.

A pesquisa exploratória tem por objetivo proporcionar maior familiaridade com determinado problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. As pesquisas descritivas, por sua vez, têm como objetivo principal a descrição de características de determinada população ou fenômeno em áreas de pesquisa onde o problema é bem conhecido e bem estruturado e não há necessidade de investigar a relação de causa e efeito entre os fatores. Já a pesquisa explicativa, ao contrário da descritiva, visa analisar as relações de causa e efeito e pretende explicar qual causa produz o efeito. (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009)

A presente pesquisa apresenta qualidades de natureza tanto (d) **exploratória**, quanto (e) **descritiva**. É exploratória, na medida em que busca elaborar, através de revisão da literatura, um modelo baseado em hipóteses e teorias de aceitabilidade tecnológica, a fim de identificar as potenciais variáveis de aceitabilidade e engajamento social acerca das tecnologias de medição e gerenciamento inteligente de energia, dentro de um grupo amostral. Ainda, como pesquisa descritiva, este trabalho preocupa-se em identificar os fatores que influenciam a adoção e efetiva utilização das tecnologias de medição e gestão inteligente de energia com vistas a elaboração do modelo que estrutura a fase exploratória. De acordo com Perovano, (2014), esse tipo de pesquisa pode ser entendida como um estudo de caso onde, após a coleta de dados, é realizada uma análise das relações entre as variáveis para uma posterior determinação do efeitos resultantes.

3.3.4. Quanto ao procedimento de pesquisa (f)

A definição da estratégia de pesquisa é um passo fundamental para avançar na investigação, uma vez que definirá o método de coleta de dados tendo em vista os objetivos propostos para o trabalho. De acordo com Silveira e Córdova (2009), existem pelos menos doze métodos diferentes de abordar a coleta de dados em uma pesquisa. Dentre eles, a (e) **pesquisa com questionário**, adotada no presente trabalho, é descrita como um procedimento para obtenção de dados primários sobre comportamento, intenções, atitudes, percepções, motivações, características demográficas e estilo de vida de um determinado grupo de pessoas, indicado como representante de uma população alvo sendo, portanto, uma adequada ferramenta de investigação.

3.3.5. População e Amostra de Pesquisa

Segundo os ensinamentos de Sekaran, (2013), população é o conjunto de elementos, pessoas ou eventos que apresentam as características que serão objeto de estudo. Uma vez que a população da presente pesquisa abrange um extenso grupo formado por unidades consumidoras de energia elétrica do Grupo B, a definição de qualquer amostra probabilística mostrou-se impraticável.

Assim, diante da impossibilidade de obtenção dos dados em quantidade suficiente para a obtenção da amostra probabilística, a presente pesquisa limitou-se à obtenção de uma amostra de conveniência, não representativa da população, pelo qual seus resultados só se aplicam a ela mesma (SEKARAN, 2013).

Dessa forma, o grupo amostral formado por 240 respondentes obtidos para esta pesquisa, foi obtido livremente a partir de consumidores residenciais de energia que tiveram acesso e optaram por responder os questionários publicados nas mídias sociais, distribuídos a partir de comunicadores instantâneos ou recebidos diretamente via e-mail.

3.3.6. Instrumento de Coleta de Dados

Uma vez que a construção das hipóteses e modelo de pesquisa derivam de um modelo estendido da Teoria Unificada de

Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT2), cuja validação requer ampla disponibilidade de dados quantitativos, a presente pesquisa foi conduzida em formato de **questionário**, a partir de questões fechadas e elaboradas de forma a refletirem as hipóteses que se pretendia testar, tendo em vista a estrutura de pesquisa originalmente proposta por Venkatesh et al. (2012), além da literatura de referência (Tabela 13).

Para a obtenção dos dados relativos aos indicadores de aceitabilidade, optou-se pela utilização da escala “**Likert**” de cinco pontos, variando desde “Eu discordo completamente” até “Eu concordo completamente”. De acordo com Fishbein e Ajzen (1975), a escala “Likert” mostra-se não apenas adequada para o levantamento das atitudes e opiniões de um grupo amostral, mas constituem um dos formatos de perguntas mais comuns utilizadas em pesquisas de opinião.

Para a obtenção dos dados relativos às variáveis caracterizadoras, foram elaboradas questões fechadas de múltipla escolha, sendo que os critérios utilizados foram os seguintes: A Renda familiar foi analisada em faixas de salários mínimos (SM) nas categorias: menos de 2 SM, de 2 a 4 SM, de 4 a 10 SM, de 10 a 20 SM e mais 20 SM, que corresponde respectivamente às classes sociais (E, D, C, B, A), segundo critério IBGE (2008); Para a Faixa Etária utilizou-se de um critério de aproximação por gerações de consumo (BYRD et. Al, 2014) e; O Consumo de energia elétrica mensal foi analisado, simultaneamente, em kWh e R\$, com segmentação conforme plano de expansão da Tarifa Branca no Brasil (ANEEL, 2016), que corresponde respectivamente a 250 kWh e 500 kWh, sendo que a opção de escolha em R\$ esteve disponível apenas para aqueles que desconheciam o seu consumo em R\$. O fator de conversão utilizado foi a tarifa convencional praticada pela CELESC para o subgrupo B1, acrescidos de impostos aproximados (CELESC, 2017).

Ainda, para que pudessem ser antecipados eventuais problemas e/ou dúvidas decorrentes da aplicação do Instrumento de coleta de dados, procedeu-se à aplicação de um pré-teste que foi conduzido com um grupo amostral heterogêneo, composto por 6 indivíduos consumidores de energia e integrantes de contextos familiares diversos.

Deste pré-teste, uma vez que os elementos desta pesquisa tratam de questões ainda relativamente desconhecidas por

grande parte da população, identificou-se a necessidade de serem providenciados, preliminarmente, esclarecimentos mínimos acerca destas tecnologias. Dessa forma, elaborou-se um vídeo introdutório, com duração aproximada de 01 minuto, com o objetivo de explicar o que é o medidor inteligente, suas mais notáveis diferenças em relação aos medidores convencionais de energia e, principalmente, fornecer um panorama acerca dos novos mecanismos de gerenciamento e informação energéticas oportunizadas por estas novas tecnologias.

O questionário resultante foi, então, operacionalizado em plataforma web, via Google Forms (Apêndice A), de acordo com a Tabela 14 e a Tabela 15. Os participantes foram convidados predominantemente via email, mediante apresentação de carta convite (Apêndice B).

Tabela 14 - Operacionalização da Pesquisa - Variáveis Caracterizadoras.

CRITÉRIO	CONTEÚDO DE PESQUISA	
Gênero	Masculino	
	Feminino	
Faixa Etária	Prefiro não informar	
	Até 1940 (Acima de 78 anos)	
	De 1941 a 1960 (De 58 a 77 anos)	
	De 1961 a 1980 (De 38 a 57 anos)	
	De 1981 a 2000 (De 18 a 37 anos)	
Renda Familiar	A partir de 2001 (Abaixo de 18 anos)	
	Prefiro não informar	
	Até 02 salários mínimos	
	De 02 a 04 salários mínimos	
	De 04 a 10 salários mínimos	
Faixa de Consumo	De 10 a 20 salários mínimos	
	Acima de 20 salários mínimos	
	Não sei informar	Não sei informar
	Até 249 kWh	Até R\$135,00
	Entre 250 e 499 kWh	Entre R\$135,00 e R\$275,00
	Superior a 500 kWh	Acima de R\$275,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 15 - Operacionalização da Pesquisa - Critério de Aceitabilidade.

CONSTRUCTO	CONTEÚDO DE PESQUISA	
ED	ED1	Acredito que o medidor inteligente será útil em minha residência.
	ED2	Acredito que o medidor inteligente possibilitará um controle mais eficiente do consumo energético em minha residência.
	ED3	Acredito que o medidor inteligente contribuirá para a redução dos impactos ambientais causados pelo consumo energético em minha residência.
	ED4	Acredito que o medidor inteligente permitirá uma redução em minha conta de energia elétrica.
EE	EE1	Acredito que, a partir da instalação do medidor inteligente, será mais fácil obter a informação que eu preciso.
	EE2	Acredito que as informações disponibilizadas pelo meu medidor inteligente serão comunicadas de uma forma acessível e amigável.
VP	VP1	Acredito que o medidor inteligente deveria ser gratuito.
	VP2	Acredito que o medidor inteligente deveria vir acompanhado de um mecanismo de interface e gerenciamento energético, gratuito.
	VP3	Eu estaria disposto a pagar uma diferença para obter um mecanismo de interface mais avançado, capaz oferecer mais controle e mais informações acerca do desempenho energético da minha residência.
IS	IS1	Acredito que me sentiria mais estimulado a utilizar os recursos de gerenciamento energético disponibilizados pelo meu medidor inteligente se minha família também apoiasse a ideia.
	IS2	Acredito que me sentiria mais estimulado a utilizar os recursos de gerenciamento energético disponibilizados pelo meu medidor inteligente se meus amigos também apoiassem a ideia.
	IS3	Acredito que me sentiria mais estimulado a utilizar os recursos de gerenciamento

		energético disponibilizados pelo meu medidor inteligente se as pessoas do meu convívio social também apoiassem a ideia.
CF	CF1	Acredito que terei os conhecimentos necessários para gerenciar as informações disponibilizadas no âmbito dos novos sistemas de medição inteligente.
	CF2	Acredito que eu tenha a quem recorrer caso tenha dúvidas para compreender ou operar as informações disponibilizadas no âmbito dos novos sistemas de medição inteligente.
	CF3	Acredito ser importante a disponibilização de um serviço de apoio ao cliente para sanar dúvidas quanto à compreensão ou operação dos recursos disponibilizados no âmbito dos novos sistemas de medição inteligente.
ER	ER1	Acredito que as informações coletadas e disponibilizadas pelo meu medidor inteligente estarão seguras contra o ataque de hackers e pessoas não autorizadas.
	ER2	Acredito que a rede elétrica interna e dispositivos inteligentes da minha residência estarão seguros contra o ataque de hackers e pessoas não autorizadas.
	ER3	Acredito ser importante que as informações coletadas e disponibilizadas pelo meu medidor inteligente sejam mantidas em absoluto sigilo, sendo apenas compartilhadas com terceiros se, e quando, expressamente autorizadas por mim.
CT	CT1	Eu gostaria que meu medidor inteligente dispusesse de uma interface adequada para o gerenciamento dos recursos e informações de consumo energético coletadas.
	CT2	Eu gostaria que meu medidor inteligente fosse capaz de comunicar as informações coletadas, via smartphone, tablet ou outro dispositivo conectado à internet.
	CT3	Eu gostaria de poder acessar os recursos do meu medidor inteligente através de um mostrador físico localizado internamente à minha residência.

	CT4	Eu gostaria de poder acessar os recursos do meu medidor inteligente através de um portal na internet.
	CT5	Eu gostaria de poder acessar os recursos do meu medidor inteligente através de um aplicativo para dispositivos móveis.
	CT6	Eu gostaria que meu medidor inteligente fosse capaz de fornecer informações acerca de recompensas, incentivos, programas de metas e outras medidas que estimulem o consumo mais eficiente de energia.
	CT7	Eu gostaria que meu medidor inteligente fosse capaz de fornecer dicas e sugestões sobre como reduzir o meu consumo.
	CT8	Eu gostaria que meu medidor inteligente fosse capaz de gerenciar novos sistemas residenciais inteligentes, como eletrodomésticos inteligentes, termostatos, [...] visando o gerenciamento remoto e mais eficiente destes dispositivos.
	CT9	Acerca das novas modalidades de tarifação, considero importante a disponibilização de um mecanismo de tarifação dinâmica, como a Tarifa Branca, que permita tarifas variáveis ao longo do dia, acompanhando o custo da geração da energia.
	CT10	Relativo às novas modalidades de faturamento possibilitadas pelos medidores inteligentes, considero importante a disponibilização de um mecanismo de pré-pagamento.
DI	DI1	Acredito que se eu tivesse mais informações sobre os sistemas de medição inteligente e suas funcionalidades para um melhor gerenciamento energético residencial, me sentiria mais confiante para aderir e utilizar estas tecnologias.
	DI2	Acredito que uma maior divulgação dos sistemas de medição inteligente e suas funcionalidades para um melhor gerenciamento energético residencial, poderia colaborar com a difusão e o interesse da população na tecnologia

IU	IU1	Baseado em minhas expectativas com as novas tecnologias de medição e gestão inteligente da energia, eu tenho interesse em instalar um medidor inteligente e fazer uso dos novos mecanismos de gerenciamento energético disponibilizados.
----	-----	--

Fonte: Elaborado pelo autor

3.4. MÉTODO PARA VALIDAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A estatística descritiva é um ramo da estatística que aplica várias técnicas para descrever e sumarizar um conjunto de dados com o objetivo principal de organizar e sumarizar dados de uma pesquisa. Esse princípio faz da estatística descritiva independente.

Para a análise descritiva das variáveis de caracterização da amostra foram utilizadas as frequências absolutas e relativas, enquanto que para descrever os itens dos constructos foram utilizados média e desvio padrão, além do intervalo percentílico bootstrap de 95% de confiança (EFRON; TIBSHIRANI, 1993).

Já, para a avaliação das hipóteses, bem como das relações entre os constructos, conforme previstos no modelo de pesquisa, utilizou-se uma técnica de modelagem de equações estruturais a partir da abordagem PLS. A abordagem PLS (Partial Least Square) (VINZI, et al., 2010) foi desenvolvida como uma alternativa a abordagem tradicional baseada na matriz de covariância (CBSEM), sendo uma técnica que oferece maior flexibilidade na modelagem dos dados, uma vez que não é necessário satisfazer algumas suposições mais rígidas tais como a normalidade multivariada dos dados, independência entre as observações e tamanho amostral elevado.

O processo de modelagem de equações estruturais divide-se em duas partes: (i) Modelo de Mensuração e (ii) Modelo Estrutural. Para verificar a validade do modelo de mensuração, ou seja, da capacidade do conjunto de indicadores de cada constructo representar com precisão seu respectivo conceito, foram avaliadas a dimensionalidade, confiabilidade e validade convergente. Para verificar a validade convergente foi utilizado o critério proposto por Fornell e Larcker (1981), que indica validação convergente quando a Variância Média Extraída – AVE for superior a 50% (HENSELER, et al., 2009) ou 40% no caso de

pesquisas exploratórias (NUNNALLY, et al., 1994). Para mensurar a confiabilidade foi utilizado o Alfa de Cronbach (A.C.) e a Confiabilidade Composta (C.C.) (CHIN, 1998). De acordo com Tenenhaus, et al. (2005) os indicadores A.C. e C.C. devem ser maiores que 0,70 para uma indicação de confiabilidade do constructo, sendo que em pesquisas exploratórias valores acima de 0,60 também são aceitos (HAIR, et. al, 2009). Para a validade discriminante foi utilizado o critério de Fornell e Larcker. (1981), que garante a validade discriminante quando a variância extraída (AVE) de um constructo for maior que a variância compartilhada desse constructo com os demais. Para verificar a dimensionalidade dos constructos foi utilizado o critério de Kaiser (1958) que retorna a quantidade de dimensões do constructo.

Para verificar o efeito moderador das variáveis de caracterização sobre a relação entre cada constructo e a variável Intenção de uso (IU), foi ajustado um modelo contendo a interação dos constructos com cada variável caracterizadora. Um efeito moderador é causado por uma variável que influencia na força ou na direção da relação entre uma variável independente e uma variável dependente (BARON; KENNY, 1986). Cabe destacar que a variável moderadora é considerada apenas no modelo estrutural.

O método Bootstrap foi utilizado para calcular os intervalos de confiança para os pesos do modelo de mensuração e dos coeficientes do modelo estrutural, fornecendo informações sobre a variabilidade dos parâmetros estimados, provendo assim uma importante validação dos resultados. O método bootstrap (EFRON; TIBISHIRANI, 1993) é muito utilizado na realização de inferências quando não se conhece a distribuição de probabilidade da variável de interesse.

Para avaliar a qualidade dos ajustes foram utilizados o R^2 e o GoF (TENENHAUS, et al., 2004). O R^2 representa em uma escala de 0% a 100% o quanto os constructos independentes explicam os dependentes, sendo que, no geral, valores menores que 25% representam capacidade explicativa fraca, valores entre 25% e 50% indicam capacidade explicativa moderada e valores acima de 50% evidenciam uma capacidade explicativa substancial (HAIR, et al., 2014). Já o GoF é uma média geométrica das AVEs dos construtos e dos R^2 do modelo e também varia de 0% a 100%. O GoF em PLS, não tem a capacidade de discriminar modelos válidos de inválidos, além de não se aplicar para modelos com

constructos formativos (HENSELER; SARSTEDT, 2012), apenas permite uma síntese das AVEs e dos R^2 do modelo em uma única estatística, podendo ser útil para futuras comparações de aderência de diferentes amostras ao modelo.

Com o intuito de comparar os indicadores do modelo estrutural em relação às variáveis caracterizadoras foram utilizados os testes de Mann-Whitney (HOLLANDER e Wolfe, 1999) e Kruskal-Wallis (HOLLANDER; WOLFE, 1999). Além disso, quando o teste de Kruskal-Wallis evidenciou diferença significativa, foi utilizado o teste de Nemenyi (HOLLANDER e Wolfe, 1999) para as comparações múltiplas.

O software utilizado nas análises foi o R (versão 3.4.4).

4. VALIDAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

4.1. DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS

O banco de dados foi formado por 240 respondentes e por 36 variáveis (itens), sendo 4 variáveis de caracterização e 31 variáveis relacionadas a 9 constructos (Expectativa de desempenho, Expectativa de menor esforço, Valor do preço, Influência social, Condições facilitadoras, Expectativa de menor Risco, Conteúdo tecnológico e feedback, Disponibilidade de informação e Intenção de uso. Num total de 7.440 respostas para as 31 questões sobre os constructos, foram encontradas 12 (0,16%) células em branco. Estas células em branco na base foram tratadas com a imputação pela média da variável, por ser um dos métodos mais adequados e amplamente empregados (HAIR, et al., 2009).

4.1.1. Análise de dados faltantes e *outliers*

Foi realizada uma análise dos *outliers*, que são observações que apresentam um padrão de resposta diferente das demais. Podemos classificar, de acordo com Hair, et.al. (2009), quatro tipos de *outliers*: (1) erros na tabulação dos dados ou falhas na codificação; (2) observações decorrentes de algum evento extraordinário; (3) observações extraordinárias para as quais o pesquisador não tem uma explicação; e (4) observações que estão no intervalo usual de valores para cada variável, mas são únicas em sua combinação de valores entre as variáveis. Os *outliers* do tipo 2 e 3 podem ser classificados como univariados, enquanto os *outliers* do tipo 4 podem ser classificados como multivariados.

Não foi encontrado nenhum valor fora do intervalo da escala de sua respectiva variável, não evidenciando assim o tipo de *outlier* relacionado à erro na tabulação dos dados. Além disso, buscou-se verificar a existência de *outliers* univariados, que consiste na verificação de alguma resposta divergente com base em cada uma das variáveis do modelo, e os multivariados, que apresentam um padrão de resposta diferente considerando todas as variáveis ao mesmo tempo.

Os *outliers* univariados foram diagnosticados por meio da padronização dos resultados, de forma que a média da variável

fosse 0 e o desvio padrão 1. Para tanto, observações com escores padronizados fora do intervalo de $[-3,29]$ foram consideradas *outliers* (HAIR, et al., 2009). Com base neste critério foram encontrados 80 (1,08%) observações consideradas atípicas de forma univariada.

Já os *outliers* multivariados foram diagnosticados com base na medida D^2 de Mahalanobis. De acordo com Hair, et al. (2009) tal medida verifica a posição de cada observação comparada com o centro de todas as observações em um conjunto de variáveis, sendo que, ao final, é realizado um teste qui-quadrado. Os indivíduos que apresentam uma significância da medida inferior a 0,001 foram considerados *outliers* multivariados. De acordo com este critério foram encontrados 6 (2,5%) indivíduos atípicos de forma multivariada.

Por acreditar-se que as observações sejam casos válidos da população e que, caso fossem eliminadas, poderiam limitar a generalidade da análise multivariada, apesar de possivelmente melhorar seus resultados (HAIR, et al., 2009), optou-se por não excluir nenhum dos casos.

4.1.2. Normalidade e Linearidade

Por definição, o conjunto de dados não apresenta distribuição normal univariada e nem mesmo multivariada, uma vez que estão limitados em uma escala discreta e finita.

Para verificar a linearidade dos dados, inicialmente foram analisadas as correlações das variáveis par a par, uma vez que um coeficiente de correlação significativo ao nível de 5% é indicativo da existência de linearidade. Através da matriz de correlação de Spearman (HOLLANDER, et al., 1999), 347 (74,6%) relações foram significativas ao nível de 5%.

Além disso, foi realizado o teste de Bartlett (MINGOTI, 2007) para verificar a linearidade em cada constructo. Em todos os constructos foram observados valores-p menores que 0,05, indicando que existem evidências significativas de linearidade dentro dos mesmos.

4.2. ANÁLISE DESCRITIVA

A Tabela 16 apresenta a análise descritiva das variáveis de caracterização dos indivíduos da amostra. Dessa forma, tem-se que:

- Mais da metade dos indivíduos (56,3%) era do gênero masculino.
- A maioria dos indivíduos (59,2%) tinha entre 18 e 27 anos de idade.
- Quase metade dos indivíduos (44,2%) tinha renda mensal entre 4 e 10 salários mínimos.
- Cerca 30% dos indivíduos desconheciam o seu consumo em kWh, sendo que destes, apenas 5 indivíduos (6,75%) também o desconheciam em R\$.

Tabela 16 - Análise descritiva das variáveis caracterizadoras.

Variáveis	Itens	N	%
Gênero	Feminino	105	43,8%
	Masculino	135	56,3%
Faixa etária	18 a 37 anos	142	59,2%
	38 a 57 anos	73	30,4%
	58 a 77 anos	25	10,4%
Renda Familiar	Até 2 salários mínimos	3	1,4%
	Entre 2 e 4 salários mínimos	15	7,0%
	Entre 4 e 10 salários mínimos	95	44,2%
	Entre 10 e 20 salários mínimos	77	35,8%
	Acima de 20 salários mínimos	25	11,6%
Consumo (kWh)	Até 249 kWh	91	37,9%
	Entre 250 e 499 kWh	60	25,0%
	Acima de 500 kWh	15	6,25%
	Não souberam informar	74	30,8%
Consumo (R\$) <i>(Apenas para aqueles que não souberam informar em kWh)</i>	Até R\$135,00	29	39,2%
	Entre R\$135,00 e R\$275,00	27	36,4%
	Acima de R\$275,00	13	17,5%
	Não souberam informar	5	6,75%

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

A Tabela 17 apresenta a descrição e comparação entre os itens de cada constructo. Vale ressaltar que a escala Likert estava entre 1 e 5 para sendo que, 1 era atribuído à “discordo totalmente” e 5 atribuído à “concordo totalmente”. Sendo assim os intervalos de confiança estritamente menores que 3 evidenciam discordância

quanto ao item, enquanto que intervalos estritamente maiores que 3 indicam concordância e intervalos que contêm o 3 evidenciam imparcialidade.

Tabela 17 - Análise descritiva e comparação dos itens dos construtos.

Constructo	Item	Média	D.P.	I.C. 95%
Expectativa de desempenho	ED1	4,39	0,86	[4,29; 4,50]
	ED2	4,48	0,78	[4,38; 4,58]
	ED3	4,00	1,12	[3,86; 4,13]
	ED4	4,12	0,97	[3,98; 4,23]
Expectativa de menor esforço	EE1	4,51	0,80	[4,41; 4,61]
	EE2	4,18	0,90	[4,07; 4,29]
Valor do preço	VP1	4,30	1,13	[4,14; 4,42]
	VP2	4,43	1,03	[4,29; 4,57]
	VP3	3,35	1,35	[3,17; 3,51]
Influência social	IS1	3,83	1,25	[3,67; 3,99]
	IS2	3,30	1,41	[3,14; 3,48]
	IS3	3,35	1,40	[3,16; 3,53]
Condições facilitadoras	CF1	4,11	0,93	[4,00; 4,23]
	CF2	3,83	1,12	[3,69; 3,98]
	CF3	4,58	0,79	[4,48; 4,68]
Expectativa de menor risco	PR1	3,05	1,18	[2,91; 3,20]
	PR2	3,13	1,22	[2,99; 3,29]
	PR3	4,47	1,01	[4,35; 4,60]
Conteúdo tecnológico e feedback	CT1	4,70	0,58	[4,62; 4,77]
	CT2	4,75	0,66	[4,65; 4,83]
	CT3	3,83	1,33	[3,67; 4,00]
	CT4	4,20	1,20	[4,05; 4,34]
	CT5	4,71	0,71	[4,62; 4,80]
	CT6	4,66	0,75	[4,56; 4,75]
	CT7	4,69	0,76	[4,58; 4,78]
	CT8	4,42	1,06	[4,29; 4,56]
	CT9	4,30	0,97	[4,18; 4,43]
	CT10	3,53	1,25	[3,36; 3,69]
Disponibilidade de informação	DI1	4,52	0,85	[4,40; 4,63]
	DI2	4,67	0,74	[4,57; 4,76]
Intenção de uso	IU	4,40	0,91	[4,28; 4,52]

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Dessa forma, tem-se que:

a. Expectativa de Desempenho (ED)

Os indivíduos tenderam a concordar com todos os itens do constructo. Além disso, analisando os intervalos de confiança, a média dos itens ED1 (“Acredito que o medidor inteligente será útil em minha residência”) e ED2 (“Acredito que o medidor inteligente possibilitará um controle mais eficiente do consumo energético em minha residência”) foram significativamente maiores que a média dos demais itens pois os intervalos não se sobrepuseram.

De maneira geral, os resultados para a variável ED indicam uma expectativa de que as novas tecnologias serão úteis [ED1], na medida em que possibilitarão um controle mais eficiente do consumo energético residencial [ED2]. Todavia, o comportamento dos respondentes indica um maior nível de desconfiança acerca da existência de potenciais benefícios ambientais [ED3] e/ou econômicos [ED4] advindos da utilização das tecnologias.

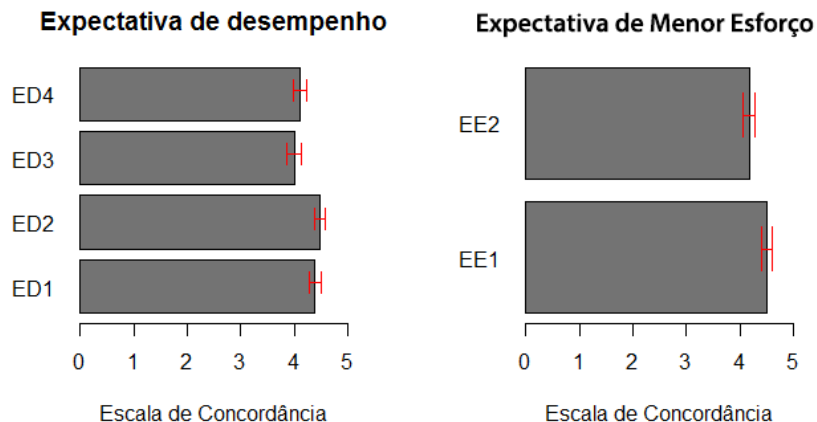
b. Expectativa de Menor Esforço

Os indivíduos tenderam a concordar com todos os itens do constructo. Além disso, analisando os intervalos de confiança, a média do item EE1 (“Acredito que, a partir da instalação do medidor inteligente, será mais fácil obter a informação que eu preciso”) foi significativamente maior que a média do item EE2 (“Acredito que as informações disponibilizadas pelo meu medidor inteligente serão comunicadas de uma forma acessível e amigável”) pois os intervalos não se sobrepuseram.

De maneira geral, os resultados para a variável EE indicam uma expectativa dos consumidores, de que, a partir da instalação dos novos dispositivos, será mais fácil obter informações sobre o consumo energético residencial [EE1]. Todavia, os respondentes indicaram um maior nível de desconfiança acerca das formas com que estas informações serão comunicadas [EE2], indicando uma maior preocupação com a acessibilidade e inteligibilidade dos dados disponibilizados.

A Figura 20 apresenta os gráficos de barras e intervalos de confiança obtidos para os construtos “Expectativa de Desempenho” e “Expectativa de menor Esforço”.

Figura 20 - Gráfico de barras e intervalos de confiança dos itens dos constructos "ED" e "EE".



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

c. Valor do preço (VP)

Os indivíduos tenderam a concordar com todos os itens do constructo. Além disso, analisando os intervalos de confiança, a média do item VP3 (“Eu estaria disposto a pagar uma diferença para obter um mecanismo de interface mais avançado, capaz oferecer mais controle e mais informações acerca do desempenho energético da minha residência”) foi significativamente menor que a média dos demais itens pois os intervalos não se sobrepuseram.

De maneira geral, os resultados para a variável VP, embora indiquem concordância em todos os itens, indicam uma expectativa predominante, por parte dos consumidores, de que tanto os novos medidores inteligentes [VP1] quanto os mecanismos de interface para gerenciamento energético [VP2] deveriam ser gratuitos. Indicam ainda, um comportamento neutro acerca da possibilidade de desembolsarem valores adicionais para adquirirem sistemas de interface mais avançados [VP3], capazes de oferecer mais controle e informações acerca dos sistemas elétricos residenciais.

d. Influência Social (IS)

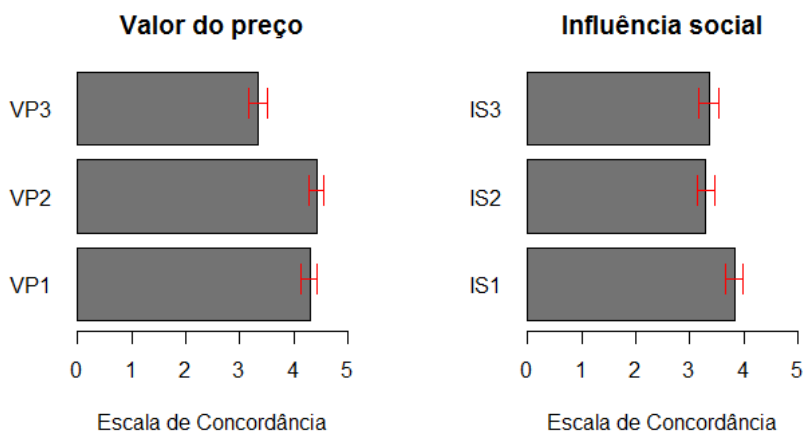
Os indivíduos tenderam a concordar com todos os itens do constructo. Além disso, analisando os intervalos de confiança, a média do item IS1 (“Acredito que me sentiria mais estimulado a

utilizar os recursos de gerenciamento energético disponibilizados pelo meu medidor inteligente se minha família também apoiasse a ideia”) foi significativamente maior que a média dos demais itens pois os intervalos não se sobrepuseram.

De maneira geral, os resultados para a variável IS indicam uma crença majoritariamente superior de que, no universo de convívio social, o núcleo familiar [IS1] desempenha um papel mais importante como incentivador a efetiva utilização de mecanismos e recursos de gerenciamento energético que visem um maior desempenho energético nas residências.

A Figura 21 apresenta os gráficos de barras e intervalos de confiança obtidos para os construtos “Expectativa de Desempenho” e “Expectativa de menor Esforço”.

Figura 21 - Gráfico de barras e intervalos de confiança dos itens dos constructos "VP" e "IS".



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

e. Condições Facilitadoras (CF)

Os indivíduos tenderam a concordar com todos os itens do constructo. Além disso, analisando os intervalos de confiança, a média do item CF3 (“Acredito ser importante a disponibilização de um serviço de apoio ao cliente para sanar dúvidas quanto à compreensão ou operação dos recursos disponibilizados no âmbito dos novos sistemas de medição inteligente”) foi significativamente maior que a média dos demais itens pois os intervalos não se sobrepuseram.

De maneira geral, os resultados para a variável CF, se por um lado indicam um relativo nível de confiança acerca das capacidades individuais para a operação e utilização dos novos recursos de gerenciamento energético residenciais por parte dos indivíduos [CF1], por outro indicam um menor nível de confiança quanto a disponibilidade de agentes externos capazes de oferecerem suporte no caso de dúvidas e problemas na operacionalização dos sistemas [CF2]. Dessa forma, indicaram um maior nível de concordância quanto à necessidade de disponibilização, por parte dos agentes responsáveis pelos processos de implementação, de mecanismos de apoio ao cliente [CF3] a fim de oferecerem suporte à utilização das novas tecnologias.

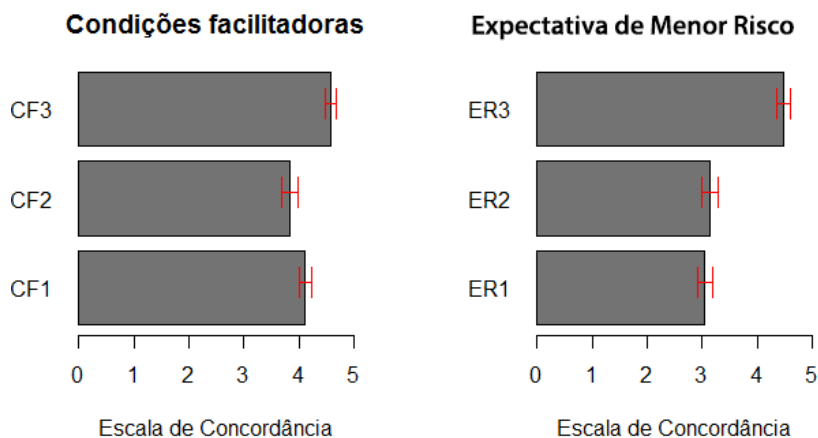
f. Expectativa de Menor Risco (ER)

Os indivíduos tenderam a concordar com o item ER3 (“Acredito ser importante que as informações coletadas e disponibilizadas pelo meu medidor inteligente sejam mantidas em absoluto sigilo, sendo apenas compartilhadas com terceiros se, e quando, expressamente autorizadas por mim”), e a imparcialidade com os demais itens do construto. Além disso, analisando os intervalos de confiança, a média do item ER3 foi significativamente maior que a média dos demais itens pois os intervalos não se sobrepuseram.

De maneira geral, os resultados para a variável ER indicaram uma maior expectativa, por parte dos consumidores, de que as informações coletadas pelos sistemas inteligentes de medição e gerenciamento energético deverão ser mantidas em sigilo, sendo compartilhadas com terceiros apenas quando autorizadas [ER3]. Paralelamente, cientes de que as novas tecnologias passarão a compartilhar protocolos de comunicação com outros dispositivos e sistemas, os respondentes indicaram um relativo nível de desconfiança acerca da segurança da informação no âmbito das redes elétricas residenciais [ER1; ER2].

A Figura 22 apresenta os gráficos de barras e intervalos de confiança obtidos para os construtos “Condições Facilitadoras” e “Expectativa de menor Risco”.

Figura 22 - Gráfico de barras e intervalos de confiança dos itens dos constructos "CF" e "ER".



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

g. Conteúdo Tecnológico e Feedback (CT)

Os indivíduos tenderam a concordar com todos os itens do constructo “Conteúdo tecnológico e feedback”. Além disso, analisando os intervalos de confiança, a média do item CT10 (“Relativo às novas modalidades de faturamento possibilitadas pelos medidores inteligentes, considero importante a disponibilização de um mecanismo de pré-pagamento”) foi significativamente menor que a média dos demais itens, exceto o item CT3 (“Eu gostaria de poder acessar os recursos do meu medidor inteligente através de um mostrador físico localizado internamente à minha residência”), pois os intervalos não se sobrepuseram.

De maneira geral, os resultados para a variável CT indicam a expectativa dos consumidores acerca da disponibilidade de recursos adicionais, possíveis para os novos sistemas de medição e gerenciamento energético residenciais. Dessa forma, embora os indivíduos tenham tendido a concordar com todos os itens do construto, destacaram-se como características mais relevantes aquelas relatadas pelos itens CT1 (“Eu gostaria que meu medidor inteligente dispusesse de uma interface adequada para o gerenciamento dos recursos e informações de consumo energético coletadas”), CT2 (“Eu gostaria que meu medidor

inteligente fosse capaz de comunicar as informações coletadas, via smartphone, tablet ou outro dispositivo conectado à internet”, CT5 (“Eu gostaria de poder acessar os recursos do meu medidor inteligente através de um aplicativo para dispositivos móveis”), CT6 (“Eu gostaria que meu medidor inteligente fosse capaz de fornecer informações acerca de recompensas, incentivos, programas de metas e outras medidas que estimulem o consumo mais eficiente de energia”) e CT7 (“Eu gostaria que meu medidor inteligente fosse capaz de fornecer dicas e sugestões sobre como reduzir o meu consumo”). Em contrapartida, algumas funcionalidades possíveis e disponibilizadas em outros mercados energéticos, mostraram-se significativamente menos relevantes, tendendo à neutralidade, para o grupo amostral desta pesquisa: CT3 (Eu gostaria de poder acessar os recursos do meu medidor inteligente através de um mostrador físico localizado internamente à minha residência) e CT10 (Relativo às novas modalidades de faturamento possibilitadas pelos medidores inteligentes, considero importante a disponibilização de um mecanismo de pré-pagamento).

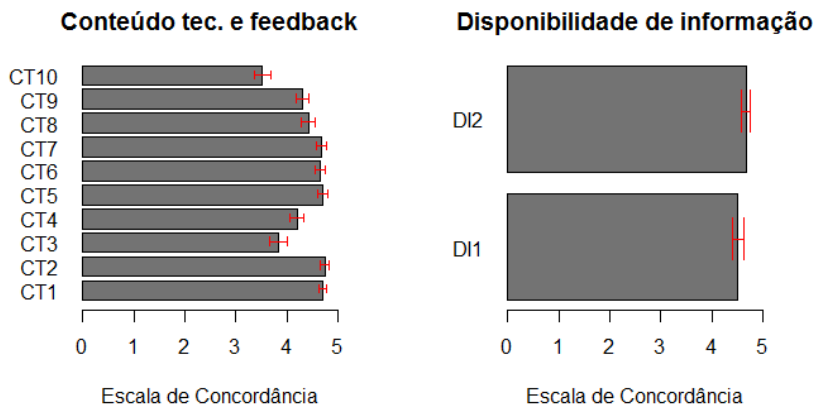
h. Disponibilidade de Informações (DI)

Os indivíduos tenderam a concordar com todos os itens do constructo “Disponibilidade de informação”. Além disso, analisando os intervalos de confiança, não houve diferença significativa entre as médias dos dois itens pois os intervalos se sobrepuseram.

De maneira geral, os resultados para a variável DI indicam uma expectativa positiva, por parte dos respondentes, de que uma maior divulgação acerca dos sistemas de medição inteligente, bem como dos seus recursos e funcionalidades para um melhor gerenciamento energético residencial, pode colaborar com a difusão e o interesse geral da população nas tecnologias [D1; D12].

A Figura 23 apresenta os gráficos de barras e intervalos de confiança obtidos para os construtos “Conteúdo Tecnológico e Feedback” e “Disponibilidade de Informação”.

Figura 23 - Gráficos de barras e intervalos de confiança dos itens dos constructos "CT" e "DI".



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

i. Intenção de Uso

Os indivíduos tenderam a concordar com o item/constructo "Intenção de uso". De maneira geral, os resultados obtidos na pesquisa, para a variável dependente IU, indicam haver tendência positiva para adesão e efetiva utilização dos novos mecanismos de gerenciamento energético disponibilizados no âmbito dos novos sistemas de medição inteligente em implantação no Brasil.

4.3. MODELAGEM DE EQUAÇÕES ESTRUTURAIS

O método de Modelagem de Equações Estruturais (SEM – *Structured Equation Modeling*) inclui um conjunto diversificado de modelos matemáticos, algoritmos e métodos estatísticos que operam em conjunto para permitirem a avaliação de conceitos não observáveis a partir de múltiplas variáveis indicadoras medidas indiretamente.

De acordo com Hair et al. (2009) a SEM (*Structural Equations Modeling*) é uma continuidade de algumas técnicas de análise multivariadas, principalmente da análise de regressão múltipla e análise fatorial. O que a difere das demais técnicas multivariadas é que a SEM permite examinar diversas relações de dependência ao mesmo tempo, enquanto que as demais técnicas são capazes de verificar e examinar um único relacionamento entre as variáveis de cada vez.

Quando aplicados a um problema de pesquisa, esses métodos podem ser usados para confirmar teorias estabelecidas a priori ou identificar padrões de dados e relacionamentos. Especificamente, eles são confirmatórios ao testar as hipóteses de teorias e conceitos existentes e exploratórios quando eles procuram padrões nos dados caso se tenha pouco ou nenhum conhecimento prévio sobre como as variáveis estão relacionadas.

O processo de modelagem de equações estruturais divide-se em duas partes: (i) Modelo de Mensuração, cujo objetivo é criar e validar índices e (ii) Modelo Estrutural, cujo objetivo é correlacioná-los.

4.3.1. Modelo de Mensuração

Na análise do modelo de mensuração são verificadas a validade convergente, a validade discriminante e a confiabilidade dos construtos. A validade convergente garante que os indicadores de um construto estão correlacionados o suficiente para medir o conceito latente. A validade discriminante verifica se os construtos medem efetivamente diferentes aspectos do fenômeno de interesse. A confiabilidade revela a consistência das medidas em mensurar o conceito que pretendem medir.

Na análise da qualidade e validade dos constructos foi verificada a dimensionalidade, confiabilidade e validade convergente. Para verificar a validade convergente foi utilizado o critério proposto por Fornell e Larcker (1981), que indica validação convergente quando a Variância Média Extraída – AVE for superior a 50% (HENSELER, et al., 2009) ou 40% no caso de pesquisas exploratórias (NUNNALLY, et al., 1994). Para mensurar a confiabilidade foi utilizado o Alfa de Cronbach (A.C.) e a Confiabilidade Composta (C.C.) (Chin, 1998). De acordo com Tenenhaus, et al. (2005) os indicadores A.C. e C.C. devem ser maiores que 0,70 para uma indicação de confiabilidade do constructo, sendo que em pesquisas exploratórias valores acima de 0,60 também são aceitos (HAIR, et. al, 2009). Para a validade discriminante foi utilizado o critério de Fornell e Larcker. (1981), que garante a validade discriminante quando a variância extraída (AVE) de um constructo for maior que a variância compartilhada desse constructo com os demais. Para verificar a dimensionalidade dos constructos foi utilizado o critério de Kaiser (1958) que retorna à quantidade de dimensões do constructo.

O método Bootstrap foi utilizado para calcular os intervalos de confiança para os pesos do modelo de mensuração, fornecendo informações sobre a variabilidade dos parâmetros estimados, provendo assim uma importante validação dos resultados.

A Tabela 18 apresenta o modelo de mensuração inicial e final dos constructos. Desta forma, os constructos que apresentaram carga fatorial inferior a 0,50 foram retirados das análises pois, ao não contribuir de forma relevante para formação da variável latente, prejudicam o alcance das suposições básicas para validade e qualidade dos indicadores criados para representar o conceito de interesse. Analisando o modelo final, todos os itens restantes apresentaram carga fatorial superior a 0,50 exceto o item CT8 do constructo “Conteúdo tecnológico e feedback” (C.F = 0,45), porém, por não prejudicar a validação do constructo o mesmo foi mantido.

Tabela 18 - Modelo de mensuração.

Constructo	Item	Modelo inicial			Modelo final				
		Peso	I.C - 95% ¹	C.F ²	Com. ³	Peso	I.C - 95% ¹	C.F ²	Com. ³
Expectativa de Desempenho	ED1	0,39	[0,33; 0,49]	0,86	0,75	0,39	[0,04; 0,34]	0,87	0,75
	ED2	0,29	[0,22; 0,36]	0,84	0,71	0,29	[0,03; 0,22]	0,84	0,71
	ED3	0,26	[0,20; 0,32]	0,79	0,62	0,26	[0,03; 0,20]	0,79	0,62
	ED4	0,27	[0,19; 0,33]	0,80	0,63	0,27	[0,03; 0,19]	0,80	0,64
Expectativa de Menor Esforço	EE1	0,62	[0,51; 0,75]	0,89	0,80	0,63	[0,06; 0,52]	0,89	0,80
	EE2	0,52	[0,43; 0,63]	0,84	0,71	0,52	[0,05; 0,42]	0,84	0,71
Valor do Preço	VP1	0,18	[-0,18; 0,56]	0,03	0,00	-	-	-	-
	VP2	0,13	[-0,26; 0,45]	0,10	0,01	-	-	-	-
	VP3	1,02	[0,76; 1,03]	0,96	0,93	1,00	[1,00; 1,00]	1,00	1,00
Influência Social	IS1	0,34	[0,20; 0,45]	0,85	0,72	0,34	[0,08; 0,19]	0,85	0,73
	IS2	0,39	[0,33; 0,47]	0,96	0,92	0,39	[0,04; 0,34]	0,96	0,92
	IS3	0,36	[0,28; 0,42]	0,95	0,91	0,36	[0,06; 0,28]	0,95	0,91
Condições Facilitadoras	CF1	0,58	[0,39; 0,79]	0,80	0,64	0,64	[0,09; 0,46]	0,86	0,74
	CF2	0,50	[0,32; 0,64]	0,79	0,63	0,55	[0,09; 0,38]	0,81	0,65
	CF3	0,31	[0,00; 0,53]	0,46	0,21	-	-	-	-
Expectativa de Menor Risco	ER1	0,53	[0,42; 0,64]	0,96	0,93	0,54	[0,08; 0,47]	0,97	0,93
	ER2	0,50	[0,36; 0,57]	0,96	0,92	0,50	[0,12; 0,38]	0,96	0,92
	ER3	0,02	[-0,39; 0,38]	0,21	0,04	-	-	-	-
Conteúdo Tecnológico e Feedback	CT1	0,18	[0,11; 0,25]	0,60	0,35	0,19	[0,04; 0,11]	0,60	0,36
	CT2	0,25	[0,19; 0,32]	0,81	0,66	0,26	[0,03; 0,21]	0,83	0,69
	CT3	0,05	[-0,03; 0,12]	0,25	0,06	-	-	-	-

¹Intervalo Bootstrap; ²Carga Fatorial; ³Comunalidade.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

A Tabela 19 apresenta as análises da validade convergente, validade discriminante, dimensionalidade e a confiabilidade dos construtos do modelo de mensuração. Dessa forma, tem-se que:

- Em todos os constructos os índices de confiabilidade A.C. ou C.C. foram superiores a 0,60, evidenciando assim a confiabilidade dos mesmos.
- De acordo com o critério de Kaiser todos os constructos foram unidimensionais.

- Houve validação convergente em todos os constructos, dado que as AVEs foram superiores a 0,40.
- Pelo critério de Fornell e Larcker (1981) houve validação discriminante em todos os constructos, visto que a variância compartilhada máxima foi inferior a AVE em todos os casos.

Tabela 19 - Validade dos modelos de mensuração.

Constructos	Itens	A.C.¹	C.C.²	Dim.³	AVE⁴	V.M.C.⁵
Expectativa de desempenho [ED]	4	0,84	0,90	1	0,68	0,36
Expectativa de Menor esforço [EE]	2	0,68	0,86	1	0,76	0,36
Valor do preço [VP]	1	1,00	1,00	1	1,00	0,18
Influência social [IS]	3	0,91	0,95	1	0,85	0,11
Condições facilitadoras [CF]	2	0,57	0,82	1	0,70	0,17
Expectativa de Menor Risco [ER]	2	0,92	0,96	1	0,93	0,17
Conteúdo tecnológico e feedback [CT]	8	0,78	0,84	1	0,41	0,28
Disponibilidade de informação [DI]	2	0,79	0,90	1	0,83	0,27
Intenção de uso [IU]	1	1,00	1,00	1	1,00	0,34

¹Alfa de Cronbach, ²Confiabilidade Composta, ³Dimensionalidade, ⁴Variância Extraída; ⁵Var. Compartilhada Máx.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

4.3.2. Modelo Estrutural

Para verificar a qualidade dos ajustes foram utilizados o R² e o GoF (TENENHAUS, et al., 2004). O R² representa em uma escala de 0% a 100% o quanto os constructos independentes explicam os dependentes, sendo que, no geral, valores menores que 25% representam capacidade explicativa fraca, valores entre 25% e 50% indicam capacidade explicativa moderada e valores acima de 50% evidenciam uma capacidade explicativa substancial (HAIR, et al., 2014). Já o GoF é uma média geométrica das AVEs dos construtos e dos R² do modelo e também varia de 0% a 100%. O GoF em PLS não tem a capacidade de discriminar modelos válidos de inválidos, além de não se aplicar para modelos com constructos formativos (Henseler and Sarstedt, 2012), apenas permite uma síntese das AVEs e dos R² do modelo em uma única

estatística, podendo ser útil para futuras comparações de aderência de diferentes amostras ao modelo.

Para verificar o efeito moderador das variáveis de caracterização sobre a relação entre cada constructo e a Intenção de uso, o modelo foi ajustado de modo a representar a interação dos constructos com cada variável caracterizadora. Um efeito moderador é causado por uma variável que influencia na força ou na direção da relação entre uma variável independente e uma variável dependente (BARON; KENNY, 1986).

A Tabela 20 apresenta os resultados do modelo estrutural com o efeito modelador e a Figura 24 ilustra esses resultados.

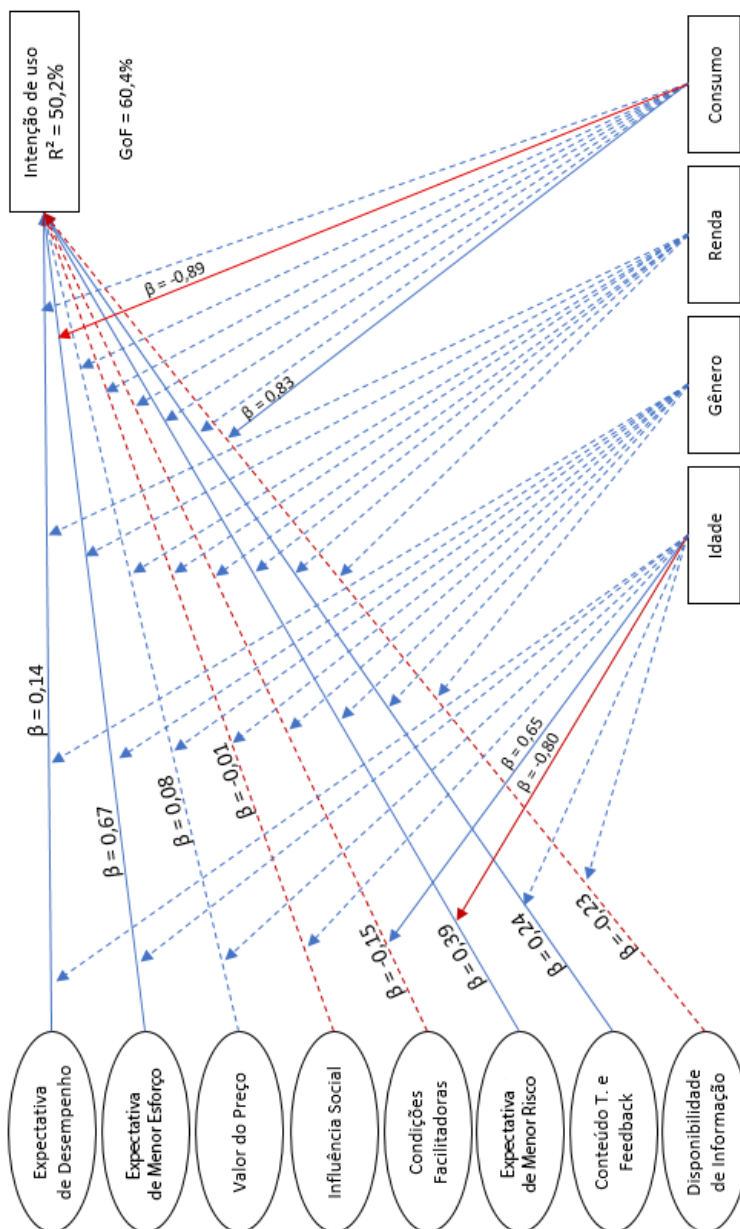
Tabela 20 - Modelo estrutural com efeito moderador.

Endógenas	Exógenas	β	E.P. (β) ¹	I.C. - 95% ²	Valor-p	R ²
Intenção de uso	Expectativa de Desempenho	0,14	0,06	[0,01; 0,26]	0,037	50,2%
	Expectativa de Menor Esforço	0,67	0,17	[0,35; 0,99]	0,000	
	Valor do Preço	0,08	0,05	[-0,02; 0,19]	0,119	
	Influência Social	-0,01	0,05	[-0,11; 0,10]	0,895	
	Condições Facilitadoras	-0,15	0,08	[-0,32; 0,01]	0,065	
	Expectativa de Menor Risco	0,39	0,13	[0,14; 0,64]	0,002	
	Conteúdo Tecnológico e Feedback	0,24	0,06	[0,12; 0,36]	0,000	
	Disponibilidade de Informação	-0,23	0,15	[-0,53; 0,07]	0,128	
Efeito moderador	Condições Facilitadoras x Idade	0,65	0,18	[0,31; 1,00]	0,000	
	Expectativa de Menor Risco x Idade	-0,80	0,21	[-1,21; -0,38;]	0,000	
	Expectativa de esforço x Consumo	-0,89	0,36	[-1,60; 0,18]	0,015	
	Disponibilidade de Informação x Consumo	0,83	0,36	[0,12; 1,54]	0,022	

Gof = 60,4%

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Figura 24 - Ilustração do modelo estrutural com efeito moderador.



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Sendo assim, as hipóteses a seguir puderam ser confirmadas pelo modelo proposto:

H1. A Expectativa de Desempenho influencia a Intenção de Uso dos SM.

Houve influência significativa (valor-p = 0,037) e positiva ($\beta = 0,14$ [0,01; 0,26]) da Expectativa de desempenho sobre a Intenção de uso.

Dessa forma, quanto maior for a percepção de um indivíduo, de que os novos equipamentos inteligentes de medição e gerenciamento energético residenciais, serão úteis e oferecerão vantagens em comparação à forma atual de operar, maior tenderá a ser a sua Intenção de Uso.

H2. A Expectativa de menor Esforço influencia a Intenção de Uso dos SM.

Houve influência significativa (valor-p = 0,000) e positiva ($\beta = 0,67$ [0,35; 0,99]) da Expectativa de esforço sobre a Intenção de uso.

Dessa forma, quanto maior for a percepção de um indivíduo, de que a utilização dos novos equipamentos inteligentes de medição e gerenciamento energético residenciais, será livre de esforços, maior tenderá a ser a sua Intenção de Uso.

H6. A Expectativa de menor Risco à Privacidade e/ou à Segurança influencia a Intenção de Uso dos SM.

Houve influência significativa (valor-p = 0,002) e positiva ($\beta = 0,39$ [0,14; 0,64]) da Expectativa de menor Risco sobre a Intenção de uso.

Dessa forma, quanto maior for a percepção de um indivíduo, de que a utilização dos novos equipamentos inteligentes de medição e gerenciamento energético residenciais, será livre de riscos à privacidade e/ou à segurança, maior tenderá a ser a sua Intenção de Uso.

H7. O Conteúdo Tecnológico e o Feedback influenciam a Intenção de Uso dos SM.

Houve influência significativa (valor-p = 0,000) e positiva ($\beta = 0,24$ [0,12; 0,36]) do Conteúdo tecnológico e feedback sobre a Intenção de uso.

Dessa forma, quanto maior for a percepção de um indivíduo, de que os novos equipamentos inteligentes de medição e gerenciamento energético residenciais possuirão as

ferramentas e qualidades necessárias para completar as tarefas ansiadas, maior tenderá a ser a sua Intenção de Uso.

H21. A Idade afeta a influência da variável Condições Facilitadoras para a Intenção de Uso dos SM.

Houve efeito moderador significativo (valor-p = 0,000) e positivo ($\beta = 0,65$ [0,31; 1,00]) da Idade sobre a relação Condições facilitadoras e Intenção de uso. Dessa forma, na medida em que Faixa Etária aumenta, maior tende a ser o efeito da variável “Condições Facilitadoras [CF]” sobre a Intenção de Uso.

Ou seja, indivíduos mais velhos tendem a dar mais importância à existência de Condições Facilitadoras, ou de uma infraestrutura organizacional e técnica adequada para o apoio e uso das novas tecnologias, como condição para manifestarem um comportamento de Intenção de Uso dos novos equipamentos inteligentes de medição e de gerenciamento energético residenciais.

Em outras palavras, variações idênticas nos níveis de Condições Facilitadoras tenderão a ter um impacto maior na Intenção de Uso para indivíduos mais velhos, do que para aqueles mais jovens.

H22. A Idade afeta a influência da variável Expectativa de menor Risco para a Intenção de Uso dos SM.

Houve efeito moderador significativo (valor-p = 0,000) e negativo ($\beta = -0,80$ [-1,21; -0,38]) da Idade sobre a relação Expectativa de menor Risco e Intenção de Uso. Dessa forma, na medida em que Faixa Etária aumenta, menor é o efeito da variável “Expectativa de menor Risco os [ER]” sobre a Intenção de uso.

Ou seja, indivíduos mais velhos tendem a dar menos importância a aspectos relacionados à expectativa de menores riscos, ou seja, à existência de condições que permitam uma maior privacidade e/ou segurança na operação dos sistemas, para manifestarem um comportamento de Intenção de Uso dos novos equipamentos inteligentes de medição e de gerenciamento energético residenciais.

Em outras palavras, variações idênticas nos níveis da Expectativa de menor Risco tenderão a ter um impacto

menor na Intenção de Uso para indivíduos mais velhos, do que para aqueles mais jovens.

H34. O Consumo afeta a influência da variável Expectativa de menor Esforço para Intenção de Uso dos SM.

Houve efeito moderador significativo (valor-p = 0,015) e negativo ($\beta = -0,89$ [-1,60; -0,18]) do Consumo sobre a relação Expectativa de menor Esforço e Intenção de uso. Dessa forma, na medida em que a variável Consumo aumenta, menor é o efeito da variável “Expectativa de menor Esforço [EE]” sobre a Intenção de Uso.

Ou seja, indivíduos que mais consomem energia tendem a dar menos importância a aspectos relacionados à supostas dificuldades inerentes à operação das novas tecnologias.

Em outras palavras, variações idênticas nos níveis de Expectativa de menor Esforço tenderão a ter um impacto menor na Intenção de Uso para indivíduos que consomem mais energia, do que para aqueles que consomem menos.

H40. O Consumo afeta a influência da variável Disponibilidade de Informações para Intenção de Uso dos SM.

Houve efeito moderador significativo (valor-p = 0,022) e positivo ($\beta = 0,83$ [0,12; 1,54]) do Consumo sobre a relação Disponibilidade de informação e Intenção de uso. Dessa forma, na medida em que a variável Consumo, maior é o efeito da variável “Disponibilidade de Informação [DI]” sobre a Intenção de Uso.

Ou seja, indivíduos que mais consomem energia tendem a dar mais importância a aspectos relacionados à ampla disponibilidade de informações, ou pela frequência ou extensão em que os SM são mencionados em diferentes canais de comunicação, para manifestarem um comportamento de Intenção de Uso dos novos equipamentos inteligentes de medição e de gerenciamento energético residenciais.

Em outras palavras, variações idênticas nos níveis de Disponibilidade de Informação tenderão a ter um impacto maior na Intenção de Uso para indivíduos que consomem mais energia, do que para aqueles que consomem menos.

Por fim, as variáveis Expectativa de Desempenho [ED], a Expectativa de menor Esforço [EE], o Valor do Preço [VP], a Influência Social [IS], as Condições Facilitadoras [CF], a Expectativa de menor Risco [ER], o Conteúdo Tecnológico e feedback [CT] e a Disponibilidade de Informação [DI] foram capazes de explicar, estatisticamente, 50,2% da variabilidade da Intenção de uso [IU] na presença dos efeitos moderadores. O modelo apresentou, ainda, um GoF de 60,4%.

A Tabela 21 apresenta a síntese das hipóteses confirmadas do modelo estrutural.

Tabela 21 - Resumo das hipóteses confirmadas pelo modelo.

Hipóteses	Resultado	
H1	Existe um efeito positivo da Expectativa de Desempenho sobre a Intenção de uso.	Confirmado
H2	Existe um efeito positivo da Expectativa de menor Esforço sobre a Intenção de uso.	Confirmado
H6	Existe um efeito positivo da Expectativa de menor Risco sobre a Intenção de uso.	Confirmado
H7	Existe um efeito positivo do Conteúdo Tecnológico e Feedback sobre a Intenção de uso.	Confirmado
H21	Existe um efeito moderador da Idade sobre a relação Condições Facilitadoras e Intenção de Uso	Confirmado
H22	Existe um efeito moderador da Idade sobre a relação Expectativa de menor Risco e Intenção de Uso	Confirmado
H34	Existe um efeito moderador do consumo sobre a relação Expectativa de menor Esforço e Intenção de uso	Confirmado
H40	Existe um efeito moderador do Consumo sobre a relação Disponibilidade de Informação e Intenção de Uso	Confirmado

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

4.3.3. Comparação quanto aos Indicadores

a. Expectativa de Desempenho (ED)

A Tabela 22 apresenta a comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Expectativa de Desempenho.

Dessa forma, tem-se que:

- Não houve relação estatisticamente significativa (valor- $p < 0,050$) de nenhuma variável com o indicador Expectativa de Desempenho.

Permite-se inferir, portanto, não haver indícios de que o efeito da Expectativa de Desempenho sobre a Intenção de Uso [IU] esteja relacionado, de forma diversa, a grupos demográficos ou características específicas da população – estando sua relação de significância com a variável dependente [IU] relacionado de forma universal à amostra deste estudo.

Tabela 22 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Expectativa de Desempenho.

Variáveis		N	Média	E.P.	1ºQ	2ºQ	3ºQ	Valor-p
Gênero	Feminino	105	4,36	0,07	3,82	4,56	5,00	0,148 ¹
	Masculino	135	4,20	0,07	3,78	4,34	4,78	
Faixa etária	18 a 37 anos	142	4,19	0,07	3,78	4,39	4,78	0,351 ²
	38 a 57 anos	73	4,37	0,08	4,00	4,56	5,00	
	58 a 77 anos	25	4,42	0,10	4,00	4,44	4,78	
Renda	Até 4 salários mínimos	18	3,90	0,23	3,57	4,17	4,57	0,178 ²
	Entre 4 e 10 salários mínimos	95	4,31	0,08	3,80	4,56	5,00	
	Acima de 10 salários mínimos	102	4,33	0,07	4,00	4,51	5,00	
Consumo	Até 249 kWh	91	4,29	0,08	3,86	4,56	5,00	0,604 ²
	Entre 250 e 499 kWh	60	4,24	0,12	3,78	4,51	5,00	
	Acima de 500 kWh	15	4,14	0,18	3,74	4,13	4,68	

¹Teste de Mann-Whitney; ²Teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

b. Expectativa de menor Esforço (EE)

A Tabela 23 apresenta a comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Expectativa de menor Esforço.

Dessa forma, tem-se que:

- Houve diferença estatisticamente significativa (valor- $p = 0,035$) entre os sexos quanto ao indicador

Expectativa de menor Esforço, sendo que a média do indicador foi maior entre as mulheres,

Permite-se inferir, portanto, que há uma expectativa maior entre o grupo feminino de que a utilização das novas tecnologias de gerenciamento energético será livre de esforços, ou seja, que as informações ansiadas serão mais facilmente obtidas a partir de sistemas acessíveis e amigáveis.

Tabela 23 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Expectativa de menor Esforço.

Variáveis		N	Média	E.P.	1ºQ	2ºQ	3ºQ	Valor-p
Gênero	Feminino	105	4,49	0,06	4,00	4,54	5,00	0,035 ¹
	Masculino	135	4,26	0,07	4,00	4,54	5,00	
Faixa etária	18 a 37 anos	142	4,35	0,07	4,00	4,54	5,00	0,869 ²
	38 a 57 anos	73	4,37	0,08	4,00	4,54	5,00	
	58 a 77 anos	25	4,34	0,13	4,00	4,54	5,00	
Renda	Até 4 salários mínimos	18	3,92	0,27	4,00	4,09	5,00	0,119 ²
	Entre 4 e 10 salários mínimos	95	4,46	0,07	4,00	4,54	5,00	
	Acima de 10 salários mínimos	102	4,34	0,07	4,00	4,54	5,00	
Consumo	Até 249 kWh	91	4,35	0,08	4,00	4,54	5,00	0,340 ²
	Entre 250 e 499 kWh	60	4,35	0,10	4,00	4,54	5,00	
	Acima de 500 kWh	15	4,61	0,15	4,32	5,00	5,00	

¹Teste de Mann-Whitney; ²Teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

c. Valor do Preço (VP)

A Tabela 24 apresenta a comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Valor do Preço.

Dessa forma, tem-se que:

- Houve diferença estatisticamente significativa (valor-p = 0,012) entre as faixas de renda quanto ao indicador Valor do preço, sendo que de acordo com as comparações múltiplas, a média do indicador entre os indivíduos com renda até 4 salários mínimos foi menor que a média do indicador entre os demais indivíduos.

Para esta análise, todavia, é importante considerar que, para a validação do modelo estrutural em discussão considerou-

se apenas o item VP3 (“Eu estaria disposto a pagar uma diferença para obter um mecanismo de interface mais avançado, capaz oferecer mais controle e mais informações acerca do desempenho energético da minha residência”). Sendo assim, a partir da comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Valor do Preço, foram identificados indícios de que a adesão a equipamentos mais completos que impliquem maiores custos aos usuários tende a aumentar na medida em que a renda também aumenta.

Da mesma forma, acompanhando a análise das faixas de renda, a discriminação em faixas do consumo, embora não tenha indicado significância recomendada de 5% (valor-p \leq 0.05), apresentou significância marginalmente superior, inferior a 10% (valor-p \leq 0.10). Assim, da mesma forma que indivíduos com a faixas de renda superiores demonstraram disposição para a aquisição de equipamentos mais completos, aqueles com maiores faixas de consumo, também o fizeram.

Tabela 24 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Valor do Preço.

Variáveis		N	Média	E.P.	1ºQ	2ºQ	3ºQ	Valor-p
Gênero	Feminino	105	3,30	0,13	2,00	3,00	4,00	0,508 ¹
	Masculino	135	3,39	0,12	2,50	4,00	4,00	
Faixa etária	18 a 37 anos	142	3,38	0,11	3,00	4,00	4,00	0,946 ²
	38 a 57 anos	73	3,33	0,16	2,00	4,00	4,00	
	58 a 77 anos	25	3,20	0,31	2,00	4,00	4,00	
Renda	Até 4 salários mínimos	18	2,50	0,32	1,00	3,00	4,00	0,012 ²
	Entre 4 e 10 salários mínimos	95	3,42	0,13	3,00	4,00	4,00	
	Acima de 10 salários mínimos	102	3,53	0,13	3,00	4,00	5,00	
Consumo	Até 249 kWh	91	3,17	0,15	2,00	3,00	4,00	0,092 ²
	Entre 250 e 499 kWh	60	3,53	0,17	3,00	4,00	5,00	
	Acima de 500 kWh	15	3,80	0,37	3,50	4,00	5,00	

¹Teste de Mann-Whitney; ²Teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

d. *Influência Social (IS)*

A Tabela 25 apresenta a comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Influência social.

Dessa forma, tem-se que:

- Houve diferença significativa (valor-p = 0,001) entre as faixas de idade quanto ao indicador Influência Social, sendo que de acordo com as comparações múltiplas, a média do indicador entre os indivíduos com idade entre 58 e 77 anos foi maior que a média do indicador entre os demais indivíduos.

Permite-se inferir, portanto, que há uma tendência maior entre indivíduos mais velhos a considerarem a opinião de terceiros para a formação de opinião acerca das tecnologias de gerenciamento energético em seus lares, ou seja, de que a influência decorrente de indivíduos do convívio social, sejam eles familiares, amigos ou conhecidos, possam constituir um instrumento de estímulo ou rejeição às novas tecnologias.

Tabela 25 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Influência Social.

Variáveis		N	Média	E.P.	1ºQ	2ºQ	3ºQ	Valor-p
Gênero	Feminino	105	3,48	0,12	2,63	3,63	4,34	0,859 ¹
	Masculino	135	3,49	0,11	2,47	3,66	5,00	
Faixa etária	18 a 37 anos	142	3,32	0,11	2,31	3,29	4,36	0,001 ²
	38 a 57 anos	73	3,53	0,14	3,00	3,67	4,36	
	58 a 77 anos	25	4,31	0,18	4,00	4,33	5,00	
Renda	Até 4 salários mínimos	18	2,99	0,31	2,00	2,97	4,00	0,136 ²
	Entre 4 e 10 salários mínimos	95	3,38	0,13	2,47	3,31	4,52	
	Acima de 10 salários mínimos	102	3,61	0,12	2,96	3,96	5,00	
Consumo	Até 249 kWh	91	3,40	0,14	2,28	3,31	5,00	0,702 ²
	Entre 250 e 499 kWh	60	3,51	0,17	2,63	3,66	5,00	
	Acima de 500 kWh	15	3,70	0,34	3,31	4,00	5,00	

¹Teste de Mann-Whitney; ²Teste de Kruskal-Wallis

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

e. Condições Facilitadoras (CF)

A Tabela 26 apresenta a comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Condições Facilitadoras.

Dessa forma, tem-se que:

- Houve diferença marginalmente significativa (valor-p = 0,053) entre os sexos quanto ao indicador Condições Facilitadoras, sendo que a média do indicador entre as mulheres foi menor.

Para esta análise, todavia, é importante considerar que, para a validação do modelo estrutural em discussão consideraram-se apenas os itens CF1 (“Acredito que terei os conhecimentos necessários para gerenciar as informações disponibilizadas no âmbito dos novos sistemas de medição inteligente”) e CF2 (“Acredito que eu tenha a quem recorrer caso tenha dúvidas para compreender ou operar as informações disponibilizadas no âmbito dos novos sistemas de medição inteligente”). Ambos os itens, portanto, refletem a confiança dos indivíduos para a utilização dos novos sistemas.

Permite-se inferir, portanto, que há uma confiança maior entre os indivíduos do grupo masculino de que, para a utilização das novas tecnologias de gerenciamento energético residenciais, haverá uma infraestrutura organizacional e técnica adequada, seja ela baseada em uma expectativa de que possuem os conhecimentos necessários, seja ela baseada em uma expectativa de que tenham a quem recorrer no caso de possuírem tais conhecimentos.

Tabela 26 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Condições Facilitadoras.

Variáveis		N	Média	E.P.	1ºQ	2ºQ	3ºQ	Valor-p
Gênero	Feminino	105	3,87	0,08	3,08	4,00	4,54	0,053 ¹
	Masculino	135	4,07	0,07	3,54	4,08	5,00	
Faixa etária	18 a 37 anos	142	3,98	0,08	3,46	4,00	5,00	0,979 ²
	38 a 57 anos	73	3,98	0,09	3,54	4,00	4,54	
	58 a 77 anos	25	4,02	0,15	3,54	4,00	4,54	
Renda	Até 4 salários mínimos	18	3,82	0,19	3,46	4,00	4,46	0,573 ³

	Entre 4 e 10 salários mínimos	95	3,93	0,09	3,12	4,00	5,00	
	Acima de 10 salários mínimos	102	4,05	0,08	3,54	4,00	5,00	
Consumo	Até 249 kWh	91	3,95	0,09	3,46	4,00	4,77	0,484 ²
	Entre 250 e 499 kWh	60	4,11	0,11	3,54	4,08	5,00	
	Acima de 500 kWh	15	4,13	0,22	3,73	4,08	5,00	

¹Teste de Mann-Whitney; ²Teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

f. Expectativa de Menor Risco (ER)

A Tabela 27 apresenta a comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Expectativa de menor Risco.

Dessa forma, tem-se que:

- Houve diferença marginalmente significativa (valor-p = 0,053) entre as faixas de idade quanto ao indicador Expectativa de Menor Risco, sendo que de acordo com as comparações múltiplas, a média do indicador entre os indivíduos com idade entre 18 e 37 anos foi menor que a média foi menor que a média do indicador dos demais indivíduos.

Permite-se inferir, portanto, que há uma tendência de maior desconfiança entre os indivíduos mais novos, quanto à capacidade dos novos sistemas de gerenciamento energético residenciais de garantirem, tanto a segurança das informações coletadas, bem como a segurança das redes elétricas e dispositivos inteligentes conectados às redes de informação.

Tabela 27 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Expectativa de menor Risco.

Variáveis		N	Média	E.P.	1ºQ	2ºQ	3ºQ	Valor-p
Gênero	Feminino	105	3,24	0,11	2,52	3,00	4,00	0,147 ¹
	Masculino	135	2,98	0,10	2,00	3,00	3,97	
Faixa etária	18 a 37 anos	142	2,95	0,10	2,00	3,00	4,00	0,053 ²
	38 a 57 anos	73	3,20	0,14	2,00	3,00	4,00	
	58 a 77 anos	25	3,33	0,21	3,00	3,00	4,00	
Renda	Até 4 salários mínimos	18	2,69	0,32	1,00	3,00	4,00	0,345 ²

	Entre 4 e 10 salários mínimos	95	3,21	0,11	2,50	3,00	4,00	
	Acima de 10 salários mínimos	102	3,07	0,10	3,00	3,00	3,97	
Consumo	Até 249 kWh	91	3,22	0,11	2,52	3,00	4,00	0,460 ²
	Entre 250 e 499 kWh	60	3,12	0,16	2,00	3,00	4,00	
	Acima de 500 kWh	15	2,67	0,38	1,00	3,00	3,74	

¹Teste de Mann-Whitney; ²Teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

g. Conteúdo Tecnológico e Feedback (PR)

A Tabela 28 apresenta a comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Conteúdo tecnológico e feedback.

Dessa forma, tem-se que:

- Houve diferença significativa (valor-p = 0,003) entre as faixas de renda quanto ao indicador Conteúdo tecnológico e feedback, sendo que de acordo com as comparações múltiplas, a média do indicador entre os indivíduos com renda até 4 salários mínimos foi menor que a média do indicador entre os demais indivíduos.

Permite-se inferir, portanto, que há uma maior expectativa, entre os grupos de maior renda, de que as novas tecnologias de gerenciamento energético disponham de uma ampla gama de recursos e funcionalidades para completarem as tarefas ansiadas. Por conseguinte, indicam também uma tendência destes grupos de posicionarem-se de forma mais exigente diante da aceitação destas novas tecnologias.

Tabela 28 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Conteúdo Tecnológico e Feedback.

Variáveis		N	Média	E.P.	1ºQ	2ºQ	3ºQ	Valor-p
Gênero	Feminino	105	4,40	0,05	4,20	4,49	4,73	0,435 ¹
	Masculino	135	4,44	0,05	4,26	4,59	4,73	
Faixa etária	18 a 37 anos	142	4,36	0,05	4,17	4,49	4,72	0,107 ²
	38 a 57 anos	73	4,47	0,06	4,27	4,58	4,84	
	58 a 77 anos	25	4,59	0,07	4,47	4,63	4,87	

Renda	Até 4 salários mínimos	18	4,01	0,18	3,72	4,20	4,42	0,003 ²
	Entre 4 e 10 salários mínimos	95	4,38	0,07	4,24	4,55	4,73	
	Acima de 10 salários mínimos	102	4,52	0,04	4,30	4,60	4,84	
Consumo	Até 249 kWh	91	4,44	0,06	4,30	4,53	4,74	0,697 ²
	Entre 250 e 499 kWh	60	4,43	0,08	4,13	4,60	4,83	
	Acima de 500 kWh	15	4,59	0,09	4,34	4,61	4,84	

¹Teste de Mann-Whitney; ²Teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

h. Disponibilidade de Informação (DI)

A Tabela 29 apresenta a comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Disponibilidade de Informação. Dessa forma, tem-se que:

- Houve diferença significativa (valor-p = 0,030) entre os sexos quanto ao indicador Disponibilidade de informação, sendo que a média do indicador entre as mulheres foi maior.
- Houve diferença significativa (valor-p = 0,043) entre as faixas de idade quanto ao indicador Disponibilidade de informação, sendo que de acordo com as comparações múltiplas, a média do indicador entre os indivíduos com idade entre 58 e 77 anos foi maior que a média do indicador entre os indivíduos com idade entre 18 e 37 anos.
- Houve diferença marginalmente significativa (valor-p = 0,058) entre as faixas de consumo quanto ao indicador Disponibilidade de informação, sendo que a média daqueles que informaram um consumo superior a 500 kWh foi maior.

Permite-se inferir, portanto, que há uma maior tendência entre as mulheres, entre indivíduos mais velhos e entre aqueles que mais consomem energia, a acreditarem que uma maior divulgação e disponibilidade de informações acerca dos novos sistemas e funcionalidades, possa constituir uma importante

estratégia para a difusão, confiança e interesse social acerca das novas tecnologias.

Tabela 29 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Disponibilidade de Informação.

Variáveis		N	Média	E.P.	1ºQ	2ºQ	3ºQ	Valor-p
Gênero	Feminino	105	4,69	0,06	4,48	5,00	5,00	0,030 ¹
	Masculino	135	4,51	0,07	4,00	5,00	5,00	
Faixa etária	18 a 37 anos	142	4,54	0,06	4,00	5,00	5,00	0,043 ²
	38 a 57 anos	73	4,60	0,09	4,00	5,00	5,00	
	58 a 77 anos	25	4,88	0,06	5,00	5,00	5,00	
Renda	Até 4 salários mínimos	18	4,38	0,22	4,00	4,74	5,00	0,452 ²
	Entre 4 e 10 salários mínimos	95	4,60	0,07	4,00	5,00	5,00	
	Acima de 10 salários mínimos	102	4,60	0,07	4,48	5,00	5,00	
Consumo	Até 249 kWh	91	4,60	0,07	4,48	5,00	5,00	0,058 ²
	Entre 250 e 499 kWh	60	4,50	0,12	4,00	5,00	5,00	
	Acima de 500 kWh	15	4,97	0,04	5,00	5,00	5,00	

¹Teste de Mann-Whitney; ²Teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

i. Intenção de Uso (IU)

A Tabela 30 apresenta a comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Intenção de Uso.

Dessa forma, tem-se que:

- Houve diferença significativa (valor-p = 0,021) entre as faixas de renda quanto ao indicador Intenção de Uso, sendo que, de acordo com as comparações múltiplas, a média do indicador entre os indivíduos com renda até 4 salários mínimos foi menor que a média do indicador entre os demais indivíduos.

Permite-se inferir, portanto, que há uma tendência entre os indivíduos de menor renda de declararem menor intenção para a adoção e efetiva utilização dos novos mecanismos de gerenciamento energético disponibilizados no âmbito dos novos sistemas de medição inteligente em implantação no Brasil.

Tabela 30 - Comparação das variáveis caracterizadoras quanto ao indicador Intenção de Uso.

Variáveis		N	Média	E.P.	1ºQ	2ºQ	3ºQ	Valor-p
Gênero	Feminino	105	4,40	0,08	4,00	5,00	5,00	0,603 ¹
	Masculino	135	4,40	0,08	4,00	5,00	5,00	
Faixa etária	18 a 37 anos	142	4,35	0,08	4,00	5,00	5,00	0,425 ²
	38 a 57 anos	73	4,47	0,11	4,00	5,00	5,00	
	58 a 77 anos	25	4,52	0,14	4,00	5,00	5,00	
Renda	Até 4 salários mínimos	18	3,61	0,35	3,00	4,00	5,00	0,021 ²
	Entre 4 e 10 salários mínimos	95	4,54	0,08	4,00	5,00	5,00	
	Acima de 10 salários mínimos	102	4,47	0,08	4,00	5,00	5,00	
Consumo	Até 249 kWh	91	4,47	0,09	4,00	5,00	5,00	0,716 ²
	Entre 250 e 499 kWh	60	4,37	0,13	4,00	5,00	5,00	
	Acima de 500 kWh	15	4,60	0,19	4,50	5,00	5,00	

¹Teste de Mann-Whitney; ²Teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

5. CONCLUSÕES

Em se tratando de uma pesquisa aplicada, exploratória e de abordagem eminentemente quantitativa, a presente pesquisa buscou identificar e contribuir com compreensão dos fatores que afetam a intenção dos consumidores de energia em adotar e utilizar sistemas de gerenciamento e medição inteligentes de energia que, nos próximos anos, passarão a ser gradualmente oferecidos aos consumidores residenciais pelas concessionárias de energia elétrica de todo o país.

Para que os objetivos propostos pudessem ser alcançados, o presente trabalho organizou-se em cinco eixos estruturantes, a partir dos quais puderam ser construídas e validadas as hipóteses teóricas desta pesquisa. O modelo de pesquisa resultante, considerou, portanto, a literatura de referência, utilizando-se de argumentos levantados durante as etapas de (a) fundamentação teórica e (b) revisão bibliográfica, a experiência internacional, representada pela (c) recorrência nos casos de implementação mundial e (d) estudos de aceitabilidade dos SM, além das premissas originalmente propostas pela (e) Teoria Unificada de Aceitação e Uso da Tecnologia (UTAUT2), de Venkatesh et al. (2012).

O presente estudo baseou-se, portanto, em oito variáveis independentes, uma variável dependente e quatro variáveis moderadoras. As variáveis independentes utilizadas foram: Expectativa de Desempenho [ED], Expectativa de menor Esforço [EE], Valor de Preço [VP], Influência Social [IS], Condições Facilitadoras [CF], Expectativa de menor Risco [ER], Conteúdo Tecnológico e Feedback [CT] e Disponibilidade de Informação [DI]. A variável dependente foi representada pela Intenção de Uso [IU] e as variáveis moderadoras foram Gênero [G], Idade [I], Renda [R] e Consumo [C].

A pesquisa foi conduzida em formato de questionário, a partir de questões fechadas e elaboradas de forma a refletirem as hipóteses que se pretendia testar. Os questionários foram operacionalizados exclusivamente via internet, a partir da plataforma digital Google Forms, acompanhou um breve vídeo explicativo sobre as novas tecnologias e resultou em um banco de dados composto por 240 respondentes, totalizando 7.440 respostas para as 31 questões elaboradas para os construtos.

Destes, mais da metade dos indivíduos (56,3%) era do gênero masculino, a maioria (59,2%) tinha entre 18 e 27 anos de idade, quase metade (44,2%) tinha renda mensal entre 4 e 10 salários mínimos e aproximadamente 30% dos indivíduos desconheciam completamente o seu consumo em kWh, sendo que destes, apenas 5 indivíduos (6,75%) também o desconheciam em R\$.

O modelo teórico foi então analisado utilizando técnicas descritivas e de inferência estatística multivariada, incluindo a modelagem de equações estruturais, de forma que pudessem ser aprofundadas, não apenas o desempenho individual das variáveis, mas também as relações entre os construtos definidos no modelo.

De acordo com os resultados obtidos, quatro variáveis do modelo estrutural de pesquisa apresentaram, por parte dos consumidores residenciais de energia, influência significativa e positiva para a Intenção de Uso [IU] das novas tecnologias de medidores inteligentes: (a) Expectativa de Desempenho ($\beta = 0,14$), (b) Expectativa de menor Esforço ($\beta = 0,67$), (c) Expectativa de menor Risco ($\beta = 0,39$) e (d) Conteúdo Tecnológico e Feedback ($\beta = 0,24$). Notavelmente, as 04 variáveis estatisticamente significantes e que apresentaram maior influência no construto Intenção de Uso [IU], também foram as que apresentaram maior recorrência dentre aquelas utilizadas por Kranz et al. (2010), Wunderlich et al. (2012), Alabdulkarim et al. (2012) e Chou et al. (2015) nas pesquisas de aceitabilidade realizadas na Alemanha, Holanda, Taiwan, Coréia do Sul, Indonésia e Vietnam.

A variável Expectativa de Desempenho [ED], constituiu um dos mais recorrentes e estatisticamente significativos indicadores identificados em pesquisas de aceitabilidade, estando presente nos estudos de Kranz et al. (2010), Wunderlich et al. (2012), Alabdulkarim et al. (2012) e Chou et al. (2015), além de constituir argumento base para o modelo UTAUT2 de Venkatesh et al. (2012). Dessa forma, os resultados obtidos nesta pesquisa para o construto ED vão ao encontro daqueles já observados na literatura de referência, indicando que, quanto maior for a percepção de um indivíduo, de que os novos equipamentos inteligentes de medição e gerenciamento energético residenciais serão úteis e oferecerão vantagens em comparação à forma atual de operar, maior tenderá a ser a IU.

Além disso, a análise descritiva da amostra, para o construto ED, indicou haver uma expectativa social de que as novas

tecnologias serão úteis, na medida em que possibilitarão um controle mais eficiente do consumo energético residencial. Todavia, demonstraram um maior nível de desconfiança acerca dos benefícios ambientais e econômicos advindos dos novos sistemas, indicando a existência de oportunidades para que estes conceitos possam ser trabalhados pelos promotores dos sistemas, de modo a serem potencializadas as expectativas de desempenho por parte dos consumidores.

A variável Expectativa de menor Esforço [EE], constituiu outro dos mais recorrentes e estatisticamente significativos indicadores identificados em pesquisas de aceitabilidade, estando presente nos estudos de Kranz et al. (2010), Wunderlich et al. (2012), Alabdulkarim et al. (2012) e Chou et al. (2015), além de também constituir argumento base para o modelo UTAUT2 de Venkatesh et al. (2012). Dessa forma, os resultados obtidos nesta pesquisa para o construto EE também vão ao encontro daqueles já observados na literatura de referência, indicando que, de maneira geral, quanto maior for a percepção de um indivíduo, de que a utilização dos novos equipamentos inteligentes de medição e gerenciamento energético residenciais será livre de esforços, maior tenderá a ser a sua Intenção de Uso.

Ainda, o indicador EE mostrou-se significativamente moderado ($\beta = -0,89$) pela variável caracterizadora Consumo, indicando que, indivíduos que mais consomem energia tendem a dar menos importância a aspectos relacionados a dificuldade de operação dos sistemas. Isto pode significar, por exemplo, que os grupos de consumo para os quais a Tarifa Branca vem sendo inicialmente considerada (ANEEL, 2016), incluindo aqueles que consomem acima de 500 kWh, podem ser menos suscetíveis a estes aspectos, seja por considerarem que as tecnologias não apresentam desafios para a sua utilização, seja por considerarem que os benefícios dos sistemas são grandes suficientes para que estes aspectos sejam ignorados.

Além disso, a análise descritiva da amostra, para o construto EE, indicou haver uma expectativa dos consumidores, de que, a partir da instalação dos novos dispositivos, será mais fácil obter informações sobre o consumo energético residencial. Todavia, os respondentes também indicaram um maior nível de desconfiança acerca das formas com que estas informações serão comunicadas, indicando haver preocupação com os níveis de acessibilidade e inteligibilidade dos dados disponibilizados. Isto

indica mais uma janela de oportunidades para que estes conceitos possam ser aprimorados pelos promotores dos sistemas de modo a serem potencializadas as expectativas de menor esforço por parte dos consumidores.

A variável Expectativa de menor Risco [ER], por sua vez, apresentou-se como terceiro mais recorrente indicador de aceitabilidade dos SM, estando presente nas pesquisas de Wunderlich et al. (2012), Alabdulkarim et al. (2012) e Chou et al. (2015), tendo sido descartado apenas no modelo Vietnamita. No caso brasileiro em análise, a ER despontou como segundo mais forte indicador, ficando atrás apenas da EE. Dessa forma, os resultados obtidos nesta pesquisa para o construto ER indicam que, de maneira geral, quanto maior for a percepção de um indivíduo, de que a utilização dos novos equipamentos de medição e gerenciamento energético residenciais será livres de riscos à privacidade e/ou à segurança, maior tenderá a ser a sua Intenção de Uso.

Ainda, o indicador ER mostrou-se significativamente moderado ($\beta = -0,80$) pela variável caracterizadora Idade, indicando que, indivíduos mais velhos tendem a dar menos importância a aspectos relacionados à expectativa de menores riscos, ou seja, à existência de condições que permitam uma maior privacidade e/ou segurança na operação dos sistemas. Em outras palavras, a partir das descobertas desta pesquisa, embora a ER conste como um importante indicador de aceitabilidade das tecnologias de SM, permite-se inferir que a importância da variável é mais acentuada para os grupos mais jovens.

Além disso, a análise descritiva da amostra, para o construto ER, indicou haver uma expectativa, por parte dos consumidores, de que as informações coletadas pelos sistemas inteligentes de medição e gerenciamento energético devem ser mantidas em sigilo, sendo compartilhadas com terceiros apenas quando autorizadas. Todavia, cientes de que as novas tecnologias poderão compartilhar protocolos de comunicação com outros dispositivos e sistemas, os respondentes indicaram um relativo nível de desconfiança acerca das questões relacionadas à segurança da informação, no âmbito das redes elétricas residenciais. Isto indica a existência de oportunidades para que estas preocupações possam ser saneadas pelos promotores dos sistemas de modo a serem otimizadas as expectativas de menor risco, por parte dos consumidores.

Já, a variável Conteúdo Tecnológico e Feedback [CT], apresentou-se como quarto mais recorrente indicador de aceitabilidade dos SM, estando presente nas pesquisas de Alabdulkarim et al. (2012), na Holanda, e Chou et al. (2015), em Taiwan, Coréia do Sul, Indonésia e Vietnã. Dessa forma, os resultados obtidos nesta pesquisa para o construto CT indicam que, de maneira geral, quanto maior for a percepção de um indivíduo, de que os novos equipamentos inteligentes de medição e gerenciamento energético residenciais, possuem as ferramentas e qualidades necessárias para completar as tarefas ansiadas, maior tenderá a ser a sua Intenção de Uso.

Além disso, a análise descritiva da amostra, para o construto CT, indicou que, embora os indivíduos tenham tendido a concordar com todos os itens do construto, destacaram-se como características mais desejáveis para os sistemas de SM, a disponibilização de uma interface adequada para o gerenciamento dos recursos e informações de consumo, sendo estes preferencialmente operados via aplicativos a partir de smartphones, tablets ou outros dispositivos móveis conectados à internet. Indicaram, ainda, ser desejável que estes sistemas tivessem condições de disponibilizarem dicas e sugestões sobre como reduzir o consumo doméstico, incluindo programas de recompensas, incentivos, programas de metas e outras medidas que estimulem o consumo mais eficiente de energia. Em contrapartida, algumas funcionalidades possíveis e disponibilizadas em outros mercados energéticos, incluindo alguns projetos piloto em curso no Brasil, mostraram-se significativamente menos relevantes, incluindo a disponibilização de portais na internet e mostradores físicos para o gerenciamento do consumo, além de mecanismos diversos de tarifação, como o pré-pagamento. Ainda, acerca especificamente da Tarifa Branca, o fato de o indicador ter apresentado o quarto pior desempenho dentre os itens investigados, ainda que positivo, indica haver um certo grau de incerteza, por parte dos respondentes, acerca dos benefícios advindos da adesão ao novo sistema de tarifação. Estas características, positivas e negativas, expõem, portanto, um rol de oportunidades e barreiras que, devidamente superadas, podem contribuir significativamente, não apenas os processos de implementação dos projetos de REI no Brasil, mas também para um maior engajamento social deste novo panorama esperado para o gerenciamento energético das edificações do futuro.

Por fim, as variáveis analisadas, Expectativa de Desempenho [ED], a Expectativa de menor Esforço [EE], o Valor do Preço [VP], a Influência Social [IS], as Condições Facilitadoras [CF], a Expectativa de menor Risco [ER], o Conteúdo Tecnológico e feedback [CT] e a Disponibilidade de Informação [DI] foram capazes de explicar, estatisticamente, 50,2% da variabilidade da Intenção de uso [IU] na presença dos efeitos moderadores, o que evidencia uma capacidade explicativa substancial para o modelo (Hair, et al., 2014).

Todavia, para fins de delimitação da pesquisa, constaram conclusivas apenas as hipóteses validadas estatisticamente pelo modelo teórico proposto, o que não significa, porém, que os demais construtos pesquisados, Valor do Preço [VP], Influência Social [IS], Condições Facilitadoras [CF] e Disponibilidade de Informação [DI], analisados no corpo deste trabalho, devam ser descartados ou desconsiderados em estudos futuros. Na verdade, a própria utilização de uma amostra não probabilística e por conveniência nesta pesquisa, impede a universalização de quaisquer resultados. Além disso, conforme definido por Hargreaves et al. (2013) a complexidade do comportamento do consumidor sugere que o consumo de energia doméstico é idiossincrático e influenciado de formas complexas e por múltiplos aspectos, racionalidades e lógicas que mudam ao longo do tempo em resposta a diferentes forças contextuais. Desta forma, como recomendações para estudos futuros, sugere-se a revalidação dos construtos testados nesta pesquisa a partir de outros grupos amostrais, de forma a serem dirimidas e/ou sustentadas as afirmativas deste trabalho. Ainda, este trabalho limitou-se a investigar a aceitabilidade baseada estritamente em expectativas de consumidores diante de novas tecnologias ainda não implantadas e que são de pouco conhecimento social. Sugere-se, portanto, que os próximos estudos sejam realizados a partir de amostras formadas por consumidores que já possuem contato com as tecnologias, a partir dos projetos piloto ou casos reais em implantação no Brasil.

Como conclusões, o presente estudo buscou identificar e contribuir com a compreensão dos fatores que afetam a intenção dos consumidores de energia em adotar e utilizar sistemas de gerenciamento e medição inteligentes de energia em implantação no Brasil. A partir dos resultados encontrados, espera-se ter, não apenas contribuído com a difusão do conhecimento acerca destas

novas tecnologias, mas também contribuído com os processos de decisão que envolvam a integração dos consumidores domésticos de energia às novas políticas e estratégias relacionadas aos sistemas inteligentes de gerenciamento energético esperados para os edifícios residenciais do futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRADEE. **Furto e Fraude de Energia**. 2017. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/perdas/furto-e-fraude-de-energia>>.

ACCENTURE. Realizing the Full Potential of Smart Metering. [s. l.], p. 1–24, 2013. Disponível em: <http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/Local_India/PDF/Accenture-ealizing-Full-Potential-Smart-Metering.pdf>

AES. **SMART GRID AES ELETROPAULO**. 2018. Disponível em: <<http://www.smartgridaeseletropaulo.com.br/Paginas/Home.aspx>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

AJZEN, Icek. The theory of planned behavior. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, [s. l.], v. 50, p. 179–211, 1991.

ALABDULKARIM, A.; LUKSZO, Z.; FENS, T. W. Acceptance of Privacy-Sensitive Infrastructure Systems: A Case of Smart Metering in The Netherlands. [s. l.], n. June, p. 399–404, 2012.

ALTOMONTE, Sergio; RUTHERFORD, Peter; WILSON, Robin. Human factors in the design of sustainable built environments. **Intelligent Buildings International**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 224–241, 2015. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17508975.2014.970121>>

AMIN, S. M. Massoud; WOLLENBERG, B. F. F. Toward a smart grid: power delivery for the 21st century. **IEEE Power and Energy Magazine**, [s. l.], v. 3, n. 5, p. 34–41, 2005.

ANEEL. **Nota Técnica nº 0044/2010-SRD/ANEEL**. [s. l.], 2010. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2010/043/documento/nota_tecnica_0044_2010_srd.pdf>

ANEEL. **Nota Técnica nº 0025/2011**, 2011. a. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2011/042/documento/nota_tecnica_0025_gd.pdf>

ANEEL. **Resultados da Audiência Pública n.o 43/2010**, que objetivou obter subsídios e informações adicionais para o estabelecimento de resolução normativa sobre os requisitos mínimos para os medidores eletrônicos de unidades consumidoras de baixa tensão. [s. l.], p. 1–20, 2011. b.

ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 502/2012**, 2012. a.

ANEEL. **ANEEL publica norma sobre medidores eletrônicos**. 2012b. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=5912&id_area=90>. Acesso em: 9 out. 2016.

ANEEL. **ANEEL aprova tarifa branca, nova opção para os consumidores a partir de 2018**. 2016. Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/aneel-aprova-tarifa-branca-nova-opcao-para-os-consumidores-a-partir-de-2018/656877?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fsala-de-imprensa-exi>. Acesso em: 6 set. 2016.

BANDURA, Albert. **Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive Theory**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1986.

BERARDI, Umberto. A cross-country comparison of the building energy consumptions and their trends. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], n. April, 2016. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344916300489>>

BUDDECOMM. **Australia - Smart Meters in Victoria - Case Study**. [s.l.: s.n.]. Disponível em:

<<https://www.budde.com.au/Research/Australia-Smart-Meters-in-Victoria-Case-Study>>.

BURGESS, Jacquelin; NYE, Michael. Re-materialising energy use through transparent monitoring systems. **Energy Policy**, [s. l.], v. 36, n. 12, p. 4454–4459, 2008.

BYRD, Marilyn Y.; SCOTT, Chaunda L. (Ed.). **Diversity in the workforce: Current issues and emerging trends**. Routledge, 2014.

CARVALHO, Priscila. Smart metering deployment in Brazil. **Energy Procedia**, [s. l.], v. 83, p. 360–369, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.211>>

CELESC. **Apresentação dos Resultados do 3T16Resultados 3T16**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://celesc.firbweb.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Apresentacao-3T16-vFinal.pdf>>.

CELPE. **Aprenda a Ler seu Medidor**. 2017. Disponível em: <<http://servicos.celpe.com.br/residencial-rural/Pages/BaixaTensao/aprenda-a-ler-seu-medidor.aspx>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

CEMIG. **Cemig implanta em Sete Lagoas seu projeto de rede elétrica inteligente**2015.

CGEE. Redes Elétricas Inteligentes: Contexto Nacional. **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**, [s. l.], v. 16, p. 172, 2012. Disponível em: <http://www.cgее.org.br/publicacoes/documentos_tecnicos.php>

CHOU, Jui Sheng et al. Cross-country review of smart grid adoption in residential buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 48, n. August, p. 192–213, 2015.

COELHO, Denise. **Brasil aposta nas redes elétricas inteligentes**. 2014. Disponível em: <<http://www.mcti.gov.br/>>.

COMISSÃO EUROPEIA. Recomendação 2012/148/UE de 9 de Março. **Jornal Oficial da União Europeia**, [s. l.], n. 2011, p. 9–22, 2012. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:073:0009:0022:PT:PDF>>

COMPEAU, Deborah R.; HIGGINS, Christopher A. Computer self-efficacy: Development of a measure and initial test. **MIS quarterly**, [s. l.], p. 189–211, 1995.

Medidores Inteligentes | Consumidores Inteligentes. Direção: CONTATTO, Marcelo. Brasil

COOPER, Adam. Electric Company Smart Meter Deployments : Foundation for A Smart Grid. [s. l.], n. October, 2016.

CRESWELL, J. W. Research design Qualitative quantitative and mixed methods approaches. **Research design Qualitative quantitative and mixed methods approaches**, [s. l.], p. 3–26, 2003.

DARBY, Sarah. The Effectiveness of Feedback on Energy Consumption: A Review for Defra of the Literature on Metering , Billing and Direct Displays. **Environmental Change Institute University of Oxford**, [s. l.], v. 22, n. April, p. 1–21, 2006.

Disponível em:

<<http://www.citeulike.org/user/cblock/article/4123593>>

DARBY, Sarah. Smart metering: what potential for householder engagement? **Building Research & Information**, [s. l.], v. 38, n. 5, p. 442–457, 2010.

DAVIS, Fred D. Perceived Usefulness , Perceived Ease Of Use , And User Acceptance. **MIS Quarterly**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 319–339, 1989.

DAVIS, Fred D.; BAGOZZI, Richard P.; WARSHAW, Paul R. Extrinsic and Intrinsic Motivation to Use Computers in the Workplace. **Journal of Applied Social Psychology**, [s. l.], v. 22, n. 14, p. 1111–1132, 1992.

DEPURU, Soma Shekara Sreenadh Reddy; WANG, Lingfeng; DEVABHAKTUNI, Vijay. Smart meters for power grid:

Challenges, issues, advantages and status. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 15, n. 6, p. 2736–2742, 2011. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.039>>

DI SANTO, Katia Gregio et al. A review on smart grids and experiences in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 52, p. 1072–1082, 2015. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.182>>

EIA. **How many smart meters are installed in the United States, and who has them?** 2016. Disponível em:

<<http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=108&t=3>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

ELLABBAN, Omar; ABU-RUB, Haitham. Smart grid customers' acceptance and engagement: An overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 65, p. 1285–1298, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.021>>

ENEL. **Enel smart info** ®. 2016. Disponível em: <<http://enelsharing.enel.com/tag/smart-info/>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

ENEL. **Cidade Inteligente Búzios - Medição Horária**. 2018. Disponível em: <<http://www.cidadeinteligentebuzios.com.br/medicaoohoraria/>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. International Energy Outlook 2016 World Chapter. [s. l.], v. 2016, n. May 2015, p. 7–17, 2016.

EPE. **Plano Nacional de Energia 2030** *Journal of Chemical Information and Modeling*. Rio de Janeiro.

EPE. **Eficiência Energética e Geração Distribuída**. [s.l.: s.n.].

EPE. **Balanco energético nacional 2015: ano base 2014**. [s.l.: s.n.].

EPE. **Balanco energético nacional 2016: ano base 2015**. Brasil.

EPE. **Demanda de Energia 2050**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://epe.gov.br/Estudos/Documents/DEA_13-15_Demanda_de_Energia_2050.pdf>.

ESC. **Smart meters regulatory review – Capacity control and meter reads final decision**. [s.l.: s.n.].

ESMIG. **The 20-20-20 Goals**. 2016. Disponível em: <<http://esmig.eu/page/20-20-20-goals>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

EUROPEAN COMMISSION. **EU Energy, Transport and GHG Emissions: Trends to 2050 - Reference Scenario 2013**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/transport/media/publications/doc/trends-to-2050-update-2013.pdf>>

EUROPEAN COMMISSION. **Benchmarking smart metering deployment in the EU-27 with a focus on electricity**. Brussels.

EUROPEAN COMMISSION. **Smart Metering deployment in the European Union**. 2016. Disponível em:

<<http://ses.jrc.ec.europa.eu/smart-metering-deployment-european-union>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

EUROPEAN PARLIAMENT. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency. **Official Journal of the European Union Directive**, [s. l.], n. October, p. 1–56, 2012.

EXL, Utilities Academy. **Smart metering - What the U.K. can learn from other countries**. [s.l.: s.n.]. Disponível em:

<[file:///C:/Documents and Settings/ab748/My Documents/Smart Metering/Netherlands/SmartMetering.Paper.pdf](file:///C:/Documents%20and%20Settings/ab748/My%20Documents/Smart%20Metering/Netherlands/SmartMetering.Paper.pdf)>.

FARUQUI, Ahmad; SERGICI, Sanem; SHARIF, Ahmed. The impact of informational feedback on energy consumption-A survey of the experimental evidence. **Energy**, [s. l.], v. 35, n. 4, p. 1598–1608, 2010. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2009.07.042>>

FISCHER, Corinna. Feedback on household electricity consumption: A tool for saving energy? **Energy Efficiency**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 79–104, 2008.

FISHBEIN, Martin; AJZEN, Icek. **Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research** Reading, MA: Addison-Wesley, , 1975.

FLETCHER, B.; JAMES, B.; WEARN, N. Gamification of Smart Meter Home Display Units Using Targeted Reward Mechanics. [s. l.], n. January, 2013. Disponível em:

<<http://eprints.staffs.ac.uk/1326/>>

GANGALE, Flavia; MENGOLINI, Anna; ONYEJI, Ijeoma.

Consumer engagement: An insight from smart grid projects in Europe. **Energy Policy**, [s. l.], v. 60, p. 621–628, 2013.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.031>>

GANS, Will; ALBERINI, Anna; LONGO, Alberto. Smart Meter Devices and The Effect of Feedback on Residential Electricity Consumption: Evidence from a Natural Experiment in Northern Ireland. [s. l.], n. January, 2011.

GHAFFARIANHOSEINI, AmirHosein et al. The concept of Zero Energy Intelligent Buildings (ZEIB): a review of sustainable development for future cities. **British Journal of Environment & Climate Change**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 339–367, 2012. Disponível em: <<http://zenodo.org/record/6768/files/2012BJECC2531.pdf>>

GIGLIOLI, Enrico; PANZACCHI, Cosma; SENNI, Leonardo. How Europe is approaching the smart grid. **McKinsey on Smart Grid**, [s. l.], p. 12–17, 2012.

HARGREAVES, Tom; NYE, Michael; BURGESS, Jacquelin. Making energy visible: A qualitative field study of how householders interact with feedback from smart energy monitors. **Energy Policy**, [s. l.], v. 38, n. 10, p. 6111–6119, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.05.068>>

HESS, David J. Smart Meters and Public Acceptance: Comparative Analysis and Design Implications. [s. l.], p. 1–23, 2013.

HONEBEIN, Peter C.; CAMMARANO, Roy F.; BOICE, Craig. Building a Social Roadmap for the Smart Grid. **Electricity Journal**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 78–85, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tej.2011.03.015>>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Transition to Sustainable Buildings - Strategies and opportunities to 2050**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.iea.org/etp/buildings>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. CO2 Emissions From Fuel Combustion Highlights. **IEA Statistics**, [s. l.], p. 158, 2015.

JANDA, Kathryn. Buildings don't use energy - People do! **Planet Earth**, [s. l.], v. 2030, n. WINTER, p. 12–13, 2011.

KARLIN, Beth et al. Characterization and Potential of Home Energy Management (HEM) Technology. [s. l.], n. February, 2015.

KEMA. **Development of Best Practice Recommendations for Smart Meters Rollout in the Energy Community**. Arnhem, The Netherlands.

KEMPTON, Willett; LAYNE, Linda L. The consumer's energy analysis environment. **Energy Policy**, [s. l.], v. 22, n. 10, p. 857–866, 1994.

KOSKI, Pertti et al. **Smart meters and consumer engagement**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.esd-ca.eu/good-practices/member-state-presentations/metering-and-billing/smart-meters-and-consumer-engagement>>.

KRANZ, Johann; GALLENKAMP, Julia; PICOT, Arnold. Power Control To the People ? Private Consumers ' Acceptance of Smart Meters. **European Conference on Information Systems**, [s. l.], p. 96, 2010. Disponível em: <http://download.microsoft.com/download/f/2/6/f26adb40-0db0-4bb0-a92a-2936ad30cc64/Power-Control-to-the-People_Private_Consumers_Acceptance_of_Smart_Meters.pdf>

KRIPANONT, Napaporn. Examining a Technology Acceptance Model of Internet Usage by Academics within Thai Business Schools. [s. l.], p. 432, 2007.

LEITE, Davi Rabelo Viana. Medidores Eletrônicos : Análise De Viabilidade Econômica No Contexto Das Redes. **Universidade De Brasília Faculdade De Tecnologia Departamento De Engenharia Elétrica - Dissertação De Mestrado Em Engenharia Elétrica**, [s. l.], p. 81, 2013.

LOMBARDI, Marina et al. Enel Smart Info after one year on Field: Lessons Learned, Evolution and Results of the Pilot. [s. l.], n. 392, p. 11–12, 2014.

LOUHO, R.; KALLIOJA, M. Factors affecting the use of hybrid media applications. **Graphic arts in Finland**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 11–21, 2006. Disponível em: <http://media.tkk.fi/GTTS/GAiF/GAiF_PDF/GAiF2006_3-2.pdf>

MANDELMAN, Marcio. **Análise Crítica da Matriz Energética Brasileira e a Implementação de Smart Grid**. 2011. UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ, [s. l.], 2011.

MARTINI, Chiara. Enel Smart Info: consumption data at hand. [s. l.], n. March, p. 1–12, 2015.

MASSA, Ariadne. **“Smart meters will curb theft and tampering”**. 2015. Disponível em: <<http://www.timesofmalta.com/articles/view/20150927/local/smart-meters-will-curb-theft-and-tampering.585899>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

MENGOLINI, Anna; VASILJEVSKA, Julija. **The social dimension of Smart Grids**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses.jrc.ec.europa.eu/files/documents/the_social_dimension_of_smart_grids.pdf>

MME. Relatório Smart Grid do Grupo de Trabalho de Redes Elétricas Inteligentes. **Ministério das Minas e Energia**, [s. l.], p. 229, 2012. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/acoes/Energia/Relatxrio_GT_Smart_Grid_Portaria_440-2010.pdf>

MORAES, GUSTAVO HERMÍNIO SALATI MARCONDES DE; ADOÇÃO. **Adoção de governo eletrônico no Brasil: a perspectiva do usuário do programa Nota Fiscal Paulista**. 2013. FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS - ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO, [s. l.], 2013.

MOTHERSBAUGH, David L. et al. Disclosure antecedents in an online service context: The role of sensitivity of information. **Journal of Service Research**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 76–98, 2012.

NEEP. Opportunities for Home Energy Management Systems (HEMS) in Advancing Residential Energy Efficiency Programs. [s. l.], n. August, 2015.

NGUYEN, Tuan Anh; AIELLO, Marco. Energy intelligent buildings based on user activity: A survey. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 56, p. 244–257, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.09.005>>

NICOLAU, Carolina Teixeira. **Medição de Energia Elétrica : impactos da mudança tecnológica no setor jurídico de uma concessionária distribuidora de energia elétrica**. 2013. PUC-Rio, [s. l.], 2013.

NIST; PUBLICATION, Nist Special; NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. NIST Special Publication 1108 NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards. **Nist Special Publication**, [s. l.], v. 0, p. 1–90, 2010. Disponível em: <http://www.nist.gov/public_affairs/releases/upload/smartgrid_interoperability_final.pdf>

NZSGF. **Overview of the Victorian Smart Meter Program**. New Zealand.

OECD. **United States: Country Overview**. [s.l: s.n.].

OFFICE OF THE AUDITOR GENERAL OF ONTARIO. 2014 Annual Report of the Office of the Auditor General of Ontario: 3.11 Smart Metering Initiative. [s. l.], p. 362–406, 2014.

Disponível em:

<http://www.auditor.on.ca/en/reports_en/en14/311en14.pdf>

OWENS, Susan; DRIFFILL, Louise. How to change attitudes and behaviours in the context of energy. **Energy Policy**, [s. l.], v. 36, n. 12, p. 4412–4418, 2008.

PARLAMENTO EUROPEU. Diretiva 2012/27/UE. **Jornal Oficial da União Europeia**, [s. l.], p. 1–56, 2012.

PELEGRINI, MARCELO APARECIDO; VALE, ZITA A. **Redes Elétricas Inteligentes: Diálogo Setorial Brasil-União Europeia (2014)**. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<<http://www.mcti.gov.br/documents/10179/35540/Redes+El?trica+s+Inteligentes+--+Di?logos+Setoriais+Brasil-Uni?o+Europeia/1928a060-91ff-48e2-8479-ae590f0fd9a9>>.

PEROVANO, DALTON GEAN. **Manual de Metodologia Científica Para a Segurança Pública e Defesa Social**. [s.l: s.n.].

POWER, J. D. **Utilities Face Consumer Awareness and Engagement Challenges with Smart Meters and Related Technologies**. 2012. Disponível em:

<<http://www.jdpower.com/press-releases/2012-smart-pulse-study-and-2012-customer-engagement-strategies-study>>. Acesso em: 18 fev. 2017.

RAHMAN, Saifur. Challenges & Opportunities in Renewable Energy Role of the Smart Grid. In: IEEE ICCIT CONFERENCE 2015, **Anais...** [s.l: s.n.]

REDES INTELIGENTES BRASIL. **Projetos Piloto no Brasil**. 2018. Disponível em:

<<http://redesinteligentesbrasil.org.br/projetos-piloto-brasil.html>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

REIS, Tiago. **Projeto Parintins ganha prêmio nacional**. 2014. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/>>. Acesso em: 20 out. 2017.

ROGERS, Everett M. **Diffusion of innovations**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://hollis.harvard.edu/?itemid=%7Clibrary/m/aleph%7C006256656>>

SAUNDERS, Mark; LEWIS, Philip; THORNHILL, Adrian. Research methods for business students. [s. l.], p. 696, 2012.

SEKARAN, Uma. **Research methods for business**. [s.l.: s.n.]. v. 65

SERRENHO, Tiago; ZANGHERI, Paolo; BERTOLD, Paolo. **Energy Feedback Systems : Evaluation of Meta-studies on energy savings through feedback**. [s.l.: s.n.].

SHOVE, Elizabeth. Converging Conventions of Comfort, Cleanliness and Convenience. **Journal of Consumer Policy**, [s. l.], v. 26, n. 4, p. 395–418, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1023/A:1026362829781>>

SILVEIRA, Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernanda Peixoto. **A pesquisa científica**. [s.l.: s.n.].

SMARTENERGY. **Copel apresenta soluções para controle remoto de energia no Smart City Expo Curitiba 2018**. 2018. Disponível em: <<https://smartenergy.org.br/portal/copel-apresenta-solucoes-para-controle-remoto-de-energia-no-smart-city-expo-curitiba-2018/>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

SO, Albert T. P.; WONG, Alvin C. W.; WONG, K-c. A new definition of intelligent buildings for Asia. **Facilities**, [s. l.], v. 17, n. 12/13, p. 485–491, 1999. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/02632779910293488>>

TAYLOR, Shirley; TODD, Peter A. **Understanding information technology usage: A test of competing models** *Information Systems Research*, 1995.

TELEFONICA DIGITAL. The Smart Meter Revolution. [s. l.], p. 2–12, 2014.

THOMPSON, Ronald L.; HIGGINS, Christopher A.; HOWELL, Jane M. Personal Computing: Toward a Conceptual Model of Utilization. **MIS Quarterly**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 125–143, 1991. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/249443>>

TOHIR, Lina Maulani. Predicting Smart Metering Acceptance by Residential Consumers : an Indonesian Perspective. [s. l.], v. 4, n. c, p. 104–109, 2016.

TRAJANOVSKA, Biljana. Consumers ' acceptance of smart meters. [s. l.], n. May, p. 127, 2013.

U.S. DOE. 2010 Smart Grid System Report. **Energy**, [s. l.], n. February, p. 104, 2012. Disponível em: <<http://energy.gov/oe/downloads/2010-smart-grid-system-report-february-2012>>

UN-HABITAT. **State of the World's Cities 2010/2011: Bridging The Urban Divide**. [s.l: s.n.].

UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY. Universal declaration of human rights. **UN General Assembly resolution 217 A (III) of 10 December 1948**, [s. l.], 1948. Disponível em: <<http://www.refworld.org/docid/3ae6b3712c.html>>

URIBE-PEREZ, Noelia et al. State of the Art and Trends Review of Smart Metering in Electricity Grids. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 1–24, 2016.

US ITA. **Opportunities for U . S . Renewable Energy and Smart Grid Exporters in Canada ' s Electricity Market**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://2016.export.gov/build/groups/public/@eg_main/@reee/documents/webcontent/eg_main_075391.pdf>.

US ITA. 2016 Top Markets Report Smart Grid: Country Case Study - Canada. [s. l.], p. 1–3, 2016.

VAGO. **Towards a “smart grid” – the roll-out of Advanced Metering Infrastructure Victorian**. [s.l: s.n.].

VASSILEVA, Iana; CAMPILLO, Javier. Consumers' Perspective on Full-Scale Adoption of Smart Meters: A Case Study in Västerås, Sweden. **Resources**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 3, 2016. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2079-9276/5/1/3/htm>>

VENÍCIO, Márcio. Smart grids – Redes Inteligentes Capítulo II Desafios tecnológicos e regulatórios em rede inteligente no Brasil. **Edição 66**, [s. l.], p. N/D, 2011. Disponível em: <http://www.osestoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed66_fasc_smart_grid_cap2.pdf>

VENKATESH, Viswanath. Determinants of Perceived Ease of Use: Integrating Control, Intrinsic Motivation, and Emotion into the Technology Acceptance Model. **Information Systems Research**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 342–365, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1287/isre.11.4.342.11872>>

VENKATESH, Viswanath et al. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. **MIS Quarterly**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 425–478, 2003. a. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/30036540>>

VENKATESH, Viswanath et al. User acceptance of information technology: Toward a unified view. **MIS Quarterly**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 425–478, 2003. b. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/30036540>>

VENKATESH, Viswanath; THONG, James; XU, Xin. Consumer acceptance and user of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. **MIS Quarterly**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 157–178, 2012. Disponível em: <<http://ezproxy.library.capella.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=71154941&site=ehost-live&scope=site>>

VERBONG, Geert P. J.; BEEMSTERBOER, Sjouke; SENGERS, Frans. Smart grids or smart users? Involving users in developing a low carbon electricity economy. **Energy Policy**, [s. l.], v. 52, p. 117–125, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.05.003>>

WARD, Rod. The application of technology acceptance and diffusion of innovation models in healthcare informatics. **Health Policy and Technology**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 222–228, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.hlpt.2013.07.002>>

WEC. **Evaluation of residential smart meter policies WEC-ADEME Case studies on Energy Efficiency Measures and Policies**. [s.l.: s.n.].

WESTSKOG, Hege; WINTHER, Tanja; SÆLE, Hanne. The Effects of In-Home Displays—Revisiting the Context. **Sustainability**, [s. l.], v. 7, n. 5, p. 5431–5451, 2015. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2071-1050/7/5/5431/>>

WICHAKOOL, Warit et al. Smart Metering of Variable Power Loads. **IEEE Transactions on Smart Grid**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 189–198, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/TSG.2014.2352648>>

YESUDAS, Rani; CLARKE, Roger. Architecture and data flow model for consumer-oriented smart meter design. **Information Systems Development: Transforming Organisations and Society Through Information Systems - Proceedings of the 23rd International Conference on Information Systems Development, ISD 2014**, [s. l.], n. January 2014, p. 31–41, 2014. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84923683515&partnerID=tZOtx3y1>>

YESUDAS, Rani; CLARKE, Roger. Measures to Improve Public Acceptance of Smart Metering System. [s. l.], 2015.

APENDICE

APENDICE A – INSTRUMENTO DE PESQUISA

Aceitabilidade social de Medidores Inteligentes

Por favor, assista ao vídeo a seguir e responda os itens apresentados nas páginas seguintes, assinalando a resposta que mais lhe pareça adequada em cada questão.

Vídeo de Introdução

Este vídeo tem duração de aproximadamente 01 minuto e foi elaborado com o objetivo de explicar o que é o medidor inteligente, suas mais notáveis diferenças em relação aos medidores convencionais de energia e, principalmente, fornecer um panorama acerca dos novos mecanismos de gerenciamento e informação energéticas oportunizadas por estes novos dispositivos.



<http://youtube.com/watch?v=wtW-5fxInPE>

Para assistir ao vídeo em alta resolução ou tela cheia, acesse: <https://youtu.be/wtW-5fxInPE>

Direção e Produção:
Marcelo Contatto dos Santos

Orientação:
Prof. José Ripper Kós

Agradecimentos:
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ)

[01] Características Socioeconômicas

1. Gênero

Mark only one oval.

- Masculino
 Feminino

2. Ano de Nascimento

Mark only one oval.

- Prefiro não informar
 Até 1940
 De 1941 a 1960
 De 1961 a 1980
 De 1981 a 2000
 A partir de 2001

3. Renda Familiar

Mark only one oval.

- Prefiro não informar
 Até 02 salários mínimos
 De 02 a 04 salários mínimos
 De 04 a 10 salários mínimos
 De 10 a 20 salários mínimos
 Acima de 20 salários mínimos

4. Faixa média de Consumo - kWh

Mark only one oval.

- Não sei informar *Skip to question 5.*
 Até 249 kWh *Skip to question 6.*
 Entre 250 e 499 kWh *Skip to question 6.*
 Superior a 500 kWh *Skip to question 6.*

Skip to question 6.

[01] Características Socioeconômicas (continuação)**5. Faixa média de Consumo - R\$***Mark only one oval.*

- Não sei informar
- Até R\$ 135,00
- Entre R\$ 135,00 e R\$ 275,00
- Acima de R\$ 275,00

*Skip to question 6.***[02] Expectativa de Desempenho [ED]****6. ED_1 Acredito que o medidor inteligente será útil em minha residência.***Mark only one oval.*

1 2 3 4 5

Eu discordo totalmente Eu concordo totalmente**7. ED_2 Acredito que o medidor inteligente possibilitará um controle mais eficiente do consumo energético em minha residência.***Mark only one oval.*

1 2 3 4 5

Eu discordo totalmente Eu concordo totalmente**8. ED_3 Acredito que o medidor inteligente contribuirá para a redução dos impactos ambientais causados pelo consumo energético em minha residência.***Mark only one oval.*

1 2 3 4 5

Eu discordo totalmente Eu concordo totalmente**9. ED_4 Acredito que o medidor inteligente permitirá uma redução em minha conta de energia elétrica.***Mark only one oval.*

1 2 3 4 5

Eu discordo totalmente Eu concordo totalmente**[03] Expectativa de menor Esforço [EE]**

10. **EE_1 Acredito que, a partir da instalação do medidor inteligente, será mais fácil obter a informação que eu preciso.**

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Eu discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eu concordo totalmente

11. **EE_2 Acredito que as informações disponibilizadas pelo meu medidor inteligente serão comunicadas de uma forma acessível e amigável.**

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Eu discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eu concordo totalmente

[04] Valor do Preço [VP]

12. **VP_1 Acredito que o medidor inteligente deveria ser gratuito.**

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Eu discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eu concordo totalmente

13. **VP_2 Acredito que o medidor inteligente deveria vir acompanhado de um mecanismo de interface* e gerenciamento energético, gratuito.**

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Eu discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eu concordo totalmente

* No contexto desta pesquisa, "mecanismo de interface" refere-se a todo e qualquer tipo de dispositivo ou tecnologia, físico ou digital, que permita a comunicação, controle e gerenciamento das informações energéticas disponibilizadas pelo Medidor Inteligente para os consumidores de energia.

14. **VP_3 Eu estaria disposto a pagar uma diferença para obter um mecanismo de interface mais avançado, capaz oferecer mais controle e mais informações acerca do desempenho energético da minha residência.**

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Eu discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eu concordo totalmente

[05] Influência Social [IS]

15. **IS_1** Acredito que me sentiria mais estimulado a utilizar os recursos de gerenciamento energético disponibilizados pelo meu medidor inteligente se minha família também apoiasse a ideia.

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Eu discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eu concordo totalmente

16. **IS_2** Acredito que me sentiria mais estimulado a utilizar os recursos de gerenciamento energético disponibilizados pelo meu medidor inteligente se meus amigos também apoiassem a ideia.

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Eu discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eu concordo totalmente

17. **IS_3** Acredito que me sentiria mais estimulado a utilizar os recursos de gerenciamento energético disponibilizados pelo meu medidor inteligente se as pessoas do meu convívio social também apoiassem a ideia.

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Eu discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eu concordo totalmente

[06] Condições Facilitadoras [CF]

18. **CF_1** Acredito que terei os conhecimentos necessários para gerenciar as informações disponibilizadas no âmbito dos novos sistemas de medição inteligente.

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Eu discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eu concordo totalmente

19. **CF_2** Acredito que eu tenha a quem recorrer caso tenha dúvidas para compreender ou operar as informações disponibilizadas no âmbito dos novos sistemas de medição inteligente.

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Eu discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eu concordo totalmente

31. **CT_8** Eu gostaria que meu medidor inteligente fosse capaz de gerenciar novos sistemas residenciais inteligentes, como eletrodomésticos inteligentes, termostatos, sistemas de iluminação, tomadas, plugues e dispositivos de segurança, visando o gerenciamento remoto e mais eficiente destes dispositivos.

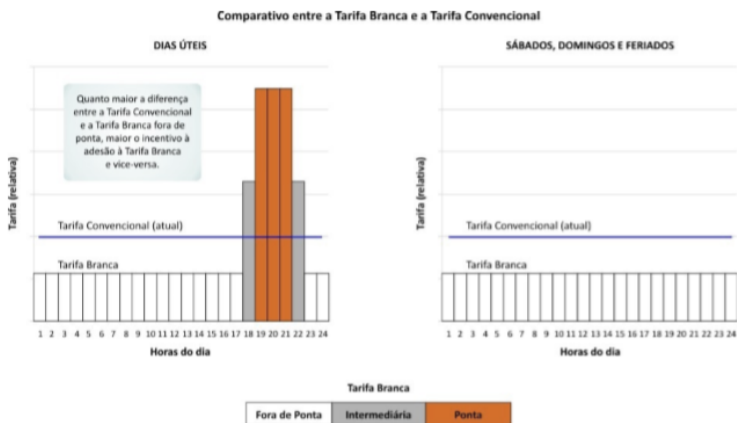
Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Eu discordo totalmente Eu concordo totalmente

[08] Conteúdo Tecnológico [CT] (continuação)

CT_09 Relativo às novas modalidades de tarifação possibilitadas pelos medidores inteligentes, passou a vigorar no Brasil, em janeiro de 2018, um novo sistema de tarifação dinâmica, de adesão voluntária, chamado "Tarifa Branca".



Fonte: <http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>

32. **Acerca das novas modalidades de tarifação, considero importante a disponibilização de um mecanismo de tarifação dinâmica, como a Tarifa Branca, que permita tarifas variáveis ao longo do dia, acompanhando o custo da geração da energia.**

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Eu discordo totalmente Eu concordo totalmente

33. **CT_10** Relativo às novas modalidades de faturamento possibilitadas pelos medidores inteligentes, considero importante a disponibilização de um mecanismo de pré-pagamento.

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Eu discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eu concordo totalmente

[09] Disponibilidade de Informação [DI]

34. **DI_1** Acredito que se eu tivesse mais informações sobre os sistemas de medição inteligente e suas funcionalidades para um melhor gerenciamento energético residencial, me sentiria mais confiante para aderir e utilizar estas tecnologias.

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Eu discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eu concordo totalmente

35. **DI_2** Acredito que uma maior divulgação dos sistemas de medição inteligente e suas funcionalidades para um melhor gerenciamento energético residencial, poderia colaborar com a difusão e o interesse da população na tecnologia.

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Eu discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eu concordo totalmente

[10] Intenção de Uso [IU]

36. **IU_1** Baseado em minhas expectativas com as novas tecnologias de medição e gestão inteligente da energia, eu tenho interesse em instalar um medidor inteligente e fazer uso dos novos mecanismos de gerenciamento energético disponibilizados.

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Eu discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eu concordo totalmente

APENDICE B – CARTA CONVITE



Você está convidado para participar da pesquisa científica sobre gerenciamento energético residencial, intitulada:

Aceitabilidade social de Medidores Inteligentes

Um estudo de caso no Brasil

Este estudo é desenvolvido pelo pesquisador Marcelo Contatto dos Santos, no âmbito do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (PósARQ).

O objetivo é contribuir com a compreensão dos fatores que afetam a intenção dos consumidores de energia em adotar e utilizar sistemas de gestão e medição inteligentes de energia que, a partir de 2018, passarão a ser gradualmente oferecidos aos consumidores residenciais pelas concessionárias de energia elétrica de todo o país.

Esta pesquisa tem duração estimada de **08 minutos**, é **anônima** e de **opinião**.

Atende às normas e critérios éticos aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais, conforme determinado pela resolução CNS 510/2016.

A sua participação é **muito importante !**

PARTICIPE