

PEDRO CÉSAR ALMEIDA

**INFLUÊNCIA DA INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO VALOR
DE EDIFICAÇÕES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

A447i
2017 Almeida, Pedro César, 1988-
Influência da instalação de sistemas fotovoltaicos no valor
de edificações / Pedro César Almeida. – Viçosa, MG, 2017.
xiii, 92f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Joyce Correna Carlo.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Geração de energia fotovoltaica. 2. Política pública.
3. Investimentos imobiliários. 4. Custo-benefício.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Arquitetura
e Urbanismo. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e
Urbanismo. II. Título.

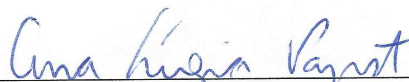
CDD 22 ed. 621.47

PEDRO CÉSAR ALMEIDA

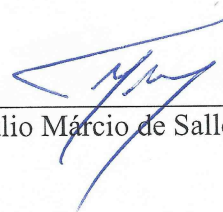
**INFLUÊNCIA DA INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO VALOR
DE EDIFICAÇÕES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de Abril de 2017.



Ana Lígia Papst Abreu



Túlio Márcio de Salles Tibúrcio



Delly Oliveira Filho
(Coorientador)



Joyce Correna Carlo
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelos ensinamentos no decorrer deste trabalho e pelo sustento diário.

À minha esposa Lílian, pelo apoio e companheirismo inestimável.

Aos meus pais Jony e Lênia, pelo apoio e incentivo.

À professora Joyce Correna Carlo, pelo exemplo profissional e pela orientação no desenvolvimento desta pesquisa, realizada com muita destreza e dedicação.

Ao professor Delly Oliveira Filho, pelas contribuições como coorientador, essenciais para o refinamento deste trabalho.

Aos professores Túlio Sales Tibúrcio (DAU/UFV), Antônio Cleber Tibiriça (DAU/UFV), Paulo Roberto Cecon (DET/UFV), Affonso Henrique Lima Zuin (DFT/UFV), pelos sábios conselhos que provocaram reflexões sobre questões importantes para o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos professores e colegas de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa, pela contribuição valiosa para minha formação como pesquisador e profissional.

A todos que contribuíram com esta pesquisa fornecendo informações: representante da empresa X, respondentes dos questionários e proprietários do edifício em construção da Igreja Presbiteriana de Viçosa.

Ao gestor do Aeródromo do Aeroporto Internacional de Belo Horizonte - Tancredo Neves, por permitir o uso do espaço para aplicação de questionários.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE QUADROS	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT	xiii
Capítulo 1. Introdução Geral	1
1.1 Contextualização.....	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo Geral	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3. Estrutura da Dissertação	4
1.4. Referências Bibliográficas	5
Capítulo 2. Panorama de incentivos para energia solar fotovoltaica no Brasil	6
2.1. Introdução	7
2.2. Métodos.....	11
2.3. Resultados	12
2.3.1. Grupo 1 - Viabilidade econômica de geração de energia fotovoltaica para imóveis	12
2.3.2. Grupo 2 - Aquisição de sistemas fotovoltaicos	13
2.3.3. Grupo 3 - Pesquisa e Desenvolvimento relacionados à geração de energia fotovoltaica.....	15
2.3.4. Grupo 4 - Visibilidade no mercado de edificações que possuem sistemas fotovoltaicos	15
2.3.5. Grupo 5 - Introdução de sistemas fotovoltaicos no mercado imobiliário	16
2.4. Discussão	16
2.5. Análise dos programas de mecanismos e incentivos	22
2.6. Conclusão.....	24
2.7. Referências Bibliográficas	25

Capítulo 3. Análise da valorização de imóveis com energia fotovoltaica.....	29
3.1. Introdução	30
3.2. Métodos.....	35
3.2.1. Entrevista - Construtora	35
3.2.2. Questionários - Consumidores em potencial.....	35
3.3. Resultados	36
3.4. Conclusão.....	45
3.5. Referências Bibliográficas	47
Capítulo 4. Medida de Eficiência Energética na tomada de decisão para adoção de geração distribuída de energia fotovoltaica	49
4.1. Introdução	51
4.2. Caracterização do estudo de caso	54
4.3 Métodos.....	55
4.3.1. Modelagem computacional	55
4.3.2 Proposição de medidas de conforto térmico e de eficiência energética.....	59
4.3.3 Reunião com proprietários	59
4.4. Resultados e discussão	59
4.4.1. Simulação computacional - caso base.....	59
4.4.2. Proposição de medidas de conforto térmico e de eficiência energética.....	63
4.4.3. Análise de viabilidade das medidas de eficiência energética.....	66
4.4.4. Análise da tomada de decisão dos proprietários da edificação	68
4.5. Conclusão.....	69
4.6. Referências Bibliográficas	71
Capítulo 5. Conclusões Gerais.....	74
5.1. Considerações finais	74
5.2. Contribuições da pesquisa.....	80
5.3. Limitações do trabalho.....	80
5.4. Indicações para trabalhos futuros.....	81
Apêndices	82
Apêndice I - Quadro de Classificação dos Programas de Incentivo à Energia Fotovoltaica	82
Apêndice II - Entrevista com Representantes de Construtoras ou Incorporadoras do Mercado Imobiliário	83
Apêndice III - Questionário - Características de Possíveis Consumidores de Edificações com Geração de Energia Através de Sistema Fotovoltaico.	86

Apêndice IV - Mapeamento dos Ambientes de Permanência Prolongada (ANCs) e as características de uso..... 92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABECIP - Associação Brasileira das Entidades de Crédito Imobiliário e Poupança
ABGD - Associação Brasileira de Geração Distribuída
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica
ANC - Ambiente de permanência prolongada
APT - Áreas de permanência transitória
AU - Área Útil
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BOVESPA - Bolsa de Valores de São Paulo
CEF - Caixa Econômica Federal
CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais
CONFAZ - Conselho Nacional de Política Fazendária
DML - Depósito de Materiais de Limpeza
ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EqNumDPI - Equivalente Numérico do Sistema de Iluminação
EqNumV - Equivalente Numérico de Ambientes Não Condicionados e/ou Ventilados Naturalmente
FEBRABAN - Federação Brasileira de Bancos
Finep - Empresa Financiadora de Estudos e Projetos
GD - Geração Distribuída
GEE - Gases de Efeito Estufa
GSL - *Gruner Strom Label*
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPTU - Imposto Predial e Territorial Urbano
LER - Leilão de Energia de Reserva
LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*
MEE - Medida de Eficiência Energética
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MME - Ministério de Minas e Energia
NDR - Não Desejo Responder
PBE-Edifica - Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações

PDE - Plano Decenal de Energia

PMCMV - Programa Minha Casa Minha Vida

POC - Percentual de Horas em Conforto

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

RN - Resolução Normativa

RTQ-C - Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

RTQ-R - Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

SIN - Sistema Interligado Nacional

SM - Salário Mínimo

TMY - *Typical Meteorological Year*

TR - Taxa Referencial

TUSD - Tarifa de Uso de Sistemas de Distribuição

TUST - Tarifa de Uso de Sistemas de Transmissão

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Média anual de radiação solar no Brasil e na Europa.....	9
Figura 2.2 - Capacidade instalada global de sistemas fotovoltaicos em 2013 por tipo de mecanismo de incentivo	10
Figura 2.3 - Capacidade de geração de sistemas fotovoltaicos e acréscimo no ano de 2015...	11
Figura 2.4 - Previsão da evolução da energia solar fotovoltaica gerada e capacidade instalada no Brasil.....	17
Figura 2.5 - Número acumulado de unidades de geração distribuída no Brasil.....	18
Figura 3.1 - Localização geográfica dos empreendimentos imobiliários da empresa X.....	36
Figura 3.2 - Idade dos respondentes	38
Figura 3.3 - Nível de escolaridade completo dos respondentes	38
Figura 3.4 - Renda mensal familiar dos respondentes.....	39
Figura 3.5 - Porcentagem dos respondentes - ocupação.....	39
Figura 3.6 - Nível de conhecimento e de importância sobre aspectos de sustentabilidade em edificações	40
Figura 3.7 - Disposição em pagar mais por imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica	41
Figura 3.8 - Relação entre faixa etária e a disposição de pagar a mais por imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica	43
Figura 3.9 - Motivos de valorização dos imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica - uso	44
Figura 3.10 - Motivos de valorização dos imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica - investimento	44
Figura 4.1 - Histórico de ENCEs emitidas para o RTQ-C	53
Figura 4.2 - Maquete eletrônica do projeto do edifício de ensino da IPV.....	55
Figura 4.3 - Edifício de ensino da IPV em fase inicial de construção.....	55
Figura 4.4 - Modelo térmico do edifício - Fachada Nordeste	56
Figura 4.5 - Modelo térmico do edifício - Perspectiva Sudoeste	57
Figura 4.6 - Projeto Arquitetônico do edifício de ensino da IPV - Plantas baixas.....	57
Figura 4.7 - (a, b e c) - Modelagem do átrio do modelo térmico do edifício	57
Figura 4.8 - Porcentagem dos usos finais de energia	60
Figura 4.9 - Ganhos térmicos anuais das salas multiuso 13 e 8	62
Figura4.10 - Ganhos térmicos anuais das salas multiuso 4 e 5	62

Figura 4.11 - Geração fotovoltaica e consumo de energia elétrica do edifício, relacionado à
Tabela 4 66

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Valorização de edificações que possuem características sustentáveis	32
Quadro 4.1 - Ganho de calor por atividades metabólicas.....	58
Quadro 4.2 - Ganho de calor por equipamentos	58
Quadro 4.3 - Medidas de melhoria de desempenho	65
Quadro 4.4 - Medidas de Eficiência Energética (MEEs)	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Consumo de energia do Edifício - Caso base.....	60
Tabela 4.2 - Percentual de horas em conforto e desconforto dos ambientes de permanência prolongada para o caso base	61
Tabela 4.3 - Análise das medidas passivas de desempenho	64
Tabela 4.4 - Geração fotovoltaica e consumo de energia elétrica do edifício, relacionada à Figura	64
Tabela 4.5 - Análise de viabilidade das MEEs	67

RESUMO

ALMEIDA, Pedro César, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2017. **Influência da Instalação de Sistemas Fotovoltaicos no Valor de Edificações**. Orientadora: Joyce Correna Carlo. Coorientador: Delly Oliveira Filho.

Em uma análise de viabilidade de sistemas fotovoltaicos são averiguados, normalmente, apenas custos de instalação, manutenção e operação e a precificação da energia gerada. No entanto, além desses fatores, há outros benefícios associados ao uso de sistemas fotovoltaicos, como a possível influência no valor da edificação. O presente trabalho buscou investigar a influência da instalação de sistemas fotovoltaicos no valor de edificações. Foram identificados estudos realizados em outros países, baseados em registros históricos de transações comerciais, que identificaram a ocorrência de valorização de edificações sustentáveis ou que possuem geração de energia fotovoltaica. No entanto, foi averiguado que no Brasil ainda há uma carência de estudos sobre essa questão e de registros quanto às transações comerciais de imóveis desse tipo. Assim, foram levantados dados quanto ao panorama de crescimento da energia fotovoltaica no Brasil, com foco nos respectivos programas de incentivo, principalmente, quanto à geração distribuída em edificações. Também foi realizada uma pesquisa exploratória, dividida em duas etapas: realização de entrevista com representante de construtora que possui grande atuação no mercado imobiliário do Brasil; e aplicação de questionários com consumidores em potencial. Além disso, foi realizado um estudo de caso com intuito de avaliar a tomada de decisão de proprietários de uma edificação para adoção de geração distribuída fotovoltaica face a outras medidas de eficiência energética. Foi constatado que embora os programas de incentivo no Brasil ainda apresentem potencial de crescimento e que haja pouco conhecimento do público entrevistado sobre os incentivos existentes, como a Resolução Normativa nº482/2012 da ANEEL - que lida com o incentivo do uso de fontes renováveis de energia a nível do consumidor, há uma tendência de valorização das edificações que possuem geração de energia fotovoltaica entre 1 e 10%, similar aos resultados de estudos realizados em outros países. Ainda foram identificadas características do perfil dos consumidores em potencial e suas preferências em relação às edificações que possuem geração de energia fotovoltaica. As questões analisadas pelos proprietários da edificação, que foi objeto de estudo de caso, se assemelharam aos aspectos que os consumidores em potencial consideraram mais importantes nas respostas dos questionários. Também verificou-se que as características próprias de cada edificação exercem grande influência na análise de viabilidade da geração de energia fotovoltaica, mediante a comparação com outras Medidas de Eficiência Energética.

ABSTRACT

ALMEIDA, Pedro Cesar, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2017. **Influence of Photovoltaic Systems Installation on the Value of Buildings**. Advisor: Joyce Correna Carlo. Co-advisor: Delly Oliveira Filho.

Typically, the only aspects ascertained in feasibility analyses of photovoltaic systems are the costs of installation, maintenance and operation, as well as the generated energy's price. However, there are more beneficial factors related to the employment of photovoltaic systems, for instance, a possible influence on the value of a building. This study sought to investigate how the installation of photovoltaic systems influences the value of buildings. Several studies conducted in different countries, where researchers observed the valorization of buildings that were sustainable or capable of generating photovoltaic energy through historical records of business transactions were identified. There is, however, a lack of studies and records regarding properties of this type in Brazil. Thus, data about the growth of the photovoltaic energy scenario in Brazil were gathered, focusing especially on incentive programs aimed towards distributed generation in buildings. An exploratory research was conducted as well, divided in two stages: an interview with the representative of a construction company with significant presence in the Brazilian real estate market, and a survey through questionnaires among potential customers. Additionally, a case study was carried out to evaluate the decision-making of building owners towards the adoption of photovoltaic distributed generation in face of other energetic efficiency measures. It was possible to observe that although incentive programs in Brazil still show growth potential, and despite the fact that the surveyed public had little knowledge of existing incentives – such as Normative Resolution n°482/2012 by ANEEL, which deals with the incentive of renewable energy sources at consumer level – there is a tendency towards the valorization of buildings capable of generating photovoltaic energy, ranging between 1% and 10%, similar to the results of studies carried out in other countries. The characteristics of potential consumer profiles, as well as their preferences regarding buildings capable of photovoltaic energy, were identified. Matters analyzed by the owners of a certain building, which was the object in the case study, resembled the aspects considered most important by potential customers in their survey answers. It was also possible to verify, through the comparison of other energetic efficiency measures, that the particular features of each building exert great influence in the analysis of photovoltaic energy generation viability.

Capítulo 1. Introdução Geral

1.1 Contextualização

A Resolução Normativa N° 482/2012, da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2012), alterada pela Resolução Normativa N° 687/2015 (ANEEL, 2015), determina que as concessionárias de energia elétrica devam se adequar à possibilidade de microgeração e minigeração distribuída pelos consumidores. A resolução limitou a microgeração como unidades de consumo com potência instalada menor ou igual a 75kW e a minigeração com potência instalada superior a 75kW e menor ou igual a 5MW para sistemas eólicos, biomassa e fotovoltaicos, conforme o Artigo 2° (ANEEL, 2015).

Em outras palavras, esta Resolução refere-se à possibilidade de geração de energia elétrica conectada à rede de distribuição. A produção desta energia ocorre por meio de fontes renováveis, como a energia hidráulica, solar, eólica, de biomassa e/ou geração qualificada, representando alternativas de baixo impacto ambiental. Toda energia gerada excedente ao que é consumido na unidade é fornecida para a rede de distribuição, através de um sistema de crédito de energia (ANEEL, 2015).

Essa Resolução Normativa (ANEEL, 2015) cria alternativas para o fortalecimento e desenvolvimento sustentável do setor elétrico brasileiro, especialmente em relação à geração e distribuição de energia. No Brasil, a maior parte da geração de energia elétrica é hidroelétrica e, devido às dimensões territoriais do país, uma extensa e complexa rede de transmissão de energia é necessária para atingir os centros de consumo, exigindo investimentos vultuosos e acarretando elevadas perdas de energia (DINIZ, 2014). A mini ou microgeração possibilita a ampliação da matriz energética mediante a instalação de sistemas fotovoltaicos em áreas remotas e ou isoladas, além da redução das perdas na transmissão, a partir da geração distribuída nos centros urbanos (PINTO *et al.*, 2016).

Os benefícios da geração de energia solar têm atraído investimentos de vários países, o que tem proporcionado o crescimento vertiginoso da potência instalada mundial por sistemas fotovoltaicos, que era de aproximadamente 5.100MWp em 2005, cerca de 40.000MWp em 2010, atingindo 227.000MWp em 2015, (REN, 2016; EPIA, 2015). Dessa energia gerada, grande parcela se deve a instalações em países como China, Alemanha, Japão, Estados Unidos e Itália que, juntos, correspondem a aproximadamente 75% da potência instalada total por sistemas fotovoltaicos no mundo (REN, 2016).

Em paralelo a este crescimento, também tem crescido a possibilidade de integrar a energia elétrica gerada por estes sistemas à rede de distribuição, criando a possibilidade de

créditos de energia como um estímulo para o microprodutor, entre outros benefícios. No cenário mundial, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede também têm crescido de forma acelerada, representando mais de 90% da totalidade dos sistemas instalados (IEA, 2014).

A possibilidade de microgeração e minigeração de energia elétrica conectada à rede de distribuição pode contribuir em relação a cinco aspectos importantes da geração de energia: (i) atendimento ao crescimento de carga constante nos sistemas de distribuição de eletricidade e aumento da capacidade da rede, com alterações mínimas em redes de transmissão; (ii) ampliação do uso de fontes renováveis; (iii) aumento da eficiência energética; (iv) redução das emissões de gases de efeito estufa; (v) aumento da confiabilidade local para garantir a qualidade de energia para os clientes (ANEEL, 2015).

Por outro lado, na Resolução Normativa nº 687/2015 da ANEEL (ANEEL, 2015), são tratadas questões referentes a custos que têm influência na viabilidade dos sistemas fotovoltaicos. Como exemplo, os custos de implantação e adequação desses sistemas com geração distribuída são de responsabilidade do interessado. Outros aspectos abordados são:

i. deverá ser cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade para os consumidores, mesmo os que produzem mais do que consomem;

ii. o consumo a ser faturado, referente à energia ativa, é a diferença entre a energia consumida e a energia gerada, sistema de faturamento conhecido internacionalmente com a denominação de "*net metering*";

iii. se em determinado horário a energia gerada for superior à energia consumida, a diferença deverá ser utilizada para compensação em outros horários, observando a diferença entre os valores das tarifas, se houver;

iv. os créditos de energia ativa gerada por meio do sistema de compensação de energia expirarão em 60 meses;

v. os custos de adequação do sistema de medição, necessário para implantação do sistema de compensação de energia elétrica, são de responsabilidade do interessado. O custo é a diferença entre o custo dos componentes de medição para o sistema de compensação e o custo do medidor convencional; e

vi. os equipamentos de medição deverão ser cedidos às concessionárias, que serão responsáveis pela operação e manutenção, incluindo eventual substituição.

Assim, questões como a taxa mínima cobrada por disponibilidade e custo inicial de equipamentos, ainda representam um cenário negativo quanto à viabilidade de sistemas fotovoltaicos, que sendo esta normalmente analisada apenas em relação aos custos de instalação, manutenção e operação dos sistemas e na precificação da energia gerada. Essa avaliação, apesar de correta, pode levar a enganos quanto à viabilidade econômica na

utilização desses sistemas, pois há benefícios associados ao uso de sistemas fotovoltaicos que não são quantificados normalmente.

Esses benefícios, denominados como externalidades, são aspectos que influenciam a análise de viabilidade, mas ainda não são considerados explicitamente para avaliação econômica. No entanto, tais aspectos podem influenciar significativamente numa avaliação integral de viabilidade da instalação de sistemas fotovoltaicos. Na perspectiva do consumidor, as externalidades estão relacionadas a aspectos como: possibilidade de diversificação de fontes de energia elétrica, redução de tarifas de instituições nas quais há contrato por demanda, possibilidade da valorização dos imóveis que tiverem o sistema fotovoltaico com geração distribuída instalado.

Estudar a influência das externalidades na análise da viabilidade da energia fotovoltaica no Brasil, em face do marco regulatório da geração distribuída do setor elétrico brasileiro, Resolução Normativa nº 687/2015 da ANEEL (ANEEL, 2015), é uma necessidade que resultou na formulação de um amplo projeto de pesquisa que tem, como um subprojeto, o presente trabalho, cuja realização buscou responder a questão:

O quão a instalação de sistemas de geração distribuída fotovoltaica pode influenciar no valor de edificações?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar o potencial de influência da instalação de sistemas fotovoltaicos sobre o valor de edificações.

1.2.2. Objetivos Específicos

a) Investigar o cenário brasileiro de geração de energia fotovoltaica, bem como o de unidades que possuem mini ou microgeração, com foco nos programas de incentivo à produção de energia fotovoltaica;

b) Avaliar no mercado imobiliário de Minas Gerais, os aspectos relacionados à possível valorização de edificações, em decorrência da instalação de sistemas de Geração Distribuída com energia solar fotovoltaica;

c) Analisar as variáveis no processo de reflexão e tomada de decisão dos proprietários de uma edificação em construção, quanto à adoção de geração de energia fotovoltaica, comparada a outras Medidas de Eficiência Energética (MEE).

1.3. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação é composta por 5 capítulos, sendo 3 capítulos no formato de artigos científicos.

No presente capítulo, o tema é introduzido e justificado e os objetivos são expostos.

No capítulo 2, é apresentada uma revisão de literatura acerca do cenário brasileiro de geração de energia fotovoltaica e de unidades de geração distribuída. Também são identificados os programas de incentivos relacionados à geração distribuída de energia fotovoltaica, na esfera pública e privada. Assim, esse capítulo atende o objetivos específico "a".

No capítulo 3, é realizada uma revisão de literatura de estudos sobre a valorização de edificações em decorrência da instalação de tecnologias construtivas que reduzem impactos ambientais. Além disso, é realizada uma pesquisa exploratória, com foco na perspectiva de partes interessadas no processo de empreendimento e comercialização imobiliária. São apresentados resultados obtidos por meio de entrevista realizada com representante de construtora com grande influência no mercado imobiliário brasileiro. Também são apresentados resultados de estudo feito a partir da aplicação de questionários com consumidores em potencial, tratando, especialmente, sobre questões como possíveis motivos para valorização imobiliária e disposição para pagar mais por imóveis desse tipo. Assim, esse capítulo atende o objetivo específico "b".

O capítulo 4 é composto por um estudo de caso realizado a partir de uma edificação em construção cujos proprietários apresentaram interesse na implantação de tecnologias sustentáveis. É exposto uma análise de tomada de decisão dos proprietários quanto ao interesse pelas medidas de desempenho térmico e de eficiência energética propostas, sobretudo em relação a atratividade de sistemas fotovoltaicos com geração distribuída. Assim, esse capítulo atende o objetivo específico "c".

No último capítulo, os resultados e conclusões dos capítulos anteriores são integrados e relacionados em forma de uma conclusão geral. Nesse capítulo também são apresentados limitações do trabalho e indicações para trabalhos futuros.

1.4. Referências Bibliográficas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015.

DINIZ, A. S. A. C.; COSTA, S. C. S.; BATISTA, R. L. F.; MACHADO NETO, L. V. B.; SOUZA, M. E. M.; SOUZA, F. H. A. F.; PADRÃO, W. C.; MICHEL, F. M. C.; TOLEDO, O. M.; OLIVEIRA FILHO, D. Estudo da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica com armazenamento. In: V Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2014, Recife/PE. V CBENS, 2014.

IEA - *Internacional Energy Agency*. PVPS. Trends 2014 in PV Applications - Report IEA-PVPS T1-25:2014, 2014. Disponível em: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=3&eID=dam_frontend_push&docID=2150>, Acesso em: Novembro de 2016.

PINTO, J. T. M.; AMARAL, K. J.; JANISSEK, P. R. *Deployment of photovoltaic's in Brazil: Scenarios, perspectives and policies for low-income housing*. *Solar Energy*, v. 133, p.73-83, 2016.

REN - *Renewables 2016 Global Status Report*. National Technical University of Athens (NTUA). 2016. Disponível em: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/05/GSR_2016_Full_Report_lowres.pdf>. Acesso em: Novembro de 2016.

Capítulo 2. Panorama de incentivos para energia solar fotovoltaica no Brasil

Resumo

A geração de energia fotovoltaica mundial tem apresentado crescimento vertiginoso, sobretudo em países que têm criado programas de incentivo fiscal, como a tarifa prêmio e a geração distribuída. No Brasil, embora haja condições naturais favoráveis para a geração fotovoltaica, como a elevada média anual de irradiação solar, a capacidade instalada no país ainda é pouco expressiva no cenário mundial. Esse estudo teve como objetivo analisar o panorama de incentivos para a geração de energia fotovoltaica no Brasil. Foram investigados os programas de incentivos e de mecanismos, nas esferas pública e privada, que envolvem benefícios diretos e indiretos à energia fotovoltaica, sobretudo quanto à instalação em edificações. Assim, foram apontados alguns incentivos com destaque para potencializar a utilização da energia solar fotovoltaica em edificações no Brasil, como o método *leasing* de contrato, que se sobressaiu como incentivo com capacidade de estimular a geração fotovoltaica em um contexto de curto prazo.

Palavras-chave: Geração distribuída, Contrato *Leasing*, Tarifa Prêmio.

Abstract

Photovoltaic energy generation has been displaying rapid growth worldwide, especially in countries that started creating tax incentive programs, such as feed-in tariffs and distributed generation. In Brazil, although favorable natural conditions for generating photovoltaic energy are present, such as the elevated yearly average of solar irradiation, the capacity currently installed in the country remains limited compared to the global scenario. This study aimed to analyze the outlook of incentive programs for photovoltaic energy generation in Brazil. Incentive and mechanism programs were investigated, both in the public and private sector, involving direct and indirect benefits to photovoltaic energy, especially regarding its installation in buildings. Thus, a few incentives with emphasis on strengthening the utilization of photovoltaic energy in Brazilian buildings were indicated, with the leasing contract method, which stood out as an incentive capable of stimulating photovoltaic generation in a short-term context.

Key-words: *distributed generation, leasing contract, feed-in tariff.*

2.1. Introdução

Estima-se que a demanda do uso de energia mundial aumente mais de 33% até o ano de 2035, podendo chegar a 56% em 2045 em relação ao valor atual. Os principais fatores considerados nessas previsões são as estimativas de crescimento da população mundial e da economia de alguns países (IEA, 2014; SHEN *et al.*, 2016). Tal estimativa representa um desafio em relação à geração de energia em termos de quantidade, qualidade, distribuição, sobretudo em relação ao impacto ambiental agregado, que normalmente é medido pelo índice de emissão de carbono equivalente (SORRELL, 2015).

O setor da construção civil é responsável por aproximadamente 40% do consumo final de energia e por 27% das emissões totais de Gases de Efeito Estufa (GEE) no mundo (SHEN *et al.*, 2016). Na Europa, as emissões de GEE pelo setor da construção chegam a 36% (UE, 2012). Estudos indicam ainda que houve um crescimento acelerado deste setor nos últimos anos, em aproximadamente 1,8% ao ano, estimando-se a continuidade desse crescimento até o ano de 2050, sobretudo nos países em desenvolvimento (NEJAT *et al.*, 2015; IEA, 2014). Portanto, as edificações são vistas como um setor de grande potencial para medidas de eficiência energética (AKSONEZEN *et al.*, 2016).

Diante desse contexto, políticas públicas têm surgido com o intuito de promover o aumento da eficiência no uso da energia e estimular as fontes de energia renovável, como a Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu. Nessa normativa, a União Europeia estabeleceu como meta a redução do consumo de energia em 80% até 2050, comparativamente a 1990. Foram ainda estabelecidas metas paralelas para o ano de 2020, e aumentar para 20% a proporção de fontes de energia renováveis e a eficiência energética para edificações (UE, 2012).

No Brasil, o setor da construção civil representa 42% do consumo de energia, segundo o Balanço Energético Nacional (BEN, 2015), publicado pelo Ministério da Minas e Energia (MME). Grande parte desse consumo se deve, predominantemente, ao condicionamento dos ambientes, iluminação artificial e aquecimento de água, que demandam energia durante todo o ciclo de vida da edificação (ABRAHÃO, 2015). Tal demanda representa grande parcela do consumo energético do país, sobretudo se for considerada a previsão de aumento do consumo total de eletricidade em 4,2% ao ano até 2023 (ANEEL, 2017).

Nesse contexto, a possibilidade de geração de energia em edificações por meio de fontes renováveis, como a energia solar, destacou-se como alternativa para promover uma maior sustentabilidade energética no setor construtivo (STILPEN; CHEG, 2015). Assim, o crescimento de instalações de sistemas fotovoltaicos em edificações contribuiu para o crescimento de energia gerada por esse tipo de sistema no mundo, que foi estimado em 47%

por ano na última década (REN, 2016). A potência instalada mundial por sistemas fotovoltaicos era de aproximadamente 5.100MWp em 2005, ao passo que em 2010, era cerca de 40.000MWp, e já em 2015, 227.000MWp (REN, 2016).

Tal crescimento provocou o aprimoramento tecnológico e aumento da viabilidade econômica de implantação desses sistemas em edificações (BENEDITO, 2009). O custo por módulo fotovoltaico apresentou uma redução: passou de 70US\$/Wp em 1976, para menos de 2US\$/Wp em 2009, e ficou abaixo de 0,7US\$/Wp em 2014 (LACCHINI; RUTHER, 2015). No contexto brasileiro, em alguns casos a energia solar já é comparada a outras fontes de geração de energia, como o carvão, o gás natural e a biomassa (STILPEN; CHEG, 2015).

No entanto, na maior parte dos casos, o custo ainda é considerado um entrave para instalação desse tipo de sistema, sobretudo em edificações com baixo consumo de energia (EPE, 2014). Por outro lado, estima-se que a continuidade do crescimento da capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos resulte no aumento da viabilidade econômica dos sistemas fotovoltaicos nos próximos anos (EPE, 2016). Tal perspectiva significa um cenário promissor para o aumento do número de instalações fotovoltaicas no Brasil, onde há características que revelam o grande potencial para o crescimento dessa tecnologia.

Segundo Pinto *et al.* (2016), um dos benefícios do desenvolvimento dessa tecnologia refere-se à diversificação da matriz elétrica brasileira, que é formada, majoritariamente, por fonte hidráulica (65,2%) (BEN, 2015). Embora esse tipo de fonte seja considerada renovável e representa grandes benefícios para o país, a dependência das hidroelétricas como fonte de grande parcela da energia produzida no Brasil também possui aspectos negativos. Por exemplo, as tarifas de energia em todo país tiveram aumento devido à redução do potencial de geração das hidroelétricas, proporcionado pela escassez de chuvas no ano de 2014 (BEN, 2015). Ressalta-se ainda que o crescimento progressivo de instalação de sistemas fotovoltaicos não exige grandes investimentos do governo brasileiro como grandes usinas de geração de energia, que normalmente, demoram 4 anos para serem finalizadas e entrarem em operação (PINTO *et al.*, 2016), variando conforme às condições específicas de cada usina¹.

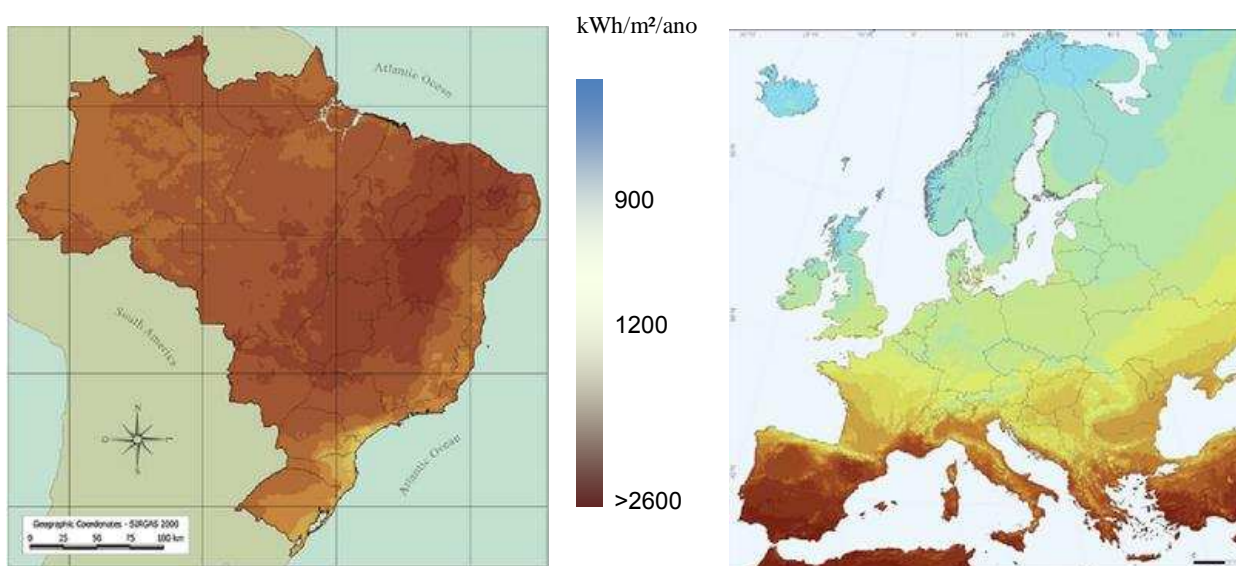
Outro fator negativo devido à concentração de geração de energia nas hidroelétricas ocorre em consequência da grande extensão territorial do país. Tal característica faz com que sejam longas distâncias entre as usinas hidroelétricas até os principais centros de consumo. Assim, há um elevado potencial de perdas durante a transmissão de energia (DINIZ *et al.*, 2014). Segundo o Anuário Estatístico de Energia Elétrica (EPE, 2014), a perda de energia durante a transmissão pode chegar à 11% da energia gerada pelas usinas no ano de 2013.

¹ Segundo Fortunato et al. esse tempo pode chegar a 8 anos.

Nesse contexto, Dávi *et al.* (2016) reforçam o potencial de benefícios da instalação de sistemas fotovoltaicos em edificações, afirmando que tais sistemas são a única tecnologia de geração de eletricidade que pode ser amplamente integrada no ambiente urbano.

Outro aspecto que representa o benefício de geração de energia fotovoltaica no Brasil deve-se às condições naturais favoráveis de irradiação solar. O país apresenta média entre 1500 e 2300 kWh/m²/ano, variando conforme a região e a estação (Figura 2.1). Tais índices são superiores aos países da Europa, como Alemanha (900-1250 kWh/m²/ano), França (900-1650 kWh/m²/ano), Itália (1200-1750 kWh/m²/ano) e Espanha (1200-1850 kWh/m²/ano), consideradas grandes potências de geração de energia fotovoltaica no mercado global (LACCHINI; RÜTHER, 2015).

Figura 2.1 - Média anual de radiação solar no Brasil e na Europa



Fonte: (LIMA *et al.*, 2016).

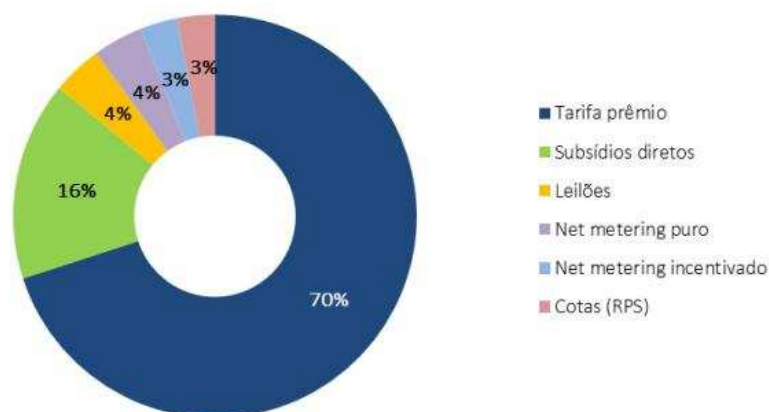
Baseado no menor índice de irradiação solar do Brasil, uma pesquisa realizada pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) estimou uma área de sistemas fotovoltaicos de 2.400 km² seria capaz de suprir a demanda de energia total do país no ano de 2011. Em estudo semelhante, foi levantado que o potencial de geração de energia fotovoltaica, considerando uma média da área das coberturas das edificações brasileiras, é 2,3 vezes superior ao consumo de energia no país (EPE, 2016). Ou seja, as condições naturais não são fatores limitantes para o crescimento da geração de energia solar no Brasil, sobretudo em edificações típicas do país.

Porém, embora as condições naturais sejam favoráveis e haja crescimento da quantidade de sistemas fotovoltaicos no Brasil, a potência instalada ainda corresponde a uma pequena porção da geração de energia no país, visto que esse tipo de geração de eletricidade representa apenas 0,02% da matriz elétrica (ANEEL, 2017). Pinto *et al.* (2016) sugerem que a principal dificuldade de amplo uso dessa tecnologia no Brasil se deve à falta de políticas e

programas que estimulem a implantação fotovoltaica e que contribuam para a criação de um mercado mais competitivo. Segundo os autores, as iniciativas regulatórias existentes no país não configuram políticas ou programas que estimulem o consumidor em potencial, como o programa de incentivo *feed-in tariffs*, existente nos Estados Unidos, nos Países Baixos, Reino Unido, Canadá, Alemanha, Espanha, Austrália, China, Índia, Malásia e França (PINTO *et al.*, 2016).

O *feed-in tariff*, traduzido como tarifa prêmio, consiste no pagamento de uma tarifa para a energia, produzida por instalações de energia solar, superior à tarifa de energia cobrada pela distribuidora. Em outras palavras, o proprietário de uma edificação que produz energia fotovoltaica pode comercializar o excedente dessa energia por um valor superior ao valor cobrado pela distribuidora. O custo dessa tarifa é subsidiado pelo governo, como é o caso da Espanha, ou dividido por todos consumidores de energia, como acontece na Alemanha (EPE, 2016). No ano de 2013, 70% da capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos global correspondia a unidades que receberam o benefício de tarifa prêmio (Figura 2.2).

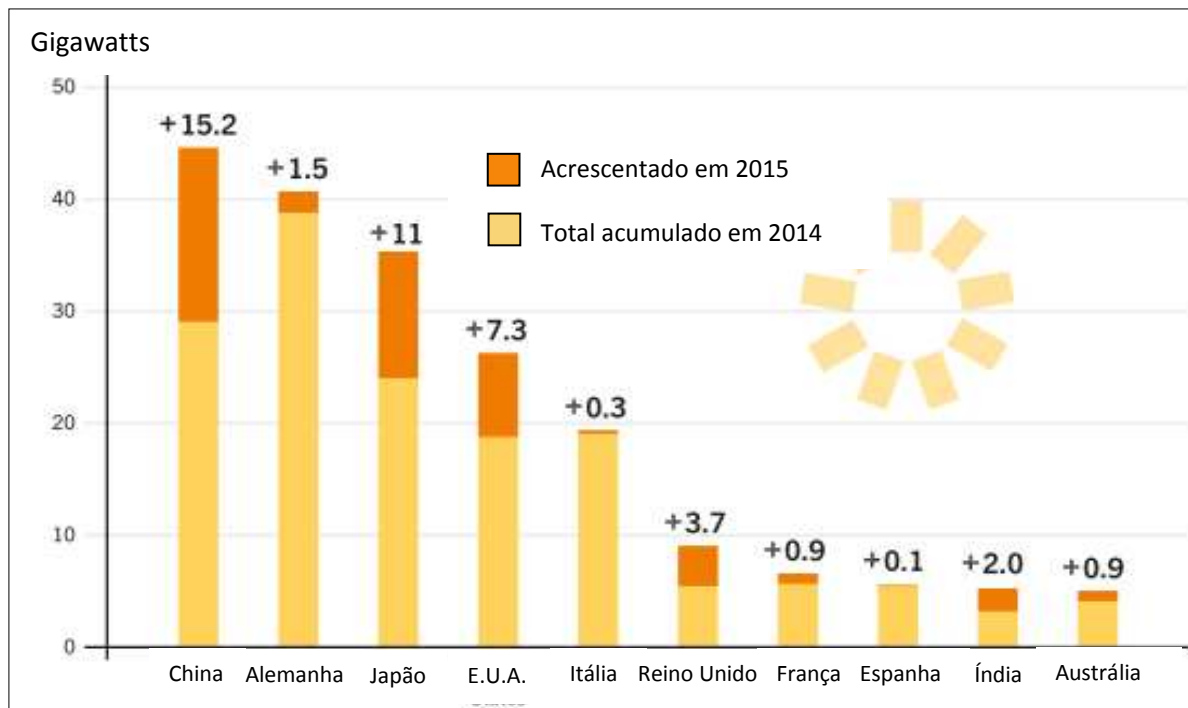
Figura 2.2 - Capacidade instalada global de sistemas fotovoltaicos em 2013 por tipo de mecanismo de incentivo



Fonte: (IEA PVPS, 2014).

O elevado crescimento da capacidade instalada na China e no Japão no ano de 2015 (Figura 2.3) está associado à adoção do programa de incentivo *feed-in tariffs*. No entanto, aliado à adoção de tarifa prêmio, há ainda outros fatores que influenciam no crescimento desse tipo de tecnologia. O governo chinês fez grandes investimentos para estímulo da fabricação própria de sistemas fotovoltaicos, iniciado em 2009, favorecendo ainda mais a instalação em grande escala no país. Em 2014, a Ásia respondeu por 87% dos 46 GW de módulos produzidos mundialmente e, atualmente, já corresponde a maior indústria dessa tecnologia (REN, 2016).

Figura 2.3 - Capacidade de geração de sistemas fotovoltaicos e acréscimo no ano de 2015



Fonte: (REN, 2016).

Desse modo, considerando o contexto mundial, o crescimento do uso da energia solar no Brasil ainda é pequeno, sobretudo se for considerado o potencial natural de disponibilidade de radiação do país. Segundo Pinto *et al.*(2016), se as políticas e projetos realizados em países do exterior forem analisados, as oportunidades de desenvolvimento desse tipo de tecnologia no Brasil são notáveis. Assim, esse artigo teve como objetivo analisar os programas de incentivo e mecanismos existentes para instalação de sistemas fotovoltaicos no Brasil, com foco nos programas relacionados à instalação de sistemas fotovoltaicos em edificações.

2.2. Métodos

Foram investigados, nas esferas pública e privada, os incentivos e mecanismos para energia fotovoltaica no Brasil. Foram considerados programas que envolvem benefícios diretos e indiretos, como subsídios tributários e promoção de pesquisas de desenvolvimento tecnológico de sistemas fotovoltaicos. Parte desses programas é voltado especificamente para a geração de energia a partir de fonte solar e outros são mais abrangentes, incluindo outras fontes renováveis ou aspectos de desenvolvimento sustentável.

Os incentivos foram identificados e classificados segundo sua natureza, na qual foram identificados cinco grupos: Grupo 1 - Favorecimento de condições de viabilidade econômica dos gastos mensais de conta de energia de proprietários de imóveis que possuem sistemas fotovoltaicos; Grupo 2 - Favorecimento de condições para aquisição de sistemas fotovoltaicos; Grupo 3 - Promoção de pesquisas, capacitação profissional e desenvolvimento

tecnológico referentes à sistemas fotovoltaicos; Grupo 4 - Promoção das edificações que possuem sistemas fotovoltaicos por meio do aumento de visibilidade no mercado; e por último, Grupo 5 - Introdução de sistemas fotovoltaicos no mercado brasileiro (APÊNDICE I).

Baseado em coleta de dados sobre o crescimento da energia fotovoltaica no Brasil e no mundo, foi realizado uma análise dos incentivos existentes no país. Assim, foram apontados programas de incentivo existentes no cenário mundial com destaque e tendência para potencializar o uso de energia fotovoltaica em edificações residenciais e comerciais.

2.3. Resultados

2.3.1. Grupo 1 - Viabilidade econômica de geração de energia fotovoltaica para imóveis

2.3.1.1. Lei nº 10.848/2004 - ANEEL

Estabelece desconto na Tarifa de Uso de Sistemas de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso de Sistemas de Distribuição (TUSD) para empreendimentos de geração de energia renovável. Para as unidades que entrarem em operação antes de 2017, o desconto é de 80%, e de 50% a partir do ano de 2017. É permitido que tais unidades geradoras comercializem energia elétrica com consumidores livres especiais, com demanda entre 500kW e 3.000kW, sem intermediação das distribuidoras. Nesse caso, o desconto na TUSD também é repassado para os consumidores (BRASIL, 2004).

Pelo que se tem de conhecimento este mecanismo é muito pouco utilizado no Brasil, qual seja dos consumidores livres especiais comprarem energia elétrica de terceiros, sejam geradores fotovoltaicos ou de outras fontes previstas, ou seja as renováveis em geral.

2.3.1.2. Convênio ICMS nº 19/2010 - Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ)

Torna produtos relacionados à geração de energia elétrica por sistemas fotovoltaicos e eólicos isentos de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Não abrange todos equipamentos utilizados pela geração solar, como inversores e medidores (CONFAZ, 2010).

2.3.1.3. Resolução Normativa nº 482/2012, atualizada para RN nº687/2015 - ANEEL

Institui regras de microgeração e minigeração de energia de energia elétrica a partir de fontes renováveis, como hídrica, solar, biomassa, eólica e cogeração qualificada. São criadas condições para compartilhamento da energia para a rede de distribuição, através de um sistema de compensação que possibilita a geração de crédito de energia, que pode ser usado para abater o consumo em até 60 meses. Caso o titular da conta possua outra unidade

consumidora o crédito de energia pode ser usado desde que seja atendido pela mesma distribuidora de energia elétrica, configurando-se como autoconsumo remoto (ANEEL, 2012; ANEEL, 2015).

Também são firmadas condições para criação de empreendimentos de geração distribuída em múltiplas unidades consumidoras, como no caso de condomínios ou por meio da geração compartilhada, que pode acontecer através de cooperativas ou consorciados, que se unam para a criação de uma unidade de geração. Nesses casos, a energia gerada é administrada pelos próprios responsáveis pelo empreendimento.

2.3.1.4. Resolução Normativa nº 563/2013 - ANEEL

Estipula metas de universalização de energia elétrica na área rural, denominado "Luz Para Todos". É prevista a criação de miniusinas de energia solar fotovoltaica em áreas remotas, promovendo maior desenvolvimento desse tipo de tecnologia (ANEEL, 2013).

2.3.1.5. Convênio ICMS nº 16/2015 - CONFAZ

Cria a possibilidade de isenção do ICMS sobre a energia elétrica gerada por unidade de microgeração e minigeração, quando for consumida por meio de crédito de energia. Os estados onde esse Convênio foi adotado são: Acre, Alagoas, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, São Paulo, Sergipe, Tocantins e o Distrito Federal (CONFAZ, 2015).

2.3.1.6. Decreto nº 25.899/2015 - Prefeitura de Salvador-BA

Iniciativa municipal, o IPTU Verde criado pela prefeitura da cidade de Salvador-BA é um Decreto que estabelece critérios de pontuação segundo características construtivas que promovem desenvolvimento sustentável nas edificações. Conforme a pontuação adquirida, determinada edificação pode se enquadrar em três categorias: ouro, prata e bronze, que correspondem a um desconto no pagamento do IPTU de 10%, 7% e 5% respectivamente. Um dos critérios de pontuação é o uso de painéis solares fotovoltaicos que atendam um requisito mínimo de redução de 10% do consumo anual da edificação (SALVADOR, 2015).

2.3.2. Grupo 2 - Aquisição de sistemas fotovoltaicos

2.3.2.1. Lei Federal nº 12.114/2009 - Fundo clima

Cria recursos com a finalidade de apoiar projetos ou estudos de iniciativas que visem à mitigação ou adaptação da mudança do clima e seus efeitos, inclusive projetos de energia

solar. A lei é vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) e possui vários tipos de financiamento, inclusive não reembolsáveis (BRASIL, 2009).

2.3.2.2. Condições diferenciadas de financiamento - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) - 2013

Possibilidade de obtenção de financiamento para empreendimentos de geração de energia a partir de fontes renováveis, como energia solar, com taxa de juros menores do que os praticados no mercado e prazo de amortização de até 20 anos. É necessário a comprovação dos índices de economia de energia e o aumento da eficiência do sistema energético (SILVA, 2015).

2.3.2.3. ConstruCard - 2014

O ConstruCard, programa da Caixa Econômica Federal (CEF), agregou os equipamentos de sistemas fotovoltaicos em 2014, como item que pode ser financiado com condições especiais na linha de crédito para materiais de construção. A pessoa física pode adquirir os equipamentos de microgeração e quitar o financiamento em até 240 meses, a uma taxa de juros mensal que varia de 1,4% + tr a 2,33% + tr (SILVA, 2015).

2.3.2.4. Programa “Crédito Produtivo da SIC – Energias Renováveis” - 2014

Programa exclusivo do estado de Goiás, oferece condições de financiamento de projetos de sustentabilidade, incluindo a instalação de sistemas fotovoltaicos, para micro e pequenas empresas. O programa abrange empréstimos com valor entre R\$2.000,00 e R\$25.000,00, com carência de até 180 dias e prazo de pagamento de até 36 meses (EPE, 2014).

2.3.2.5. Modelo *Leasing* de investimento para instalação de sistemas fotovoltaicos - 2016

Nesse tipo de contrato, a empresa é responsável pelo custo de instalação e manutenção do sistema, enquanto o usuário fica responsável por pagar uma mensalidade para a empresa. Essa mensalidade somada a nova conta de energia possui valor abaixo da conta de energia anterior, caso o consumo de energia se mantenha. O tempo estabelecido em contrato assegura que a empresa obterá fins lucrativos em seu investimento (EPE, 2016).

O modelo *leasing* de contrato é comum em empresas de serviços de energia (ESCOs, sigla em inglês para *Energy Savings Company*) no Brasil. No entanto, normalmente, é utilizado em estudos para *retrofit* de edificações com elevado consumo energético, nas quais é proposto um conjunto amplo de medidas de eficiência energética. Foi encontrado uma

empresa X que propõe um modelo de contrato do tipo *Leasing* apenas para instalação de sistemas fotovoltaicos, atuando no setor de edificações comerciais e de serviços.

2.3.3. Grupo 3 - Pesquisa e Desenvolvimento relacionados à geração de energia fotovoltaica

2.3.3.1. Inova Energia - 2013

Iniciativa com principal objetivo de financiar e estimular pesquisas para o desenvolvimento tecnológico da geração distribuída de energia a partir de fontes renováveis, além de pesquisas voltadas para o aprimoramento de ações de fomento de apoio financeiro disponíveis para estímulo de energias sustentáveis. O programa foi formado pela parceria entre a empresa estatal Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), o BNDES e a ANEEL (SILVA, 2015).

2.3.3.2. Lei Estadual de Minas Gerais nº 20.849/2013

Estimula projetos relacionados ao uso da energia solar, por meio de incentivos à pesquisa, à capacitação de profissionais e à produção de peças e componentes utilizadas na geração de energia renovável (MINAS GERAIS, 2013).

2.3.4. Grupo 4 - Visibilidade no mercado de edificações que possuem sistemas fotovoltaicos

2.3.4.1. Selo Solar - 2012

Existem ainda algumas iniciativas privadas que promovem um incentivo à aquisição de sistemas fotovoltaicos, como o Selo Solar, que se constitui de um selo fornecido para edificações que possuem pelo menos 50% do seu consumo de eletricidade proveniente de fonte solar. Esse selo é normalmente usado em materiais de publicidade de *marketing* da edificação (INSTITUTO IDEAL, 2016).

2.3.4.2. PBE-Edifica - 2009

O Programa Brasileiro de Etiquetagem para Edificações possui critérios de avaliação de eficiência energética que beneficiam a instalação de sistemas fotovoltaicos. Iniciativas que proporcionam economia de 30% do consumo anual, como estratégias de aproveitamento de iluminação natural, equivalem ao acréscimo de 1 ponto na pontuação final da edificação analisada, o que representa 20% da nota final, uma vez que a pontuação é de 01 a 05 pontos. Já a instalação de sistemas fotovoltaicos, apenas com a economia de 10% do consumo anual, a edificação analisada já é beneficiada com 1 ponto na pontuação final, como forma de incentivo (INMETRO, 2010).

2.3.5. Grupo 5 - Introdução de sistemas fotovoltaicos no mercado imobiliário

2.3.5.1. Fundo Solar - 2013

Formado pela parceria entre o Instituto Ideal e o Selo de Eletricidade Verde da Alemanha - *Gruner Strom Label* (GSL), o programa "Fundo Solar" foi instituído em 2013, com o objetivo de apoiar projetos de microgeração distribuída com sistemas fotovoltaicos, por meio de financiamento com valor entre R\$1.000,00 e R\$5.000,00. Ao todo, o GSL forneceu R\$138.000,00 como apoio ao projeto, já contribuiu para o estabelecimento de 43 microgeradoras de energias renováveis, em 12 estados do país, totalizando 130kWp de potência (INSTITUTO IDEAL, 2017).

2.3.5.2. Projeto 50 telhados - 2013

O Projeto 50 telhados foi lançado pelo Instituto Ideal no final de 2013, tendo como principal objetivo a divulgação da possibilidade de geração de energia elétrica a partir de sistemas fotovoltaicos, com geração distribuída, contemplada pela RN N°482/2012. Para isso, o projeto propôs para as cidades brasileiras a meta de instalação de pelo menos 50 telhados fotovoltaicos com potência de 2kWp a 100kWp de potência total instalada até o final de 2015. Ao todo, foram registradas 22 cidades e 369 unidades instaladas, participantes do programa, sendo que 9 cidades alcançaram a meta proposta. Além dos benefícios próprios dos sistemas solares, os maiores beneficiários do programa foram as empresas que executaram a instalação dos sistemas, que tiveram seu nome divulgado através de *websites*, eventos e palestras, *newsletter* e redes sociais do Instituto Ideal (2017).

2.3.5.3. Projeto de Lei do Senado n° 168/2013

Projeto de lei que está em tramitação no Senado, no qual é proposto o uso de fontes renováveis de energia para suprir, no mínimo, metade da demanda de energia utilizada para aquecimento e resfriamento nas novas edificações de propriedade do Estado. O projeto de lei contempla a geração distribuída como forma de atender aos requisitos de uso de energia renovável (MORAIS, 2013).

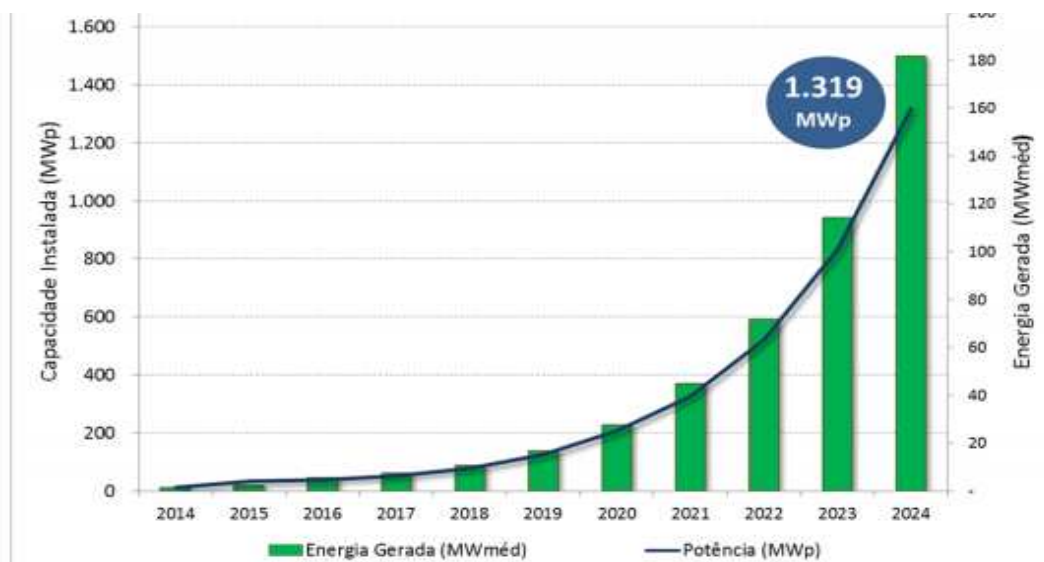
2.4. Discussão

Devido ao impacto direto na análise de viabilidade econômica da instalação de sistemas fotovoltaicos, destaca-se os incentivos do grupo 1, que influenciam no retorno econômico do consumidor ao longo do tempo. Nesse contexto, a RN n°482/2012, que foi modificada para RN n°687/2015, pode ser considerada o principal estímulo para a geração de energia fotovoltaica em edificações criado no Brasil até o momento. Com a possibilidade de

criação de crédito de energia, o usuário de uma edificação que possui essa tecnologia tem condições de descontar seu consumo total de energia, incluindo os horários quando o sistema fotovoltaico não está gerando energia.

Segundo o Plano Decenal de Energia (PDE) de 2014, estima-se que a geração distribuída (grande e pequeno porte) permita reduzir o consumo do Sistema Interligado Nacional (SIN), em um total de 100 TWh em 2024, sendo 1,6 TWh em sistemas de pequeno porte, sobretudo devido à penetração de sistemas de geração solar fotovoltaica com geração distribuída em edificações, nas classes residenciais e comerciais (PDE, 2014). Para isso, o PDE (2014) estabelece o objetivo oficial de acrescentar 500MW_p de energia solar a cada ano na rede a partir de 2017. Desse modo, a energia solar fotovoltaica representaria aproximadamente 3,3% da oferta nacional de eletricidade em 2024, conforme mostra a Figura 2.4.

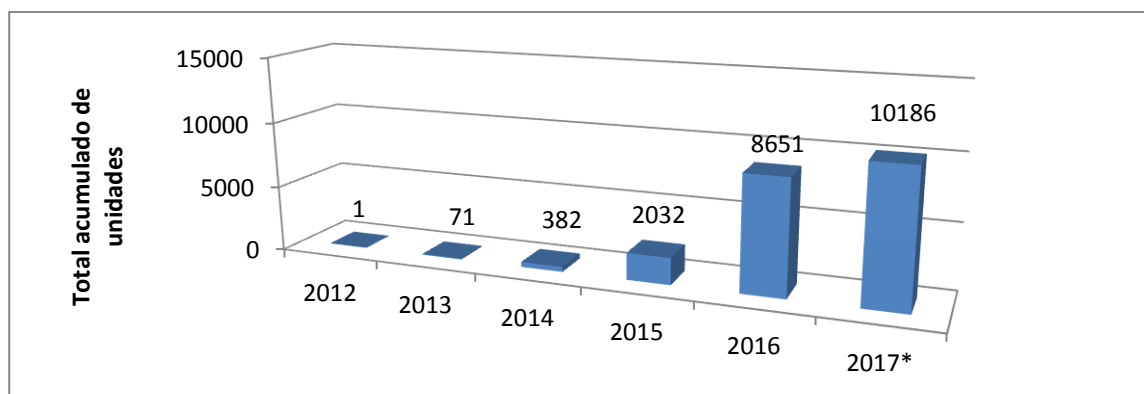
Figura 2.4 - Previsão da evolução da energia solar fotovoltaica gerada e capacidade instalada no Brasil



Fonte: (PDE, 2014).

Desde a criação da RN nº 482/2012 ocorre o crescimento do número de unidades de mini ou micro geração de energia distribuída no Brasil. Já foram instaladas 10.186 unidades até março de 2017 e o crescimento do número de instalações de geração distribuída foi de, aproximadamente, 426% do ano de 2015 para o ano de 2016 (Figura 2.5). A maioria dessas unidades é constituída por sistemas fotovoltaicos, representando 89% do número de unidades e 68% da potência total instalada, correspondente a 69.537kWp. Os estados que possuem maior número de instalações desse tipo de sistema são: Minas Gerais (2.266), São Paulo (1.933) e Rio Grande do Sul (1.121). Com relação a potência instalada, os estados que possuem maior potência instalada são: Minas Gerais (20.760kWp), Ceará (19.147kWp) e São Paulo (8.916kWp) (ANEEL, 2017).

Figura 2.5 - Total acumulado de unidades de geração distribuída no Brasil



Fonte: ANEEL, 2017 - Adaptado pelo autor.

* Dados considerados até o dia 31 de março de 2017.

O setor residencial corresponde à maior parte da potência instalada (31,88%) e do número de unidades (78,74%) de geração distribuída no Brasil (ANEEL, 2017). A superioridade de número de instalações no setor residencial se destaca, uma vez que a tarifa de energia para edificações residenciais é em muito superior às tarifas para unidades comerciais e de serviços. Assim, a relação de custo benefício e o *payback* são mais vantajosos para edificações do setor residencial.

Além do número total de edificações residenciais ser maior do que os dos outros setores, um dos fatores que pode influenciar a participação majoritária de edificações residenciais como unidades geradoras se dá pelas características típicas da arquitetura residencial unifamiliar. Segundo Rütter e Salamoni (2011), em geral, esse tipo de edificação possui grande área de cobertura, pequeno porte e, normalmente, ficam próximas umas das outras, proporcionando menor índice de sombreamento. Assim, são criadas condições ideais para geração de energia fotovoltaica nesse setor.

Estima-se que 64% da energia gerada em uma edificação do tipo residencial seja exportada para a rede e consumida em outro horário, funcionando como crédito de energia (ZILLES, *et al.* 2012). Nesse contexto, além da RN nº482/2012, o convênio nº16/2015 da CONFAZ, relativo à isenção de cobrança de ICMS sobre a energia consumida por meio do crédito de energia, também exerce grande influência no favorecimento ao consumidor, uma vez que possibilita o abatimento sem a cobrança de ICMS sobre o valor da energia elétrica gerada que será descontada do valor a pagar². Ou seja, em edificações localizadas em estados onde esse incentivo fiscal ainda não foi adotado, o residente é responsável por pagar o ICMS de mais da metade de energia gerada em sua residência. Onde há esse incentivo, os usuários

² O abatimento total da conta de energia ainda não é possível no Brasil devido à uma taxa mínima de disponibilidade de energia, cobrada pelas distribuidoras. Essa taxa varia conforme o tipo de instalação monofásica, bifásica ou trifásica.

ficam responsáveis por pagar ICMS apenas da energia consumida diretamente da rede, sem o uso dos créditos de energia.

Por outro lado, caso o crescimento de unidades de geração distribuída não seja planejado adequadamente, essas medidas também podem acarretar em consequências negativas. A diminuição da demanda de energia provocada pelo crescimento dessas unidades vai impactar a arrecadação de impostos do estado relativa ao fornecimento de energia elétrica, afetando também as distribuidoras. Conseqüentemente, é previsto que as distribuidoras vão solicitar a ANEEL reajustes das tarifas de energia elétrica, afetando os usuários de edificações que não possuem esse tipo de tecnologia (EPE, 2014).

Também há outro aspecto a ser considerado quanto aos impactos desses incentivos na perspectiva das distribuidoras. O pico de consumo de energia do setor residencial brasileiro acontece no período noturno³, enquanto o horário de geração de energia por sistemas fotovoltaicos acontece apenas no período diurno. Dessa forma, apesar dos benefícios para os usuários das edificações, a geração fotovoltaica residencial não contribui com as distribuidoras quanto a redução da demanda da rede especificamente para esse setor, no entanto, proporciona benefícios para a redução da média de pico de consumo do país, que ocorre no período vespertino, sobretudo, em virtude do condicionamento artificial de ambientes. A geração de energia fotovoltaica nos setores comerciais e de serviços⁴ proporciona benefícios diretos para a redução do pico de demanda, uma vez que o horário de geração de energia fotovoltaica corresponde à curva de carga típica de edificações desses setores, o que é vantajoso para as distribuidoras. Ressalta-se que ainda não é permitido aos usuários da RN nº482 de terem sistemas de armazenamento de energia como baterias⁵. Porém, acredita-se que a introdução do carro elétrico no mercado e o advento das tarifas de energia elétrica horosazonais para o setor residencial gerem condições que podem levar à permissão do armazenamento de energia. E inclusive poderá ser utilizado para benefícios das concessionárias e dos consumidores.

Em vista disso, as edificações desses setores tem grande potencial de crescimento para geração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil. Rütther e Salamoni (2011) afirmam que as edificações comerciais, em grande parte, se caracterizam por edifícios verticais que possuem pequena área de cobertura. Assim, a geração de energia fotovoltaica não supriria

³ O horário de pico ocorre nesse período, principalmente, devido à energia consumida para aquecimento de água utilizada para banho, que pode ser reduzida ou até zerada com a utilização de aquecedor solar de água.

⁴ O setor industrial não foi considerado para análise nesse estudo.

⁵ Esta proibição deve-se ao fato de que se fosse permitido o armazenamento de energia com as tarifas monômias que alguns poderiam carregar as baterias em horários inconvenientes para as distribuidoras de energia elétrica.

completamente o consumo de energia desse tipo de edificação⁶. No entanto, há alguns casos em que as edificações típicas do setor comercial apresentam características favoráveis a uma maior independência energética das edificações, como postos de gasolina, supermercados, agências bancárias e *shoppings*. Esses tipos de edificações, geralmente de formato *podium*, apresentam grande área de cobertura, em relação a área construída, e elevado consumo energético.

Portanto, apesar de algumas ressalvas, os incentivos do Grupo 1 representam um avanço na promoção da geração de energia fotovoltaica em edificações brasileiras. No entanto, os benefícios desses incentivos favorecem apenas consumidores em potencial que possuem condições de investimento para cobrir os custos iniciais elevados desse tipo de tecnologia.

Nesse contexto, os incentivos do Grupo 2, relativos ao favorecimento de condições para aquisição de sistemas fotovoltaicos também exercem grande influência na viabilidade de instalação de sistemas fotovoltaicos em edificações. Nesse grupo de incentivos, há benefícios relativos à redução do preço para importação da placa fotovoltaica, como o convênio nº19/2010 da CONFAZ, que prevê isenção de impostos sobre mercadorias e equipamentos de geração de energia. No entanto, alguns equipamentos utilizados pela geração solar, como inversores e medidores não são contemplados no convênio. Desta forma, apesar do convênio contribuir para a entrada dessa tecnologia no mercado brasileiro, esse incentivo sofre críticas, uma vez que ainda não abrange o sistema de forma integral (EPE, 2016).

Há também os mecanismos que facilitam a aquisição de sistemas fotovoltaicos (Grupo 2), nos quais se destaca o modelo *leasing* de contrato. Tal mecanismo é eficaz, uma vez que reduz os impactos do elevado custo inicial, que embora haja outros incentivos que atuem nesse aspecto, ainda é o condicionante principal para o investimento em sistemas fotovoltaicos (EPE, 2016). No Brasil, as ESCOs ainda atuam, predominantemente, em edificações industriais e comerciais, que possuem elevado consumo energético. No entanto, o mercado de instalação de sistemas fotovoltaicos via *leasing* ainda está em ascensão e direcionado para grandes redes de varejo, que possuem vários pontos de consumo ou uso, como bancos e farmácias. Esse modelo de contrato tem sido amplamente adotado nos Estados Unidos, sendo que no ano de 2014, 72% das residências onde foram instalados sistemas fotovoltaicos usaram esse mecanismo (EPE, 2016). Embora no Brasil ainda não haja tarifa prêmio para energia fotovoltaica, i. e. *Feed-in tariffs*, o *leasing* apresenta grande potencial de

⁶ Há a possibilidade de instalação de sistemas fotovoltaicos em fachadas ou associados a materiais translúcidos, chamados vidros fotovoltaicos. No entanto, essas alternativas apresentam menor viabilidade econômica comparada às placas instaladas na cobertura.

crescimento, sobretudo com o aumento do nível de conhecimento da população sobre a tecnologia fotovoltaica e sobre as condições de tais contratos.

Com relação ao Grupo 3, sobre os incentivos referentes à promoção de pesquisas, capacitação profissional e desenvolvimento tecnológico, destaca-se a necessidade de treinamento de futuros técnicos que atendam a demanda de crescimento de instalações fotovoltaicas no Brasil. Ainda que indiretamente, esse tipo de incentivo também contribui para o barateamento do custo de instalação de sistemas fotovoltaicos, uma vez que a falta de profissionais habilitados pode ocasionar no aumento de custo de instalação e manutenção.

Ressalta-se também o potencial de pesquisas científicas relacionado ao aprimoramento de matéria prima, como forma de possibilitar e estimular a produção de sistemas fotovoltaicos no Brasil. Segundo o Instituto IDEAL (2017), no início de 2016 existia no país cerca de 950 empresas atuantes nessa área, sendo que algumas delas possuíam parceria com entidades de pesquisas em desenvolvimento tecnológico fotovoltaico, como o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e a empresa Minasligas, e também a Unicamp, com a empresa Tecnometal, uma das poucas montadoras de painéis fotovoltaicos no Brasil. O desenvolvimento de uma indústria nacional de equipamentos fotovoltaicos tem grande potencial de redução de custos de aquisição, além de favorecer a economia do país (EPE, 2016). Nesse contexto, ressalta-se que a implementação de uma programa de tarifa prêmio também pode contribuir para a redução de preço de sistemas fotovoltaicos, uma vez que há maior estímulo de comercialização dessa tecnologia, como aconteceu em países onde essa política já foi implementada.

O Grupo 4, referente aos mecanismos de incentivo que promovem o aumento de visibilidade no mercado, pode acarretar em algum tipo de benefício monetário para proprietários de imóveis que possuem sistemas fotovoltaicos. É previsto que esses imóveis obtenham aumento da visibilidade e favorecimento na disputa no mercado imobiliário, acarretando em benefícios econômicos subsequentes. No entanto, essas consequências possuem caráter subjetivo que está a cargo da percepção do consumidor e ainda são uma realidade recente no Brasil, ainda não absorvida pelo mercado. Assim, ainda não é possível avaliar os impactos desses incentivos em relação à tomada de decisões de consumidores em potencial quanto a aquisição de sistemas fotovoltaicos em edificações no Brasil.

Por último, o grupo de incentivos que promovem a introdução dos sistemas fotovoltaicos no mercado (grupo 5) possuem papel importante, sobretudo quanto à divulgação da tecnologia. O sistema fotovoltaico consiste em um tipo de produto que possui certa complexidade para o entendimento do seu funcionamento, afetando assim o interesse de consumidores em potencial (EPE, 2014). Desse modo, as primeiras instalações

proporcionadas por incentivos como esses contribuem para promover confiança mercadológica do produto. Destaca-se o projeto de lei nº 168/2013, em tramitação no senado, com grande potencial de alavancar o uso e conhecimento dessa tecnologia em escala nacional, pelo menos em instalações do estado.

2.5. Análise dos programas de mecanismos e incentivos

O Brasil tem apresentado avanço no desenvolvimento de incentivos sobre geração de energia fotovoltaica. No entanto, embora haja aumento do número de instalações no país, esse crescimento ainda acontece de forma lenta se for considerado o potencial natural de energia solar que possui, além do potencial de programas de incentivo que ainda não foram adotados pelo Governo brasileiro, como o programa de tarifa prêmio.

Entretanto, a comparação entre a geração de energia fotovoltaica no Brasil e no exterior deve ser realizada com ressalvas, visto que a matriz energética dos países que apresentam maior potência instalada são baseadas, na maior participação em fontes de energia fósseis, responsável por grande parte das emissões de GEE (EPE, 2016). Na matriz energética da Alemanha, por exemplo, no ano de 2015 somente 31,0% corresponde a fontes renováveis de energia (EIA, 2015), enquanto no Brasil, no mesmo ano, 74,5% (PDE, 2015). Em outras palavras, o incentivo à geração de energia solar em larga escala não possui caráter de urgência para o governo brasileiro (EPE, 2016).

Além disso, em alguns países a política de incentivo de tarifa prêmio gerou insatisfação por parte dos consumidores de energia que não aderiram sistemas fotovoltaicos. Na Alemanha, por exemplo, houve aumento da tarifa de energia fornecida pela distribuidora em aproximadamente 20%, como forma de pagar a tarifa prêmio da energia gerada por sistemas fotovoltaicos. Por esse motivo, esse modelo de incentivo foi reduzido ou até extinguido em alguns países, causando a redução do crescimento do número de sistemas instalados, e assim, incertezas que geraram desconfiança por parte de investidores do setor (IEA, 2014).

Desse modo, reforça-se que a proposição de uma política de incentivo de tarifa prêmio para unidades de geração de energia fotovoltaica pode elevar grandemente o nível de crescimento de instalações fotovoltaicas no Brasil. No entanto, destaca-se a importância da previsão de consequências econômicas para as distribuidoras e consumidores e do planejamento das condições de reajuste das tarifas da energia, para que o programa seja estabelecido de forma gradual, sem interrupção, ocasionando confiabilidade para investimento no mercado de energia solar no Brasil. Paralelamente, sugere-se o fortalecimento de incentivos para a estruturação e favorecimento da indústria nacional de produção de sistemas

fotovoltaicos. Dessa forma, benefícios sociais e econômicos que acompanham o crescimento do número de instalações fotovoltaicas seriam potencializados no país.

Nesse contexto, o método *leasing* de contrato proposto por ESCOs destaca-se como mecanismo de iniciativa privada que possui grande potencial de estímulo à energia fotovoltaica no Brasil em curto prazo. Embora a atuação das ESCOs no Brasil estejam voltadas, predominantemente, para grandes empreendimentos industriais e comerciais, acredita-se que há tipos de edificações que representam uma parcela atrativa de mercado ainda pouco explorada. No setor comercial, destacam-se supermercados, postos de gasolina, farmácias e bancos. No setor de serviços, destaca-se hospitais e escolas. O formato típico dessas edificações apresenta significativa área de cobertura para captação solar, além da maioria de edificações desse tipo apresentarem várias unidades de consumo, possibilitando a geração em apenas uma unidade que proporcione crédito de energia para as outras.

No setor residencial, foi constatado que as edificações unifamiliares apresentam características arquitetônicas favoráveis para geração de energia fotovoltaica. No entanto, o elevado custo inicial para instalação, aliado ao baixo consumo energético e baixo custo das tarifas energéticas desse setor, fazem com que a relação de custo e benefício seja baixa, sobretudo em edificações de interesse social ou voltadas para habitação de público de baixa renda. Nesses casos, acredita-se que somente a criação de subsídios por meio de incentivos fiscais públicos podem interferir como forma de estímulo significativo.

Em contrapartida, os condomínios de grande porte, voltados para classe mais favorecida economicamente, apresentam grande potencial para instalação de sistemas fotovoltaicos com geração distribuída no setor residencial. Geralmente, há área de cobertura suficiente para geração de energia em condomínios residenciais formados por casas. No caso de condomínios formados por edifícios verticais, além da área de cobertura das edificações existe a possibilidade de instalação em áreas de uso comum dos moradores, como em coberturas de estacionamentos ou áreas de lazer. Destaca-se a possibilidade de criação de empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras, contemplada pela RN nº687/2015. Nessa configuração, ainda que o sistema seja instalado em um condomínio com apenas um medidor, os créditos de energia podem ser utilizados de forma independente, podendo abater as contas de energia dos moradores participantes ou até serem comercializados para consumidores livres de energia⁷. Apesar de condomínios de grande porte apresentarem condições mais favoráveis para a realização de investimento em sistemas fotovoltaicos, o

⁷ Grupo de consumidores de energia, com demanda maior ou igual a 3.000kW com tensão de fornecimento superior a 69kV, que possuem abertura para escolher seu fornecedor de energia elétrica.

custo inicial ainda pode ser um grande entrave. Destaca-se novamente o potencial de exercício de ESCOs com contratos do tipo *leasing* nessa situação.

2.6. Conclusão

O Governo Brasileiro tem avançado na criação de políticas de incentivo quanto à geração de energia fotovoltaica. Destaca-se a RN da ANEEL nº482/2012 como principal incentivo criado no país que exerceu grande influência na análise de viabilidade de instalação dessa tecnologia, sobretudo em edificações.

A proposição de um programa baseado em tarifa prêmio de energia elétrica possui grande potencial para acelerar o crescimento da potência instalada e conseqüentemente da geração de energia fotovoltaica no Brasil. No entanto, a criação de um programa como esse deve ser acompanhada do planejamento e da estruturação das distribuidoras de energia e da indústria nacional de produção de sistemas fotovoltaicos.

Como medida de curto prazo, o modelo de contrato do tipo *leasing*, proposto pelas ESCOs, apresenta grande potencial como incentivo de iniciativa privada para o crescimento da geração de energia fotovoltaica em edificações. Foram destacados alguns tipos de edificações que possuem potencial para geração de energia fotovoltaica no setor comercial e de serviços, como postos de gasolina, supermercados, farmácias, agências bancárias, escolas e hospitais. No setor residencial, identificou-se os condomínios de grande porte voltados para residentes de classe média e alta, como unidades que possuem condições mais favoráveis para implementação de sistemas fotovoltaicos com geração distribuída. Essas edificações representam um mercado ainda pouco explorado e promissor para atuação de ESCOs.

2.7. Referências Bibliográficas

ABRAHÃO, K. C. F. J. Avaliação dos Pesos Regionais do RTQ-R a partir da Análise da Estrutura do Consumo da Análise da Estrutura do Consumo Residencial de Energia Elétrica por Região Geográfica. 2015. 242 p. Dissertação do Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 563, de 9 de julho de 2013.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Unidades consumidoras com geração distribuída. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd.asp>>, Acesso em: Março de 2017.

AKSONEZEN, M.; DANIEL, M.; HASSLER, U.; KOHLER, N. *Building age as indicator for energy consumption. Energy and Buildings*, n.87, p.74-86, 2016.

BEN - Balanço Energético Nacional de 2015. Ministério das Minas e Energia; Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143895/2.1+-+BEN+2015+-+Documento+Completo+em+Portugu%C3%AAs+-+Ingl%C3%AAs+\(PDF\)/22602d8c-a366-4d16-a15f-f29933e816ff?version=1.0](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143895/2.1+-+BEN+2015+-+Documento+Completo+em+Portugu%C3%AAs+-+Ingl%C3%AAs+(PDF)/22602d8c-a366-4d16-a15f-f29933e816ff?version=1.0)>, Acesso em: Novembro de 2016.

BENEDITO, R. S. Caracterização da geração distribuída por meio de Sistemas fotovoltaicos conectados à rede, no Brasil, sob os aspectos técnico, econômico e regulatório. São Paulo, 2009. 108 p. Dissertação do Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (USP).

BRASIL. Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004.

BRASIL. Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009.

CONFAZ - Conselho Nacional de Política Fazendária. Convênio ICMS nº 19/2010, Boa Vista, RR, de 26 de março de 2010.

CONFAZ - Conselho Nacional de Política Fazendária. Convênio ICMS nº 16/2015, Brasília, DF, de 22 de abril de 2015.

DÁVI, G. A.; MARTÍN, C. E.; RÜTHER, R.; SOLANO, J. *Energy performance evaluation of a net plus-energy residential building with grid-connected photovoltaic system in Brazil. Energy and Buildings*, v. 120, p.19-29, 2016.

DINIZ, A. S. A. C.; COSTA, S. C. S.; BATISTA, R. L. F.; MACHADO NETO, L. V. B.; SOUZA, M. E. M.; SOUZA, F. H. A. F.; PADRÃO, W. C.; MICHEL, F. M. C.; TOLEDO, O. M.; OLIVEIRA FILHO, D. Estudo da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica com armazenamento. In: V Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2014, Recife/PE. V CBENS, 2014.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Nota Técnica DEA 19/14 - Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil - Condicionantes e Impactos. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica / M. T. Tolmasquim (Coord.). Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Documents/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>>, Acesso em: Novembro de 2016.

IEA - *Internacional Energy Agency*. PVPS. Trends 2014 in PV Applications - Report IEA-PVPS T1-25:2014, 2014. Disponível em: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=3&eID=dam_frontend_push&docID=2150>, Acesso em: Novembro de 2016.

INSTITUO IDEAL - Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/mineirao-solar/>>, Acesso em: Novembro de 2016.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010.

LACCHINI, C.; RUTHER, R. *The influence of government strategies on the financial return of capital invested in PV system located in different climatic zones in Brazil. Renewable Energy*, v. 83, p.786-798. 2015.

LIMA, F.J.L.; MARTINS, F.R.; PEREIRA, E.B.; LORENZ, E.; HEINEMANN, D. *Forecast for surface solar irradiance at the Brazilian Northeastern region using NWP model and artificial neural networks. Renewable Energy*, v. 87, p. 807-818. 2016.

MINAS GERAIS. Lei nº 20.849, de 27 julho de 2013.

MORAIS, W. Projeto de Lei do Senado nº 168 de 2013.

NEJAT, P.; JOMEHZADEHA, F.; TAHERIB, M. M.; GOHARIC, G.; MAJIDD, M. Z. A. *A global review of energy consumption, CO² emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO₂ emitting countries)*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n 43, p.843-862, dez. 2016.

PDE - Plano Decenal de Expansão de Energia 2024. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PDEE/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202024.pdf>>.

Acesso em: Novembro de 2016.

PINTO, J. T. M.; AMARAL, K. J.; JANISSEK, P. R. *Deployment of photovoltaic's in Brazil: Scenarios, perspectives and policies for low-income housing*. *Solar Energy*, v. 133, p.73-83, 2016.

REN - *Renewables 2016 Global Status Report*. National Technical University of Athens (NTUA). 2016. Disponível em: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/05/GSR_2016_Full_Report_lowres.pdf>,. Acesso em: Novembro de 2016.

RÜTHER, R.; SALAMONI, I. O Potencial dos Setores Urbanos Brasileiros para a Geração de Energia Solar Fotovoltaica de Forma Integrada às Edificações. Fórum Patrimônio - Mudanças climáticas e o impacto das cidades, v. 4, n.1, p.84-94, 2011.

SALVADOR-BA. Decreto nº 25.899, de 24 de março de 2015.

STILPEN, D.V.S.; CHEG, V. *Solar photovoltaic's in Brazil: a promising Renewable Energy Market*. IEEE, v.15, 2015.

SHEN, L.; HE, B.; JIAO, L.; SONG, X.; ZHANG, X. *Research on the development of main policy instruments for improving building energy-efficiency*. *Jornal of Cleaner Production*, n.112, p.1789-1803, 2016.

SILVA, R. M. Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>>,. Acesso em: Novembro de 2016.

SORRELL, S. *Reducing energy demand: A review of issues, challenges and approaches*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n.47, p.74-82, 2015.

UE - União Europeia. Parlamento Europeu e do Conselho - Relativa ao desempenho energético dos edifícios. Diretiva 2012/27/EU. 2012. Disponível em: <<http://www.ec.europa.eu>>. Acesso em: Julho 2016.

ZILLES, R.; MACÊDO, W. N.; GALHARDO, M.A.B.; OLIVEIRA, S.H.F. Sistemas fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica. Oficina de Textos, São Paulo, 2012.

Capítulo 3. Análise da valorização de imóveis com energia fotovoltaica

Resumo

Estudos realizados em outros países, baseados em registros históricos de transações comerciais, indicaram a ocorrência de valorização de edificações sustentáveis ou que possuem geração de energia fotovoltaica. No Brasil ainda há uma carência de registros e estudos quanto às transações comerciais de tais imóveis. Assim, objetivou-se verificar a influência da instalação de sistemas fotovoltaicos na valorização de edificações por meio de pesquisa exploratória. Foi realizada uma entrevista com o representante de uma construtora que possui expressividade no mercado imobiliário brasileiro e foram aplicados questionários com consumidores em potencial com intuito de avaliar, sobretudo, a disposição para pagar mais por esse tipo de imóvel. Os resultados indicaram uma tendência de valorização de imóveis que possuem geração de energia fotovoltaica, uma vez que a maior parte dos consumidores em potencial (74%) manifestaram disposição para pagar mais por tais imóveis, sendo que a maioria dessa parcela (80,6%) está disposta a pagar entre 1 a 10% a mais. Além disso, também foram levantadas preferências desses consumidores em potencial, tanto os futuros usuários como os investidores.

Palavras-chave: Pesquisa de Opinião, Consumidor em Potencial, Valorização Imobiliária, Crédito de Energia, Geração Distribuída.

Abstract

Studies conducted in different countries, based on historical records of business transactions, indicated the occurrence of a valorization of buildings that were sustainable or capable of generating photovoltaic energy. In Brazil, there is a lack of records and studies regarding business transactions of such properties. Thus, this study sought to verify the influence of installing photovoltaic systems in buildings by means of an exploratory research. An interview with the representative of a construction company with significant presence in the Brazilian real estate market was conducted, and questionnaires were applied on potential customers in order to evaluate their willingness to pay a higher price for this kind of property. Results indicated a tendency towards the valorization of properties with photovoltaic energy generation, since the majority of potential customers (74%) expressed willingness to pay a price between 1% and 10% higher. Furthermore, the preferences of potential customers, future users and investors were identified.

Key-words: *opinion poll, potential consumer, property appreciation, energy tax credit, distributed generation.*

3.1. Introdução

Segundo Silva (2010), a tendência das construções sustentáveis está emergindo lentamente na indústria da construção civil, influenciando o aspecto mercadológico do setor. Devido à grande parcela de responsabilidade do setor da construção civil nos impactos ambientais, as certificações de sustentabilidade e etiquetas de eficiência energética para edificações têm tido um grande crescimento no cenário mundial. Esse é o caso da certificação de sustentabilidade *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), que no ano de 2008 possuía aproximadamente 18.400 projetos registrados no mundo, ao passo que em 2016, possuía cerca de 80.000 projetos registrados, distribuídos em 162 países (USGBC, 2017).

Porém, a interface entre sustentabilidade e o setor da construção civil é uma questão complexa, dada a grande quantidade de partes interessadas durante o processo de início do empreendimento até à aquisição pelo usuário final. No caso de edificações coletivas, as partes interessadas podem ser, por exemplo, investidores, construtores, projetistas, comerciantes, administradores, proprietários e usuários. Há casos em que o número de partes envolvidas é menor, porém, na maioria dos casos, a complexidade se dá devido aos diferentes interesses de cada parte. Normalmente, investidores e construtores priorizam o rendimento econômico do empreendimento, em detrimento dos aspectos sociais e ambientais (FABBRI, 2011).

Em outras palavras, medidas de desenvolvimento sustentável da edificação, que tendem a promover redução do seu custo de operação e manutenção, são de interesse dos futuros usuários e proprietários do imóvel. No entanto, normalmente, a tomada de decisão em relação a adesão ou não a tais medidas ocorre por meio dos investidores e construtores que, muitas vezes, pretendem obter retorno econômico apenas com a venda do imóvel. Assim, esses últimos fazem uma análise econômica avaliando somente o custo inicial e o valor de venda, já que o custo de operação e manutenção será de responsabilidade dos consumidores e futuros usuários (SILVA, 2010).

Todavia, uma análise de viabilidade econômica para esse tipo de empreendimento não deve levar em consideração apenas o custo inicial, pois os benefícios do desenvolvimento da sustentabilidade no setor da construção civil resultam no aumento da qualidade dos imóveis. Ao elevar os parâmetros para o reconhecimento no desenvolvimento sustentável das edificações, é criado um novo prisma de análise dos consumidores em relação aos imóveis, visto que tais edificações possuem benefícios, como redução do custo de manutenção, acima de tudo quanto ao consumo energético, além de maior grau de conforto ambiental, diferenciando-as das demais (DWAIKAT; ALI, 2016).

Segundo Fuerst *et al.* (2015), além dos próprios benefícios da implementação de sistemas fotovoltaicos, as edificações que possuem tecnologias construtivas que promovem um desenvolvimento sustentável são interpretadas em geral a partir de um rótulo ecológico, denominadas, muitas vezes, como "edificações verdes" ou "edificações sustentáveis". Tal interpretação fica ainda mais evidenciada quando a edificação possui algum tipo de selo ou etiqueta, fornecido por programas de certificação de edificações sustentáveis, de etiquetagem de eficiência energética para edifícios, ou, ainda, por programas de etiquetagem para edificações que possuem geração de energia solar.

Selos desse tipo são criticados quanto ao uso do termo "sustentabilidade" e aos critérios de avaliação utilizados, devido especialmente à própria dificuldade de se estabelecer o conceito de sustentabilidade e sua abrangência (MOLDAN, 2011). No entanto, embora os critérios avaliados por tais programas estejam relacionadas predominantemente a aspectos ambientais específicos, na visão de grande parte dos usuários e consumidores essas edificações são vistas e classificadas apenas como sustentáveis e, conseqüentemente, recebem um valor agregado de atratividade que exerce influência no seu valor monetário.

Os principais benefícios que influenciam no retorno econômico⁸ de edificações que possuem características sustentáveis são: i) redução do consumo de energia, o que implica em uma redução de custos de operação; ii) aumento das informações do imóvel, sobretudo em relação às características de comportamento ambiental e consumo de energia; iii) redução da taxa de vacância; iv) *marketing* de sustentabilidade agregado; v) aumento do valor de venda ou de aluguel; e, por último, vi) benefícios sociais e ambientais (STEIN *et al.*, 2014).

Esses benefícios têm sido relevantes no processo de mercado do setor da construção civil, visto que mesmo com a recente crise financeira global e a conseqüente recessão do mercado imobiliário, houve um aumento do interesse em relação a medidas de sustentabilidade no ambiente construído. A partir de revisão bibliográfica, foram identificados alguns estudos que indicam uma propensão à preferência por edificações verdes em detrimento das demais, ou ainda uma abertura a preços mais elevados de compra e aluguel de edifícios que possuem tecnologias que contribuem para a redução do impacto ambiental da edificação, como geração de energia fotovoltaica (Quadro 3.1).

⁸ É importante ressaltar que em contrapartida, em muitos casos, ocorre o aumento do valor de projeto e custo inicial de construção (Dwaikat; Ali, 2016).

Quadro 3.1 - Valorização de edificações que possuem características sustentáveis

Fonte	Mecanismo de valorização	Aspecto da valorização	Quanto	Local	Tipo de edificação
Cajias; Piazzolo, 2013	Etiqueta de Eficiência energética	Valor de aluguel	0,76% €/m ²	Alemanha	Residencial
		Valor de venda	3,15%		
Stein <i>et al.</i> , 2014	Edificações com certificados de sustentabilidade ou etiqueta de eficiência energética	Valor de venda e aluguel	Até 20%	Mais de um país	Mais de uma tipologia
Dastrup <i>et al.</i> , 2012	Sistema fotovoltaico	Valor de venda	3,5%	E.U.A. - Califórnia	Residencial
Brounen; Kok, 2010	Etiqueta de eficiência energética	Valor de venda	2,8%	Holanda	Residencial
Fuerst; McAllister, 2011	Certificados de sustentabilidade ENERGY STAR e LEED	Valor de aluguel	3 a 5%	E.U.A.	Comercial
		Valor de venda	28 a 29%		
Fuerst <i>et al.</i> , 2015	Etiqueta de Eficiência energética	Valor de venda	1,5 a 10%	Reino Unido	Residencial

Fontes: Indicadas no quadro.

A maior parte dos estudos referentes à valorização de edificações que possuem características sustentáveis são baseados na análise comparativa de um histórico de registros de transações comerciais de imóveis (FUERST *et al.*, 2015; DASTRUP *et al.*, 2012), ou ainda por meio de simulação estatística com dados obtidos através desses registros (STEIN *et al.*, 2014; CAJIAS; PIAZOLO, 2013). No Brasil, é notório o uso do conceito de edificações sustentáveis no *marketing* imobiliário, o que indica que há uma influência da redução do impacto ambiental das edificações em relação ao aumento da atratividade de imóveis. No entanto, as etiquetas de eficiência energética de edificações, assim como a possibilidade de minigeração e microgeração de energia distribuída, são um cenário recente, respectivamente 2009 e 2012. Desse modo, ainda há uma carência de estudos e registros no país quanto às transações comerciais de tais imóveis, o que inviabiliza a utilização de informações desse tipo como fonte de dados para desenvolvimento de pesquisas sobre a valorização desses imóveis no Brasil.

À vista disso, a valorização de imóveis que possuem tecnologias sustentáveis no contexto brasileiro pode ser analisada a partir do método de avaliação de preferências de consumidores, baseado na aplicação de questionários ou entrevistas a consumidores em potencial, com perguntas sobre a disposição para pagar mais (*willingness to pay*) por imóveis desse tipo (BIGERNA; POLINORI, 2014). Yamamoto (2015) identificou que a valorização do imóvel é um dos fatores considerados na tomada de decisão de implantação de sistemas fotovoltaicos no Japão, por meio de pesquisa baseada na aplicação de questionários com proprietários de imóveis que possuem esse tipo de tecnologia. Em pesquisa com métodos semelhantes, Guo *et al.* (2014) identificaram, no cenário chinês, um aumento da disposição para pagar mais por edificações que possuem geração de energia a partir de fontes renováveis, sobretudo devido à redução do impacto ambiental.

No contexto brasileiro, foram identificados dois estudos notórios sobre a valorização de edificações sustentáveis, utilizando-se questionários e entrevistas com consumidores em potencial como método. No ano de 2010, o estudo denominado "Levantamento sobre Construção Sustentável" foi realizado pela Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN). Nesse estudo, foi avaliado, predominantemente, o envolvimento dos investidores e consumidores em relação aos aspectos da sustentabilidade nas edificações. Destaca-se a constatação de que 47% dos consumidores estão dispostos a pagar até 8% a mais por uma construção sustentável, enquanto 48% não pagariam nada a mais. Os resultados da pesquisa indicam ainda que 55% dos investidores pagariam 5% a mais, 27% pagaria 10% a mais e 9% pagaria 15% a mais para adotar critérios de sustentabilidade nas edificações (FEBRABAN, 2010).

Em março de 2015, foi realizada uma pesquisa pelo Instituto DataFolha chamada "Mudanças Climáticas - o que pensa o brasileiro", encomendada pelo Observatório do Clima e pelo Greenpeace Brasil. Foram feitas entrevistas pessoais em várias localidades do país, nas quais foi perguntado sobre o conhecimento da população acerca das mudanças climáticas e da possibilidade de microgeração de energia solar fotovoltaica (DATAFOLHA, 2015). Foi constatado que há grande conhecimento e interesse dos brasileiros pela microgeração de energia solar, visto que 74% dos respondentes afirmaram saber sobre o assunto e 62% demonstram interesse em instalar na própria residência. O interesse foi ainda maior caso houvesse estímulos do governo, como possibilidade de gerar renda a partir da venda do excedente de energia, chegando a uma porcentagem de 71% (DATAFOLHA, 2015).

Os resultados e conclusões de cada estudo indicam uma tendência positiva de crescimento do interesse de consumidores e investidores com relação ao avanço da sustentabilidade em edificações e também sobre a possibilidade de microgeração de energia solar. Todavia, tais resultados não são suficientes para afirmar que há uma influência da instalação de sistemas de geração distribuída fotovoltaica na valorização de um imóvel. Apenas a pesquisa realizada pelo FEBRABAN aborda questões como disposição para pagar por imóveis sustentáveis, porém, a pesquisa foi feita quando a RN nº482/2012 (ANEEL, 2012) ainda não havia sido instituída. A pesquisa realizada pelo DataFolha (2015) aborda questões mais específicas sobre a geração distribuída de energia solar. No entanto, não trata propriamente sobre a influência desse tipo de tecnologia na valorização do imóvel.

Deste modo, ainda há uma carência de estudos voltados especificamente para a análise dos consumidores em potencial, quanto à influência da valorização de um imóvel em decorrência da instalação de sistemas fotovoltaicos com geração distribuída. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2014), embora uma previsão sobre o comportamento dos consumidores em potencial de sistemas de geração de energia fotovoltaica apresente incertezas⁹, uma análise desse tipo apresenta benefícios para o desenvolvimento da energia fotovoltaica no país. Informações detalhadas sobre o perfil e características dos consumidores em potencial pode contribuir, como por exemplo, para o planejamento de investidores do setor.

Assim, objetivou-se nesta pesquisa estudar a disposição para pagar mais por edificações que possuem sistemas fotovoltaicos com geração distribuída. Foi proposto um método de análise com foco na visão de consumidores em potencial desse tipo de tecnologia.

⁹ Os entrevistados podem responder, por exemplo, algo que estão dispostos a fazer, mas que pode variar conforme alguns contextos adversos, como uma crise financeira.

O panorama de Minas Gerais foi definido como foco da pesquisa devido, especialmente, às condições de viabilidade de realização da pesquisa.

3.2. Métodos

3.2.1. Entrevista - Construtora

Foi formulado um modelo de entrevista a ser realizado com o representante de incorporadora e/ou construtora do mercado imobiliário brasileiro, com grande atuação no estado de Minas Gerais. O ranking de 2016 das maiores construtoras do Brasil (ITC, 2016), elaborado pela instituição Inteligência Empresarial da Construção (ITC), serviu como base para definição da empresa a ser convidada para participar na pesquisa como respondente da entrevista.

As questões da entrevista foram elaboradas para levantar informações sobre: o nível de conhecimento da RN nº 482/2012 (ANEEL, 2012), que possibilita a geração distribuída de energia em imóveis, a perspectiva de valorização de empreendimentos que possuem esse tipo de tecnologia; o perfil de consumidores que possuem interesse em imóveis com geração de energia solar; a estimativa acerca da disposição de consumidores para pagar mais por imóveis com essas características; e, por fim, as dificuldades para o desenvolvimento sustentável das edificações empreendidas no Brasil (APÊNDICE I).

3.2.2. Questionários - Consumidores em potencial

A fase de elaboração do questionário consistiu no desenvolvimento preliminar de um modelo para ser aplicado como versão teste. Ao todo, houve 103 respondentes nessa etapa. Os resultados e contribuições dos participantes serviram de base para modificações e adaptações, sobretudo em relação aos termos utilizados e o entendimento dos participantes sobre as questões.

Feitas as modificações, foram elaboradas as versões finais dos questionários aplicados aos consumidores em potencial (APÊNDICE II). A aplicação de questionários foi realizada de forma pessoal e virtual. Os questionários foram aplicados no aeroporto de Confins - Tancredo Neves, como maneira de alcançar um público de diferentes regiões do país. Também objetivou-se atingir um público que tem tempo livre disponível à espera dos voos, o que proporcionou maior disposição para participação na pesquisa.

A aplicação dos questionários virtuais aconteceu através de pedidos para participação na pesquisa enviados por *e-mail*. A obtenção dos endereços eletrônicos ocorreu por meio da

investigação em *sites* de instituições que tenham uma atuação em várias localidades do Estado.

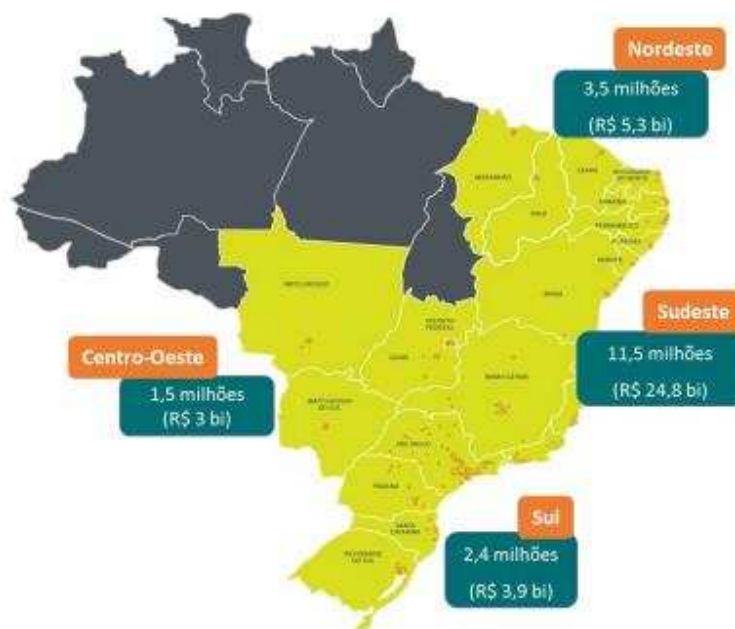
A estrutura do questionário foi composta por três categorias de perguntas: a primeira com perguntas sobre informações gerais em relação a certificações e etiquetagem; a segunda com perguntas especificamente sobre aspectos relacionando valorização imobiliária com certificados sustentabilidade e etiquetas de eficiência energética; e, por fim, a terceira com perguntas relacionadas ao perfil do consumidor em potencial. Ressalta-se que em todas as questões havia a possibilidade do respondente assinalar a resposta Não Desejo Responder (NDR).

3.3. Resultados

3.3.1 Entrevista

A empresa X, que aceitou o convite de participação nessa pesquisa, é considerada pelo ranking ITC de 2016 a maior construtora do Brasil. A empresa possui grande expressividade nos setores de empreendimentos imobiliários em vários estados, sobretudo em Minas Gerais. São aproximadamente 300 mil unidades habitacionais distribuídas em 142 municípios em 19 estados (Figura 3.1), representando mais de 18.900.000m² de área edificada. A entrevista foi respondida pelo gestor executivo de projetos e orçamentos da empresa.

Figura 3.1 - Localização geográfica dos empreendimentos imobiliários da empresa X



Fonte: (*Site* da empresa X, 2016).

Ainda que a empresa X possua grande quantidade de empreendimentos, apenas duas edificações possuem geração de energia elétrica conectada à rede de distribuição, realizados como teste. Paralelamente a esta informação, também foi respondido que ainda há pouco

conhecimento pela empresa sobre a RN nº 482/2012 (ANEEL, 2012), indicando que a empresa ainda está analisando os custos e implicações da possibilidade de mini e microgeração de energia em edificações, e que esse processo acontece de forma longa, sobretudo em relação à rentabilidade do empreendimento.

O gestor executivo afirmou que o possível perfil de consumidores com interesse em fazer aquisição de imóveis que possuem sistemas de geração de energia solar se caracteriza por homens e mulheres com até 50 anos, com nível de escolaridade superior completo, que pretendem construir ou adquirir imóveis de menor valor, onde o custo de energia elétrica é significativo.

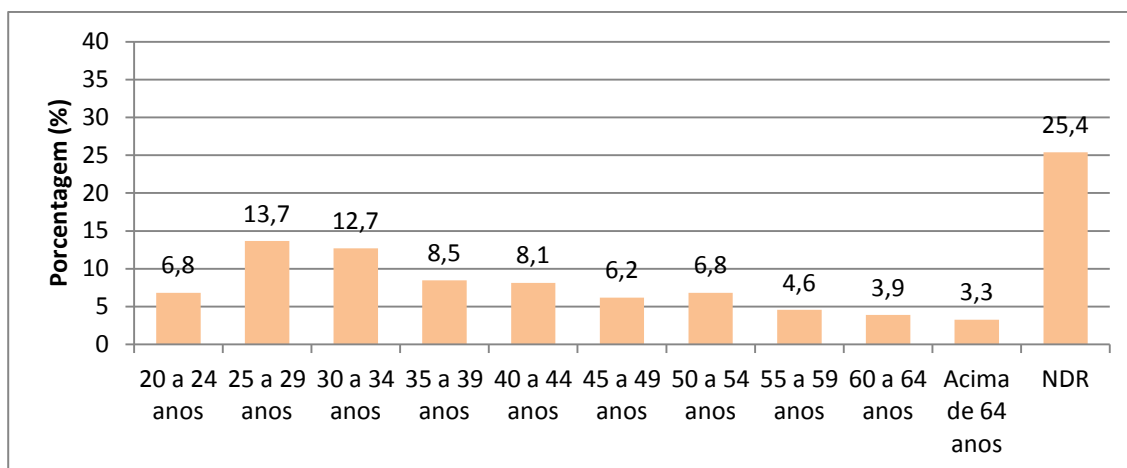
Segundo o gestor executivo da empresa, a instalação de sistema de geração de energia solar pode influenciar na valorização de um imóvel. O principal motivo dessa valorização ocorreria devido à redução de gastos mensais. Porém, o entrevistado alegou que o consumidor final ainda não pagaria nada a mais por uma edificação desse tipo, apesar de acreditar que existe uma tendência de mudança.

3.3.2 Questionários - Consumidores em potencial

Foram realizadas quatro visitas ao aeroporto de Confins - Tancredo Neves, nas quais foram obtidas o total de 243 respondentes do questionário proposto. Os número de respondentes dos questionários virtuais foi de 73, totalizando 316 respondentes. O levantamento da proporção amostral foi feito com base em cálculo de amostragem simples, considerando distribuição binomial, uma vez que não se conhece o perfil exato de consumidores em potencial e sua população. Assim, foi determinado o número mínimo de 271 pessoas a participarem do estudo, com intuito de alcançar 90% de confiabilidade, com erro amostral de $\pm 5\%$. Embora houve respondentes de 18 estados, os resultados dessa pesquisa possuem expressividade para o cenário de Minas Gerais, uma vez que a grande maioria dos respondentes são mineiros (62%).

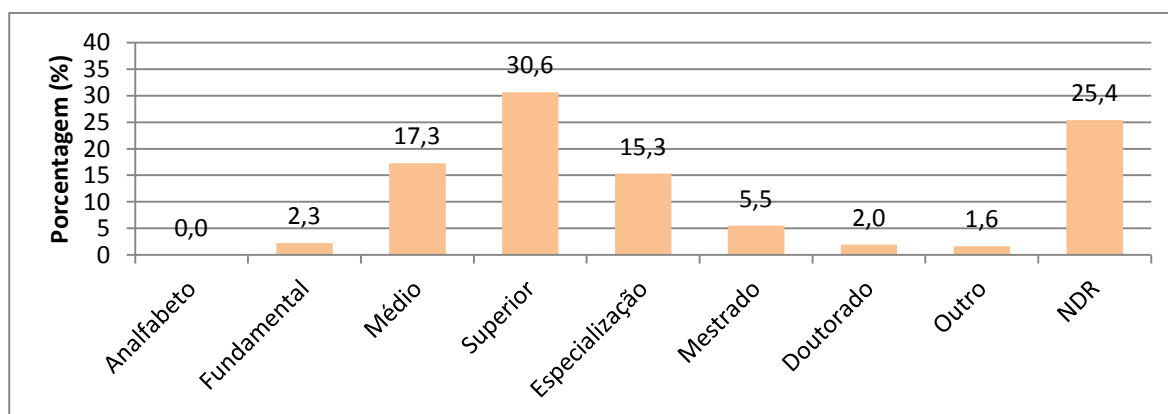
A partir de análise dos resultados, pode-se constatar que o perfil dos respondentes apresentou características semelhantes às descritas em entrevista, visto que a maior parte dos respondentes se enquadram na faixa etária abaixo de 50 anos e nível de escolaridade com ensino superior completo (Figura 3.2 e Figura 3.3).

Figura 3.2 - Idade dos respondentes



Fonte: Elaborado pelo autor.

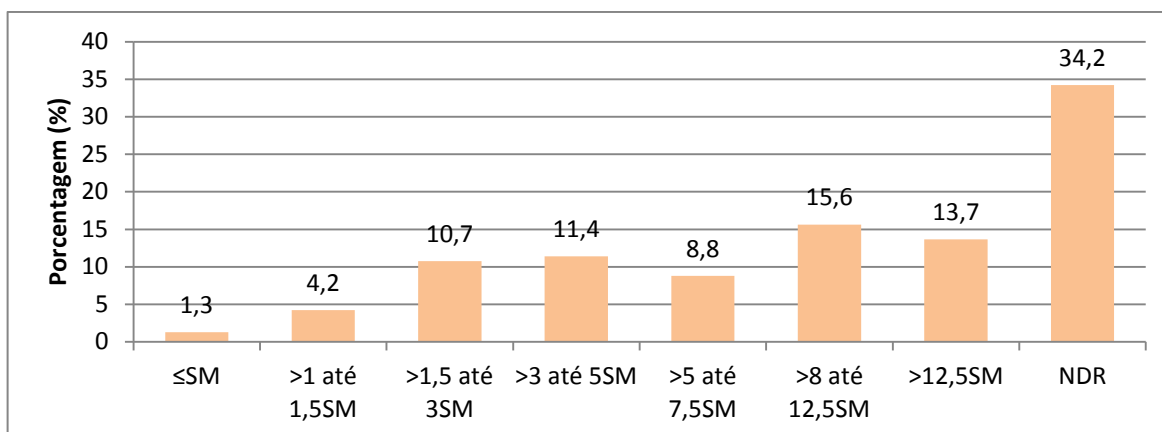
Figura 3.3 - Nível de escolaridade completo dos respondentes



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados relativos à renda mensal indicaram que se trata de um público, predominantemente, da classe média alta e classe alta (Figura 3.4), conforme os padrões estabelecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Essa característica também foi considerada satisfatória para análise do tema proposto, uma vez que tal perfil pode indicar um público que possui maior poder aquisitivo.

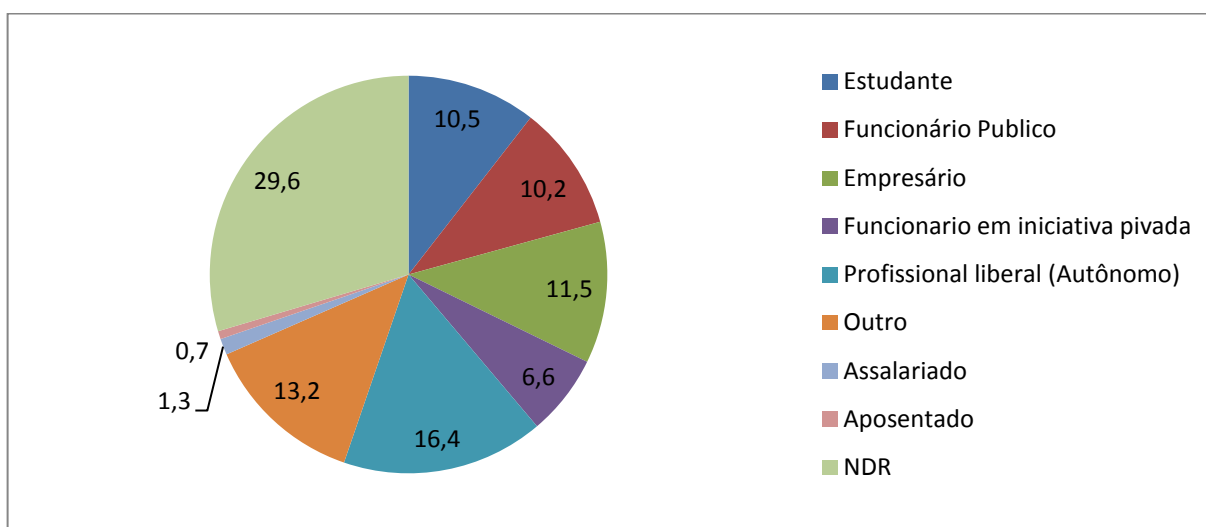
Figura 3.4 - Renda mensal familiar dos respondentes



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além dessas informações, também foi levantado que o público respondente se mostrou heterogêneo quanto a ocupação (Figura 3.5). Em termos de gênero, embora em sua maioria, o público alcançado seja formado por homens (47,1%), não houve predominância de alguma característica específica que pudesse afetar os resultados e conclusões.

Figura 3.5 - Porcentagem dos respondentes - ocupação

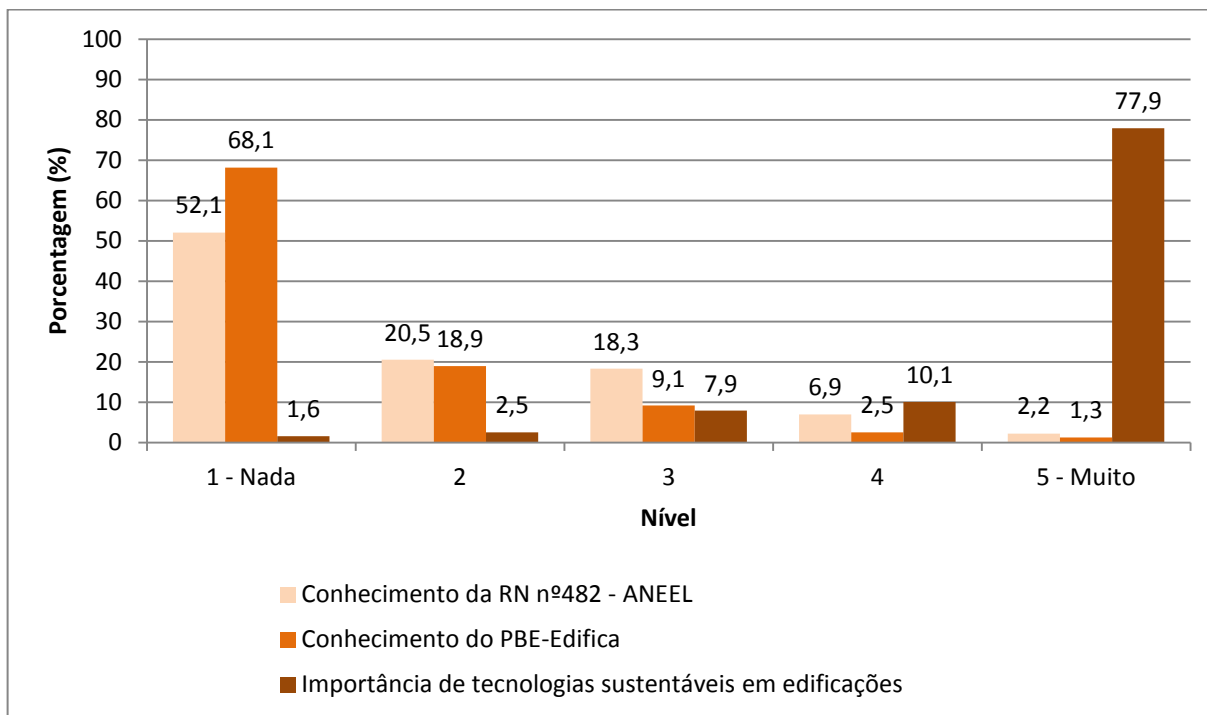


Fonte: Elaborado pelo autor.

Na etapa do questionário com perguntas sobre o nível de conhecimento da RN nº 482/2012 (ANEEL, 2012) e do PBE-Edifica, o público se mostrou, em geral, com pouco nível de conhecimento. Numa escala de 1 a 5, sendo 1 o menor índice de conhecimento e 5 o maior, 52,1% afirmaram possuir nível 1 de conhecimento quanto à Resolução Normativa, e 68,1% quanto ao PBE-Edifica. Apenas 2,2% afirmou ter conhecimento no nível 5 relativo à resolução normativa e 1,3% quanto ao PBE-Edifica. Por outro lado, 77,9% dos participantes

declaram que a implementação de inovações sustentáveis nas construções possui nível máximo de importância (Figura 3.6).

Figura 3.6 - Nível de conhecimento e de importância sobre aspectos de sustentabilidade em edificações



Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora seja alto o grau de importância dado ao desenvolvimento sustentável das edificações, o nível de conhecimento geral sobre questões desse tipo ainda é baixo. Destaca-se que, embora o PBE-Edifica seja anterior à RN nº 482/2012 (ANEEL, 2012), o nível de conhecimento dos respondentes sobre esse programa é menor em relação ao nível de conhecimento sobre a resolução normativa.

Na etapa seguinte do questionário, os respondentes foram divididos entre um grupo de consumidores em potencial, que fariam uma possível aquisição imobiliária para uso (62,8%), e um grupo de consumidores, que fariam para investimento (37,2%). Conforme a resposta, os participantes foram direcionados para perguntas distintas. Assim, a análise das questões posteriores foram diferenciadas conforme a disposição financeira específica de investidores e usuários.

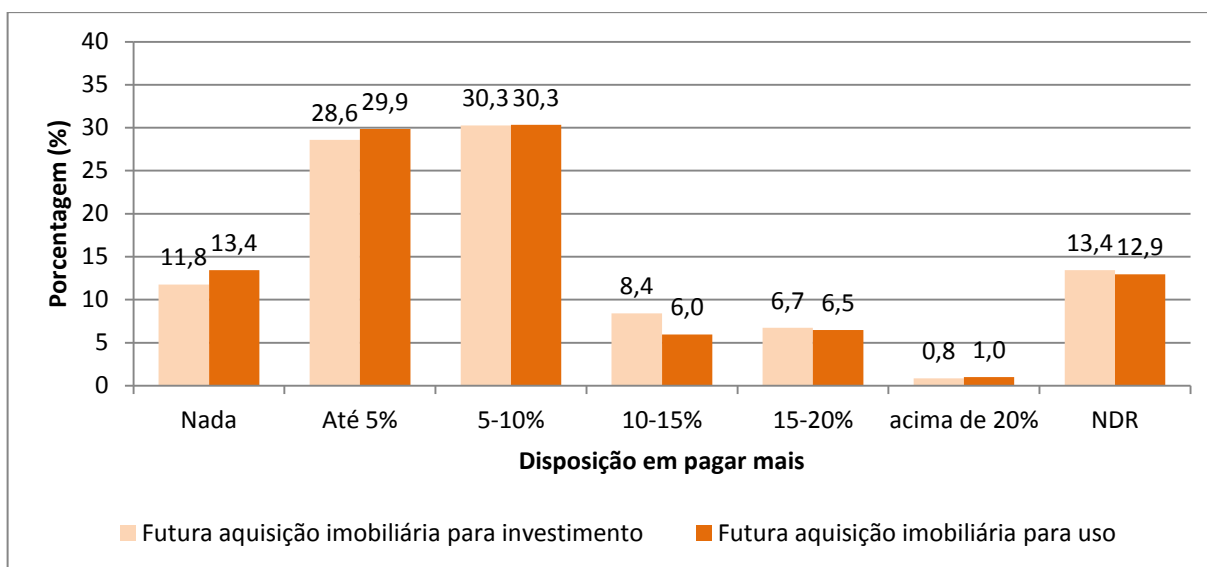
Com relação aos respondentes que declararam que seria para uso, a grande maioria declarou que pretende adquirir imóvel do tipo residencial (89,8%), enquanto uma pequena parcela pretende adquirir imóvel do tipo comercial (5,4%), e o restante (4,8%), desejam adquirir imóveis do tipo industrial, de serviço ou outros. No caso dos respondentes que pretendem fazer um investimento, 45,6% pretendem adquirir imóvel residencial para aluguel,

20% imóvel residencial para venda, 15,2% imóvel comercial para aluguel, 4,0% imóvel comercial para venda. O restante dos respondentes declaram que não desejavam responder (7,2%) e uma pequena parcela escolheu edificações de serviço (4,8%) e industriais (3,2%).

Ao responderem sobre a possibilidade de valorização imobiliária, 79,7% das pessoas que pretendem comprar imóveis para uso acreditam que um sistema fotovoltaico de geração de energia pode valorizar o imóvel, enquanto 14,9% acredita que talvez essa valorização possa ocorrer. Somente 2% não acredita que há valorização de imóveis desse tipo. No caso dos investidores, 93% afirmam que o imóvel valoriza, 16,9% afirmam que talvez pode valorizar e não houve nenhum que afirmasse que este tipo de imóvel não é valorizado.

Tais dados revelam que há uma associação acentuada entre a implantação de inovações tecnológicas sustentáveis em edificações e a valorização desses imóveis. As respostas da questão sobre a disposição para pagar a mais por um imóvel com sistema fotovoltaico de geração de energia confirmaram essa associação que indica a valorização de imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica (Figura 3.7).

Figura 3.7 - Disposição para pagar mais por imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica



Fonte: Elaborado pelo autor.

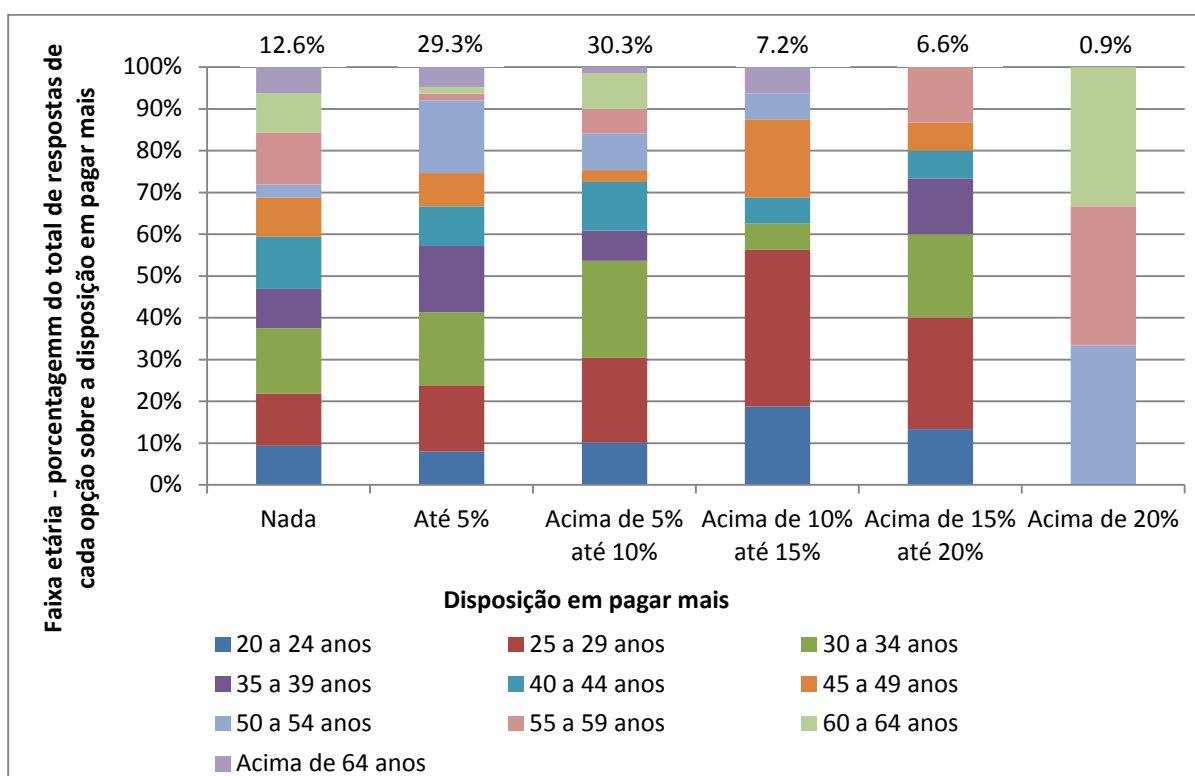
Ao todo, 73,7% dos respondentes que faria aquisição de imóvel para uso declararam que estariam dispostos a pagar algum valor a mais por imóveis desse tipo, sendo que a maior parte (33,3%) pagaria de 5 a 10% a mais do valor do imóvel, seguido de uma parcela de 29,9% que pagaria até 5% a mais pelo imóvel. Com relação aos investidores, a quantidade de pessoas que pagaria algo a mais também obteve bastante expressividade, chegando a 74,8%. Semelhantemente, as opções mais escolhidas pelos investidores também foram a de pagar de 5 a 10% a mais do valor do imóvel (30,3%), seguida pela opção de pagar até 5% a mais pelo

imóvel (28,6%). Também foi grande o número de respondentes que não desejaram responder essa questão. Acredita-se que isso ocorreu devido ao constrangimento ou receio em falar sobre questões financeiras de cunho pessoal.

A disposição para pagar mais por imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica apresentou relação com algumas características específicas dos consumidores em potencial, como nível de conhecimento sobre a RN nº482 (ANEEL, 2012). Dos 60% respondentes que não pagariam nada a mais por imóveis desse tipo assinalaram que possuem conhecimento mínimo quanto à Resolução Normativa. Já entre os respondentes que pagariam acima de 10% até 15%, por exemplo, essa porcentagem reduziu para 40%, enquanto o conhecimento mínimo sobre o regulamento era de nível 3 (Figura 3.6) para os respondentes que pagariam acima de 20%. Ou seja, o aumento do conhecimento da população em geral sobre a lei que possibilita a geração de crédito de energia pode interferir diretamente no aumento da disposição dos consumidores em potencial para pagar mais por imóveis com geração de energia fotovoltaica.

A faixa etária foi outra característica dos consumidores em potencial que se sobressaiu quanto à relação com a disposição para pagar mais. Com exceção dos respondentes que afirmaram que pagariam mais de 20%, os resultados indicaram que consumidores de menor faixa etária possuem maior disposição para pagar mais por imóveis com geração de energia fotovoltaica. Dos 73% entrevistados que declararam que pagariam acima de 15% a 20% possuem menos que 40 anos. O mesmo grupo de respondentes dessa faixa etária representa 47% dos consumidores em potencial que não pagariam nada a mais (Figura 3.8). Acredita-se que essa relação ocorre devido à diferença de importância dada às questões sobre sustentabilidade de diferentes gerações, acarretado por um enfoque sobre essas questões no ensino das gerações mais jovens.

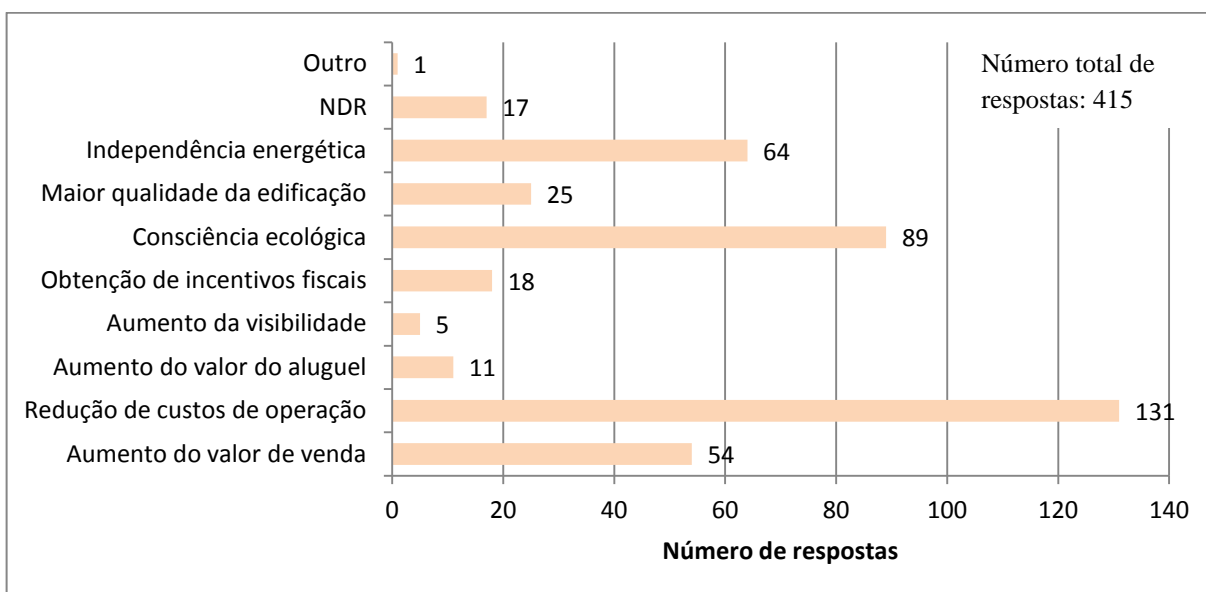
Figura 3.8 - Relação entre faixa etária e a disposição para pagar a mais por imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação ao público que pretende adquirir imóvel para uso, os principais motivos apontados para essa valorização foram: redução de custos de operação; consciência ecológica; independência energética; e, aumento do valor para venda. Nessa questão, os respondentes poderiam marcar de 1 até 3 opções (Figura 3.9). O número de respondentes que assinalou a opção "aumento do valor de venda" se destacou, uma vez que se trata de consumidores em potencial de edificações para uso próprio. Ou seja, mesmo que a possibilidade de venda do imóvel não seja iminente, a possibilidade de aumento do valor de venda é um dos principais fatores considerados pelos consumidores em potencial. Tal opção obteve mais respostas do que opções que implicam em benefícios imediatos, como "obtenção de incentivos fiscais", sugerindo que pode haver pouco conhecimento sobre os incentivos existentes ou que estes ainda não atendem satisfatoriamente às necessidades do consumidor em potencial.

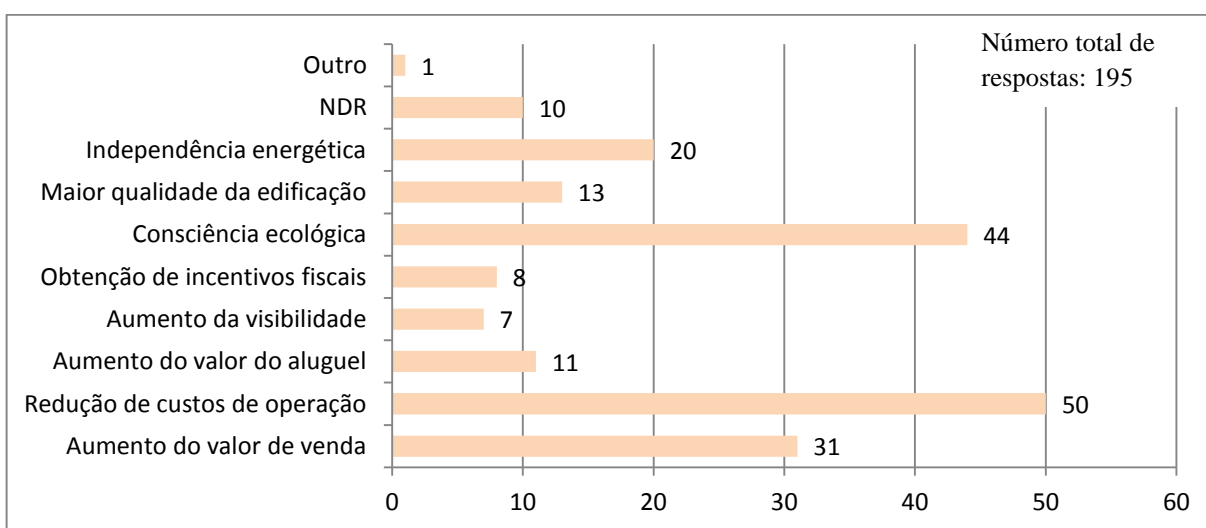
Figura 3.9 - Motivos de valorização dos imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica - uso



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação aos investidores, os principais motivos apontados foram: redução de custos de operação; consciência ecológica; aumento do valor de venda; e, independência energética (Figura 3.10). Destaca-se o baixo número de respostas referentes às opções "aumento de visibilidade" e "aumento do valor do aluguel", uma vez que essas questões foram levantadas em revisão de literatura como um dos principais motivos de valorização de edificações sustentáveis.

Figura 3.10 - Motivos de valorização dos imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica - investimento



Fonte: Elaborado pelo autor.

O número alto de respostas referentes à consciência ecológica também merece destaque, visto que esperava-se que os investidores apresentassem uma tendência favorável aos aspectos ligados ao retorno econômico. No entanto, se for somado o número de respostas referentes ao aumento do valor de venda e aluguel, características estritamente ligadas ao retorno financeiro, se iguala ao número de respostas relativas à consciência ecológica.

Portanto, embora a média de conhecimento dos entrevistados sobre a RN nº 482/2012 (ANEEL, 2012) ainda seja baixa, os resultados indicam uma tendência de valorização de imóveis que possuem geração de energia fotovoltaica, uma vez que a maior parte dos consumidores em potencial manifestaram disposição para pagar mais por tais imóveis. Os principais motivos considerados pelos consumidores em potencial, tanto os futuros usuários como os investidores, foram a redução de custos, consciência ecológica, independência energética e aumento do valor para venda.

3.4. Conclusão

É necessário fazer a ressalva que os dados da pesquisa possuem expressão somente para o cenário de Minas Gerais e edificações do tipo residencial e comercial. A partir da análise de dados obtidos através da aplicação de questionários, foi possível perceber que há uma tendência de que a geração distribuída de energia fotovoltaica exerça influência na valorização de imóveis. Apesar do representante da construtora afirmar que ainda não há aumento do valor de imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica, 74,1% do total de pessoas que responderam ao questionário afirmaram estar dispostas a pagar mais por imóveis desse tipo. Dessa parcela, a maioria (80,6%) está disposta a pagar entre 1 a 10% a mais. Tal dado se assemelha com os resultados de alguns estudos realizados em outros países, como pesquisas que indicaram que as edificações que possuem etiqueta de eficiência energética, apresentam valorização no valor de venda com taxas entre 1,5% a 10% e com energia fotovoltaica de 3,5% para edificações residenciais.

Apesar dos resultados indicarem que pode haver uma valorização de imóveis com geração de energia fotovoltaica em Minas Gerais, essa valorização varia conforme alguns fatores. Os resultados obtidos pelos questionários, por exemplo, indicam uma relação proporcional entre a disposição para pagar mais por imóveis desse tipo com o nível de conhecimento sobre a resolução normativa. Acredita-se que o aumento do nível de conhecimento do público em geral, inclusive sobre incentivos fiscais que influenciam diretamente no aspecto de viabilidade econômica para implementação de sistemas fotovoltaicos, pode provocar mais disposição dos consumidores em potencial para pagar mais por imóveis com esse tipo de tecnologia. Consequentemente, pode haver maior interesse das

incorporadoras imobiliárias e construtoras por empreendimentos desse tipo, acelerando-se o crescimento da geração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil.

Além do nível de conhecimento sobre a RN nº482/2012, a faixa etária também se destacou como característica do consumidor em potencial que exerceu influência na disposição para pagar mais. Foi constatada uma relação inversamente proporcional entre a faixa etária e a disposição para pagar mais. Ou seja, os respondentes das gerações mais novas possuem maior abertura em pagar mais por imóveis que possuem geração de energia fotovoltaica. Acredita-se que esse quadro ocorre devido à influência do enfoque sobre o tema da sustentabilidade no ensino das geração mais novas. Esse quadro se assemelhou com a sugestão do representante de construtora entrevistado de que há uma tendência de mudança quanto à valorização de aspectos de sustentabilidade em edificações.

Os dados obtidos na fase de entrevista e de questionário indicaram a "redução de custos de operação" como principal motivo de interesse de consumidores em potencial de imóveis com instalação de sistemas fotovoltaicos. Além desse aspecto, os motivos mais indicados pelos respondentes que fariam uma aquisição imobiliária para uso ou para investimento foram sucessivamente: consciência ecológica; independência energética; e, aumento do valor para venda. A grande quantidade de respostas referentes à consciência ecológica se destacou, uma vez que se trata de um benefício de cunho ideológico, que não possui relação direta com retorno econômico.

3.5. Referências Bibliográficas

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.
- BIGERNA, S.; POLINORI, P. *Italian households' willingness to pay for green electricity. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 34, p. 110-121, 2014.
- BROUNEN, D.; KOK, N. *On the economics of energy labels in the housing market. Journal of Environmental Economics and Management*, v. 62, p. 166-179, 2011.
- CAJIAS, M.; PIAZOLO, D. *Green Performs Better: Energy Efficiency and Financial Return on Buildings. Journal of Corporate Real Estate*, vol. 15, p. 53-72, 2013.
- DASTRUP, S.; ZIVIN, J. S. G.; COSTA, D. L.; KAHN, M. E. *Understanding the solar Home Price Premium: Electricity Generation and Green Social Status. Nber Working Paper Serie*, v. 17200, 2011.
- DWAIKAT, L. N.; ALI, K.N. *Green building cost premium: A review of empirical evidence. Energy and Buildings*, v. 110, p. 396-403. 2016.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Nota Técnica DEA 19/14 - Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil - Condicionantes e Impactos. Rio de Janeiro: EPE, 2014.
- FABBRI, Kristian. *Real Estate market, energy rating and cost. Reflections about an Italian case study. International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities*. 2011.
- FEBRABAN - Federação Brasileira de Bancos. Levantamento sobre Construção Sustentável - 2010. Disponível em:
<<https://cmsportal.febraban.org.br/Arquivos/documentos/PDF/17%C2%BA%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20Sustent%C3%A1vel.pdf>>, Acesso em: Setembro de 2016.
- FUERST, F.; MCALLISTER, P. *Green noise or green value? Measuring the effects of environmental certification on office values. Real Estate Economics*, v.39, n.1, p.45-69, 2011.
- FUERST, F.; MC ALLISTER, P.; NANDA, A.; WYATT, P. *Does energy efficiency matter to home-buyers? An investigation of EPC ratings and transaction prices in England. Energy Economics*, v.48, p. 145-156, 2015.
- GUO, X.; LIU, H.; MAO, X.; JIN, J.; CHEN, D.; CHENG, S. *Willingness to pay for renewable electricity: A contingent valuation study in Beijing, China. Energy Policy*, v. 68, p. 340-347, 2014.

DATAFOLHA - Instituto de Pesquisas. Mudanças Climáticas. O que pensa o brasileiro. 2015. Disponível em: <<https://secured-static.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/image/2015/Maio/datafolha%20clima.pdf>>, Acesso em: Setembro de 2016.

ITC - Inteligência Empresarial da Construção. 2015. Ranking ITC - As 100 maiores construtoras 2016. Disponível em: <<http://rankingitc.com.br/ranking-itc-2015/>> Acesso em Março de 2017.

MOLDAN, B. How to Understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators*, Czech Republic, n.17, p.4-13, 2011.

STEIN, M.; BRAUN, W.; VILLÀ, S.; BINDING, V. *Monte Carlo Cash Flows and Sustainability: How to Decide on Going Green. The Journal of Sustainable Real State*, vol. 6, n. 1. 2014.

SILVA, V. Contribuição ao entendimento da aplicação da certificação LEED no Brasil com base em dois estudos de caso. *Ambiente Construído*, Porto Alegre/RS, v. 10, n. 3, p. 81-97, jul./set. 2010.

USGBC - United States Green Building Council. Disponível em:<<http://www.usgbc.org/articles/leed-numbers-16-years-steady-growth>>. Acesso em: Março de 2017.

YAMAMOTO, Y. *Opinion leadership and willingness to pay for residential photovoltaic systems. Energy Policy*, v. 83, p. 185-192, 2015.

Capítulo 4. Medida de Eficiência Energética na tomada de decisão para adoção de geração distribuída de energia fotovoltaica

Resumo

Apenas 4,5% de todas edificações comerciais que possuem etiqueta de eficiência energética no Brasil possuem geração de energia fotovoltaica. Essa constatação provoca o questionamento sobre o nível de atratividade de instalação de sistemas fotovoltaicos com geração distribuída comparado à outras medidas de eficiência energética. Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo de caso de uma edificação em fase inicial de construção, com intuito de levantar variáveis acerca do processo de tomada de decisão dos proprietários quanto à adoção de Medidas de Eficiência Energética (MEE) e de geração distribuída de energia fotovoltaica. Foi realizada uma análise do desempenho termo energético da edificação por meio de simulação computacional de um modelo térmico. A partir dos resultados, foram propostas medidas de desempenho térmico e de eficiência energética e apresentadas aos proprietários da obra por meio de uma análise de viabilidade de cada medida, abrangendo aspectos como *payback* e custo de energia conservada. Os proprietários da edificação estudada mostraram grande interesse pela adoção do conjunto das medidas referentes à iluminação eficiente e à instalação fotovoltaica. O *payback* e a conta mensal de energia foram os indicadores que tiveram mais destaque na reflexão dos proprietários com relação à análise de viabilidade das medidas. Os proprietários também expressaram a importância dada às características de redução do impacto ambiental do edifício, revelando o aumento do valor subjetivo dado ao edifício com as MEEs implantadas.

Palavras-chave: Simulação termo-energética, EnergyPlus, PBE-Edifica, Edificação Naturalmente Ventilada, Análise de Viabilidade Econômica.

Abstract

Only 4,5% of all commercial buildings that have an energy efficiency label in Brazil possess photovoltaic energy generation. This observation raises a question regarding the attractiveness level of installing photovoltaic systems with distributed energy compared to other energy efficiency measures. This study aimed to conduct a case study of a building in its initial construction phase in order to gather variables about the decision-making process of its owners regarding the adoption of energy efficiency measures (EEM) and distributed generation of photovoltaic energy. An analysis of the building's thermal performance was conducted through a computational simulation of a thermal model. Based on the results, thermal performance and energy efficiency measures were proposed and presented to the

building owners through a feasibility analysis of each measure, encompassing aspects such as payback and the cost of conservation of energy. The owners of the building studied displayed great interest in adopting the group of measures referring to efficient lighting and photovoltaic installation. The payback and the monthly energy bill indicators stood out the most in the owners' contemplation of the measure viability analysis. The owners also expressed the importance given to the environmental impact reduction characteristics of the building, revealing an increase of subjective value given to the building with the EEMs implemented.

Key-words: *thermo-energetic simulation, EnergyPlus, PBE-Edifica, naturally ventilated building, economic viability analysis.*

4.1. Introdução

Dentre os aspectos analisados para avaliar a sustentabilidade de uma edificação, o conforto ambiental e a eficiência do uso de energia se apresentam como temas de grande relevância (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Nesse contexto, o desenvolvimento de estudos relativos à proposição de medidas de conforto ambiental e de eficiência energética possuem grande importância. No entanto, o estudo para proposição de uma medida de eficiência energética (MEE), possui normalmente alto nível de complexidade, uma vez que envolve um conjunto múltiplo de aspectos a serem considerados, sobretudo a comparação com outras medidas (PENNA *et al.*, 2015). Em razão disso, geralmente, é realizada uma análise de viabilidade econômica de MEEs propostas, com a finalidade de auxiliar na reflexão e tomada de decisão de projetistas e proprietários de edificações (WAGNER *et al.*, 2014).

Há também outros aspectos, que normalmente não são considerados em uma análise econômica, os quais podem exercer influência na adoção de uma medida de eficiência energética. No caso da instalação de sistemas fotovoltaicos com geração distribuída, por exemplo, além dos benefícios econômicos próprios do sistema, a satisfação do proprietário de uma edificação em virtude de contribuir para a redução do impacto ambiental ao gerar sua própria energia também pode exercer influência na aquisição dessa tecnologia (GUO *et al.*, 2014). No caso de um imóvel cujo a finalidade principal para o proprietário é a geração de renda através da venda ou locação, o aumento do interesse de consumidores em potencial ou a disposição para pagar mais por imóveis desse tipo também pode exercer grande influência para adoção da geração de energia fotovoltaica como MEE.

Dessa forma, o estudo da proposição de estratégias de aperfeiçoamento dos índices de eficiência energética e conforto ambiental de uma edificação possui caráter multifacetado. Ou seja, a atratividade de uma MEE deve ser avaliada mediante os fatores específicos de cada contexto e mediante comparação com outras MEEs. O processo de reflexão e tomada de decisão dos proprietários de uma edificação acontecerá mediante uma consideração das vantagens e desvantagens de cada medida (CABEZA *et al.*, 2014).

Nesse cenário, a simulação computacional é uma ferramenta que possui potencial de auxílio para análise termoenergética de edificações. A possibilidade de criação de um modelo virtual de um edifício favorece o cálculo e avaliação de uma grande quantidade de aspectos que podem influenciar o comportamento desse edifício quando construído. Assim, é possível a previsão de aspectos que influenciam o consumo energético de uma determinada edificação, e então, a proposição de medidas de eficiência energética e a comparação entre elas (COAKLEY *et al.*, 2014).

Para que a simulação computacional apresente resultados coerentes e a avaliação desses resultados seja acertada, faz-se necessário a definição de uma série de variáveis e parâmetros a serem adotados (COAKLEY *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2016). Nesse sentido, programas de etiquetagem de eficiência energética possuem papel importante, já que estabelecem parâmetros de avaliação e classificação de eficiência energética, além de fornecer informações específicas das edificações sobre características de conforto ambiental (CASALS, 2006).

Em grande parte dos países desenvolvidos, tais programas já estão consolidados e atuam de forma determinante no processo de construção e operação das edificações, como em países da União Europeia, onde as edificações novas já devem atender, obrigatoriamente, aos requisitos do Programa de Certificação Energética desde 2007 (PARLAMENTO EUROPEU). No Brasil, o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Eficiência Energética em Edificações (PBE-Edifica) foi criado no ano de 2009, quando foi publicada a primeira versão do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C) (INMETRO, 2010). Em 2010, o programa foi ampliado com a publicação do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (INMETRO, 2012).

Atualmente, a obtenção da etiqueta é de caráter voluntário, exceto em relação às edificações públicas federais, que desde 2014 já devem cumprir obrigatoriamente os critérios do programa para o nível “A” (INMETRO, 2013). No entanto, há uma tendência de crescimento da influência do PBE-Edifica no setor construtivo do Brasil, já que é proposto no Plano Nacional de Eficiência Energética tornar a etiqueta compulsória para edificações públicas até 2020, comerciais e de serviços até 2025 e residenciais até 2030 (BRASIL, 2011).

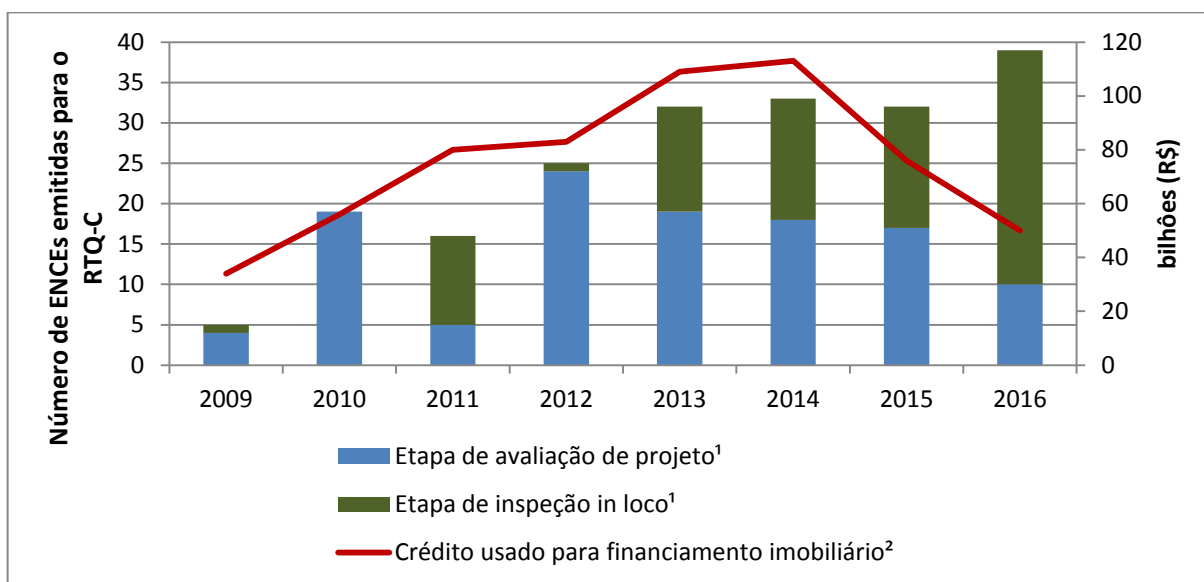
No RTQ-C (INMETRO, 2013), a Pontuação Final (PT) de cada edificação é calculada a partir de uma avaliação de três parâmetros principais, sendo eles o EqNumEnv - Número representativo da eficiência da envoltória; EqNumS - Número representativo da eficiência de um edifício condicionado artificialmente; e o EqNumDPI - Número representativo da eficiência do sistema de iluminação. No caso de edificações naturalmente ventiladas, ao invés da análise da eficiência do condicionamento de ar, é avaliado o EqNumV - Número representativo do conforto dos ambientes não condicionados artificialmente, através do percentual de horas em conforto (POC)¹⁰ dos ambientes de permanência prolongada. Também há um sistema de pontuação a partir de bonificações que consideram algumas características

¹⁰ Razão entre as horas ocupadas com comprovação de conforto e total de horas ocupadas (INMETRO, 2013)

construtivas específicas, como racionalização do consumo de água e sistemas de geração de energia a partir de fontes renováveis, como a geração de energia fotovoltaica.

Dentro dessa categoria, já foram emitidas 116 Etiquetas Nacionais de Conservação de Energia (ENCEs), na etapa de avaliação de projeto, e 85 ENCEs após inspeção *in loco* da edificação construída até 19 de dezembro de 2016, conforme mostrado na Figura 4.1.

Figura 4.1 - Histórico de ENCEs emitidas para o RTQ-C



¹ (INMETRO, 2017).

² (ACEBIP, 2016).

O número de ENCEs emitidas desde a criação do PBE-Edifica revela uma tendência de crescimento do Programa. Porém, a taxa de crescimento nos últimos anos não seguiu a tendência de crescimento que havia ocorrendo desde 2009. Além disso, embora houve crescimento do número total de ENCEs emitidas no ano de 2016, a maior parte dessas etiquetas foi referente à etapa de avaliação *in loco* de edificações que já haviam obtido a etiqueta de avaliação de projeto anteriormente. O Número de ENCEs emitidas na etapa de avaliação de projeto está reduzindo desde 2013, indicando uma perspectiva de crescimento do programa aquém do que é esperado para atingir as metas do Plano Nacional de Eficiência Energética. Por outro lado, essa variação desfavorável ocorreu num contexto de retração econômica do país, que pode ser traduzida pela redução de crédito para investimento no setor imobiliário, que apresentou forte queda a partir de 2015 (ABECIP, 2017).

Dessa forma, considerando-se a forte queda de crédito para investimento no setor imobiliário como índice medidor da retração econômica do país, a redução do número de ENCEs emitidas indicou aparente sensibilidade do PBE-Edifica às condições gerais do

crescimento do setor imobiliário. Porém, os próximos anos são necessários para apontar se esses indicadores têm alguma correlação.

Embora o PBE-Edifica ainda esteja em fase de consolidação no país, uma vez que o número de etiquetas emitidas ainda é baixo se for considerada a extensão territorial do país e seu tempo de vigência, as edificações etiquetadas representam uma amostra de edifícios cujos proprietários tiveram interesse em torná-los energeticamente eficientes com comprovação para o mercado. Dentre as edificações etiquetadas até o momento, na categoria do RTQ-C, 49,4% recebeu algum tipo de bonificação, porém, apenas 4,5% de todas edificações possuem geração de energia fotovoltaica (INMETRO, 2017). Apesar da possibilidade de geração de energia conectada à rede de distribuição, possibilitada pela resolução normativa nº482/2012 (ANEEL, 2012), não houve aumento do número de edificações etiquetadas que receberam bonificação na pontuação final através da instalação desse tipo de tecnologia. Essa constatação provoca o questionamento sobre o nível de atratividade de instalação de sistemas fotovoltaicos com geração distribuída comparado à outras medidas de eficiência energética.

Portanto, este trabalho teve como objetivo realizar um estudo de caso com intuito de levantar variáveis acerca do processo de tomada de decisão dos proprietários quanto à adoção de Medidas de Eficiência Energética (MEE) em uma edificação específica. Também pretendeu-se avaliar a atratividade da implementação de sistemas fotovoltaicos com geração distribuída, comparada a outras MEEs e levantar os critérios econômicos e benefícios associados considerados na reflexão dos proprietários da edificação.

4.2. Caracterização do estudo de caso

O estudo de caso foi realizado com base no projeto de um edifício multiuso da Igreja Presbiteriana de Viçosa, localizado na área central da cidade de Viçosa-MG. Essa edificação tem como finalidade principal suprir a demanda de espaço da igreja e da creche Rebusca, para realização de atividades de ensino, arte, convivência, prestação de serviço e atendimento psicoterapêutico. A escolha desta edificação como objeto de estudo ocorreu, principalmente, devido ao interesse dos proprietários na implantação de tecnologias sustentáveis. Além disso, a possibilidade de influência por parte dos pesquisadores em relação a alteração ou definição de aspectos de projeto, visto que a obra estava em fase inicial de construção no início da pesquisa, foi outro fator que pesou na escolha da edificação (Figura 4.2 e Figura 4.3).

Figura 4.2 - Maquete eletrônica do projeto do edifício de ensino da IPV



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4.3 - Edifício de ensino da IPV em fase inicial de construção



Fonte: Elaborado pelo autor.

O edifício consiste em um bloco de estrutura metálica com dimensões de 15,00x15,00x12,00m, totalizando 900m², divididos em quatro pavimentos. Cada pavimento possui nove módulos de 5,00x5,00m combinados de forma diferente. Quatro módulos se repetem em todos pavimentos, onde se encontram quatro banheiros, *hall* de circulação, dois blocos de escada e caixa de elevadores. No pavimento inferior, estão localizados: lanchonete, espaço de convivência, dois depósitos, depósito de material de limpeza, duas duchas e três salas multiuso; no pavimento térreo: saguão de entrada, três salas multiuso, almoxarifado e recepção; no pavimento superior I: quatro salas multiuso; e por último, no pavimento superior II: três salas multiuso e uma capela, totalizando 13 salas multiuso.

O projeto arquitetônico não prevê condicionamento artificial para o conforto térmico dos usuários. Neste caso, a avaliação para etiquetagem de eficiência energética do RTQ-C é realizada a partir da análise da eficiência do sistema de iluminação, dado pelo EqNumDPI, que possui peso de 33,33% na nota final, e do conforto nos ambientes não condicionados, dado pelo EqNumV, que possui peso 66,66%. O método de cálculo do EqNumV ocorre por meio de simulação computacional, através de um modelo térmico, para análise dos índices de conforto (RTQ-C) conforme normas como a ASHRAE Standard 55 (ASHRAE, 2013).

4.3 Métodos

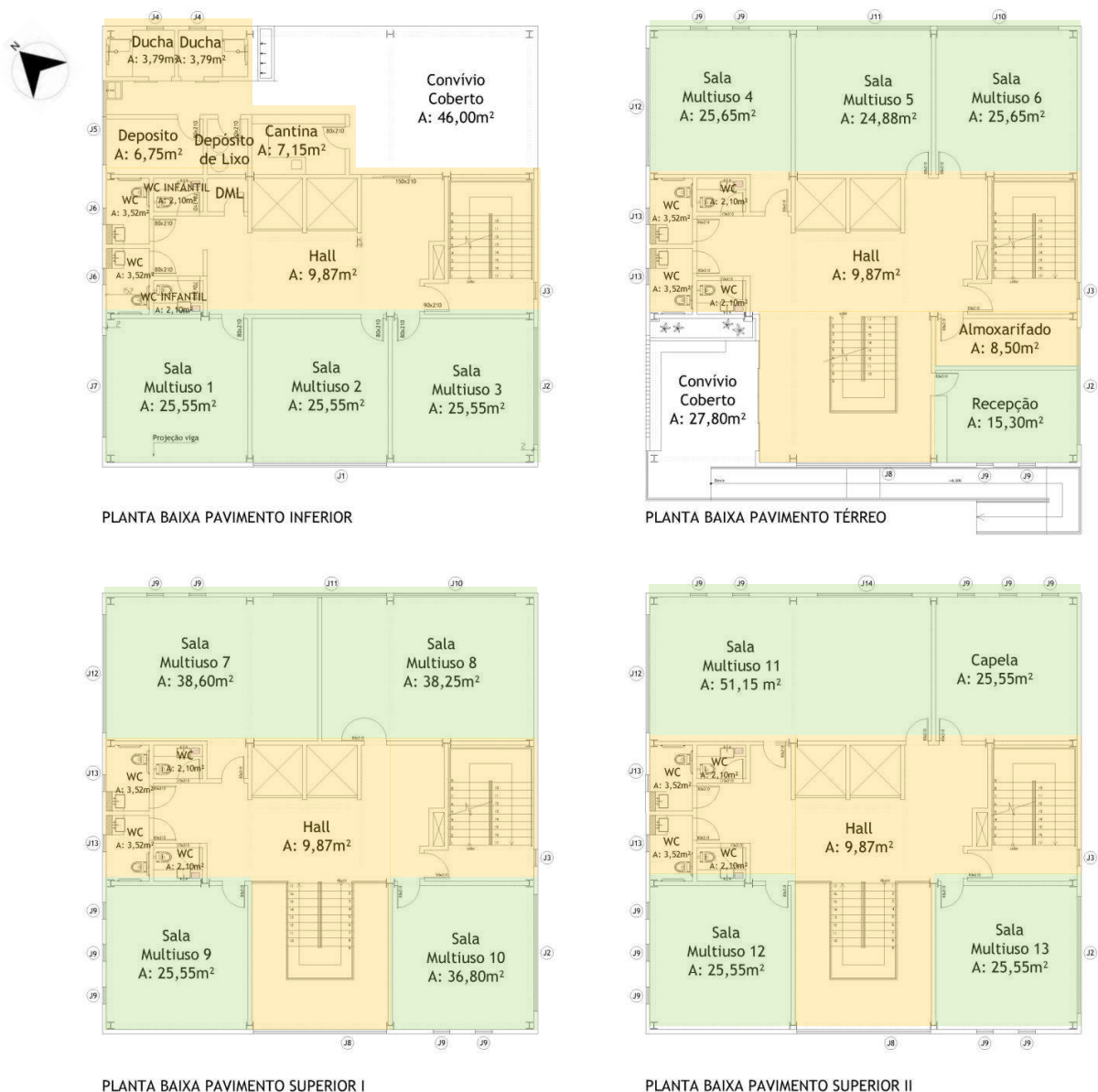
4.3.1. Modelagem computacional

As simulações foram realizadas no *software Energy Plus* - 8.4, com o arquivo climático de Viçosa-MG TMY3. A cidade possui 649m de altitude e apresenta clima tropical de altitude, com verão chuvoso, e temperaturas médias mensais amenas, variando entre 15,3°C e 22,2°C durante o ano, situada na Zona Bioclimática 3. A simulação foi realizada com o modelo de rede *AirflowNetwork*, para avaliar a ventilação natural e o desempenho térmico da edificação. O modelo computacional tem 58 zonas térmicas, totalizando uma Área Útil

(AU) de 899,01m². Das zonas térmicas, 15 são ambientes de permanência prolongada (ANCs), com área total de 461,03m², e outras 43 de permanência transitória (APTs), com área total de 437,98m².

As plantas representadas na Figura 4.4 mostram as zonas térmicas definidas em cada pavimento, bem como a classificação dos ambientes segundo o tempo de permanência. As áreas em cor laranja constituem ambientes de permanência transitória (APTs), enquanto as áreas em cor verde são ambientes de permanência prolongada não condicionados (ANCs).

Figura 4.4 - Projeto Arquitetônico do edifício de ensino da IPV - Plantas baixas

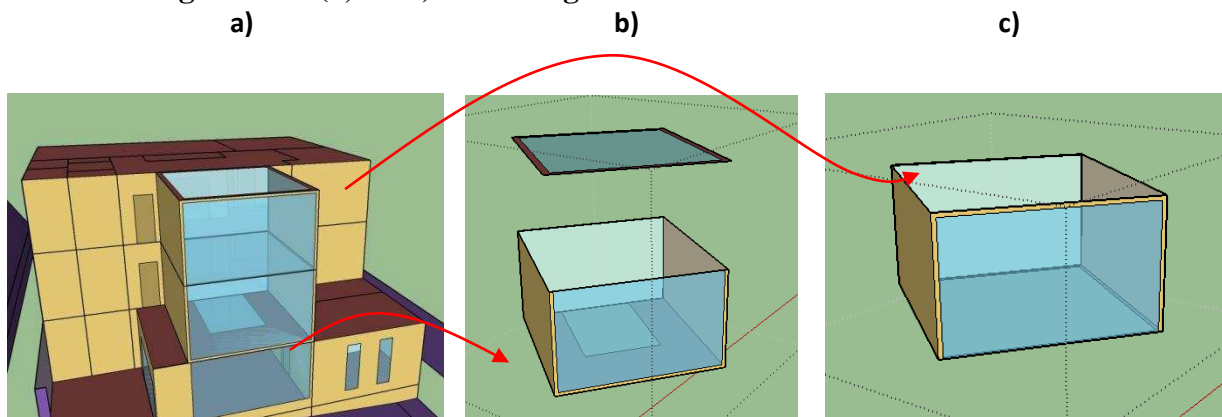


Fonte: Elaborado pelo autor.

A caixa de escada envidraçada foi modelada através da intercessão entre duas zonas térmicas como mostrado na Figura 4.5. Esse tipo de modelagem de zonas é indicado para configuração de modelo térmico que possui átrio, ou qualquer conformação construtiva que

provoca a ventilação natural por efeito chaminé que precise ser integrada ao modelo multizonas do *AirflowNetwork*, conforme arquivos exemplo do EnergyPlus.

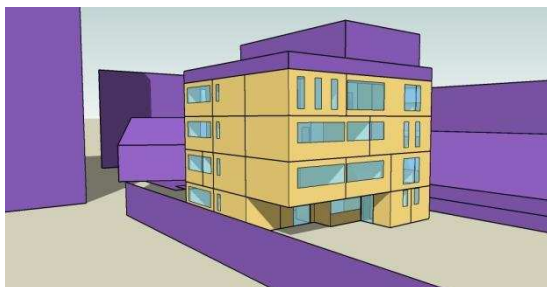
Figura 4.5 - (a, b e c) - Modelagem do átrio do modelo térmico do edifício



Fonte: Elaborado pelo autor.

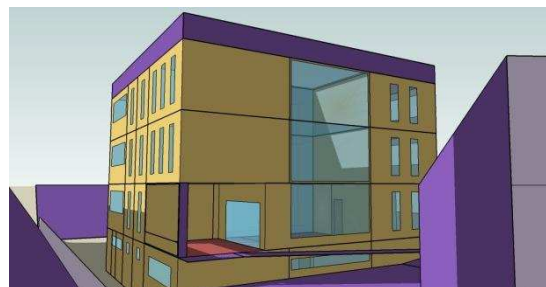
Os materiais construtivos da edificação foram identificados e configurados conforme as características de transmitância de 1,85 e 1,82W/m²K, e capacidade térmica de 105 e 169kJ/m²K, da parede externa e da cobertura respectivamente. A partir do levantamento das aberturas, identificou-se 12 tipologias de janelas, variando em 3 tipos de abertura, sendo eles de correr (2 e 3 folhas), pivotante e *maxim-ar*. As portas previstas em projeto arquitetônico são de abrir e de correr, de madeira e de vidro, respectivamente (Figura 4.6 e Figura 4.7). O comportamento dos usuários em relação à abertura e fechamento das janelas dos ambientes de permanência prolongada foi configurado conforme a temperatura operativa¹¹. Quando a temperatura operativa de determinado ambiente obter valores acima de 22°C, ocorre a abertura total das janelas, e quando os valores forem inferiores a 18°C, ocorre o fechamento total das janelas (INMETRO, 2013).

**Figura 4.6 - Modelo térmico do edifício
- Perspectiva das fachadas Sudoeste e
Noroeste**



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 4.7 - Modelo térmico do edifício
- Perspectiva das fachadas Nordeste e
Sudeste**



Fonte: Elaborado pelo autor.

O padrão de uso foi definido por entrevistas com proprietários e usuários da creche e da igreja. Assim, foi produzido um mapeamento da edificação com a proposição dos

¹¹ Média aritmética entre o a temperatura interna do ar e a temperatura radiante (ASHRAE, 2013).

ambientes propícios para realização de cada atividade levantada (APÊNDICE III). Essa definição também serviu de base para elaboração de propostas de *layouts*, mobiliário, projeto de detalhamento, bem como equipamentos e tipo de iluminação que atendam as respectivas necessidades específicas de cada atividade.

Os tipos de atividades a serem realizadas no interior da edificação foram classificados em quatro grupos, sendo eles: atividade de alta intensidade, que representa ensaios de teatro e dança, prática de esportes; atividades de média alta intensidade, correspondendo a preleção de aula ou palestra e realização de mutirões; atividades de média intensidade, como convívio de pessoas em pé; e, por último, atividades de baixa intensidade, que seriam pessoas sentadas estudando ou assistindo aula. Com base nesta classificação, obtiveram-se os dados do Quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Ganho de calor por atividades metabólicas

Atividade	Grupo	Tipo de atividade	Metabolismo	W/m²
Alta intensidade	1	Ensaio de teatro	3,4	200,0 ¹
Média alta intensidade	2	Preleção	1,6	93,0 ²
Média intensidade	3	Convívio em pé	1,2	69,8 ²
Baixa intensidade	4	sentado	1,0	58,2 ²

Fonte: Elaborado pelo autor.

¹ (ASHRAE, 2013).

² (ISO7730, 2005).

Além dos ganhos internos de calor gerado por atividades humanas, também foram levantadas informações acerca dos equipamentos que serão utilizados na edificação para atender as atividades previstas (Quadro 4.2).

Quadro 4.2 - Ganho de calor por equipamentos

Equipamento	Potência (W)
<i>Data Show</i>	200 (Modelo Epson Powerlite X36+ 3600 Lumens Xga)
<i>Frigobar</i>	80 (Modelo Consul CRC12 120 Litros)
Equipamento de Som	150 ¹
Ventilador de parede	100 ¹
Iluminação de teatro	Utilização esporádica
Microondas	1000 ¹

Computador	250 ¹
Chuveiro	5500 (Modelo Ducha Lorenzetti Maxi)
Elevador ²	Potência do motor: 4.800 / Demanda em espera: 80

Fonte: Elaborado pelo autor.

¹ (ABRAHÃO, 2015).

² Modelo Schindler 3300 - definido pela comissão responsável pela edificação.

4.3.2 Proposição de medidas de conforto térmico e de eficiência energética

As MEEs para a envoltória foram propostas de acordo com a análise de ganhos térmicos decorrentes da simulação do caso base. Os ganhos e perdas foram comparados aos resultados do percentual de horas em conforto (POC) e percentuais e desconforto por frio e por calor. Após definidas as principais intervenções para melhoria no desempenho da edificação, estas foram gradualmente incorporadas ao caso base para produção das alternativas mais eficientes, ou que proporcionem mais conforto.

Em seguida, as melhores alternativas foram simuladas com condicionamento de ar, bem como com a inserção de MEEs, incluindo um sistema fotovoltaico para análise do consumo e geração de energia elétrica.

Tanto as MEEs quanto o sistema fotovoltaico foram orçados no mercado local para criação dos indicadores de custos, como *payback* e custo da energia conservada para uma vida útil de 30 anos. Para o cálculo dos indicadores econômicos considerou-se uma taxa de reajuste da tarifa de energia de 4,8% ao ano (ANEEL, 2017) e taxa de desconto de 8% (CESP, 2014).

4.3.3 Reunião com proprietários

Os resultados de investimentos e retorno econômico ou em termos de conforto foram apresentados aos proprietários, a fim de observar a discussão e tomada de decisão destes. Critérios como retorno em curto ou longo prazo, capital disponível para investimento inicial, reação frente a incentivos disponíveis e interesse em priorizar investimentos nas MEE ou no sistema fotovoltaico foram observados.

4.4. Resultados e discussão

4.4.1. Simulação computacional - caso base

Inicialmente, a partir dos resultados da simulação, foi levantada a média do consumo energético da edificação, relativo ao caso base (**Tabela 4.1**).

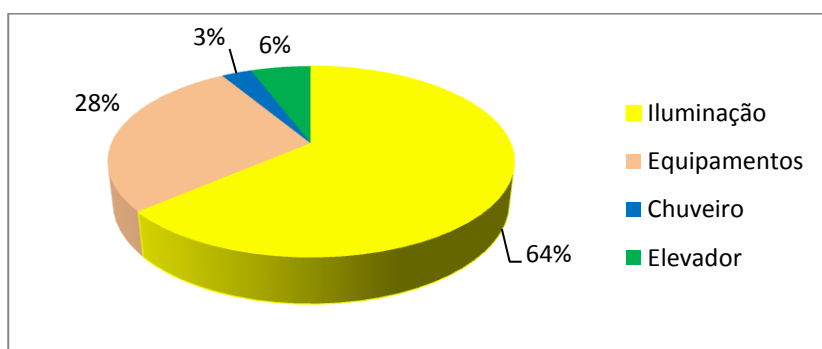
Tabela 4.1 - Consumo de energia do Edifício - Caso base

	Consumo médio mensal (kWh/mês)	Consumo por ano (kWh/ano)	Custo médio mensal (R\$/mês)	Custo por ano (R\$/ano)
Iluminação	1843	22112	1518	18221
Equipamentos	801	9614	660	7922
Elevador	166	1994	137	1643
Chuveiro	84	1004	69	827
TOTAL	2894	34724	2384	28613

Fonte: Elaborado pelo autor.

Destaca-se a grande parcela do consumo de energia final da edificação relativo ao sistema de iluminação (64%), o que indica a relevância da proposta de uma medida de eficiência energética voltada para esse sistema. Ressalta-se também a pequena parcela do consumo de energia para uso de chuveiro elétrico (3%) (Figura 4.8), abaixo da quantidade mínima (10%) sugerida no RTQ-C para proposição de sistema de aquecimento solar de água (INMETRO, 2013).

Figura 4.8 - Porcentagem dos usos finais de energia



Fonte: Elaborado pelo autor.

A simulação e cálculo de horas ocupadas em conforto foi realizada conforme os parâmetros estabelecidos pela *ASHRAE Standard 55* (ASHRAE, 2013), considerando os critérios para 90% de aceitabilidade. O Equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente (EqNumV) apresentou pontuação regular, de aproximadamente 4,1, equivalente ao nível "B" da classificação do RTQ-C.

Essa pontuação constitui-se da média ponderada do POC dos ambientes de permanência prolongada, pela área de cada um. O POC, juntamente com o percentual de desconforto por frio e por calor de cada ambiente, foi identificado com intuito de avaliar mais precisamente os fatores que influenciaram os padrões de conforto (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 - Percentual de horas em conforto e desconforto dos ambientes de permanência prolongada para o caso base

Ambientes de permanência prolongada	POC (%)	Percentual de desconforto por frio (%)	Percentual de desconforto por calor (%)
Sala multiuso 1	89,5	4,3	6,2
Sala multiuso 2	80,7	0	19,3
Sala multiuso 3	81,6	2,0	16,4
Sala multiuso 4	78,2	14,4	7,4
Sala multiuso 5	87,9	1,7	10,4
Sala multiuso 6	84,4	6,1	9,5
Recepção	68,1	25,2	6,7
Sala multiuso 7	79,5	15,1	5,4
Sala multiuso 8	81,3	12,4	6,4
Sala multiuso 9	61,3	36,6	2,1
Sala multiuso 10	69,8	23,1	7,1
Sala multiuso 11	82,3	10,7	7,0
Sala multiuso 12	69,4	26,7	3,9
Sala multiuso 13	57,3	38,8	3,9
Capela	69,2	29,8	1,0
Média ponderada total	76,3	15,9	7,9

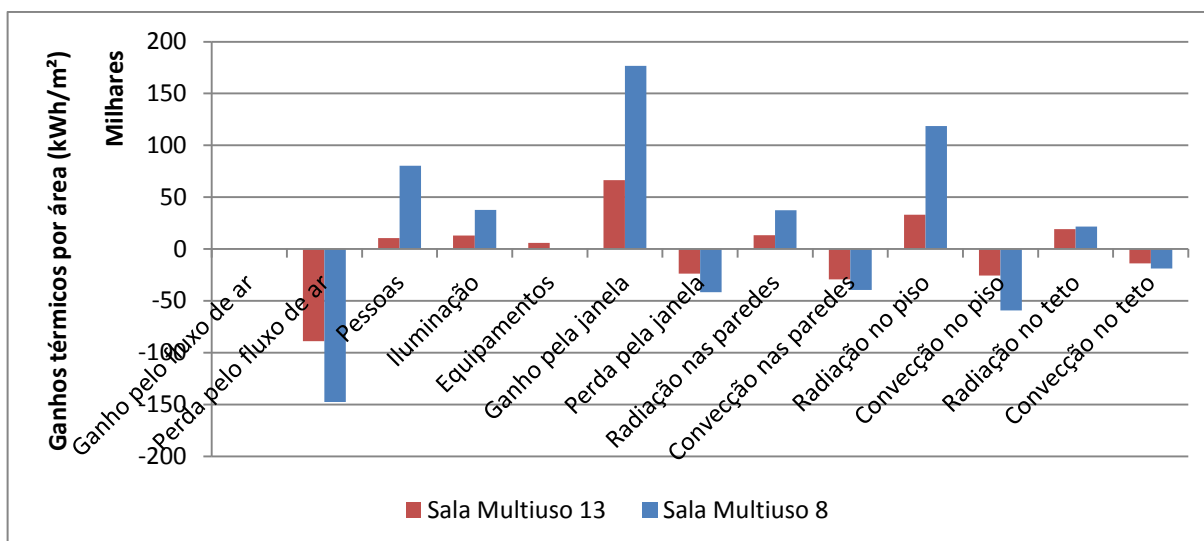
LEGENDA: ■ Nível A ■ Nível B ■ Nível C ■ Nível D ■ Nível E ■ frio ■ calor

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com exceção das salas multiusos 1, 2 e 3 - que possuem alto nível de ganho de calor pela atividade dos usuários, uma vez que são utilizadas como salas de aula - as salas voltadas para a fachada sudoeste¹² apresentam menores POC, devido principalmente, à condição de desconforto por frio. A quantidade de ganho de calor por radiação solar não é suficiente para manter a temperatura operativa do ambiente dentro dos limites de conforto, sobretudo no inverno. A comparação entre os ganhos térmicos da sala multiuso 13, onde foi constatado o menor valor de POC, com a sala multiuso 08, por exemplo, mostra o baixo índice de ganho de calor por radiação nas salas da fachada sudoeste, indicados por ganhos pela janela e radiação no piso (Figura 4.9).

¹² Salas multiuso 1, 2, 3, 9, 10, 12 e 13.

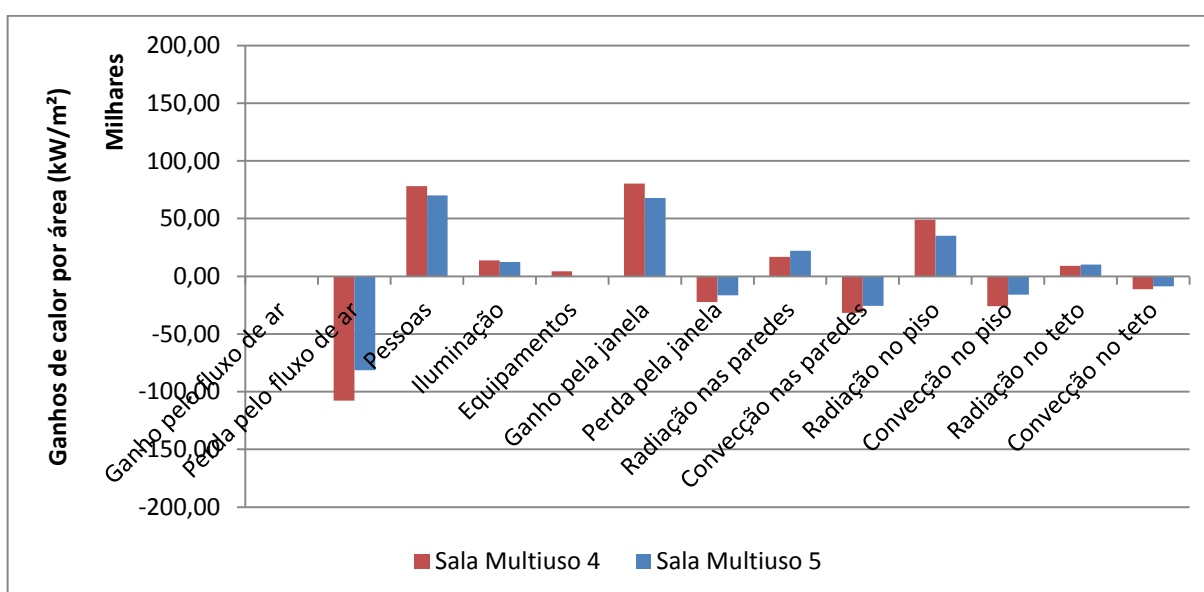
Figura 4.9 - Ganhos térmicos anuais das salas multiuso 13 e 8



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação ao restante dos ANC's, apenas a capela e as salas multiuso 4 e 7 não apresentaram nível "A" do EqNumV. No entanto, essas salas multiuso apresentaram elevado POC, de 78,2% e 79,5%, respectivamente. Ambas salas apresentam maior índice de perda de calor através da ventilação, comparadas às salas que possuem características semelhantes. A sala multiuso 4, por exemplo, possui área e característica de uso igual às salas multiuso 5 e 6, porém contém maior número de janelas, proporcionando ventilação cruzada, e assim, maior número de horas em desconforto por frio no período de inverno (Figura 4.10).

Figura 4.10 - Ganhos térmicos anuais das salas multiuso 4 e 5



Fonte: Elaborado pelo autor.

No caso da capela, a ventilação natural é o elemento que contribui de forma mais relevante para a perda de calor, causando o desconforto térmico por frio no ambiente. No

entanto, o padrão de atividades dos usuários é apontado como principal fator que influenciou no valor do POC, uma vez que as atividades acontecem, predominantemente, durante períodos no início da manhã e à noite.

Portanto, os ambientes onde a classificação do EqNumV foi inferior ao nível "A" apresentaram maior parte das horas em desconforto devido ao frio. Baseado na análise de ganhos térmicos, foi constatado que esses ambientes apresentaram menor ganho de calor através de radiação solar ou de atividade dos usuários, fazendo com que a temperatura operativa ficasse abaixo do padrão de conforto, principalmente, no inverno. Também foi possível perceber que a ventilação natural foi o principal fator de perda de calor nesses ambientes.

É importante destacar que o período de recesso escolar da creche exerceu grande influência no POC dos ambientes, uma vez que esse recesso ocorre nos períodos com maior média mensal de temperatura. Portanto, embora as taxas de desconforto por calor sejam baixas, deve-se considerar a possibilidade de uso durante o verão, já que pode haver alteração do padrão de uso planejado para o edifício.

No entanto, optou-se pela configuração inicial de uso e para traçar diretrizes para proposição de medidas de conforto no sentido de elevar o ganho de calor através de radiação solar do edifício de uma forma geral, além da alteração das características de janelas em algumas salas, proporcionando maior ou menor ventilação natural.

4.4.2. Proposição de medidas de conforto térmico e de eficiência energética

Inicialmente foram propostas medidas de conforto/desempenho a partir do diagnóstico realizado em relação ao comportamento ambiental do edifício, descritas no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 - Medidas de melhoria do desempenho

	Descrição	Justificativa
Medida 1	Alteração da pintura da fachada quanto aos locais onde foi proposto pintura em cor verde escuro ($\alpha=0,7^1$) e em branco ($\alpha=0,3^1$)	Maior parte dos ambientes, onde foi proposto a pintura de cor verde escuro, apresentam poucas horas de desconforto por frio, enquanto os ambientes onde foi proposto a pintura de cor branca, possuem maior porcentagem de horas em desconforto por frio
Medida 2	Proposta de pintura de toda parede externa com cor bege perola, com absorvância solar $\alpha=0,5^1$	Aumento da absorvância solar com intuito de promover maior ganho térmico através da radiação do edifício como um todo
Medida 3	Proposta de pintura de toda parede externa com cor verde escuro, com absorvância solar $\alpha=0,7^1$	Aumento da absorvância solar com intuito de promover maior ganho térmico através da radiação do edifício como um todo

Medida 4	Alteração do tipo de abertura das janelas pivotantes para <i>maxin-ar</i> das salas multiuso 4, 7, 9, 10, 12 e 13, recepção e capela	Redução da perda de calor através da ventilação natural dos ambientes que apresentaram elevada percentagem de horas em desconforto por frio
Medida 5	Aumento de 24% do percentual de abertura das paredes voltadas para fachada Noroeste das salas multiuso 9 e 12	Aumento do ganho de calor por radiação solar nos ambientes onde há elevada percentagem de horas em desconforto por frio
Medida 6	Proteção solar com instalação de dispositivos de sombra, com ângulo horizontal de 17°, nas janelas da fachada Nordeste	Redução do ganho de calor no período de maior incidência de radiação solar, durante o verão, nos ambientes voltados para a fachada nordeste

Fonte: Elaborado pelo autor.

¹ (DORNELLES, 2008).

Inicialmente, a medida 2 apresentou maior aumento no índice de EqNumV, comparado ao caso base. Embora algumas medidas tenham reduzido o número de horas em desconforto por frio ou calor, as mudanças no desempenho ambiental da edificação, em sua maioria, não foram tão significativas ao ponto de alterar o valor final do EqNumV. Em seguida, foi realizada a simulação da associação entre cada medida proposta com a medida 2. A soma da medida 2 com a medida 4 constituiu na proposta final para aperfeiçoamento de conforto para edificação, já que foi a combinação que apresentou taxa de EqNumV mais elevada (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 - Análise das medidas passivas de desempenho

		EqNumV	PT*	Percentual de desconforto por frio (%)	Percentual de desconforto por calor (%)	Medida adotada
CASO - BASE		4,10 - B	4,38 - B	15,9	7,9	
CASO BASE +	Medida 1	4,10 - B	4,38 - B	15,9	7,9	
	Medida 2	4,24 - B	4,43 - B	13,4	10,2	CASO 1
	Medida 3	3,89 - B	4,30 - B	15,2	10,2	
	Medida 4	4,10 - B	4,38 - B	17,3	6,1	
	Medida 5	4,10 - B	4,38 - B	15,7	8,2	
	Medida 6	4,01 - B	4,34 - B	17,7	6,8	
CASO 1 +	Medida 4	4,31 - B	4,45 - B	16,3 ¹	8,1 ¹	CASO 2
	Medida 5	4,01 - B	4,34 - B	16,2	8,9	

	Medida 6	4,19 - B	4,41 - B	13,5	10,5	
CASO 2 +	Medida 5	4,19 - B	4,41 - B	16,1	8,1	
	Medida 6	4,07 - B	4,37 - B	16,6	6,9	

Fonte: Elaborado pelo autor.

¹ Embora o valor de POC tenha reduzido, o valor de EqNumV aumentou devido ao método de cálculo do RTQ-C, no qual são considerados equivalentes numéricos ao invés de médias ponderadas, influenciando a análise de conforto, como já foi constatado por Nakamura *et al.* (2013).

Além dessas medidas, também foram propostas MEEs conforme a análise sobre o consumo energético da edificação, descritos no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 - Medidas de Eficiência Energética (MEEs)

	Descrição	Justificativa
MEE 1	Sistema de iluminação eficiente	Redução do consumo energético - No projeto elétrico original, a potência de projeto indica lâmpadas fluorescentes compactas ou T10, resultando em 11,1 W/m ² , equivalente ao nível B do EqNumDPI. Foram propostas lâmpadas mais eficientes, do tipo LED e fluorescente T8, reduzindo a carga até 8,2 W/m ² , referente ao nível A do EqNumDPI
MEE 2	Geração distribuída de energia fotovoltaica	O edifício apresenta condições favoráveis de geração desse tipo de energia, já que possui ampla área de cobertura com baixo nível sombreamento por parte das edificações vizinhas
MEE 3	Elevador com nível "A" de eficiência energética	Redução do consumo energético - O elevador especificado no projeto original corresponde ao nível "B" de eficiência energética conforme a norma alemã VDI 4707 (2009), considerada pelo RTQ-C. Foi proposto incorporação de um regenerador de energia, fazendo com que o elevador corresponda ao nível "A" de eficiência energética

Fonte: Elaborado pelo autor.

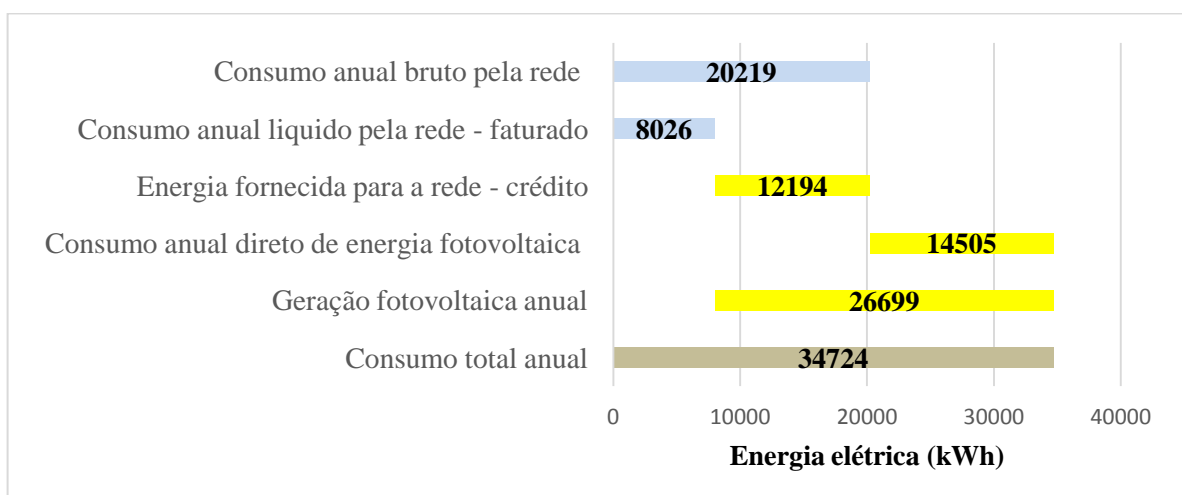
A simulação da geração de energia fotovoltaica foi realizada considerando um sistema de placas fotovoltaicas de silício policristalino, formado por 72 módulos de 280W, instalado na cobertura da edificação, com inclinação de 20° voltado para face Nordeste, ocupando uma área de 118,0m². Na Tabela 4.4, a geração de energia anual é identificada, bem como o consumo direto do sistema fotovoltaico e através da concessionária de energia.

Tabela 4.4 - Geração fotovoltaica e consumo de energia elétrica do edifício, relacionada à Figura 4.11

Tipo	kWh	Descrição
Consumo anual bruto pela rede (crédito + faturado)	20219	58% do consumo total
Consumo anual líquido pela rede (faturado)	8026	40% do consumo bruto pela rede
Energia fornecida para a rede (crédito)	12194	60% do consumo bruto pela rede e 46% da energia fotovoltaica
Consumo anual direto da energia fotovoltaica	14505	76% da energia fotovoltaica
Geração fotovoltaica anual	26699	77% do consumo total
Consumo total anual	34724	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4.11 - Geração fotovoltaica e consumo de energia elétrica do edifício, relacionado à Tabela 4.4



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além das MEEs, também foi simulado um caso no qual a edificação possui condicionamento artificial nos ambientes de permanência prolongada. Essa possibilidade foi considerada com intuito de fornecer dados de comparação para análise de viabilidade das medidas de conforto e de eficiência energética propostos. Foram considerados modelos de ar-condicionado do tipo *split* convencional, quente/frio, entre 9.000 e 24.000 BTUs, conforme a área e carga térmica de cada ambiente.

4.4.3. Análise de viabilidade das medidas de eficiência energética

A análise de viabilidade foi realizada estimando o início das atividades a partir do ano de 2018 (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 - Análise de viabilidade das MEEs

	EqNumV	DPI	PT	Diferença de Custo inicial de investimento (R\$)	Payback no tempo (anos)	Taxa Interna de Retorno, TIR (%)	Custo da Energia Conservada no tempo (CEC)	Conta de energia mensal da edificação (R\$)
Caso-base	4,10 - B	4	4,38 - B	-	-	-	-	2.384
Medidas de desempenho	4,31 - B	4	4,45 - B	46	-	-	-	2.384
Caso-base com condicionamento artificial	-	-	-	24.840	-	-	-	3.553
Medidas de desempenho + MEE 1 (iluminação)	4,31 - B	5	4,75 - A	2801	1	102,4	0,103	2.131
Medidas de desempenho + MEE 2 (geração fotovoltaica)	4,31 - B	4	5,45 - A	123.046	6	12,3	0,173	551
Medidas de desempenho + MEE 3 (elevador eficiente)	4,31 - B	4	4,81 - A	122.046	Superior a 30 anos	-	3,947	2.316
Medidas de desempenho + MEE 1 (iluminação) + Condicionamento artificial	-	5	-	27.641	1	102,4	0,103	3.550
Medidas de desempenho + MEE 2 (geração fotovoltaica) + Condicionamento artificial	-	4	-	150886	6	12,3	0,173	1.970
Medidas de desempenho + MEE 1 + MEE 2	4,31 - B	5	5,75 - A	125.801	5	14,6	0,166	277
Medidas de desempenho + MEE 1 + MEE 2 + Condicionamento artificial	-	5	-	153.641	5	14,6	0,166	1.696

Fonte: Elaborado pelo autor.

Todas MEEs propostas, agregadas às medidas de desempenho, fizeram com que a edificação alcance nível "A" de eficiência energética. A MEE 1 se destacou como medida que apresentou melhores condições de viabilidade econômica, uma vez que possui menor *payback* e maior taxa interna de retorno (TIR). Por outro lado, a MEE associada ao elevador não apresentou viabilidade econômica, com *payback* superior a 30 anos. Em edificações de pequeno e médio porte, com baixo fluxo de circulação vertical, como é o caso da edificação estudada, a economia de energia relativa ao uso de elevadores que possuem nível "A" de eficiência energética não possui expressividade.

Foram estimados alguns casos com condicionamento artificial das salas de permanência prolongada, como alternativa de comparação, com intuito de proporcionar mais informações para análise de viabilidade e tomada de decisão dos proprietários. No entanto, por já ter sido previsto equipamentos de refrigeração e climatização com nível "A" de eficiência energética, o condicionamento artificial não foi considerado MEE, e assim, não foi calculada a Pontuação Final, segundo o RTQ-C, para esses casos.

4.4.4. Análise da tomada de decisão dos proprietários da edificação

O esclarecimento acerca dos indicadores considerados pelo RTQ-C, como o EqNumV, juntamente com a apresentação do processo de avaliação termoenergética do edifício, foram suficientes para compreensão da comissão responsável pela obra para análise dos resultados e propostas. Os proprietários apresentaram interesse na adoção da primeira medida de desempenho térmico proposta, relativa a pintura da fachada com a cor bege pérola. No entanto, apresentaram resistência quanto a medida de desempenho térmico 4, de alteração do tipo de abertura das janelas. Os principais motivos para essa resistência ocorreram devido à redução da média total de horas em conforto e à sensação térmica de que a temperatura na cidade está mais elevada a cada verão. Apesar de os resultados da simulação indicarem que a maior parte dos horários em desconforto serão provocados pelo frio, os membros da comissão responsável pela edificação acreditam que o aumento da temperatura média nos próximos anos vai

fazer com que a maior parte dos horários em desconforto será provocado pelo calor.

Quanto às Medidas de Eficiência Energética (MEE), os proprietários mostraram grande interesse pela adoção do conjunto das medidas 1 e 2 (iluminação eficiente e instalação fotovoltaica), sem condicionamento artificial do edifício. O *payback* e a conta mensal de energia foram os indicadores que tiveram mais destaque na reflexão dos proprietários com relação à análise de viabilidade das MEEs. A redução da conta mensal de energia para R\$300,00 foi um fator de grande atratividade, já que há grande preocupação com relação aos custos de operação da edificação. É importante destacar que o *payback* de cinco anos foi considerado bastante positivo pela comissão, uma vez que haverá benefícios durante grande parte do ciclo de vida da edificação. No entanto, o elevado custo inicial da MEE 2 levou os membros da comissão a considerarem a possibilidade de fazer, em primeiro momento, a instalação de um sistema com menor potencial de geração, e posteriormente, a instalação do sistema com potencial de geração como proposto neste trabalho. O tempo equilibrado dedicado para discussão sobre as questões econômicas e de conforto indicou que os proprietários consideraram ambas questões importantes.

Os proprietários fizeram questionamentos sobre as implicações com relação à obtenção da etiqueta de eficiência energética, e também sobre a possibilidade de isenção de IPTU devido à adoção das MEE propostas. Apesar da edificação estudada não se enquadrar nos casos de construções que teriam benefícios econômicos diretos através de incentivos fiscais, os membros da comissão reafirmaram a vontade de adotar as MEEs e atingir o nível "A" de eficiência energética. Além dos aspectos econômicos, pode-se perceber que essa intenção também acontece em virtude do princípio ideológico dos proprietários com relação a redução do impacto ambiental do edifício, que serviria como referência no contexto da cidade.

4.5. Conclusão

As propostas de medidas de melhoria de desempenho térmico e de eficiência energética, em sua maioria, apresentaram aceitação por parte dos

proprietários da edificação estudada. Com a adoção da medida de melhoria de desempenho 3 (alteração da cor da fachada) é previsto um aumento do EqNumV de 4,1 para 4,31. Embora esse aumento tenha sido considerado satisfatório, observou-se que a adoção da proposta de melhoria de desempenho térmico não resultou em um EqNumV do nível "A", o que ressalta a importância de uma análise de desempenho térmico na fase de concepção do projeto arquitetônico. Com a adoção do conjunto de MEEs 1 (iluminação eficiente) e 2 (instalação fotovoltaica), prevê-se a redução dos gastos mensais com conta de energia do edifício de R\$2.384 para R\$277. Na análise das MEEs, a redução do custo de operação da edificação foi o aspecto de maior relevância para os proprietários da edificação

A análise termoenergética do edifício estudado evidenciou a influência que as características específicas de cada edificação exercem na análise de viabilidade de MEEs. Aspectos como formato da edificação e o padrão de consumo de energia foram fatores determinantes na viabilidade econômica das MEEs propostas. O formato da edificação, por exemplo, favorece a geração de energia fotovoltaica, devido à relação entre área de cobertura e área edificada, mas por outro lado, desfavorece a eficiência energética dos elevadores, uma vez que é baixo o fluxo vertical de pessoas, e assim, não apresenta potencial econômico para incorporação de tecnologias que tornam os elevadores mais eficientes.

Além dos benefícios econômicos diretos, relacionados à redução do custo de operação, não foram considerados aspectos referentes à valorização monetária da edificação na reflexão sobre a adesão das MEEs. Em contrapartida, os proprietários expressaram a importância dada às características de redução do impacto ambiental do edifício, revelando o aumento do valor subjetivo do edifício com as MEEs implantadas, nas quais a geração de energia fotovoltaica se destacou.

4.6. Referências Bibliográficas

ABRAHÃO, K. C. F. J. Avaliação dos Pesos Regionais do RTQ-R a partir da Análise da Estrutura do Consumo da Análise da Estrutura do Consumo Residencial de Energia Elétrica por Região Geográfica. 2015. 242 p. Dissertação do Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais.

ABECIP - Associação Brasileira das Entidades de Crédito Imobiliário e Poupança. Crédito Imobiliário - Indicadores. Disponível em: <<https://www.abecip.org.br/credito-imobiliario/indicadores/financiamento>>, Acesso em: Novembro de 2016.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Reajuste Tarifário Anual. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa/-/asset_publisher/uQ5pCGhnyj0y/content/reajuste-tarifario-anual/654800?inheritRedirect=false>, Acesso em: Março de 2017.

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. *Standard 55: thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta, Georgia, 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Plano Nacional de Eficiência Energética. Brasília. 2011. 134 p.

CABEZA, L. F.; RINCÓN, L.; VILARINO, V.; PÉREZ, G.; CASTELL, A. *Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n. 20, p. 394-416, 2014.

CASALS, X.G. *Analysis of building energy regulation and certification in Europe: Their role, limitations and differences*. *Energy and Buildings*, n.38, p.381-392, 2006.

COAKLEY, D.; RAFTERY, P.; KEANE, M. *A review of methods to match building energy simulation models to measured data. Renewable and Sustainable Energy Reviews*. v. 37, p. 123-141, 2014.

CESP - Companhia Energética de São Paulo. Considerações Sobre a Taxa de Desconto nos Modelos de Planejamento do Setor Elétrico. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/CESP%20CP%200006_2014.pdf>, Acesso em: Novembro de 2016.

DORNELLES, K. A. Absortância Solar de Superfícies Opacas: Métodos de determinação e Base de Dados para Tintas Látex Acrílica e PVA. 2008. 152p.. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

GUO, X.; LIU, H.; MAO, X.; JIN, J.; CHEN, D.; CHENG, S. *Willingness to pay for renewable electricity: A contingent valuation study in Beijing, China. Energy Policy*, v. 68, p. 340-347, 2014.

ISO - *International Organization for Standardization. Ergonomics of the thermal environment: analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. ISO 7730*. Geneva, 2005.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. 23p.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Tabela para Edificações Comerciais, de Serviço e Públicos. Disponível em:<<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabelas-comerciais.pdf>>, Acesso em: Fevereiro de 2017.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, RTQ-C. Eletrobrás, Inmetro, 2010. 90p.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, RTQ-C. Eletrobrás, Inmetro, 2013. 5p.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, RTQ-R. Eletrobrás, Inmetro, 2012. 137p.

NAKAMURA, N. K.; MACIEL, L. F.; CARLO, J. C. Impactos de medidas de conservação de energia propostas no PBE Edifica para o nível de eficiência energética de envoltórias de uma edifício naturalmente condicionado. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 105-19, out./dez. 2013.

NASPOLINI, H. F.; MILITÃO, H. S. G.; CORDINI, J.; RÜTHER, R. Avaliação do potencial de agregação da energia solar térmica para fins de aquecimento de água para o banho humano em núcleos habitacionais de baixa renda. Revista Brasileira de Energia Solar, v. 1, n. 2, p. 100-107, set. 2010.

OLIVEIRA, L. K. S.; RÊGO, R. M.; FRUTUOSO, M. N. M. A.; RODRIGUES, S. S. F. B. Simulação computacional da eficiência energética para uma arquitetura sustentável. Holos. Ano 32, vol. 4, p. 217-230, 2016.

UE - União Europeia. Parlamento Europeu e do Conselho - Relativa ao desempenho energético dos edifícios. Diretiva 2012/27/EU. 2012. Disponível em: < <http://www.ec.europa.eu> >. Acesso em: Julho 2016.

PENNA, P.; PRADA, A.; CAPPELLETTI, F.; GASPARELLA, G. *Multi-objectives optimization of Energy Efficiency Measures in existing buildings*. *Energy and Buildings*, v. 95, p. 57-69, 2015.

VDI - *The Association of German Engineers. Lifts Energy efficiency*. VDI 4707. *Düsseldorf*. 2009. 19p.

WAGNER, A.; LÜTZKENDORF, T.; VOSS, K.; SPARS, G.; MAAS, A.; HERKEL, S. *Performance analysis of commercial buildings - Results and experiences from the German demonstration program "Energy Optimized Buildings (EnOB)"*. *Energy and Buildings*, v. 68, p. 634-638, 2014.

Capítulo 5. Conclusões Gerais

Este capítulo apresenta as conclusões da pesquisa, por meio da análise das conclusões obtidas nos capítulos anteriores. Além disso, descreve as contribuições da pesquisa, limitações do trabalho e indicações para trabalhos futuros.

5.1. Considerações finais

Dentre os incentivos fiscais existentes, voltados para a geração de energia fotovoltaica no Brasil, a Resolução Normativa (RN) nº482/2012, modificada para RN nº687/2015, que possibilita a criação de crédito de energia, se sobressaiu como incentivo com potencial de influência no crescimento da geração fotovoltaica no país. Desde o início da RN nº482/2012, já foram instaladas 10.186¹³ unidades com geração distribuída de energia, sendo que 80% delas foram instituídas a partir de 2016, indicando uma tendência de grande crescimento. Foi constatado uma estimativa de redução de 100TWh do Sistema Interligado Nacional no ano de 2024, sobretudo, devido à inserção de sistemas fotovoltaicos com geração distribuída em edificações, nos setores residenciais e comerciais. O modelo de contrato do tipo *leasing*, proposto por iniciativas privadas, como empresas de serviços de energia (ESCOs), também se destacou como incentivo de curto prazo, pois atua diretamente na dificuldade do consumidor em potencial quanto ao custo inicial de sistemas fotovoltaicos.

Além do potencial de estímulo proporcionado pelos programas de incentivo referentes à geração fotovoltaica, a tendência de valorização de edificações que possuem esse tipo de tecnologia também pode exercer influência no crescimento desse setor no país. Foram identificados alguns estudos realizados em outros países, nos quais foi averiguado que a valorização pode chegar até 29%, em edificações que possuem etiquetas de eficiência energética, certificados de sustentabilidade, ou somente sistemas fotovoltaicos. A maior parte desses estudos foram baseados na análise comparativa de um histórico de registros de

¹³ Até o dia 31 de março de 2017

transações comerciais de imóveis, ou ainda por meio de simulação estatística com dados obtidos a partir desses registros.

No Brasil, é notório o uso do conceito de edificações sustentáveis no *marketing* imobiliário, o que indica que há uma relação entre o aumento da atratividade de imóveis e o desenvolvimento sustentável das edificações. No entanto, as etiquetas de eficiência energética de edificações, assim como a possibilidade de minigeração e microgeração de energia distribuída, são um cenário recente, referentes aos anos 2009 e 2012 respectivamente. Desse modo, ainda há uma carência de estudos e registros no país quanto às transações comerciais de tais imóveis, o que inviabiliza a utilização de registros de transações comerciais como fonte de dados para desenvolvimento de pesquisas sobre a valorização de imóveis que possuem geração fotovoltaica no Brasil.

Nesse contexto, foi realizada uma pesquisa exploratória, na qual uma das etapas consistiu na realização de entrevista com o representante da empresa X, maior construtora do Brasil segundo o ranking de 2016 do instituto Inteligência Empresarial da Construção. Verificou-se que embora a empresa possui grande quantidade de empreendimentos, totalizando 18.900.000m², apenas duas edificações da empresa possuem geração de energia elétrica conectada à rede de distribuição, realizados como teste. O gestor executivo de projetos e orçamentos da empresa alegou que acredita que o consumidor final ainda não pagaria nada a mais por uma edificação desse tipo, apesar de achar que existe uma tendência de mudança. O entrevistado também afirmou que ainda há pouco conhecimento pela empresa sobre a RN nº 482/2012. Identificou-se que, embora haja grande quantidade de incentivos fiscais relativos à geração de energia fotovoltaica, o processo de implementação no mercado imobiliário acontece de forma demorada, sobretudo quanto à aceitação pelas construtoras, uma vez que essas empresas precisam analisar aspectos relacionados à rentabilidade de empreendimentos desse tipo.

Na fase da pesquisa referente à aplicação de questionários com consumidores em potencial, constatou-se que embora 52% dos respondentes afirmarem que não possuem conhecimento algum sobre a Resolução Normativa, 74,1% dos entrevistados declararam estar dispostos a pagar mais por imóveis que

possuem geração de energia fotovoltaica. Dessa parcela, a maioria (80,6%) está disposta a pagar entre 1 a 10% a mais. Tal dado se assemelha com os resultados de alguns estudos com objetivos semelhantes realizados em outros países, como pesquisas que indicaram que as edificações que possuem etiqueta de eficiência energética, apresentam valorização no valor de venda com taxas entre 1,5% a 10% e com energia fotovoltaica de 3,5% para edificações residenciais.

É necessário fazer a ressalva que os dados obtidos por meio dos questionários referem-se, predominantemente, ao cenário de Minas Gerais e de consumidores em potencial que pretendem adquirir edificações do tipo residencial e comercial. Assim, o escopo de interpretação dos resultados desta pesquisa se referem somente para o cenário do estado mineiro, no contexto das tipologias de edificações descritas. Por outro lado, as características do público entrevistado se assemelham às principais características dos consumidores reais das unidades de micro e mini geração distribuída registradas até o momento. Minas Gerais é o estado que possui maior número de instalação desse tipo de sistema (2.264 unidades) e maior potência instalada (20.738kW). Os setores comercial e residencial representam 67% da potência instalada total e 93% do total de imóveis que possuem geração distribuída. Ou seja, os resultados dessa pesquisa também podem ter relevância para um cenário mais amplo e servir como base de comparação para pesquisas com objetivos semelhantes.

Os dados obtidos na fase de entrevista e de questionário indicaram a "redução de custos de operação" como principal motivo de interesse de consumidores em potencial de imóveis com instalação de sistemas fotovoltaicos. Além desse aspecto, os motivos mais indicados pelos respondentes que fariam uma aquisição imobiliária para uso ou para investimento foram: consciência ecológica; independência energética; e, aumento do valor para venda. A grande quantidade de respostas referentes à consciência ecológica se destacou, sobretudo em relação aos investidores. Tal benefício possui cunho ideológico e não tem relação direta com retorno econômico, como o aumento do valor do aluguel e obtenção de incentivos fiscais, que apresentaram baixa quantidade respostas. Por outro lado, a quantidade de respostas relativas ao aumento do valor para venda também se sobressaiu, sobretudo quanto aos futuros usuários, reforçando os dados

que indicam que essa valorização ocorre e exerce influência, como externalidade, na análise de viabilidade econômica da instalação de sistemas fotovoltaicos.

Os resultados obtidos por meio da aplicação de questionários também indicaram a relação entre algumas características dos consumidores em potencial e a disposição para pagar mais. Foi constatado que o grupo de pessoas com idade abaixo de 40 anos, e que possuem alto nível de conhecimento sobre a RN nº482/2012, apresentam maior disposição para pagar mais por imóveis com geração de energia fotovoltaica. Acredita-se que o aspecto da idade interferiu devido à influência do enfoque sobre o tema da sustentabilidade no ensino das gerações mais novas. Além disso, esse quadro pode ter relação com a sugestão do representante da construtora entrevistado, de que há uma tendência de mudança quanto à valorização de aspectos de sustentabilidade em edificações.

Supõe-se que o aumento do nível de conhecimento do público em geral, inclusive sobre incentivos fiscais que influenciam diretamente no aspecto de viabilidade econômica para implementação de sistemas fotovoltaicos, pode provocar mais disposição dos consumidores em potencial para pagar mais por imóveis com esse tipo de tecnologia. Os resultados dessa pesquisa, que indicaram valorização desses imóveis, perspectivas de aumento dessa valorização e caracterização dos consumidores, podem influenciar no aumento do interesse das incorporadoras imobiliárias, construtoras e investidores por empreendimentos desse tipo, e assim, acelerar o crescimento da geração distribuída de energia fotovoltaica no Brasil. Além disso, os resultados podem ainda servir como base de dados para proposição de futuros programas de incentivo nesse setor.

Apesar da grande contribuição dos resultados obtidos na pesquisa exploratória, baseada na opinião dos consumidores em potencial, os dados apresentam um grau de abstração dos respondentes. A análise da disposição para pagar mais pelo consumidor em potencial é realizada mediante uma situação hipotética. No entanto, os indicadores considerados para análise de valorização podem variar conforme as condições específicas de um caso real. O valor da tarifa de energia, características próprias da edificação e do contexto regional, viabilidade de determinados produtos no mercado e comparação com outras medidas de eficiência energética são alguns dos fatores que podem influenciar

diretamente nesse tipo de análise. No caso das edificações comerciais e de serviço que possuem etiqueta de eficiência energética no Brasil, por exemplo, apenas 4,5% possuem geração de energia fotovoltaica. Essa constatação provoca o questionamento sobre o nível de atratividade de instalação de sistemas fotovoltaicos com geração distribuída comparado à outras medidas de eficiência energética.

Nesse contexto, foi realizado um estudo de caso de uma edificação em fase inicial de construção, no qual objetivou-se levantar variáveis acerca do processo de tomada de decisão dos proprietários quanto à adoção de geração de energia fotovoltaica, comparada a outras Medidas de Eficiência Energética (MEE). Com base em uma análise do desempenho termo energético da edificação, foram propostas medidas de desempenho térmico e de eficiência energética, que foram apresentadas à comissão responsável pela obra, com intuito de avaliar o processo de reflexão e avaliação das medidas propostas.

Os proprietários mostraram grande interesse pela adoção do conjunto de MEEs referentes à iluminação eficiente e à instalação fotovoltaica. O *payback* e a conta mensal de energia foram os indicadores que tiveram mais destaque na reflexão dos proprietários com relação à análise de viabilidade das medidas. Além disso, os proprietários também expressaram a importância que dão ao desenvolvimento sustentável da edificação e sua possível influência nos usuários e na cidade. As questões analisadas pela comissão responsável pela obra no Capítulo 4 assemelharam-se aos dois aspectos que os consumidores em potencial consideraram mais importantes no Capítulo 3: redução de custos de operação e consciência ecológica. Além disso, no Capítulo 4, os proprietários também perguntaram acerca de possíveis incentivos fiscais, caso adotassem as MEEs, especificamente em relação ao possível abatimento no valor do IPTU, discutidos no Capítulo 2. Embora nesse caso específico não existe programa de incentivo que possa ser adotado, relativos à melhoria das condições de investimento ou de abatimento de impostos, os proprietários se mostraram satisfeitos com a possibilidade de obtenção da etiqueta nível "A" de eficiência energética para o edifício. No entanto, foi possível perceber que nenhum membro da comissão possuía conhecimento sobre incentivos fiscais. Tal constatação, aliada ao baixo

número de respostas dos questionários relativos ao interesse pela obtenção de incentivos fiscais, levou ao questionamento se há falta de conhecimento da população em geral sobre esses incentivos ou se estes ainda não atendem satisfatoriamente às necessidades do consumidor em potencial.

Apesar do aumento do valor de venda do imóvel não ser considerado pelos proprietários durante a avaliação das MEEs, os aspectos subjetivos de valorização do edifício ficaram evidentes, sobretudo, em consequência das questões relacionados à consciência ecológica dos proprietários. Acredita-se que as características dos proprietários e planejamento do uso da edificação influenciaram nessa questão, uma vez que não há interesse em vendê-lo considerando um longo prazo. Assim, ficou evidente a importância de se considerar particularidades de cada caso em uma análise de valorização imobiliária, especialmente, quanto à finalidade do imóvel e características dos proprietários e usuários.

A análise termoenergética do edifício estudado também evidenciou a influência que as características construtivas de cada edificação exercem na análise de viabilidade de MEEs. O formato da edificação e o padrão de consumo de energia, por exemplo, intervêm de forma direta na viabilidade econômica das MEEs propostas. Ou seja, há vários aspectos que exercem influência em uma análise de viabilidade do uso desse tipo de tecnologia, como tipo e forma da edificação, padrão do uso e custo de energia, relação entre o interesse dos proprietários e a finalidade da edificação, localização, propriedades construtivas da edificação, e ainda aspectos relacionados ao contexto de mercado local de tecnologia fotovoltaica. A localização, por exemplo, influencia no sombreamento da edificação e na irradiação, que interferem no potencial de geração de energia, e conseqüentemente, na relação de custo benefício do sistema.

Desse modo, considerando aspectos de forma e de padrão de consumo de energia, aliados aos incentivos fiscais existentes, como o modelo de contrato do tipo leasing, identificou-se alguns tipos de edificações que possuem condições mais favoráveis para implementação de sistemas fotovoltaicos com geração distribuída no contexto brasileiro. No setor comercial e de serviços, enfatiza-se postos de gasolina, supermercados, farmácias, agências bancárias, escolas e

hospitais. No setor residencial, identificou-se os condomínios de grande porte voltados para moradores de classe média e alta.

Portanto, os resultados dessa pesquisa indicaram que edificações do setor residencial e comercial, que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica, podem apresentar uma valorização entre 1 e 10% no contexto de Minas Gerais. No entanto, embora haja um tendência de valorização, algumas características próprias de cada caso podem interferir nos aspectos de viabilidade da implementação desse tipo de tecnologia, ou ainda em relação aos fatores de valorização imobiliária.

5.2. Contribuições da pesquisa

Diante da carência de pesquisas voltadas para esse tema, os resultados dessa pesquisa contribuem para a construção de um perfil do consumidor de imóveis no contexto de Minas Gerais, levantando informações sobre seus anseios em face da geração de energia fotovoltaica, o que alimenta a tomada de decisões do mercado da construção civil.

Os resultados dessa pesquisa também podem colaborar para o desenvolvimento de mecanismos de incentivo envolvidos com energia fotovoltaicas e para subsidiar outras políticas públicas de energia e sustentabilidade no contexto legal brasileiro.

5.3. Limitações do trabalho

As principais limitações desse trabalho consistem nas incertezas da etapa de aplicação de questionários com consumidores em potencial. Com esse método, os indicadores analisados para avaliar a valorização de imóveis que possuem geração de energia fotovoltaica estão relacionados diretamente a fatores sociais, culturais e muitas vezes, subjetivos, portanto, de difícil mensuração.

Os resultados obtidos a partir da entrevista realizada com representante de uma construtora também possui limitação, já que, embora essa construtora possua expressiva atuação no mercado imobiliário brasileiro, sobretudo em Minas Gerais, as informações referem-se somente a um único ponto de vista.

Na etapa do estudo de caso, ressalta-se as limitações referentes à proposição de medidas de desempenho térmico e de eficiência energética. A partir de revisão de literatura constatou-se que, normalmente, há uma quantidade maior de medidas propostas nas análises termoenergética de edifícios. Acredita-se que um número maior de medidas propostas para a edificação estudada enriqueceria a comparação e análise da tomada de decisão dos proprietários. No entanto, devido especialmente às características típicas de uso do edifício houve apenas três medidas propostas. Essas medidas também apresentaram viabilidade econômica com alto nível de desigualdade, o que pode ter interferido na análise comparativa de atratividade das medidas.

5.4. Indicações para trabalhos futuros

Durante o desenvolvimento dessa pesquisa identificou-se possibilidades de estudos que possuem potencial de se tornarem trabalhos futuros, contribuindo para o desenvolvimento científico em relação à valorização de imóveis que possuem geração fotovoltaica no Brasil. Abaixo estão listadas algumas sugestões de trabalhos:

- Verificar a análise de sensibilidade de variáveis de diferentes contextos regionais em relação aos aspectos de viabilidade econômica da geração distribuída de energia fotovoltaica em edificações, como a diferença de valor da tarifa de energia em cada estado;
- Identificar registros de transações comerciais, como fonte de dados para análise de aspectos de valorização de imóveis que possuem sistemas fotovoltaicos, no contexto de mercado imobiliário brasileiro;
- Levantar características de perfil e preferências dos proprietários de imóveis que já adquiriram sistemas fotovoltaicos, além de informações acerca da influência da instalação de sistemas fotovoltaicos na valorização dos imóveis;
- Realizar um conjunto de estudos de caso de edificações, em fase de concepção de projeto arquitetônico, de diferentes tipologias e características estruturais, com intuito de avaliar a atratividade da implementação de sistemas fotovoltaicos, comparada a outras MEEs.

Apêndices

Apêndice I - Quadro de Classificação dos Programas de Incentivo à Energia Fotovoltaica

Grupo 1 – Favorecimento de condições de viabilidade econômica dos gastos mensais de conta de energia de proprietários de imóveis que possuem sistemas fotovoltaicos	Lei nº 10.848/2004 – ANEEL
	Convênio ICMS nº 19/2010 - CONFAZ
	Resolução Normativa nº 482/2012, atualizada para RN nº 687/2015 - ANEEL
	Resolução Normativa nº 563/2013 - ANEEL
	Convênio ICMS nº 16/2015 - CONFAZ
	Decreto nº 25.899/2015 - Prefeitura de Salvador-BA
Grupo 2 - Favorecimento de condições para aquisição de sistemas fotovoltaicos	Lei Federal nº 12.114/2009 - Fundo clima
	Condições diferenciadas de financiamento - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) - 2013
	ConstruCard - 2014
	Programa “Crédito Produtivo da SIC – Energias Renováveis” - 2014
	Modelo Leasing de contrato para instalação de sistemas fotovoltaicos - 2016
Grupo 3 – Promoção de pesquisas, capacitação profissional e desenvolvimento tecnológico referentes à sistemas fotovoltaicos	Inova Energia - 2013
	Lei Estadual de Minas Gerais nº 20.849/2013
Grupo 4 – Promoção das edificações que possuem sistemas fotovoltaicos por meio do aumento de visibilidade no mercado; e por último	Selo Solar - 2012
	PBE-Edifica - 2009
Grupo 5 – Introdução de sistemas fotovoltaicos no mercado brasileiro	Fundo Solar - 2013
	Projeto 50 telhados - 2013
	Projeto de Lei do Senado nº 168/2013

Apêndice II - Entrevista com Representantes de Construtoras ou Incorporadoras do Mercado Imobiliário

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr.(a) está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “Potencial de Influência da Instalação de Sistemas Fotovoltaicos Sobre o Valor de Edificações”.

Sua participação faz parte de uma etapa da pesquisa que consiste na aplicação de questionários com clientes em potencial e de entrevistas com representantes de construtoras. São apenas 7 perguntas e o tempo previsto para responder é de 10 a 15 minutos.

Para participar deste estudo o Sr.(a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. O Sr.(a) tem garantida plena de liberdade de recusar-se a participar em qualquer fase da pesquisa e todas informações fornecidas pelos participantes serão mantidos em anonimato. Os pesquisadores utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

TERMO:

Eu fui informado(a) dos objetivos da pesquisa de maneira clara e detalhada, e sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

_____, _____ de _____ de 20____.

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador

Nome do Pesquisador Responsável: Pedro César Almeida



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO - PÓS
GRADUAÇÃO

**Roteiro de Entrevista - Valorização imobiliária de edificações com geração
distribuída de energia fotovoltaica**

Pesquisador: Pedro Almeida Orientadora: Dr^a. Joyce Carlo

1) Quais são os tipos de imóveis empreendidos pela empresa?

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> Residencial | <input type="radio"/> Serviços (Ex: Escola) |
| <input type="radio"/> Comercial | <input type="radio"/> Industrial |
| <input type="radio"/> Não desejo responder | <input type="radio"/> |
| Outro: _____ | |

2) Indique seu nível de conhecimento da lei* que trata sobre a geração de energia em edificações, que podem ser conectadas a rede de distribuição de energia elétrica.

* Resolução Normativa nº687/2015 - ANEEL

- | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Nada

Muito conhecimento

3) A empresa já empreendeu algum imóvel com sistema de geração de energia solar conectado a rede? Se sim, quantos?

4) Na sua opinião, a instalação de sistema de geração de energia solar pode influenciar na valorização de um imóvel? Se sim, quais seriam os principais motivos dessa valorização?

5) Na sua opinião, quanto a mais o consumidor final estaria disposto a pagar por um imóvel com sistema de geração de energia solar?

- | | |
|---|--|
| <input type="radio"/> Não pagaria nada a mais | <input type="radio"/> Até 5% |
| <input type="radio"/> Acima de 5% até 10% | <input type="radio"/> Acima de 10% até 15% |
| <input type="radio"/> Acima de 15% até 20% | <input type="radio"/> Acima de 20% |
| <input type="radio"/> Não desejo responder | |

6) Qual seria o perfil de consumidores com interesse em fazer aquisição de imóveis que possuem sistemas de geração de energia solar?

Por exemplo: Gênero - Idade - Classe social/Faixa de renda mensal - Nível de escolaridade - Ocupação - Consumidores de que tipo de imóvel.

7) Na sua opinião, quais são as principais dificuldades para o desenvolvimento sustentável das edificações empreendidas no Brasil?

Obrigado pela sua participação.

Apêndice III - Questionário - Características de Possíveis Consumidores de Edificações com Geração de Energia Através de Sistema Fotovoltaico.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr.(a) está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “Potencial de Influência da Instalação de Sistemas Fotovoltaicos Sobre o Valor de Edificações”.

Sua participação respondendo este questionário faz parte de uma etapa da pesquisa que consiste na aplicação de um questionário, que possui 14 perguntas de múltipla escolha e o tempo previsto para respondê-lo é de 3 a 5 minutos.

Para participar deste estudo o Sr.(a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. O Sr.(a) tem garantida plena de liberdade de recusar-se a participar em qualquer fase da pesquisa e todas informações fornecidas pelos participantes serão mantidos em anonimato. Os pesquisadores utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

TERMO:

Eu fui informado(a) dos objetivos da pesquisa de maneira clara e detalhada, e sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Confins, _____ de _____ de 20____.

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador

Nome do Pesquisador Responsável: Pedro César Almeida



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS



DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO - PÓS
GRADUAÇÃO

Pesquisador: Pedro Almeida Orientadora: Dr^a. Joyce Carlo

Questionário - Geração de energia através de sistema fotovoltaico em edificações

Etapa 1 - Sobre imóveis

perguntas 1 a 4

1) Qual é seu nível de conhecimento da lei brasileira sobre a possibilidade de geração de energia em seu imóvel?

1 2 3 4 5
Nada Muito conhecimento

2) Qual é seu nível de conhecimento do Programa Brasileiro de Etiquetagem de edificações de acordo com sua eficiência energética pelo INMETRO (PBE-Edifica)?

1 2 3 4 5
Nada Muito conhecimento

3) Qual sua opinião sobre a implementação de inovações sustentáveis nas construções?

Exemplo de inovação sustentável: redução de consumo energético por meio do aproveitamento de energia solar para aquecimento de água e/ou geração de energia elétrica.

1 2 3 4 5
Sem importância Muito importante

4) Qual seria seu principal motivo para uma possível aquisição de um imóvel?

- Investimento
- Uso

Obs:

- Caso motivo para aquisição imobiliária seja para uso, responder etapa 2a - pag. 2.

- Caso motivo para aquisição imobiliária seja para investimento, responder etapa 2b - pag.3.

Etapa 2a - Caso motivo para aquisição imobiliária seja para uso

perguntas 5 a 8

5) Qual tipo de imóvel você deseja adquirir?

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> Residencial | <input type="radio"/> Serviços (Ex: Escola) |
| <input type="radio"/> Comercial | <input type="radio"/> Industrial |
| <input type="radio"/> Não desejo responder | <input type="radio"/> Outro: _____ |

6) Na sua opinião, um sistema fotovoltaico de geração de energia pode valorizar o imóvel?

- | | |
|------------------------------|--|
| <input type="radio"/> Sim | <input type="radio"/> Não |
| <input type="radio"/> Talvez | <input type="radio"/> Não desejo responder |

7) Se sim, qual seria o principal motivo dessa valorização?

(Marque de uma até três opções)

- Aumento do valor do imóvel para venda
- Redução de gastos mensais
- Aumento do valor do aluguel
- Aumento da visibilidade
- Obtenção de incentivos fiscais
- Consciência ecológica
- Maior qualidade da edificação
- Independência energética
- Não desejo responder
- Outro: _____

8) Quanto a mais você estaria disposto a pagar por um imóvel com sistema fotovoltaico de geração de energia?

- | | |
|---|--|
| <input type="radio"/> Não pagaria nada a mais | <input type="radio"/> Até 5% |
| <input type="radio"/> Acima de 5% até 10% | <input type="radio"/> Acima de 10% até 15% |
| <input type="radio"/> Acima de 15% até 20% | <input type="radio"/> Acima de 20% |
| <input type="radio"/> Não desejo responder | |

Etapa 2b - Caso motivo para aquisição imobiliária seja para investimento

perguntas 5 a 8

5) Qual tipo de imóvel você deseja adquirir?

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> Residencial para venda | <input type="radio"/> Serviços (Ex: Escola) |
| <input type="radio"/> Residencial para aluguel | <input type="radio"/> Industrial |
| <input type="radio"/> Comercial para venda | <input type="radio"/> Não desejo responder |
| <input type="radio"/> Comercial para aluguel | <input type="radio"/> Outro: _____ |

6) Na sua opinião, um sistema fotovoltaico de geração de energia pode valorizar o imóvel?

- | | |
|------------------------------|--|
| <input type="radio"/> Sim | <input type="radio"/> Não |
| <input type="radio"/> Talvez | <input type="radio"/> Não desejo responder |

7) Se sim, qual seria o principal motivo dessa valorização?

(Marque de uma até três opções)

- Aumento do valor do imóvel para venda
- Redução de gastos mensais
- Aumento do valor do aluguel
- Aumento da visibilidade
- Obtenção de incentivos fiscais
- Consciência ecológica
- Maior qualidade da edificação
- Independência energética
- Não desejo responder
- Outro: _____

8) Quanto a mais você estaria disposto a pagar por um imóvel com sistema fotovoltaico de geração de energia?

- | | |
|---|--|
| <input type="radio"/> Não pagaria nada a mais | <input type="radio"/> Até 5% |
| <input type="radio"/> Acima de 5% até 10% | <input type="radio"/> Acima de 10% até 15% |
| <input type="radio"/> Acima de 15% até 20% | <input type="radio"/> Acima de 20% |
| <input type="radio"/> Não desejo responder | |

14) Ocupação

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> Estudante | <input type="radio"/> Profissional liberal (Autônomo) |
| <input type="radio"/> Funcionário público | <input type="radio"/> Empresário |
| <input type="radio"/> Funcionário de empresa privada | <input type="radio"/> Assalariado |
| <input type="radio"/> Não desejo responder | <input type="radio"/> Outro: _____ |

Obrigado pela participação.

Apêndice IV - Mapeamento dos Ambientes de Permanência Prolongada (ANCs) e as características de uso

	Ambiente	Uso
Pav. inferior	Sala multiuso 1	Sala de aula - crianças
	Sala multiuso 2	Sala de aula - crianças
	Sala multiuso 3	Sala de aula - crianças
Térreo	Sala multiuso 4	Sala de aula - jovens e adultos
	Sala multiuso 5	Sala de aula - jovens e adultos
	Sala multiuso 6	Sala de aula - jovens e adultos
	Recepção	Atendimento ao público
1º pav.	Sala multiuso 7	Ensaaios, jogos, prática de esporte, reuniões e mutirões
	Sala multiuso 8	
	Sala multiuso 9	Museu e sala de estudos
	Sala multiuso 10	Atendimento terapêutico
2º pav.	Sala multiuso 11	Reuniões e mutirões
	Sala multiuso 12	Sala de reuniões
	Sala multiuso 13	Sala cinema
	Capela	Sala de práticas religiosas