

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM PROCESSAMENTO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS**

**VICENTE FERRER CORREIA LIMA NETO**

**ESTUDO DE CASO PARA APROVEITAMENTO DE ENERGIA SOLAR  
EM CONDOMÍNIOS NO BRASIL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
DE ESPECIALIZAÇÃO**

**PONTA GROSSA**

**2017**

**VICENTE FERRER CORREIA LIMA NETO**

**ESTUDO DE CASO PARA APROVEITAMENTO DE ENERGIA SOLAR  
EM CONDOMÍNIOS NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Processamento de Energias Renováveis, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Ms. Pércio Luiz Karam de Miranda

**PONTA GROSSA**

**2017**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Campus Ponta Grossa



Especialização em Processamento de Energias Renováveis

---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ESTUDO DE CASO PARA APROVEITAMENTO DE ENERGIA SOLAR EM CONDOMÍNIOS NO BRASIL**

por

**Vicente Ferrer Correia Lima Neto**

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização foi apresentado em **20 de março de 2017** como requisito parcial para a obtenção do título de **Especialista em Processamento de Energias Renováveis**. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Ms. Pércio Luiz Karam de Miranda**  
Orientadora

**Prof. Dr. Max Mauro dos Dias Santos**  
Membro Titular

**Profa. Dra. Fernanda Cristina Corrêa**  
Membro Titular

**Profa. Dra. Fernanda Cristina Corrêa**  
Coordenadora do Curso

- A FOLHA DE APROVAÇÃO ASSINADA ENCONTRA-SE ARQUIVADA NA  
SECRETARIA DO CURSO -

## RESUMO

LIMA NETO, Vicente Ferrer Correia. **Estudo de caso para aproveitamento de energia solar em condomínios no Brasil**. 2017. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização (Processamento de Energias Renováveis) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

São apresentadas as novidades recentes acerca da regulamentação brasileira para a geração distribuída, comparando-a brevemente com normativas de outros países que já possuem esse tipo de produção de energia bastante desenvolvida. É exposto um anteprojeto de implantação de uma planta solar em um condomínio de apartamentos na cidade de Curitiba-PR, explorando a regulamentação atual vigente no Brasil, recentemente alterada pela Resolução Normativa (RN) n. 687 da ANEEL.

**Palavras-chave:** Energias renováveis. Fontes alternativas. Energia solar fotovoltaica. Condomínios residenciais.

## ABSTRACT

LIMA NETO, Vicente Ferrer Correia. **Case study for use of solar energy in condominiums in Brazil.** 2017. 25 p. Work of Conclusion Course of Specialization (Renewable Energy Processing) - Federal University of Technology - Paraná, Ponta Grossa, 2017.

Brazilian recent news about regulations for distributed generation are presented and compared with the standards of other countries that already have this type of energy production well developed. A blueprint of solar plant implementation is exposed. The local chosen is Curitiba (PR), exploring the current regulation in Brazil, recently amended by Normative Resolution n. 687 by ANEEL.

**Keywords:** Renewable energies. Alternative sources. Photovoltaic solar energy. Residential condominiums.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Projeto do Energiewende alemão. Incentivo às fontes renováveis e à eficiência energética.....	8
Figura 2 - Geração e consumo de energia elétrica do Brasil. Participação ainda incipiente de fontes eólica e solar, apesar do potencial .....	9
Figura 3 - Potencial solarimétrico do Brasil (Atlas Solarimétrico do Brasil) .....	10
Figura 4 - Estados com isenção de ICMS para geração de energia solar até Junho/2016.....	12
Figura 5 - Redução do preço da instalação dos sistemas solares na Alemanha (Balance of system) e de seus módulos (Modules). De 2006 à 2015 o custo foi reduzido em 74% para sistemas de 10 à 100 kW .....	14
Figura 6 - Região de Curitiba (PR) para a implantação do projeto. São adotados níveis de irradiação mínima para o cálculo de energia disponível (média anual de 3,66 kWh/m <sup>2</sup> .dia) .....	17
Figura 7 - 240 m <sup>2</sup> de área a serem aproveitados pelo projeto.....	18
Figura 8 - Painel solar utilizado no projeto .....	18
Figura 9 - Distribuição dos painéis Solar World SW245 sobre o condomínio. Explorou-se o lado menos sombreado devido a prédios vizinhos (lado sul) .....	19
Figura 10 - Retorno financeiro do projeto. O retorno do investimento se dá em 12 anos e 1 mês.....	21
Figura 11 - Fatura de energia do condomínio (setembro/2016) .....	22

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias de irrigação mensal .....	16
Tabela 2 - Energia media gerada mês-a-mês pelo projeto e sua soma anual .....	19
Tabela 3 - Custos de implantação do projeto .....	20
Tabela 4 - Cálculo de energia creditada às unidades consumidoras do edifício mês-a-mês .....	23

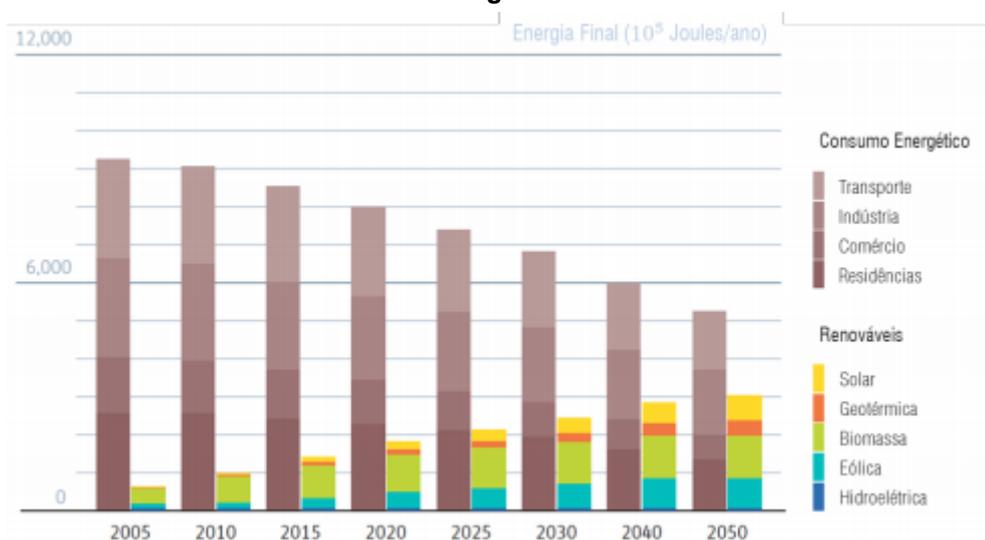
## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 PROJETO.....</b>	<b>16</b>
2.1 ENERGIA DISPONÍVEL .....	16
<b>3 EQUIPAMENTOS E CUSTO DE IMPLANTAÇÃO .....</b>	<b>20</b>
3.1 RETORNO FINANCEIRO .....	20
<b>4 ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>22</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Muitos são os motivos para a corrida pela inserção de fontes renováveis na matriz energética mundial. Morris e Pehnt (2015, p. 2-8) relacionam oito razões para essa transição na Alemanha (Figura 1): luta contra o aquecimento global; redução de importação de energia e dependência de outros países; estimular o desenvolvimento de tecnologia limpa no país, gerando empregos e possibilitando posteriormente sua exportação; eliminação dos riscos de um desastre nuclear, e se libertando do lixo e dos custos desse tipo de energia; segurança energética, além de sua independência a outros países, se tornar também independente da volatilidade dos preços dos combustíveis fósseis, tão presente por causa de políticas adotadas pelos seus países produtores; fortalecer economias locais e promover justiça social, estimulando pequenos produtores, ou mesmo cooperativas, a gerarem sua própria energia, trazendo retorno aos mais pobres e sua menor exposição aos preços voláteis de outros tipos de energia.

**Figura 1 - Projeto do Energiewende alemão. Incentivo às fontes renováveis e à eficiência energética**

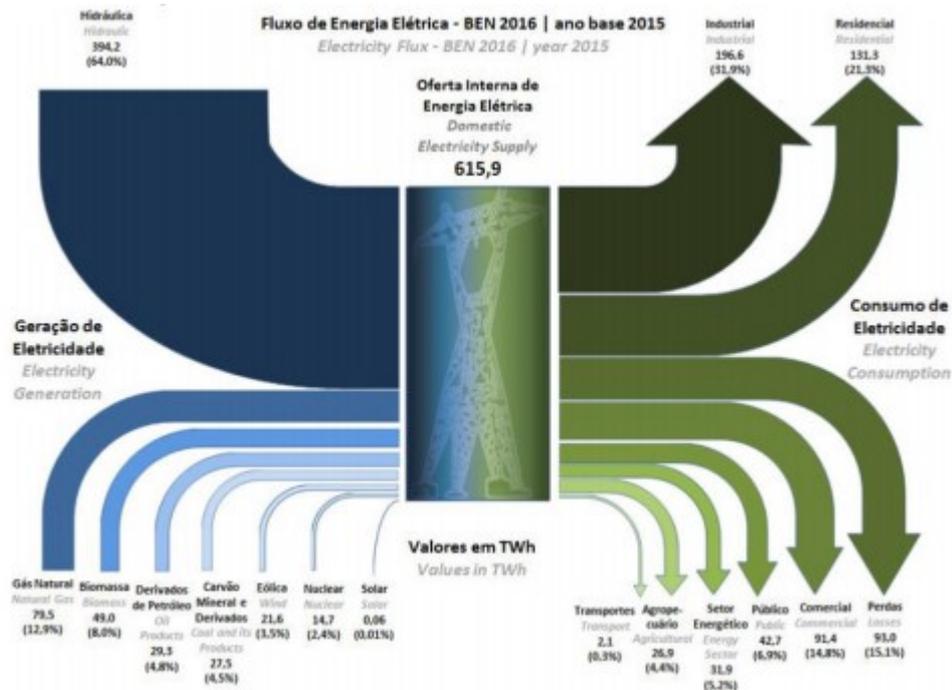


Fonte: adaptado de Morris e Pehnt (2015)

O Brasil, além dos motivos anteriormente citados, ainda se preocupa com o racionamento de energia, principalmente ligado ao alto risco hidrológico de sua matriz de energia elétrica, a qual possui 65,2% de base hídrica (EPE, 2015 - Figura 2). O prolongamento dos períodos de escassez de chuva, a demanda energética nacional faz o país reativar usinas termoelétricas, o que acaba gerando aumento no

custo de energia pela alteração das bandeiras tarifárias - amarela e vermelha (ANEEL, 2016) - além da liberação de gases de efeito estufa na atmosfera.

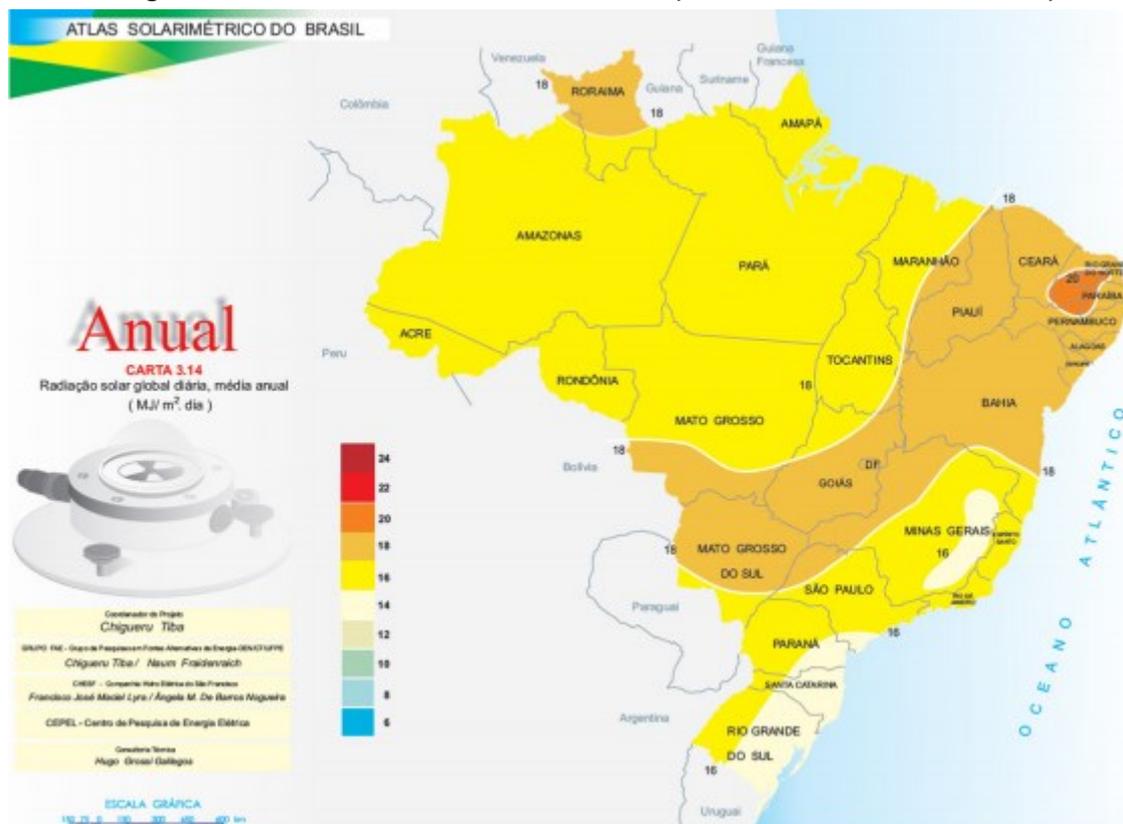
**Figura 2 - Geração e consumo de energia elétrica do Brasil. Participação ainda incipiente de fontes eólica e solar, apesar do potencial**



Fonte: EPE (2015)

O Plano Decenal de Energia 2024 (MME/EPE, 2015) traz como meta do país a expansão da geração em 55% da capacidade instalada em 10 anos, tendo em vista a retomada do crescimento das atividades econômicas e solução de problemas de infraestrutura. O crescimento terá como vetores basicamente usinas hidrelétricas (20%) e outras fontes renováveis (eólica, solar e biomassa, com 26%), tendo um incremento também na nuclear (entrada em operação de Angra III em 2019, contribuindo com 1%) e algumas termoeletricas (8%). Vale-se destacar que projetos de autoprodução não estão contidos nesses números, sendo estimado um valor de capacidade instalada para solar de 1.319 MW em 2024, um grande salto sobre os 9 MW registrados em 2014, mas ainda pouco perto de todo o potencial disponível (Figura 3).

**Figura 3 - Potencial solarimétrico do Brasil (Atlas Solarimétrico do Brasil)**



Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes>

Para alcançar esses níveis de autoprodução solar e de autoprodução como um todo, o governo brasileiro vem tomando uma série de medidas de modo a incentivar esse tipo de produção. Até 2011 o regime de contratação de geração energética era completamente desfavorável à fonte solar. Pelo decreto 5163/2004 o repasse às tarifas era limitado por um valor referência (R\$ 151,20/MWh em 2011) muito abaixo do aceitável para o pequeno empreendedor investir em produzir sua própria energia e vender o excesso. A contratação da geração era regularizada via chamada pública, pelos próprios agentes de distribuição, dificultando ainda mais o processo. Com a Resolução Normativa (RN) da ANEEL n. 482 de 2012, estabeleceram-se condições mais claras para a micro/minigeração. A resolução reduziu as barreiras regulatórias e inseriu no sistema o modelo de compensação (*wet metering*) em que o consumidor de energia passou a poder abater seu consumo com energia produzida por ele mesmo. A RN n. 481, também da ANEEL, por sua vez estabeleceu critérios de desconto nas tarifas de uso da rede TUST/TUSD segundo a potência de geração instalada das usinas. A partir desse ano, os progressos para a adoção da energia solar na matriz energética brasileira

ficaram cada vez maiores, seja com a criação de associações em busca de uma melhor regulação desse tipo de energia (como a ABINEE), seja com maior cooperação do governo em buscar alternativas viáveis da utilização da fonte solar. Os grandes passos do ano de 2015 começaram com a alteração da RN n. 482 através da RN n. 687, de novembro de 2015, a qual alterou os procedimentos de distribuição de energia (PRODIST), um início ao incentivo ao consumidor residencial para virar gerador e distribuidor de energia. Dentre as principais alterações, que começaram a valer a partir de março de 2016, destacam-se: a reclassificação de potência mini e microprodutora de energia, sendo a primeira até 75 kW e a segunda entre 75 kW e 5 MW; o sistema de crédito (caso a geração mensal seja maior do que a consumida pelo estabelecimento, com o aumento do prazo de consumo de 36 para 60 meses) e compensação (citado como autoconsumo remoto, em que o consumidor pode utilizar a energia produzida em um estabelecimento em um outro, contanto que ambos estejam sob a jurisdição de uma mesma distribuidora) de energia, assemelhando a rede a um sistema de bateria (caro para instalação doméstica) para o consumidor; a viabilização de instalação de geração distribuída em condomínios, em que a energia gerada pode ser dividida de acordo com o consenso dos condôminos; a criação da “geração compartilhada”, incentivando aos consumidores a se unirem em cooperativas ou consórcios para instalação de mini ou micro-unidades geradoras para abatimento de suas contas de energia; a simplificação do processo de conexão à rede através de formulários padrão e instauração de um limite de 34 dias (antes 82) para a concessionária conectar as usinas à rede (de até 75 kW); a submissão e acompanhamento de pedidos de conexão pela internet, a entrar em vigor em janeiro de 2017. Em dezembro de 2015, o Ministério de Minas e Energia cria através da portaria n. 538 o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD) (MME/EPE, 2015), dando mais um avanço no sentido de obter uma geração distribuída mais ativa na matriz energética nacional. A estimativa é a de que o programa movimentará mais de R\$ 100 bilhões em investimentos em 15 anos. O objetivo é elevar para 2,7 milhões a meta de unidades geradoras que passem a gerar e distribuir energia no país, resultando em 23.500 MW de potência instalada. Entre as medidas do programa, estão em destaque: A atualização dos Valores Anuais de Referência Específicos (VREs), em R\$ 454,00/MWh para a energia solar, levando a remuneração da distribuidora para o gerador a um patamar competitivo; atualização

anual automática dos VREs a um indicador de inflação (IPCA); regulamentação da entrada de autoprodutores no mercado livre de energia, estendendo os benefícios característicos do Ambiente de Contratação Livre; instalação de painéis fotovoltaicos em escolas e centros de ensino federais, de modo a além da utilização da energia, criar cursos visando atender o mercado de geração distribuída em projetos, instalações e manutenções. Além destas medidas, fica em tramitação nos Estados a isenção da tributação do ICMS sobre a energia inserida pelo consumidor na rede (Figura 4). Junto ao ICMS, ficarão isentos também do PIS/Pasep e da Confins a energia gerada pelo consumidor e não compensada.

Para a área de financiamento de projetos e importação de produtos, o programa reduz o imposto de importação de 14% para 2% sobre bens de capital destinados à produção de equipamentos de geração solar fotovoltaica, com vigência até 31 de dezembro de 2016. Houve a autorização do apoio do Banco nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para apoiar com taxas menores projetos de eficiência energética e de geração distribuída em escolas e hospitais públicos.

**Figura 4 - Estados com isenção de ICMS para geração de energia solar até Junho/2016**

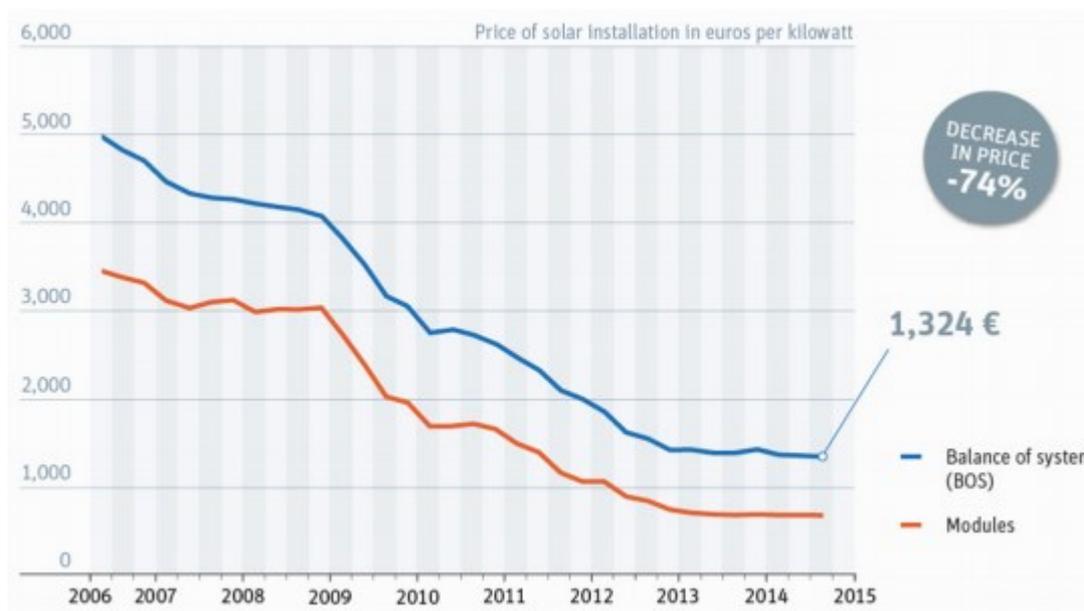


Fonte: Confaz e Gazeta do Povo

O Brasil caminha para obter uma matriz energética mais robusta e renovável. Na Europa, a transição energética alemã começou efetivamente em 2010, após o acidente nuclear de Fukushima. O *Energiewende* alemão assinado em 2010 garantia uma redução de 80 a 95% da emissão de gases de efeito estufa, uma participação renovável de 60% da matriz energética, uma eficiência elétrica acima de 50%, tudo isso até 2050 (MORRIS; PEHNT, 2015). Esse documento traz a importância de incentivos do governo (*feed-in tariffs*, regulamentadas pelo *Germany's Renewable Energy Act - EEG*) que traz a energia gerada a um preço de retorno mais competitivo para o consumidor-gerador. A política alemã tenta balancear o que acontece no mercado com seus incentivos, deixando a competitividade à vista do pequeno investidor. Em *Energy Transition* (MORRIS; PEHNT, 2015) é possível ver que o governo alemão prioriza o pequeno produtor sobre outras corporações de geração de energia, podendo qualquer um vender sua energia e obter lucro. Ele defende o incentivo ao pequeno gerador, uma vez que ele não possui chance de competir com grandes empresas que possuem dezenas ou centenas de mega *Watts* em projetos. Nota-se o grande número de cooperativas e associações incentivadas pelo governo para produzirem, distribuírem e venderem sua própria energia. O *Energy Transition* ainda diz que 90% das cooperativas de energia alemãs já instalaram painéis solares e que a cota média é menor do que 500 euros em dois terços delas, bastante acessível à população. Outro dado interessante trazido pelo documento é o de que em 2013, mais de 1,2 bilhões de euros foram alavancados por mais de 130.000 cidadãos para investirem em projetos de energia renovável.

Morris e Pehnt (2015) também trazem o país como líder em geração solar (1,9 GW de capacidade instalada à frente da segunda colocada China) e líder em abastecimento de sua demanda através da fonte (58% de sua demanda - 38 GW - é fornecida via fonte solar). Boa parte desses resultados de hoje é explicado da estratégia política do país a beneficiar a fonte, sendo uma delas o forte investimento em pesquisa e desenvolvimento do setor, que fizeram os preços dos sistemas solares caírem 74% de 2006 para cá, como é visto na Figura 5.

**Figura 5 - Redução do preço da instalação dos sistemas solares na Alemanha (*Balance of system*) e de seus módulos (*Modules*). De 2006 à 2015 o custo foi reduzido em 74% para sistemas de 10 à 100 kW**



Fonte: Morris e Pehnt (2015)

Alguns conceitos são importantes para entendimento das resoluções normativas que regulam o sistema brasileiro de geração distribuída atual. O conceito de geração distribuída está diretamente ligado à implantação de um gerador dentro de uma unidade consumidora, seja ele renovável ou de cogeração qualificada<sup>1</sup>, adotando-se assim um fluxo de energia bidirecional na unidade. A geração distribuída está abarcada tecnicamente pelo ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) e comercialmente e legalmente pela ANEEL. A microgeração distribuída é dada por geradores renováveis com potência até 75 kW, com o direito assim de realizar a compensação da energia gerada. Já a minigeração foi definida pelos geradores de potência nominal de 75 kW até 5 MW (sendo 3 MW para PCHs), podendo ser realizada a compensação e também comercialização da energia gerada. A compensação energética se dá por créditos de energia ativa (kWh) a serem consumidos em unidades consumidoras de mesma titularidade do gerador em até 60 meses. Todas essas definições são feitas na já citada Resolução Normativa n. 687 de novembro de 2015, a qual revisou a antiga Resolução

<sup>1</sup> Um gerador renovável é aquele que se utiliza de combustível renovável, como biomassa, vento, irradiação solar, dinâmica da água, etc. Cogeração é qualquer método de obtenção de energia de forma secundária. A maioria é dada utilizando-se a energia térmica de algum processo de geração (e.g., caldeiras na queima de biomassa). A característica de “qualificada” é dada a cogeração que tem como objetivo a geração única de energia elétrica.

Normativa n. 482 de 17 de abril 2012. Essa antiga RN já dava a oportunidade do consumidor brasileiro de gerar sua própria energia e conseguir fornecer o excedente para a rede de distribuição. Porém a grande revolução veio com a RN 687, a qual compreendeu de uma forma melhor a importância da geração distribuída pelo seu baixo impacto ambiental, na redução no carregamento das redes que ela proporciona, minimização de perdas por transmissão e diversificação da matriz energética nacional. Ela entrou em vigor, em março de 2016, novidades que aumentariam a abrangência da antiga RN 482:

- ✓ Aumento do prazo para utilização do crédito de energia (de 36 para 60 meses);
- ✓ Consumo do crédito energético pode ser realizado em qualquer unidade consumidora de mesma titularidade do gerador, dentro da mesma região de atendimento da distribuidora de energia;
- ✓ Regulamentação de consórcios para implementação de “geração compartilhada” em que a energia gerada pelo projeto do consórcio pudesse ser utilizada para abater a fatura dos consorciados ou cooperados;
- ✓ Simplificação do processo de conexão do sistema de geração à rede de distribuição, com formulários específicos e redução do tempo máximo para a realização do serviço.

Vale-se lembrar de que no sistema de crédito estabelecido pelas RNs, mesmo o gerador conseguindo gerar mais do que seu consumo, sua fatura ainda fica dependente de seu valor mínimo, referente ao custo de disponibilidade da rede elétrica (30 kWh para sistemas monofásicos, 50 kWh para bifásicos e 100 kWh para trifásicos).

## 2 PROJETO

Inspirado na nova regulamentação dos sistemas de geração via consórcio e cooperativas, o projeto de implantação de um sistema solar em condomínio surgiu. A ideia é a instalação de um sistema de energia fotovoltaica sobre o telhado de um prédio em Curitiba (PR) que possui dois andares, cada um com oito apartamentos, totalizando dezesseis unidades consumidoras, somando-se a energia gasta com manutenção da área comum e portões elétricos. A energia gerada pelos painéis durante o dia servirá para o abatimento do consumo do condomínio e a sobra para abater o consumo dos condôminos.

O projeto seguiu as seguintes etapas:

- Medição do espaço disponível para implantação do sistema e cálculo da energia disponível;
- Levantamento dos equipamentos a serem adquiridos e avaliação dos custos de implantação do sistema;
- Análise da fatura do condomínio, cálculo do abatimento de energia e retorno financeiro do projeto.

### 2.1 ENERGIA DISPONÍVEL

Para o cálculo de energia disponível para o projeto, utilizaram-se as médias de irradiação fornecidas pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB). Para a região do projeto (Figura 6), as médias encontradas são expostas na Tabela 1.

**Tabela 1 - Médias de irradiação mensal**

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal (kWh/m <sup>2</sup> .dia)												Média (kWh/m <sup>2</sup> .dia)	Variação (kWh/m <sup>2</sup> .dia)
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Piano horizontal	0° N	4.67	4.11	3.47	3.06	2.53	2.47	3.11	3.31	3.67	4.22	4.94	5.06	3.72	2.59
Ângulo igual a latitude	25° N	4.25	3.93	3.54	3.41	3.06	3.18	4.05	3.90	3.90	4.13	4.54	4.53	3.87	1.48
Mayor média anual	20° N	4.37	4.01	3.56	3.38	2.99	3.07	3.90	3.83	3.90	4.19	4.66	4.67	3.88	1.69
Mayor mínimo mensal	44° N	3.63	3.50	3.31	3.38	3.19	3.42	4.37	3.99	3.74	3.72	3.89	3.80	3.66	1.17

Fonte: CRESESB

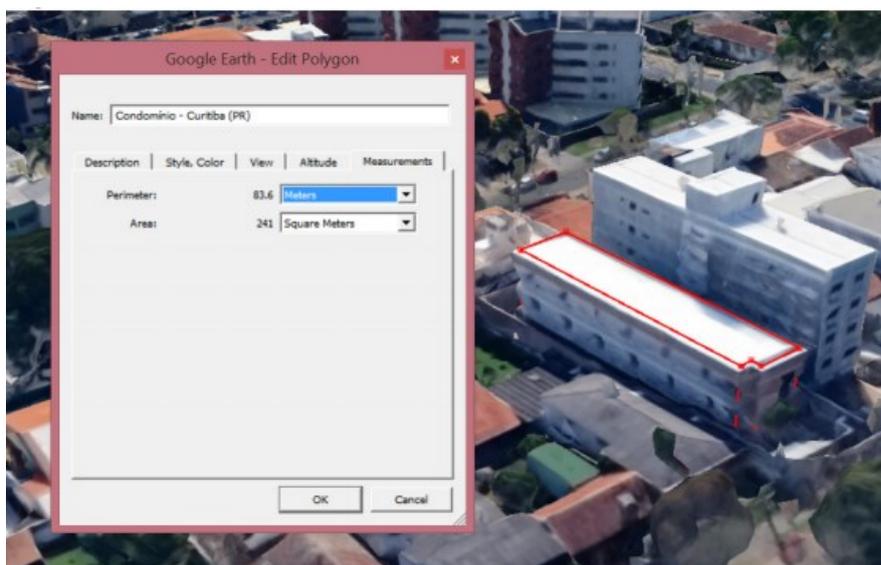
Como adoção de uma política conservadora, considerou-se para o cálculo de energia disponível as maiores médias de irradiação mínima mensais (inclinação  $44^{\circ}$  N), mesmo o plano de instalação dos painéis sendo horizontal ( $0^{\circ}$  N), com possibilidade de incliná-los para posição ótima (igual à latitude local,  $25,1^{\circ}$  N).

**Figura 6 - Região de Curitiba (PR) para a implantação do projeto. São adotados níveis de irradiação mínima para o cálculo de energia disponível (média anual de  $3,66 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{dia}$ )**



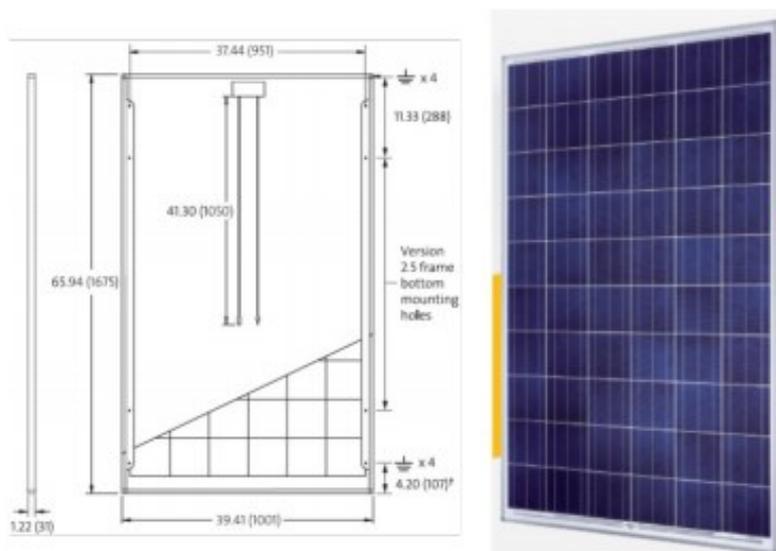
De posse da irradiação, para o cálculo energético, mediu-se a área disponível no topo do condomínio de apartamentos para a implantação dos painéis solares. A aferição foi feita manualmente e ratificada por imagens via satélite (*Google Earth PRO*, *Landsat 8*, *NASA/USGS*), totalizando uma área de aproximadamente  $240 \text{ m}^2$  (Figura 7). Para o projeto, respeitaram-se os limites de menor comprimento e maior largura da área ( $32\text{m}$  e  $7\text{m}$ , respectivamente), para todas as placas se manterem dentro da região escolhida.

**Figura 7 - 240 m<sup>2</sup> de área a serem aproveitados pelo projeto**

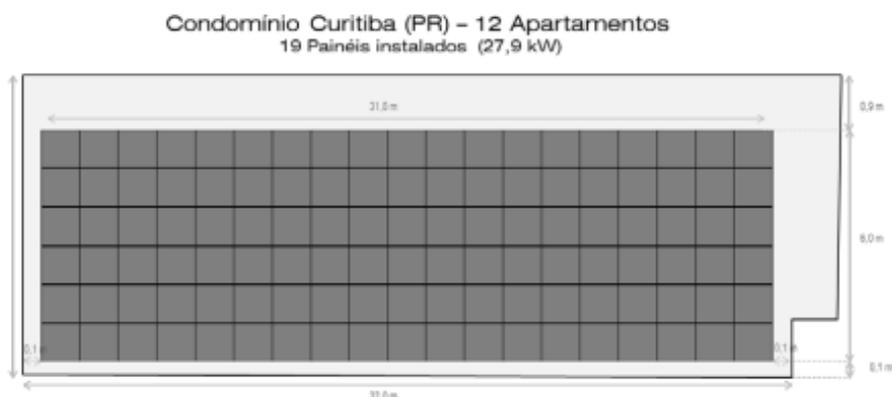


Para os painéis solares, utilizou-se o Solar World SW245, de 1,68 m<sup>2</sup> de área, 14,6% de eficiência e 245 W de potência. Suas dimensões estão expostas na Figura 8. Dessa forma, foram consideradas seis fileiras de painéis (ocupando 6,006 m de largura) cada uma contendo dezenove painéis (totalizando 31,825 m de comprimento). No total, somam-se 114 painéis instalados no condomínio, com potência de geração de 27,930 kW, ocupando uma área de 191,14 m<sup>2</sup> e distribuídos segundo a Figura 9.

**Figura 8 - Painel solar utilizado no projeto**



**Figura 9 - Distribuição dos painéis Solar World SW245 sobre o condomínio. Explorou-se o lado menos sombreado devido a prédios vizinhos (lado sul)**



A inclinação ideal para os painéis é de  $25,1^{\circ}$  para a região Norte (aproximadamente a latitude encontrada para a zona do projeto), que será ajustada pela estrutura metálica de instalação dos painéis. Para a potência total de geração estabelecida, chega-se a energia de geração mês-a-mês (E) dada pela irradiação (I) multiplicada pela área de painéis (A) e sua respectiva eficiência ( $\mu$ ):

$$E_{kWh,mensal} = I_{média,mensal} \cdot A \cdot \mu$$

Os resultados para a energia média mensal e a soma energética anual são expostos na Tabela 2. Com a área disponível e os painéis escolhidos, chega-se a energia de 37,317 MWh por ano.

**Tabela 2 - Energia media gerada mês-a-mês pelo projeto e sua soma anual**

Energia média mensal (kWh)												Energia Anual (kWh)
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
3140	2735	2863	2830	2760	2863	3781	3452	3131	3218	3257	3287	<b>37317</b>

### 3 EQUIPAMENTOS E CUSTO DE IMPLANTAÇÃO

Para o cálculo dos custos do projeto, é necessário contabilizar além dos painéis, um inversor que suporte a potência máxima de geração do projeto e a estrutura metálica de fixação e bem como a fiação para os painéis.

**Tabela 3 - Custos de implantação do projeto**

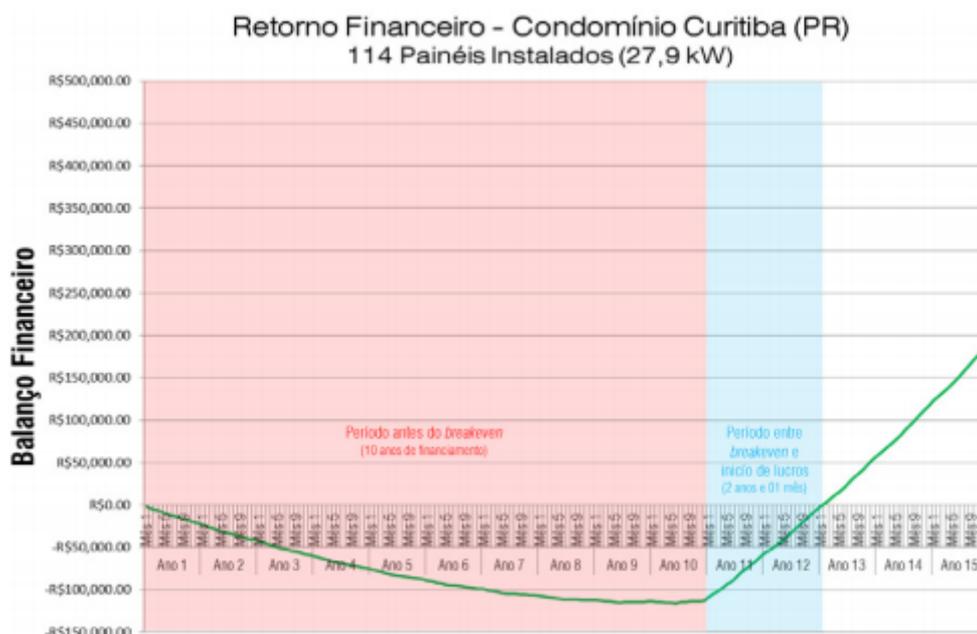
<b>Produto</b>	<b>Custo unitário</b>	<b>Total</b>
Inversor WEG CFW08 5,5 kW	R\$ 2,797.00	R\$ 13,985.00
Módulo Solar Fotovoltáico SW245 - 245 W	R\$ 1,005.00	R\$ 114,570.00
Estrutura metálica em ferro galvanizado	R\$ 389.00	R\$ 44,346.00
Kit material de instalação		R\$ 9,800.00
Serviço de instalação		R\$ 30,000.00
Homologação concessionária		R\$ 6,494.00
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 219,195.00</b>

Será contabilizado ainda o custo de mão de obra para implantação encontrado para a região metropolitana de Curitiba e o de homologação do projeto junto à concessionária de energia. Os valores são expostos na Tabela 3. O custo do projeto ficou em torno de R\$ 220.000,00.

#### 3.1 RETORNO FINANCEIRO

Para o cálculo do retorno financeiro, supõe-se que toda a energia gerada mensalmente será utilizada pelo condomínio e pelas 16 unidades consumidoras, representadas pelos apartamentos do prédio. Dessa forma, estabelecendo um preço da energia elétrica de R\$0,64/kWh e uma atualização de 0,5% por mês (média aproximada do IPCA dos últimos 10 anos), tem-se o gráfico de retorno financeiro exposto na Figura 10, caso o projeto seja financiado em dez anos, a uma taxa de juros de longo prazo de 6% a.a. As parcelas mensais seriam de R\$ 3.891,67, que divididos pelos 16 apartamentos ficaria em torno de R\$ 245,00.

Figura 10 - Retorno financeiro do projeto. O retorno do investimento se dá em 12 anos e 1 mês



Como é visto, caso toda a energia seja aproveitada pelas unidades consumidoras, o retorno financeiro do projeto é alcançado em 12 anos e 1 mês, com o *breakeven* de 10 anos. O cálculo foi efetuado baseado na TJLP de 6%a.a., com preço da energia atualizado pelo IPCA médio de 0,5%a.m., sem ser considerado nenhum custo de entrada. Vale-se lembrar que plantas solares possuem vida útil de 25 a 30 anos, com baixo custo de manutenção, trazendo aos consumidores-geradores um longo período de lucro após a quitação do financiamento.

#### 4 ESTUDO DE CASO

O presente projeto se caracteriza, segundo a RN 687, como um empreendimento com múltiplas unidades consumidoras. Neste caso, toda a energia gerada é injetada na rede. Essa energia é estabelecida em forma de crédito, para que assim as unidades consumidoras do condomínio possam abater suas faturas nos próximos meses. O percentual de energia excedente para cada unidade é estabelecido por documento “jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes”. A ideia de utilização da energia gerada é o abatimento da fatura do condomínio, proveniente no caso, da iluminação de área comum, bomba d’água e portão elétrico. Após o abatimento da fatura comum a todos, o repartimento do restante dos créditos entre os condôminos é feito, de forma a reduzir os gastos dos moradores com energia elétrica. Na Figura 11 é exibida a fatura do condomínio em que se realiza o projeto referente ao mês de setembro de 2016. Percebe-se um consumo médio mensal de 88,5 kWh.

Figura 11 - Fatura de energia do condomínio (setembro/2016)

Historico de Consumo e Pagamento												Media 3 meses 63 kWh		
MES	09/16	08/16	07/16	06/16	05/16	04/16	03/16	02/16	01/16	12/15	11/15	10/15		
CONS	51	71	67	71	62	67	76	60	104	127	146	137		
PGTO			09/06	27/06	27/06	26/04	09/05	09/05	21/01	28/12	07/12	20/10		
<b>Valores Faturados</b>														
NOTA FISCAL CONTRIBUICAO ENERGIA no. 852397 Serie B														
Emitida em 07/10/2016														
Produto	Descricao	Un.	Consumo	Valor Unitario	Valor Total	Base de Calculo	Aliq. ICMS							
01	CUSTO DISP SISTEMA	kWh	50	0,640000	32,00	32,00	29,00%							
02	CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPI				2,02									
Base de Calculo do ICMS			32,00	Valor ICMS	9,28	Valor Total da Nota Fiscal	34,02							

Com o consumo médio mensal do condomínio e com a energia gerada pelo projeto é possível calcular o crédito restante de energia, que poderá ser usado pelos condôminos para abatimento de sua fatura de energia. Os créditos mês-a-mês são mostrados na Tabela 4, em que são o resultado da subtração da energia média gerada mensalmente pelo consumo dado na fatura do condomínio. Dividindo-se o resultado pelo número de apartamentos, obtém-se a energia creditada aos condôminos.

Tabela 4 - Cálculo de energia creditada às unidades consumidoras do edifício mês-a-mês

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Energia Gerada [kWh]	3140	2735	2863	2830	2760	2863	3781	3452	3131	3218	3257	3287
Energia Consumida [kWh]	104	80	78	67	62	71	67	71	51	137	146	127
<b>Energia Creditada aos Condôminos<sup>1</sup> [kWh]</b>	189.8	165.9	174.1	172.7	168.6	174.5	232.1	211.3	192.5	192.6	194.4	197.5

<sup>1</sup> Dada pela subtração da energia gerada pela energia consumida pelo condomínio. Foi considerado que o crédito de energia foi dividido igualmente entre os 16 apartamentos do edifício.

Nota-se que os créditos a cada unidade consumidora se aproximam, na média (189 kWh/mês), da média de consumo de uma residência do Sul do Brasil no ano de 2015 (178 kWh/mês). Presume-se que o consumo dos apartamentos seja um pouco acima da média, aproveitando-se assim a totalidade dos créditos no abatimento da fatura. Dessa forma, o cálculo de retorno financeiro (Figura 10) se faz verdadeiro, com todos os créditos sendo abatidos pelo consumo total do edifício, mantendo assim o *breakeven* após o término do financiamento (10 anos) e início dos lucros a partir de 145 meses (12 anos e 1 mês).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi apresentado o histórico regulatório brasileiro para o campo de energias renováveis, com o foco na geração distribuída (GD). Junto a ele, mencionou-se como caminha a GD em países desenvolvidos, que dependem desse tipo de geração para suprirem sua demanda energética. Citou-se a Alemanha e seu Energiewende, que possibilitou a muitos mini e microgeradores se unirem e contribuírem gerando energia limpa. Os grandes passos começaram em 2012 com a RN n. 482, que veio a ser alterada pela RN n. 687. Essa alteração, de novembro de 2015, regulamenta os regimes de autoconsumo remoto de forma clara, além de estabelecer diretrizes para unidades consumidoras geradoras que queiram se organizar em cooperativas de geração distribuída.

Nesse sentido, o trabalho apresenta um ante-projeto de geração distribuída solar para um condomínio de prédios localizado em Curitiba (PR). Pela aferição de área e equipamentos disponíveis, o prédio consegue produzir uma energia de 37317 kWh/ano, equivalente a suprir toda a energia do condomínio e de quase totalidade das suas 16 unidades consumidoras. O modelo financeiro aplicado para o cálculo de retorno é simplório, considerando um financiamento de 10 anos à taxa de juros de longo prazo (6%a.a.) e preço da energia atualizado mês-a-mês pelo IPCA médio (0,5%a.m.). A estimativa trouxe um *breakeven* equivalente ao tempo de financiamento do projeto (no valor total de R\$260.000,00 aproximadamente, R\$ 466.999,40 o montante do financiamento), com início dos lucros a partir do mês 145 (12 anos e 1 mês).

## REFERÊNCIAS

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Procedimento de Regulação Tarifária**: Submódulo 6.8 Bandeiras Tarifárias. Brasília: ANEEL, 2016.

BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa n. 481 de 17 de abril de 2012**. Altera a Resolução Normativa nº 77, de 18 de agosto de 2004.

BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa n. 482 de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa n. 687 de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição - PRODIST.

BRASIL. **Decreto n. 5.163, de 30 de julho de 2004**. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, DF, 30 jul. 2004. Seção 1, p.1.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Portaria n. 538 de 15 de dezembro de 2015**. Programa de Geração Distribuída de Energia Elétrica.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Balço Energético Nacional 2015**: ANO base 2014. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

MINISTÉRIO de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024**. Brasília: MME/EPE, 2015.

MORRIS, C.; PEHNT, M. **Energy transition: the German Energiewende**. Berlin: Heinrich Böll Stiftung, 2015.