

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

ELISABETH KOOPMAN OVANDO

**Análise do efeito dos atuais programas lançados pelo governo para
incentivo ao uso da geração distribuída com energia fotovoltaica**

São Carlos

2016

ELISABETH KOOPMAN OVANDO

**Análise do efeito dos atuais programas lançados pelo governo para
incentivo ao uso da geração distribuída com energia fotovoltaica**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Escola de Engenharia de São Carlos para
obtenção do diploma de Engenheira de
Produção Mecânica

Orientador: Ricardo Quadros Machado

São Carlos

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Ricardo Quadros Machado pela disponibilidade oferecida ao aceitar orientar uma aluna vinda de outro departamento, e pelo apoio e confiança depositados.

Ao Guilherme Fuzato pela atenção, dedicação e amizade ao longo deste trabalho, fundamentais para a realização do mesmo.

À professora Daisy Rebelatto pela constante disposição em me ajudar com conversas e conselhos a respeito desta pesquisa.

Ao NAPRA e, principalmente à equipe de Nazaré e membros desta comunidade, pela vivência e aprendizado, os quais foram responsáveis por todas as escolhas pessoais e profissionais que tive após esta experiência.

À minha família Juan, Martha, Laura, Alberto e Joaquim pela amizade, inspiração e incentivo constantes.

Às meninas da minha república, pela cumplicidade e paciência ao longo de todas as horas dedicadas a este trabalho, e à Janna, pelo empenho e disponibilidade.

Aos amigos em geral, pelo indescritível.

RESUMO

OVANDO, E. K. Análise do efeito dos atuais programas lançados pelo Governo para incentivo ao uso da geração distribuída com energia fotovoltaica. Trabalho de conclusão de curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2016.

Nos últimos anos foi possível observar um alto crescimento da potência instalada de energia fotovoltaica no mundo, o que sugere sua capacidade de se tornar relevante na matriz energética mundial. Paralelamente a isto, no Brasil observou-se em 2013 uma crise hídrica, que aumentou a necessidade de se optar por novas fontes de energia. Em consequência desta crise o Governo expandiu programas já existentes e criou novos, como forma de incentivar o uso de novas formas de energia.

Este trabalho visa analisar e quantificar o impacto na viabilidade econômica gerado pelos atuais programas de incentivo lançados pelo Governo em instalações de energia fotovoltaica nas classes de consumo residencial e rural.

Para dar suporte a esta análise foi feito um estudo de tais programas e também dos programas de incentivo aplicados na Alemanha, a fim de se ter uma base de comparação. Além disso, foi feito o levantamento do consumo de energia, bem como dos demais dados pertinentes ao dimensionamento de projetos fotovoltaicos para quantificar o impacto da implementação dos programas de incentivo.

Ao final deste trabalho, são apresentados os resultados da identificação dos cenários mais positivamente influenciados pelos programas e hipómonografias que justificam a não-efetividade dos programas nos demais casos.

Palavras-chave: energia fotovoltaica, viabilidade econômica, geração distribuída, programas de incentivo, ProGD, REN-482.

ABSTRACT

OVANDO, E. K. Analysis of the effect of the Brazilian government initiatives to support the distributed generation of photovoltaic energy. Final Project – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2016.

Over the last years, there was an increase on the use of photovoltaics energy, what suggests the possibility that it becomes a relevant worldwide energy matrix. At the same time, there was a hydric crisis in Brazil, what increased the necessity of using alternatives sources of energy other than hydropower. Due to this crisis, the Brazilian government expanded the existent initiatives and created others, in order to promote alternative energy sources.

This project aims to analyze and quantify the impact of the current initiatives used by the Government on the economic viability of photovoltaic power generation for domestic and rural usage.

In order to support this analysis, this dissertation addresses a study of such initiatives and a comparison with initiatives used in Germany. Additionally, it was performed a study on the consumption of electrical power as well as other relevant data for photovoltaic projects design, which assisted the quantification of the impact of such efforts.

The result of this research was the identification of the scenarios best influenced by the initiatives and a hypothesis that explains why the other initiatives were not as effective.

Keywords: Photovoltaic energy, economic viability, distributed generation, incentive initiatives, ProGD, REN-482.

Lista de figuras

Figura 1 - Índice de Irradiação solar no mundo. (Fonte: Breyer; Gerlach, 2012)	19
Figura 2 - Crescimento percentual do consumo pelas fontes renováveis de energia na Alemanha. (Fonte: Fraunhofer, 2015)	20
Figura 3: Sistema net metering ilustrativo. Fonte: SolarPanels	26
Figura 4 - Evolução da geração elétrica a partir de fontes renováveis de energia na Alemanha. Fonte: Brüggemeier, 2015.	29
Figura 5: Curva de rendimento do painel fotovoltaico utilizado. Fonte: Catálogo Axitec	31
Figura 6: Evolução mensal acumulada da tarifação de energia elétrica no Brasil. Fonte: DIEESE, 2015.....	32
Figura 7: Preço médio [eur/W] de inversores. Fonte: Photon <i>International</i> , 2015.	33
Figura 8: Preço médio [eur/W] de módulos Chineses. Fonte: Photon <i>International</i> , 2015.....	33
Figura 9 - Taxas (%) de subsetores do quarto trimestre de 2015 em relação ao mesmo trimestre de 2014. Fonte: IBGE, 2015	37
Figura 10 - Variação do investimento inicial do projeto na classe residencial da região Norte.	45
Figura 11 - Variação do investimento inicial do projeto na classe rural da região norte.	47
Figura 12 - Variação do investimento inicial do projeto na classe residencial da região nordeste.	49
Figura 13 - Variação do investimento inicial do projeto na classe rural da região nordeste. ..	51
Figura 14 - Variação do investimento inicial do projeto na classe residencial da região centro-oeste.	53
Figura 15 - variação do investimento inicial do projeto na classe rural da região centro-oeste.	55
Figura 16 - Variação do investimento inicial do projeto na classe residencial da região sudeste.....	57
Figura 17 - Variação do investimento inicial do projeto na classe rural da região sudeste....	58
Figura 18- Variação do investimento inicial do projeto na classe residencial da região sul. ..	60
Figura 19 - Variação do investimento inicial do projeto na classe rural da região sul.	62
Figura 20 - Sensibilidade do VPL e TIR aos impostos no caso rural da região nordeste.....	65
Figura 21 - Sensibilidade do VPL e TIR aos impostos no caso rural da região centro-oeste..	66
Figura 22 - Sensibilidade do VPL e TIR aos impostos no caso rural da região sul.....	66

Lista de tabelas

Tabela 1 - Custo da energia por região e classe de consumo.....	39
Tabela 2 - Consumo anual real por região e classe de consumo	39
Tabela 3 - consumo anual comercial por região e classe de consumo.....	40
Tabela 4 - Número de painéis por região e classe de consumo	41
Tabela 5 - Resultados obtidos no cenário sem incentivos e TMA = Selic	42
Tabela 6 - Resultados obtidos no cenário com incentivos e TMA = Selic	42
Tabela 7 - Resultados obtidos no cenário sem incentivos e TMA = crescimento das companhias de energia.....	43
Tabela 8 - Resultados obtidos no cenário com incentivos e TMA = crescimento das companhias de energia.....	43
Tabela 9 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe residencial da região norte.	44
Tabela 10 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe rural da região norte.	46
Tabela 11 - econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe residencial da região nordeste	48
Tabela 12 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe rural da região nordeste	50
Tabela 13- Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe residencial da região centro-oeste	52
Tabela 14 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe rural da região centro-oeste	54
Tabela 15 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe residencial da região sudeste.....	56
Tabela 16 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe rural da região sudeste	58
Tabela 17 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe residencial da região sul.....	60
Tabela 18 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe rural da região sul	61

Lista de siglas

AFRMM – Adicional de Frete para Renovação da Marinha Mercante

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

AHK – Deutsch-Brasilianische Industrie und Handelskammer

BACEN – Banco Central do Brasil

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

Cepel – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica

COFINS – Contribuição para financiamento da seguridade social

DIEESE – Departamento intersindical de estatística e estudos socioeconômicos

EPIA – *European Photovoltaic Industry Association*

GD – Geração distribuída

ICMS – Imposto sobre circulação de mercadorias e prestação de serviços

IPI – Imposto sobre produtos industrializados

MME – Ministério de Minas e Energia

PIS – Programa de integração social

PRODIST – Procedimentos de distribuição

ProGD – Programa de geração distribuída

SISCOMEX – Sistema Integrado de Comércio Exterior

SFCR – Sistemas fotovoltaicos conectados à rede

TIR – Taxa interna de retorno

TMA – Taxa mínima de atratividade

VPL – Valor presente líquido

Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE SIGLAS	15
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. OBJETIVO.....	22
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
3.1 ÍNDICES ECONÔMICOS	23
3.1.1 <i>Valor presente líquido (VPL).....</i>	23
3.1.2 <i>Taxa interna de retorno (TIR).....</i>	24
3.1.3 <i>Payback descontado</i>	24
3.2 CONTEXTO DA REGULAMENTAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL E ALEMANHA	25
3.2.1 <i>Cenário atual no Brasil</i>	25
3.2.2 <i>Programas de incentivo</i>	27
3.2.3 <i>Incentivos alemães.....</i>	28
4. METODOLOGIA	30
4.1 DADOS UTILIZADOS NO MÉTODO.....	30
4.1.1 <i>Especificações do painel fotovoltaico.....</i>	30
4.1.2 <i>Taxas e tributações</i>	31
4.1.3 <i>Custos de implementação</i>	34
4.2 CENÁRIOS ESTUDADOS	35
4.2.1 <i>Sem programas de incentivo.....</i>	35
4.2.2 <i>Aplicação total dos programas de incentivo.....</i>	36
4.2.3 <i>TMA igual à Selic</i>	36
4.2.4 <i>TMA acompanhando o crescimento das companhias de energia</i>	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 DADOS ESPECÍFICOS POR GRUPO DE ESTUDO.....	38
5.1.1 <i>Custo da energia.....</i>	38
5.1.2 <i>Consumos anuais de energia (real e comercial).....</i>	39
5.1.3 <i>Dimensionamento do número de painéis</i>	41
5.2 NORTE	43
5.2.1 <i>Residencial.....</i>	44
5.2.2 <i>Rural</i>	46
5.3 NORDESTE	48
5.3.1 <i>Residencial.....</i>	48
5.3.2 <i>Rural</i>	50
5.4 CENTRO-OESTE	52
5.4.1 <i>Residencial.....</i>	52
5.4.2 <i>Rural</i>	54
5.5 SUDESTE	55
5.5.1 <i>Residencial.....</i>	56
5.5.2 <i>Rural</i>	57
5.6 SUL.....	59
5.6.1 <i>Residencial.....</i>	59
5.6.2 <i>Rural</i>	61
5.7 OBSERVAÇÕES GERAIS.....	62
5.7.1 <i>Investimento viável de qualquer maneira</i>	63

5.7.2	<i>Investimento inviável de qualquer maneira</i>	64
5.7.3	<i>Os programas de incentivo ocasionaram a viabilidade</i>	67
5.7.4	<i>Companhias de energia dificultando a viabilidade da geração distribuída</i>	67
5.7.5	<i>Cenário alemão e sua aplicabilidade no Brasil</i>	69
6	CONCLUSÃO	70
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

1. Introdução

Na última década, estudos divulgados pelo *European Photovoltaic Industry Association* (EPIA, 2012) afirmaram que a potência global instalada de energia fotovoltaica cresceu de maneira robusta e constante, mesmo nos momentos de crise econômica e financeira mundial. Este crescimento decorreu tanto de incentivos governamentais, como do barateamento do processo produtivo dos painéis fotovoltaicos (IEA, 2014). O aumento de demanda por energia, associada aos argumentos citados anteriormente, demonstram o potencial desta fonte de energia em se tornar cada vez mais relevante na matriz energética mundial.

A Figura 1 mostra a irradiação dos países ao redor do mundo. O notável potencial solar do Brasil sugere a conveniência da adoção deste recurso como fonte de energia. Também é perceptível a baixa irradiação de países referência nesta fonte, como a Alemanha e Itália, o que sugere que existem outros fatores limitantes ao uso desta energia, e não somente a

irradiação.

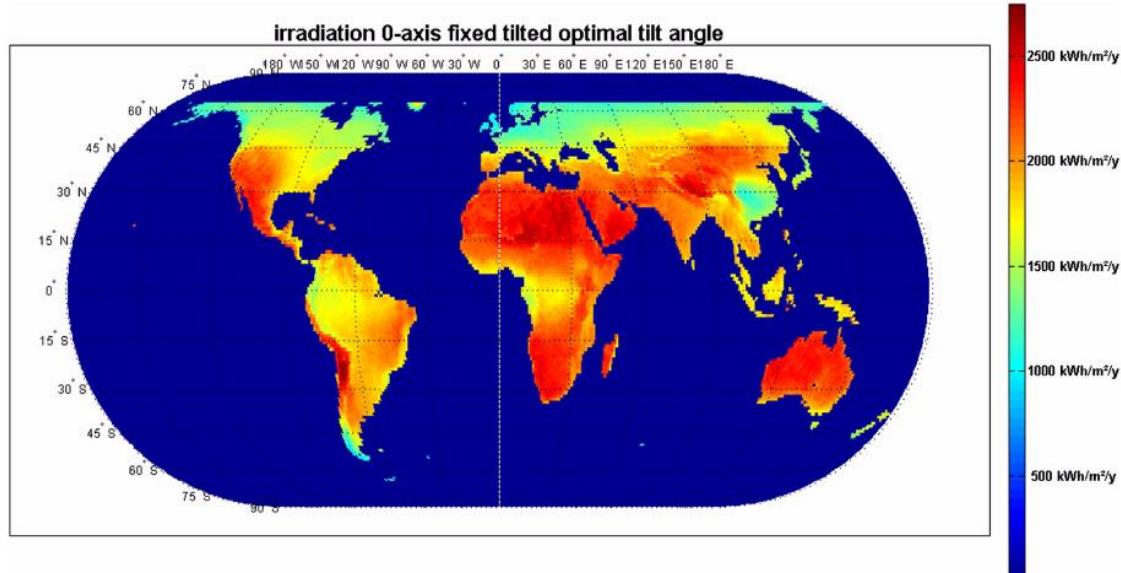


Figura 1 - Índice de Irradiação solar no mundo. (Fonte: Breyer; Gerlach, 2012)

Sobre o caso da Alemanha, a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE, 2012), em estudo realizado aponta sobre o investimento governamental feito a fim de viabilizar a fonte de energia fotovoltaica: governo alemão investiu em políticas de incentivo à geração distribuída e em desenvolvimento tecnológico no setor. A eficácia destas

medidas pode ser confirmada ao se observar a representatividade desta fonte de energia na Alemanha, mesmo sendo um país com baixa taxa de irradiação.

A Figura 2 mostra o crescimento do consumo de fontes renováveis de energia na Alemanha nos últimos dez anos. Vale ressaltar que o crescimento do uso da energia fotovoltaica se deve quase que exclusivamente aos incentivos governamentais, que serão analisados mais profundamente ao longo deste trabalho.

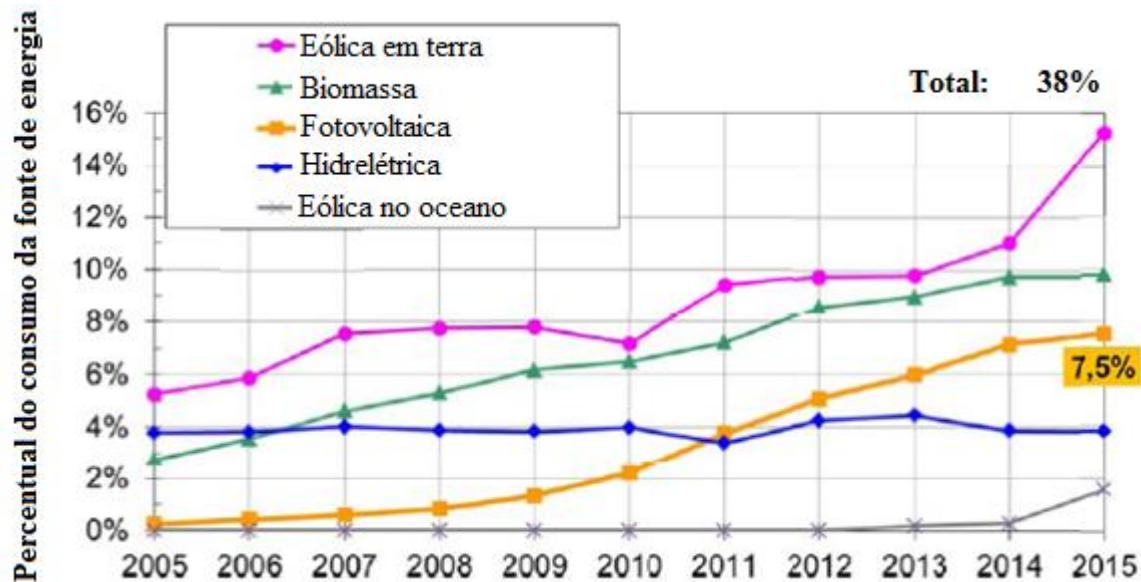


Figura 2 - Crescimento percentual do consumo pelas fontes renováveis de energia na Alemanha. (Fonte: Fraunhofer, 2015)

Em contraste com a situação alemã, no Brasil a representatividade do consumo de energia proveniente das fontes alternativas eólica, fotovoltaica, geotérmica, biomassa e biocombustível é inferior a 2% (CASTRO et al., 2013). Neste contexto, a crise energética brasileira resultante, principalmente, do baixo nível das hidrelétricas em 2013 associada ao aumento da demanda de energia elétrica, contribuíram para a necessidade de implementação de fontes alternativas de energia. Porém, apesar da abundância de irradiação, o elevado custo e o baixo índice de nacionalização dos componentes ainda são entraves na implantação massiva de painéis fotovoltaicos (JANNUZZI; GOMES; VARELLA, 2009).

Em vista deste entrave, o governo tem elaborado vários planos de ação, a exemplo do Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), Programa Nacional de Fortalecimento à Agricultura Familiar (Pronaf), da Resolução Normativa 482 e Programa de Geração Distribuída (ProGD), sendo estes dois últimos os estudados nesta monografia, por

sua particularidade de tratar a geração distribuída¹ operando no modo conectado à rede de distribuição de energia, e não apenas a respeito da geração isolada².

¹ Geração distribuída: geração elétrica realizada o mais próximo possível do consumidor; independente da potência, tecnologia e fonte de energia.

² Geração isolada: sem conexão com o sistema de distribuição de energia.

2. Objetivo

A partir dos planos de ação citados anteriormente, o objetivo geral desta monografia é estudar a efetividade dos mesmos para incentivar o uso da geração distribuída por fontes de energia renováveis. A análise foi realizada comparando os incentivos propostos pelo governo Alemão (país que notadamente foi eficiente em seus programas), com o Brasil que, apesar de apresentar potencial para instalação deste tipo de fonte, ainda apresenta dificuldades. Espera-se com este trabalho compreender a fundo os efeitos dos programas lançados pelo governo a fim de entender tais falhas e propor novas medidas.

Assim, os objetivos específicos desta monografia são:

- Calcular o investimento inicial necessário para implementação de energia fotovoltaica, bem como custos de manutenção necessários durante o horizonte de planejamento, em cada um dos casos estudados;
- Calcular as variáveis econômicas VPL, TIR e *Payback* referentes a cada caso estudado;
- Analisar quantitativamente a maneira como estas variáveis econômicas se alteram com a adoção total dos programas de incentivo propostos pelo Governo;
- Compreender os programas de incentivo propostos pelo Governo alemão e avaliar sua aplicabilidade no contexto brasileiro.

3. Revisão bibliográfica

Neste capítulo é apresentado todo o embasamento teórico relevante para a compreensão desta monografia. São explicados os índices econômicos utilizados para quantificar o efeito dos programas de incentivo propostos pelo Governo brasileiro e o atual contexto da regulamentação das energias renováveis, tanto no Brasil quanto na Alemanha.

3.1 Índices econômicos

Ross (Westerfield; Jaffe; 2007) afirma que a tomada de decisões de investimento requer conhecimento dos princípios econômicos básicos dos mercados financeiros. Em vista disso, este tópico aborda os três índices econômicos que darão sustento ao presente trabalho, no âmbito da viabilidade econômica.

3.1.1 Valor presente líquido (VPL)

Este índice consiste na diferença entre o valor presente dos fluxos futuros de caixa e o investimento inicial do projeto, como mostra a equação 1. Estes fluxos futuros são o valor de determinada quantia após aplicação por um ou mais períodos. Seu critério de decisão consiste em aceitar o investimento apenas quando o valor do VPL for maior ou igual a zero, caso contrário, o investimento deve ser rejeitado (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2007).

$$VPL = -FC_0 + \sum_{k=1}^n \frac{FC_k}{(1+i)^k} \quad (1)$$

Sendo:

FC_k = Fluxos de caixa referentes a cada ano do horizonte de planejamento

FC_0 = Investimento inicial do projeto

$k (1; n)$ = períodos do horizonte de planejamento

i = taxa mínima de atratividade do projeto

3.1.2 Taxa interna de retorno (TIR)

Gitman (1987) define a taxa interna de retorno como a taxa de desconto necessária para igualar o valor atual das entradas ao investimento inicial, cujo cálculo é dado pela equação 2. Em outras palavras, o TIR é a taxa que iguala o VPL a zero. Seu critério de decisão é aceitar o projeto caso seu valor seja maior que a taxa de desconto e rejeitá-lo, caso contrário (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2007).

$$0 = -FC_0 + \sum_{k=1}^n \frac{FC_k}{(1 + TIR)^k} \quad (2)$$

Sendo:

FC_k = Fluxos de caixa referentes a cada ano do horizonte de planejamento

FC₀ = Investimento inicial do projeto

k (1; n) = períodos do horizonte de planejamento

3.1.3 Payback descontado

Gitman (1987) afirma que *Payback* consiste no tempo necessário para se recuperar um investimento inicial. Este método não considera o fator tempo no valor dinheiro, o que, consequentemente, não reflete a realidade. O que esta variável fornece portanto, é uma estimativa para realizar cálculos de modo simplificado. A partir disso, adota-se o *payback* descontado, que nada mais é do que o cálculo do *payback* simples a partir de fluxos de caixa descontados de acordo com uma TMA escolhida (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2007).

3.2 Contexto da regulamentação de energias renováveis no Brasil e Alemanha

Este tópico aborda os programas de incentivo propostos e/ou vigentes no Brasil e na Alemanha. Os dados dos programas brasileiros são utilizados como base para os cálculos da viabilidade econômica, enquanto os dados dos programas alemães são utilizados para comparação com a eficácia observada no contexto brasileiro.

3.2.1 Cenário atual no Brasil

Segundo manual de engenharia fornecido pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB, 2014), existem cinco principais aplicações para sistemas fotovoltaicos: sistemas isolados (que necessitam de algum tipo de armazenamento), sistemas de bombeamento de água (para irrigação, por exemplo), sistemas de telecomunicações e monitoramento remoto (a exemplo de telefones de emergência em estradas e estações remotas de rádio), sistemas de proteção (de metais: caso de proteção catódica, que impede corrosão de metais; ou pessoas, caso de cercas elétricas, por exemplo) e sistemas conectados à rede, sendo este último o mais relevante para o presente estudo.

O uso de sistemas que operam conectados à rede dispensa o uso de baterias, uma vez que a energia gerada é consumida diretamente pelo produtor ou injetada na rede de distribuição ou transmissão de energia (CRESESB, 2014). Para este segundo caso, o Brasil adota o sistema de compensação de energia elétrica, definido pela Resolução 517/2012 da ANEEL, da seguinte maneira:

[...] sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro

de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda.

Esta definição segue o sistema *net metering*, que está ilustrado na Figura 3:

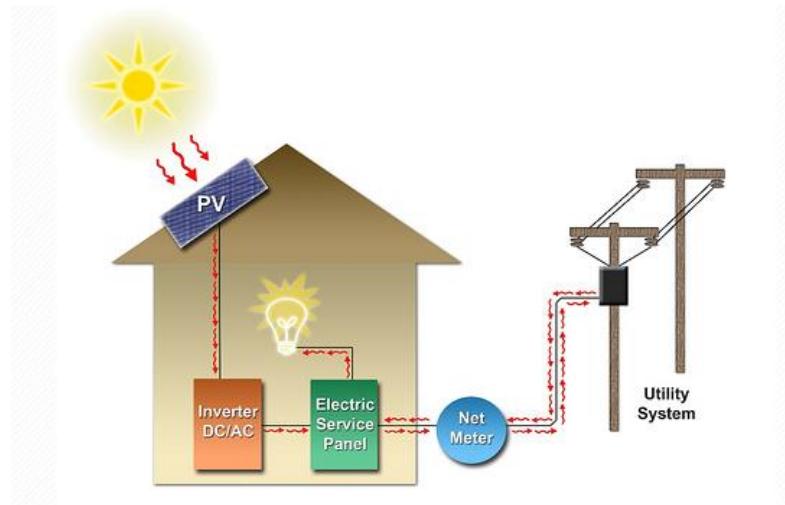


Figura 3: Sistema net metering ilustrativo. Fonte:SolarPanels

A energia captada do sol é convertida em energia elétrica. O excedente de energia é injetado na rede seguindo critérios citados acima, e caso não seja encaminhado à outra unidade consumidora, é compensado nos meses seguintes (em outras palavras, é abatido no valor da conta de luz). Neste caso a energia gerada e obtida tem o mesmo valor.

Este sistema difere do sistema *feed in tariffs*³ justamente por isso. No sistema *feed in tariffs* o consumidor recebe referente ao excedente com base na tarifa local com acréscimo de uma tarifa prêmio. Esta tarifa é garantida em longo prazo, o que dá mais segurança aos projetos. Uma vez que a energia gerada tem maior valor comparado à energia obtida, percebe-se que este método é mais eficiente no que diz respeito ao incentivo da produção de energia pelo consumidor (POULLIKKAS, 2013).

Entre os países que adotaram o sistema *net metering* estão Brasil, Austrália e Estados Unidos; entre os países que adotaram o sistema *feed in tariffs* estão Alemanha, Dinamarca e Espanha (POULLIKKAS, 2013).

³Referenciado no Brasil como Tarifa-prêmio

3.2.2 Programas de incentivo

A tecnologia referente à geração de energia solar ainda é cara, e pouco justificável ao se considerar fontes mais usuais no Brasil, como a hidrelétrica, por exemplo (JANNUZZI; GOMES; VARELLA, 2009). Em vista disso, coube ao governo propor programas que viabilizassem a adoção desse sistema de geração de energia, tornando-a mais acessível financeiramente. Abaixo estão definidos os mais relevantes ao presente estudo⁴:

3.2.2.1 Resolução Normativa Nº482/2012(REN 482)

Divulgada em 2012, a REN 482 (ANEEL, 2012) estabeleceu, entre outras, as condições gerais para micro e minigeração de energia. Ela define da seguinte maneira estes conceitos:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Acredita-se que ela tenha sido, até então, o maior avanço para a geração distribuída no Brasil, uma vez que esta medida permitiu a geração de energia por parte dos consumidores (EPE, 2014). Todos os programas que surgiram a partir desta resolução são decorrência dela.

Além do conceito de micro e minigeração, é esta norma também que inclui o sistema de compensação de energia⁵, na qual o excedente é injetado na rede e debitado em meses seguintes (fica disponível pelos próximos 36 meses a partir de sua produção), no caso de excedente negativo.

⁴Há outros programas de incentivo em execução atualmente, porém devido à sua não relevância nas análises deste trabalho, não são citados.

⁵Conceito explicado no tópico 1.2.1.

3.2.2.2 Programa de Geração Distribuída (ProGD)

O Programa de Geração Distribuída (ProGD) consiste num programa lançado pelo governo e que teve seu início em 2016. Estima-se que até 2030, R\$100bi serão investidos em geração distribuída, com destaque para as energias solar e eólica. Seu principal propósito é aumentar o estímulo à utilização de fontes renováveis de energia por parte dos consumidores, por meio de atualizações na REN-482 e criação de novos planos (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2015).

O ProGD tem como principais pontos:

- Aumento do prazo para utilização de excedente de energia: a REN 482 determinava um prazo de 36 meses para uso do excedente; o ProGD estende a 60 meses este prazo;
- Possibilidade de instalação em condomínios. Os usuários determinam a forma com que a compensação é feita em suas unidades;
- Geração compartilhada: vários consumidores podem se unir numa espécie de cooperativa para gerar e compartilhar energia (semelhante à instalação em condomínios);
- Isenção de ICMS e PIS/Cofins;
- Redução do imposto de importação, de 14% para 2%;
- Criação de linhas de crédito e financiamento de projetos de sistemas de GD.

Além destes pontos, que atacam diretamente a parte de financiamentos destes sistemas, serão criados grupos de trabalho a fim de aprofundar os planos de ação e desenvolvimento já divulgados pelo Ministério de Minas e Energia, além de propor novos planos. Fazem parte deste grupo membros do MME, Aneel, EPE, Cepel e CCEE (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2015).

3.2.3 Incentivos alemães

As políticas de incentivo do uso de energias alternativas de energia na Alemanha foram realizadas de modo diferente ao do governo brasileiro. Neste contexto, pode-se destacar dois principais programas de incentivo do uso de energias alternativas renováveis por parte do governo alemão: o *Energiewende* e o *Erneuerbare-Energien-Gesetz* (EEG).

O programa *Energiewende* (Transição de Energia) foi lançado com a finalidade de abolir o uso de energias não-renováveis no país. Um dos incentivos lançados foi uma sobretaxa aos consumidores que não aderissem à utilização de fonte renovável de energia. Em outras palavras, a energia de quem não utiliza uma fonte renovável custa mais caro. Além disso, o excedente proveniente desta sobretaxa é utilizado para subsidiar a instalação de placas solares de novos projetos (ENERGIEWENDE, 2013).

Outro programa implementado foi o EEG, lei das energias renováveis, que atribuiu a adoção do sistema *feed-in tarif*, citado anteriormente. Este sistema dá maior segurança ao consumidor, uma vez que a venda da energia é garantida pelo governo (no caso da Alemanha, durante 20 anos), o que permite um bom retorno sobre o investimento (LANG; LANG, 2013).

A Figura 4 abaixo mostra a evolução da geração de energia relacionada aos incentivos propostos. Vale ressaltar que a lei de injeção prioritária (StrEG) impactou apenas nas fontes eólica, hídrica e biomassa (pelo fato de elas serem na época, diferente da energia fotovoltaica, comparativamente baratas) e, portanto, não foi citada nesta monografia (Brüggemeier, 2015).

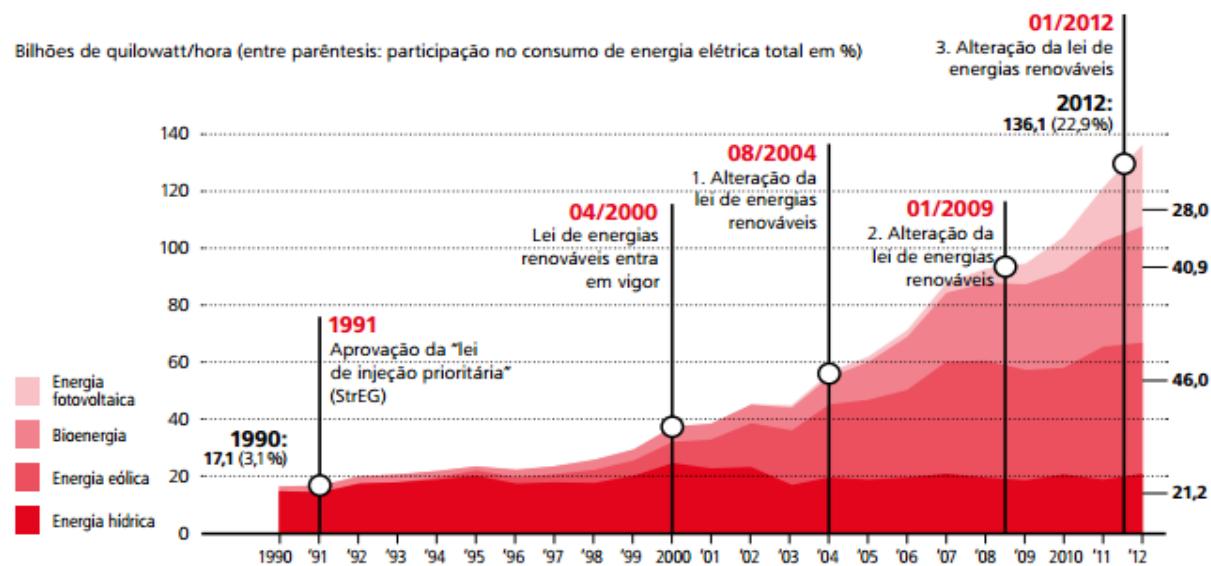


Figura 4 - Evolução da geração elétrica a partir de fontes renováveis de energia na Alemanha. Fonte: Brüggemeier, 2015.

O sucesso destas medidas fez com que a Alemanha, em 2011, fosse responsável por 44% da energia solar produzida na Europa, continente de maior capacidade instalada.

4. Metodologia

Neste capítulo são apresentados todos os dados de entrada para cálculo que resultou nas variáveis (VPL, TIR e *payback*) pretendidas. Estes dados estão divididos em duas partes: os dados que são comuns a todos os grupos de estudos escolhidos, e uma sucinta explicação e justificativa de cada cenário adotado para a análise desta monografia. Os dados específicos para cada um destes grupos de estudo, que também são dados de entrada para as variáveis econômicas, são apresentados nos resultados, uma vez que são provenientes de cálculos.

4.1 Dados utilizados no método

Neste subtópico são apresentados os dados que não variam de acordo com o grupo de estudo em questão. São eles: as especificações do painel fotovoltaico (assumiu-se para este trabalho que, em todos os casos é utilizado o mesmo painel); as taxas e tributações referentes ao custo da energia e da aquisição dos equipamentos, e impostos sobre a importação dos módulos e inversores.

4.1.1 Especificações do painel fotovoltaico

Os dados do painel foram obtidos a partir de catálogo da marca AXITEC, uma marca que combina tecnologias alemãs e brasileiras.

Vale ressaltar que, na prática, cada caso exige um módulo diferente que se enquadra melhor ao contexto do projeto em questão. Para facilidade de cálculos, para este trabalho adotou-se o mesmo módulo para todos os casos, uma vez que se trata de um espaço amostral muito grande. Apesar desta aproximação os dados obtidos são coerentes da realidade e, portanto, válidos.

A Figura 5 abaixo consiste na curva de rendimento do painel, que foi utilizada para calcular a produção de energia de acordo com cada ano de seu horizonte de planejamento.

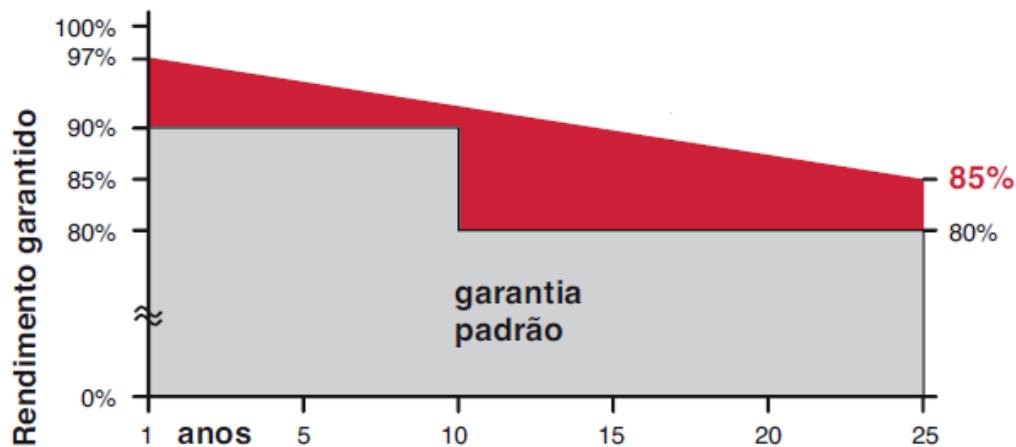


Figura 5: Curva de rendimento do painel fotovoltaico utilizado. Fonte: Catálogo Axitec

Ainda deste catálogo, foram utilizados nos cálculos as seguintes especificações:

- Dimensões: 1,64x0,992 m
- Capacidade nominal: 0,25 kwp
- Eficiência do módulo: 15,37%

4.1.2 Taxas e tributações

Como não existe produção nacional consolidada de células fotovoltaicas, foram incorporados os impostos de importação para o cálculo do investimento inicial que compõe o projeto do sistema adquirido. Adicionalmente, foi considerado que o custo da energia produzida é a entrada de caixa que compõe o fluxo de caixa calculado para cada caso.

Além disso, para tornar os dados mais coerentes com a realidade foram consideradas variáveis resultantes do crescimento econômico do país, que impactam na evolução de preços e custos ao longo dos anos.

Todas estas taxas e tributações estão especificadas a seguir:

- **Tarifação:** consiste no aumento médio anual da tarifação de energia elétrica. A Figura 6 mostra o aumento acumulado desta tarifação nos dois últimos anos no Brasil.

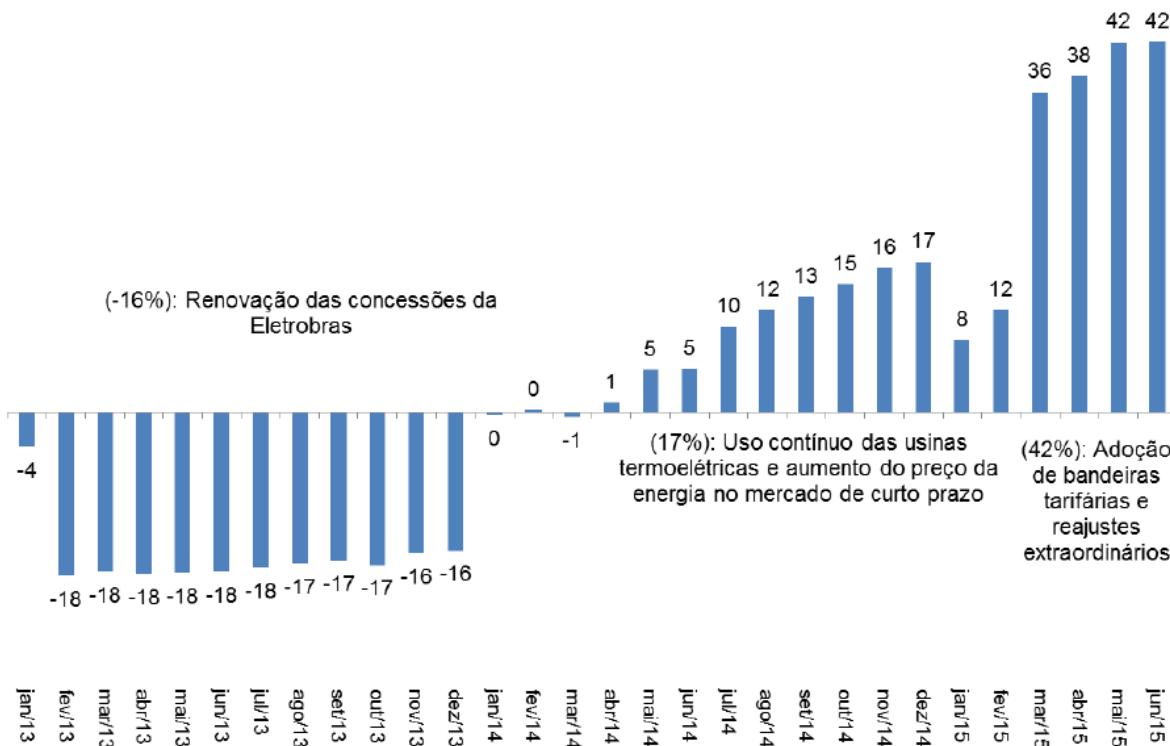


Figura 6: Evolução mensal acumulada da tarifação de energia elétrica no Brasil. Fonte: DIEESE, 2015.

Observando esta figura, nota-se o elevadíssimo crescimento no último ano, devido à adoção de bandeiras tarifárias e reajustes extraordinários, medidas provenientes da última crise hídrica. Uma vez que estas foram medidas decorrentes da crise, ou seja, não acompanharam um crescimento natural da economia, optou-se por utilizar o aumento da tarifação de 2014, 17%, quando ainda não se haviam iniciado tais medidas e, portanto, está mais próximo da realidade.

- **Inflação:** foi obtida no site da Nova Bolsa (Bmf&Bovespa), considerando cotação do dia 20 de novembro de 2015. Seu valor no dia era 10,92%, e este dado foi utilizado para estimar o aumento do preço de manutenção anual necessário nos painéis.

- **Selic:** esta taxa foi obtida a partir do site do BACEN (Banco Central do Brasil), considerando cotação do dia 20 de novembro de 2015. Seu valor no dia era 14,25%, e foi utilizado como uma das opções da TMA estudadas nesta monografia.
- **Custo do equipamento:** este custo foi definido a partir da última publicação da PHOTON international (2015), na qual informa o preço médio (e também sua variação nos últimos meses) de módulos e inversores de origem chinesa comprados pelo mercado alemão. Vale ressaltar que o Brasil ainda não possui fabricação nacional de todos os componentes, sendo plausível o uso de bases de dados internacionais para tais dados.

As Figuras 7 e 8 abaixo mostram a evolução dos preços de inversores e módulos, respectivamente.

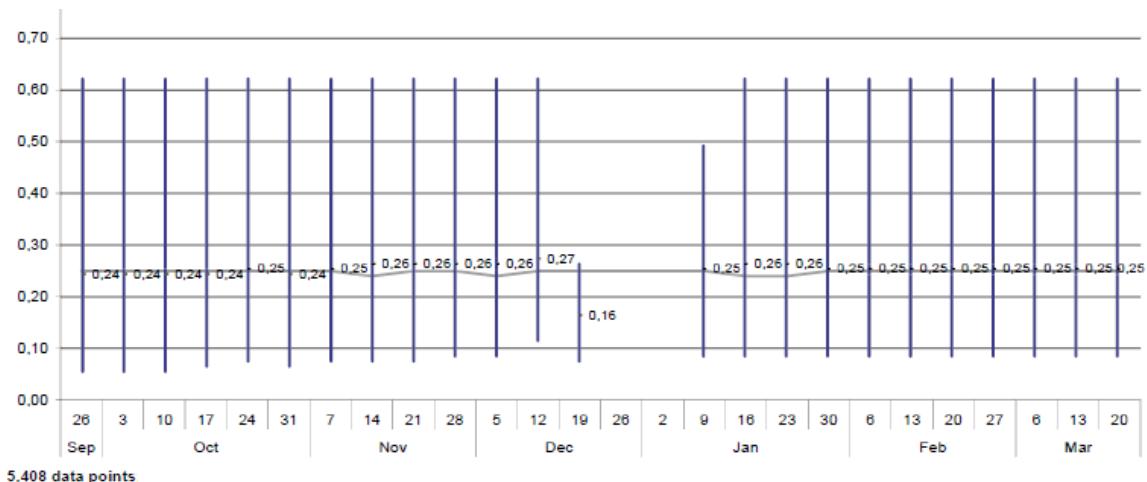


Figura 7: Preço médio [eur/W] de inversores. Fonte: Photon International, 2015.

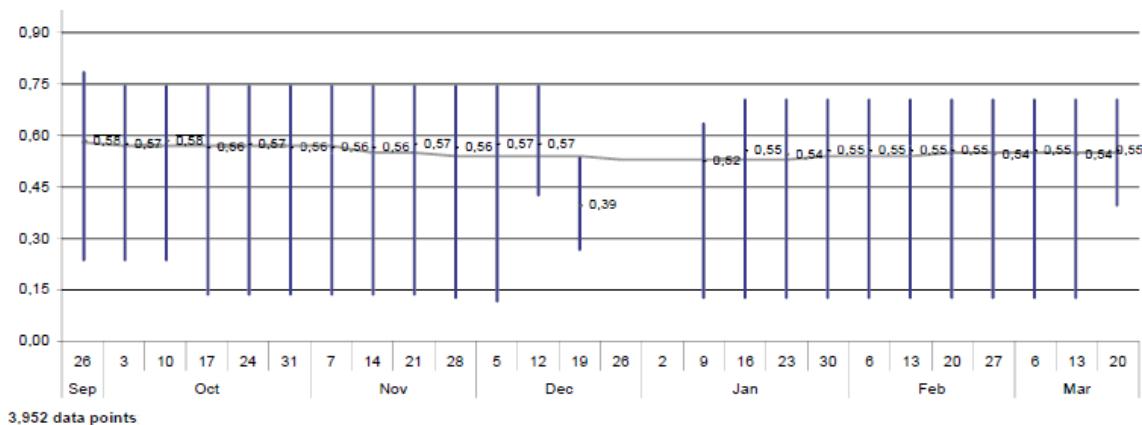


Figura 8: Preço médio [eur/W] de módulos Chineses. Fonte: Photon International, 2015.

Pode-se observar em ambas as figuras que o preço médio quase não varia. Sendo assim, foram utilizados os mais recentes valores observados: 0,25 €/W para inversores, e 0,55 €/W para módulos.

- **Impostos de importação:** o cálculo do preço dos equipamentos após a importação foi feito a partir de estudo divulgado pela AHK⁶ (Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha, 2012).

Foram consideradas as seguintes variáveis:

- Frete + seguro internacional: 0,04 €/W para módulos e 0,15 €/W para inversores (ABINEE, 2012);
- IPI: 0% para módulos e 15% para inversores (AHK, 2012);
- PIS: 1,65% para módulos e inversores (AHK, 2012);
- COFINS: 7,6% para módulos e 8,6% para inversores (AHK, 2012);
- Demais taxas⁷: 13% (ABINEE, 2012).
- Imposto de importação⁸;
- ICMS.

A partir destes dados, o cálculo do preço final após a importação foi calculado chegando ao preço final de 0,89 €/W para módulos e 0,59 €/W para inversores.

4.1.3 Custos de implementação

Uma vez calculados os impostos e determinadas as especificações dos módulos, é possível determinar o custo de se ter um sistema fotovoltaico. Este custo inclui o produto propriamente dito, e o custo de instalação e manutenção ao longo do horizonte de planejamento do produto. Vale ressaltar que neste momento os custos serão mostrados em função do consumo de energia, uma vez que cada macrorregião e classe de consumo (cenários estudados) tem um consumo diferente. Esses custos estão especificados a seguir:

⁶ Do alemão Deutsch-Brasilianische Industrie und Handelskammer.

⁷ Siscomex, AFRMM, armazenamento, capitazia, despachante e outros.

⁸ Imposto de importação e ICMS serão tratados mais adiante, uma vez que são afetados pela REN-482 e pelo ProGD

- Custo da compra de painéis e inversores: calculado a partir do preço acima determinado e à cotação do euro (BMF&Bovespa).
- Custo de instalação: engloba cabos, fixação, estrutura, mão-de-obra, projeto, e demais gastos referentes à instalação. Estimado em 3,25 R\$/wp (ABINEE, 2012).
- Manutenção: engloba manutenção preventiva (limpeza periódica e inspeção dos circuitos de potência) e manutenção substitutiva (componentes danificados ou em fim de vida útil). Este custo, considerado durante todos os anos do horizonte de planejamento, varia entre 0,5% a 1% do investimento inicial (SOUZA, 2015). Para o presente trabalho, foi considerado o valor médio desta faixa: 0,75%.

4.2 Cenários estudados

Para análise da viabilidade, foram considerados quatro diferentes cenários: com total e nula aplicação dos programas de incentivo propostos pelo governo, e com TMA sendo igual à Selic ou acompanhando o crescimento das companhias de energia. No ítem seguinte é realizado o detalhamento destes cenários a fim de contextualizá-los e justifica-los.

4.2.1 Sem programas de incentivo

Este cenário corresponde ao cálculo das variáveis propriamente ditas, sem nenhum incentivo econômico ou fiscal. Este item compõe o pior cenário analisado, uma vez que não há nenhum tipo de amparo do governo. O que foi considerado, porém, é o “saldo” de 36 meses na qual a energia fica disponível. Este dado foi utilizado nestes cálculos uma vez que isto já acontece, e não faria sentido, portanto, não considerar, por se tratar de cálculos referentes à realidade atual deste tipo de investimento.

4.2.2 Aplicação total dos programas de incentivo

Além de se aumentar o tempo em que o saldo de energia fica disponível, (de 36 para 60 meses), uma mudança proposta pela REN-482 e posteriormente aprimorada pelo ProGD foi a isenção de alguns impostos (já explicitados no capítulo anterior). Tem-se neste caso a isenção dos impostos de importação e ICMS (para módulos e inversores) e isenção do PIS (para módulos), que incidem no preço de compra do sistema.

4.2.3 TMA igual à Selic

A Selic foi uma das escolhas da TMA uma vez que ela é usada como referência para a economia brasileira. Usa-se esta taxa para definir o piso dos juros do país, sendo assim coerente utilizá-la nos cálculos deste trabalho. O objetivo desta escolha é determinar a viabilidade do investimento de acordo com o cenário atual em que se encontra a economia.

4.2.4 TMA acompanhando o crescimento das companhias de energia

O setor de energia é pouco sensível à variação da economia, uma vez que, independente da situação econômica, as pessoas necessitam de energia. Em situação de crise o usuário diminui sua frequência de compras, porém não o uso da energia. Este fato é perceptível ao se analisar o gráfico comparativo mostrado na Figura 9, relacionando as taxas de crescimento (ou retração) do PIB e de alguns subsetores.

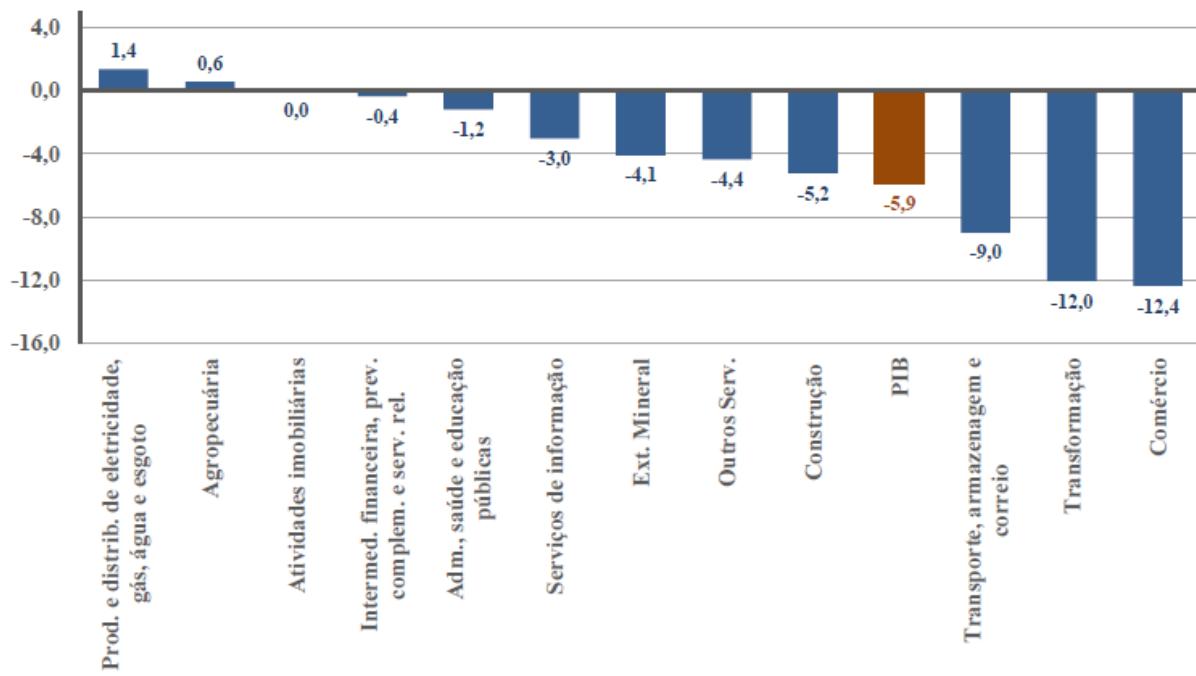


Figura 9 - Taxas (%) de subsetores do quarto trimestre de 2015 em relação ao mesmo trimestre de 2014. Fonte: IBGE, 2015

Pode-se perceber um crescimento sensível, apesar da queda do PIB. Isto quer dizer que as empresas distribuidoras de energia não deixaram de crescer e, portanto, pode-se inferir que não é interessante para elas que uma nova fonte de energia (que induza a autonomia dos consumidores) seja viabilizada. Outro fator que afirma isto é o fato de que a aplicação de sistemas de micro e minigeração ainda é nova no Brasil e, portanto, não existe uma projeção do impacto que isto causará para as companhias distribuidoras de energia, o que consequentemente gera certo receio.

A partir disto, uma das propostas é igualar a TMA ao crescimento das companhias de energia, a fim de compreender a relação entre este crescimento e a viabilidade econômica de se utilizar a geração distribuída com energia fotovoltaica.

Uma vez que a economia se encontra num quadro instável, não foram feitos ainda estudos recentes para quantificar o crescimento das distribuidoras de energia neste cenário, então a taxa usada será referente a dado de estudo referente a 2008- 2010 (Doege; Lakosky, 2012). A taxa obtida foi de 30,66%, e é coerente com a atual realidade, pois, apesar de não existirem ainda estudos que determinam a taxa exata, sabe-se que esta é superior a 30% (CONTE et al., 2014).

5. Resultados e discussão

Neste capítulo serão apresentados primeiramente os resultados obtidos a partir do cálculo para os dados específicos por grupo de estudo, e posteriormente os resultados obtidos em detrimento do objetivo proposto.

5.1 Dados específicos por grupo de estudo

Para este trabalho foram analisadas separadamente as cinco macrorregiões brasileiras, por suas particularidades tanto climáticas quanto econômico-sociais. Além disso, foram consideradas apenas duas das onze⁹ classes de consumo da ANEEL (residencial e rural), uma vez que o foco deste trabalho é referente a consumidores não comerciais.

Segue aqui uma breve exposição dos dados utilizados referentes a cada um destes grupos.

5.1.1 Custo da energia

Os dados referentes ao custo da energia foram retirados de relatório divulgado pela ANEEL. Para cada região o preço da energia foi estipulado a partir da média aritmética do preço cobrado pelas distribuidoras da região em questão, de acordo com a classe de consumo.

A Tabela 1 apresenta estes custos, que foram utilizados no cálculo dos fluxos de caixa de cada cenário estudado neste trabalho:

⁹ Comercial, serviços e outras, consumo próprio, iluminação pública, industrial, poder público, rural aquicultor, rural irrigante, serviço público (água, esgoto e tratamento) e serviço público (tração elétrica).

Tabela 1 - Custo da energia por região e classe de consumo

Custo da energia [R\$/kWh]			
	Residencial	Rural	
Norte	R\$ 0,53	R\$ 0,40	
Nordeste	R\$ 0,51	R\$ 0,34	
Centro-oeste	R\$ 0,60	R\$ 0,32	
Sudeste	R\$ 0,60	R\$ 0,38	
Sul	R\$ 0,61	R\$ 0,32	

Pode-se perceber a diferença entre os valores pagos, tanto pelas macrorregiões quanto pelas classes de consumo. Isto se deve ao fato de que as tarifas de energia refletem às peculiaridades de cada região, ou seja, número de consumidores, tamanho de mercado, tamanho de rede, tributos estaduais, entre outros, influenciam nos preços da energia (ANEEL, 2008). Esta diferença impacta direta e indiretamente a viabilidade econômica da utilização de energia fotovoltaica, conforme será mais discutido ao longo deste capítulo.

5.1.2 Consumos anuais de energia (real e comercial)

O consumo anual real deve ser entendido como o consumo propriamente dito dos consumidores. Este valor foi obtido a partir da média aritmética entre o consumo de todas as unidades consumidoras, por região e classe de consumo. Estes dados foram obtidos a partir de relatório de consumo da ANEEL (2015), e estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Consumo anual real por região e classe de consumo

Consumo anual real [kWh]		
	Residencial	Rural
Norte	2194,022524	2082,05744
Nordeste	1468,241478	2131,935867
Centro-oeste	2164,011367	5239,954805
Sudeste	2179,813212	4605,491667
Sul	2221,945071	5295,209232

Por consumo anual comercial deve-se entender o dado utilizado no projeto, ou seja, a energia que o conjunto de painéis poderá produzir. Este valor é calculado a partir da equação 3 abaixo:

$$Consumo = n \times cn \times rm \times ns \quad (3)$$

Sendo:

n = número de painéis do projeto;

cn = capacidade nominal do painel fotovoltaico utilizado, em kWp;

rm = inteiro superior da radiação solar média da região, em kWh/m².dia;

ns = número de dias ensolarados no ano.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 - consumo anual comercial por região e classe de consumo

Consumo anual comercial [kWh]		
	Residencial	Rural
Norte	2520	2520
Nordeste	1728	2592
Centro-oeste	2520	5760
Sudeste	2520	5400
Sul	2880	6840

Pode-se observar que estes valores são inteiros e superiores ao consumo real; o que é de se esperar, uma vez que a produção pelos painéis deve ser maior que o consumo do usuário. Este é o valor utilizado no cálculo dos fluxos de caixa, uma vez que corresponde à produção propriamente dita do sistema.

5.1.3 Dimensionamento do número de painéis

O número de painéis varia de acordo com a taxa de consumo do usuário, combinada com a irradiação de sua região e especificações dos módulos e inversores utilizados. Este número foi calculado a partir da equação 4:

$$Número\ de\ painéis = n = \frac{cr/ns}{(rm \times \eta_i \times \eta_p \times A)} \quad (4)$$

Sendo:

cr = consumo anual real de energia, em kWh;

ns = número de dias ensolarados no ano;

rm = irradiação solar média da região, em kWh/m².dia;

η_i = eficiência do inversor;

η_p = eficiência do painel;

A = área do painel, em m².

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos a partir deste cálculo.

Tabela 4 - Número de painéis por região e classe de consumo

Número de painéis		
	Residencial	Rural
Norte	7	7
Nordeste	4	6
Centro-oeste	7	16
Sudeste	7	15
Sul	8	19

A partir dos dados apresentados e calculados anteriormente foi possível dimensionar todas as variáveis analisadas neste trabalho. Os fluxos de caixa e posteriores TIR, VPL e *payback* descontado, para análise da viabilidade econômica e elaboração de propostas, em

função dos quatro cenários considerados: com total e ausente uso dos programas de incentivo, e TMA igual à Selic ou igual ao crescimento das companhias de energia elétrica.

Os resultados obtidos para cada caso estão apresentados nas Tabelas 5 a 8:

Tabela 5 - Resultados obtidos no cenário sem incentivos e TMA = Selic

CLASSE DE CONSUMO	REGIÃO	VPL	TIR	PAYBACK (anos)
Residencial	Norte	R\$ 15.706,68	20,29%	14
	Nordeste	R\$ 11.785,16	21,79%	13
	Centro-oeste	R\$ 19.919,88	21,58%	13
	Sudeste	R\$ 19.985,91	21,61%	13
	Sul	R\$ 19.191,07	20,62%	14
Rural	Norte	R\$ 6.303,14	16,96%	19
	Nordeste	R\$ 5.445,09	16,98%	19
	Centro-oeste	R\$ 5.828,96	15,44%	22
	Sudeste	R\$ 12.578,13	16,79%	19
	Sul	-R\$ 203,74	14,21%	-

Tabela 6 - Resultados obtidos no cenário com incentivos e TMA = Selic

CLASSE DE CONSUMO	REGIÃO	VPL	TIR	PAYBACK (anos)
Residencial	Norte	R\$ 19.358,95	22,85%	12
	Nordeste	R\$ 13.862,80	24,52%	10
	Centro-oeste	R\$ 23.555,73	24,29%	10
	Sudeste	R\$ 23.635,75	24,32%	10
	Sul	R\$ 23.346,34	23,20%	11
Rural	Norte	R\$ 19.076,83	22,62%	12
	Nordeste	R\$ 8.561,54	19,20%	16
	Centro-oeste	R\$ 14.190,80	17,59%	18
	Sudeste	R\$ 20.369,25	18,99%	16
	Sul	R\$ 9.665,02	16,21%	20

Tabela 7 - Resultados obtidos no cenário sem incentivos e TMA = crescimento das companhias de energia

CLASSE DE CONSUMO	REGIÃO	VPL	TIR	PAYBACK (anos)
Residencial	Norte	-R\$ 9.097,10	20,29%	-
	Nordeste	-R\$ 4.559,10	21,79%	-
	Centro-oeste	-R\$ 8.140,09	21,58%	-
	Sudeste	-R\$ 8.116,52	21,61%	-
	Sul	-R\$ 10.134,84	20,62%	-
Rural	Norte	-R\$ 11.302,98	16,96%	-
	Nordeste	-R\$ 9.678,43	16,98%	-
	Centro-oeste	-R\$ 27.516,59	15,44%	-
	Sudeste	-R\$ 24.436,25	16,79%	-
	Sul	-R\$ 34.698,51	14,21%	-

Tabela 8 - Resultados obtidos no cenário com incentivos e TMA = crescimento das companhias de energia

CLASSE DE CONSUMO	REGIÃO	VPL	TIR	PAYBACK (anos)
Residencial	Norte	-R\$ 5.721,97	22,85%	-
	Nordeste	-R\$ 2.630,83	24,52%	-
	Centro-oeste	-R\$ 4.765,61	24,29%	-
	Sudeste	-R\$ 4.741,55	24,32%	-
	Sul	-R\$ 6.278,29	23,20%	-
Rural	Norte	-R\$ 5.968,66	22,62%	-
	Nordeste	-R\$ 6.786,02	19,20%	-
	Centro-oeste	-R\$ 19.798,04	17,59%	-
	Sudeste	-R\$ 17.205,23	18,99%	-
	Sul	-R\$ 25.539,22	16,21%	-

Estas tabelas permitem uma visualização geral dos resultados obtidos para cada caso estudado. Para uma análise mais detalhada, porém, estes resultados foram reorganizados e apresentados por macrorregião brasileira, e subdivididos por classes de consumo. Estes resultados estão discutidos nos tópicos a seguir.

5.2 Norte

Conforme apresentado na Tabela 2 deste trabalho, o consumo de energia elétrica das classes residencial e rural são bem próximos. Suficientemente para que os consumos

comerciais calculados se igualem. O que difere, portanto, os dois casos é somente a tarifação da energia (Tabela 1), cujo valor, na classe rural é mais baixo.

Os resultados abaixo descritos permitem visualizar o impacto desta diferença de tarifação na viabilidade do projeto.

5.2.1 Residencial

Conforme mostrado e explicado anteriormente (tabelas 1 a 4), as particularidades desta classe de consumo que influenciaram no cálculo da viabilidade são:

- Custo da energia: R\$0,53;
- Consumo anual real: 2194,02 kWh;
- Consumo anual comercial: 2520 kWh, e
- Número de painéis: 7.

A Tabela 9 expressa os resultados obtidos neste tópico:

Tabela 9 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe residencial da região norte.

		VPL	TIR	PAYBACK
TMA = selic	Antes dos incentivos	R\$ 15.706,68	20,29%	14
	Depois dos incentivos	R\$ 19.358,95	22,85%	12
TMA = crescimento das companhias	Antes dos incentivos	-R\$ 9.097,10	20,29%	-
	Depois dos incentivos	-R\$ 5.721,97	22,85%	-

Primeiramente observando os resultados obtidos adotando a Selic como TMA, percebe-se um considerável aumento do VPL (mais de R\$3500,00) ao adotar totalmente os programas de incentivo propostos. Diluindo esta diferença entre o horizonte de planejamento do projeto, 25 anos, observa-se que este valor se iguala ao estimado para manutenção anual do produto (0,75% do investimento inicial), o que torna o investimento mais viável e sugere certa eficiência nos incentivos até então propostos.

Consequentemente, observa-se uma melhora na TIR. A TIR, mesmo antes dos programas de incentivo já é considerada alta, caracterizando um bom investimento. A adoção total dos programas aumenta em 2% esta taxa, tornando o investimento ainda mais atrativo, ao se considerar apenas o âmbito financeiro.

Por último, nota-se uma redução de 2 anos no *payback* (alocando-o na primeira metade do horizonte de planejamento), em consequência da redução do investimento inicial necessário para implementação do projeto, o que está representado na Figura 10 abaixo:

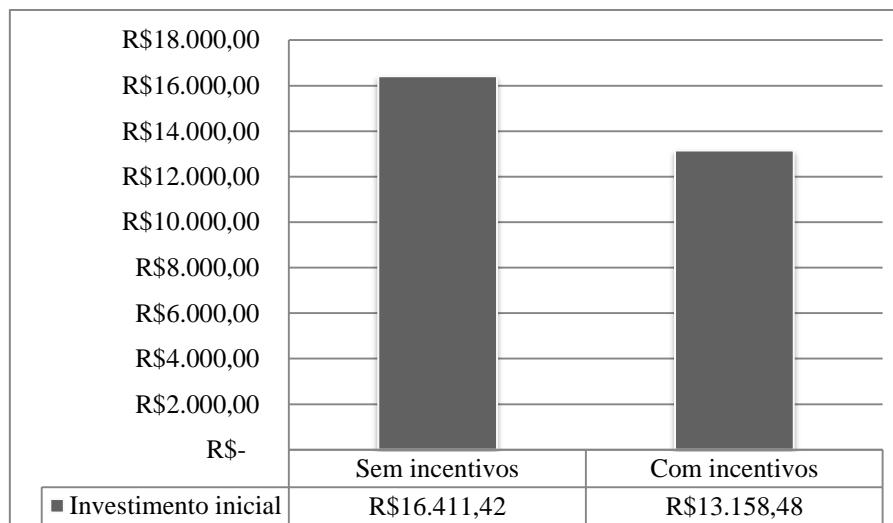


Figura 10 - Variação do investimento inicial do projeto na classe residencial da região Norte.

Esta diminuição é decorrente exclusivamente dos incentivos fiscais relacionados à importação do produto. Percebe-se o tanto que os impostos de importação são impactantes no preço – e consequentemente, na atratividade – do produto.

Desta forma, pode-se concluir que o investimento, que já era viável, pode ter um aumento de atratividade, se forem utilizados integralmente os programas de incentivo propostos pelo governo.

Analizando agora o caso de adotar o crescimento das companhias de energia elétrica como TMA, nota-se o absurdo que é adotar tal investimento. Os VPL negativos sugerem que o investimento não será recuperado (é um prejuízo), se considerar o horizonte de planejamento e, consequentemente, não há *payback* válido (o projeto se pagaria após 25 anos).

Este fato já era esperado, e será tratado ao final deste capítulo, uma vez que se aplica a todos os casos aqui estudados.

Vale ressaltar, por último, o caso da TIR. Ela continua alta para ambos os casos (e de valor igual aos casos de se adotar a Selic como TMA). Isto deve-se ao fato de que a TMA não interfere no valor do investimento inicial do projeto nem nos fluxos de caixa e, consequentemente, não interfere no valor da TIR. Assim, apesar de notar-se seu alto valor, em decorrência das outras variáveis analisadas, pode-se considerar inviável o investimento.

5.2.2 Rural

Para o caso da classe rural, as particularidades que influenciaram no cálculo da viabilidade e estão apresentadas nas tabelas 1 a 4 são:

- Custo da energia: R\$0,40;
- Consumo anual real: 2082,05 kWh;
- Consumo anual comercial: 2520 kWh, e
- Número de painéis: 7.

A Tabela 10 mostra os resultados obtidos nos cenários em questão.

Tabela 10 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe rural da região norte.

		VPL	TIR	PAYBACK
TMA = selic	Antes dos incentivos	R\$ 6.303,14	16,96%	19
	Depois dos incentivos	R\$ 19.076,83	22,62%	12
TMA = crescimento das companhias	Antes dos incentivos	-R\$ 11.302,98	16,960%	-
	Depois dos incentivos	-R\$ 5.968,66	22,620%	-

Neste caso, nota-se que o VPL aumenta mais de três vezes, com adoção total dos programas de incentivo propostos pelo governo. Isto sugere que o incentivo é mais efetivo para a classe rural do que residencial (apesar de o VPL observado ainda ser menor na classe rural). Este fato deve-se à diferença entre a tarifação de energia destas duas classes, combinada com um equiparável consumo entre ambos, no projeto.

O *payback* teve uma redução de sete anos, o que é uma quantia de tempo bastante relevante (mais de 25% do horizonte de planejamento do projeto). A diferença entre os investimentos iniciais está mostrada na Figura 11.

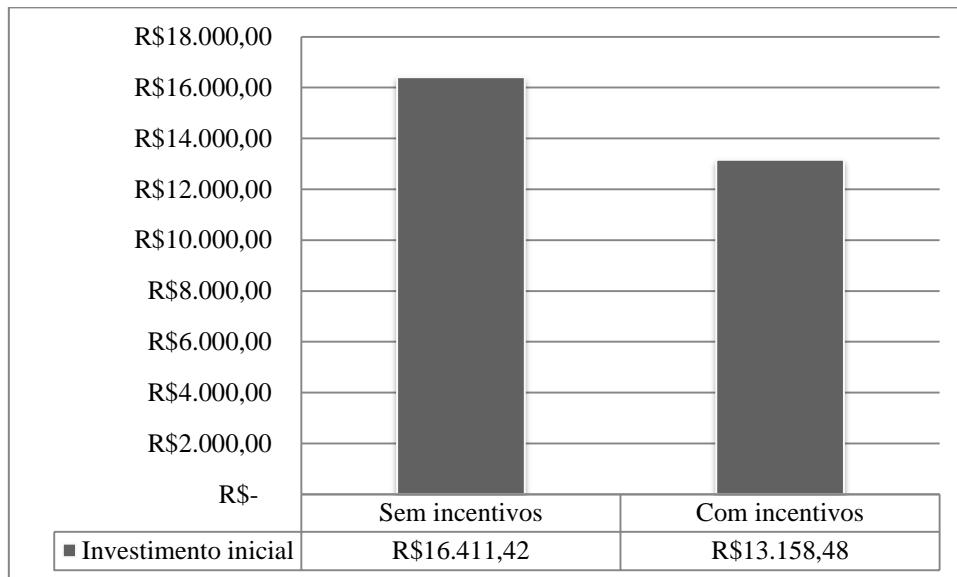


Figura 11 - Variação do investimento inicial do projeto na classe rural da região norte.

Pode-se notar que o investimento inicial é o mesmo para projetos das classes de consumo residencial e rural, fato evidenciado pela equiparação dos consumos no projeto, citados acima. O consumo das classes, apesar de diferente, é muito próximo, e se iguala ao dimensionar a quantia a ser produzida pelo projeto.

Por outro lado, analisando os dados das duas classes de consumo, pode-se concluir que a viabilidade do investimento na classe residencial, com adoção total dos programas de incentivo propostos, é maior (apesar de ser muito pequena a diferença entre as classes), porém os programas têm impacto mais significativo na classe rural de consumo. O investimento desta passou de inviável a viável.

No caso do crescimento das companhias de energia sendo utilizado como TMA, o investimento continua sendo inviável nos dois casos. Apesar de ter uma TIR alta, o projeto não se paga dentro do horizonte de planejamento e há prejuízo.

5.3 Nordeste

O consumo da região nordeste está entre os menores do Brasil (menor na classe residencial, segundo menor na classe rural), o que impacta no preço da energia destes locais. Além disso, há diferença entre os consumos das duas classes, porém não tão significativa quanto os demais casos estudados adiante. Esta diferença impactará principalmente no preço de se adquirir o produto, uma vez que resultou em um diferente número de módulos necessários para cobrir a demanda. Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir dos dados específicos desta macrorregião.

5.3.1 Residencial

Reorganizando os dados já apresentados nas tabelas 1 a 4, as particularidades desta classe de consumo que influenciaram no cálculo da viabilidade são:

- Custo da energia: R\$0,51;
- Consumo anual real: 1468,24 kWh;
- Consumo anual comercial: 1728 kWh, e
- Número de painéis: 6.

A Tabela 11 mostra os valores obtidos para estes cenários.

Tabela 11 - econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe residencial da região nordeste

		VPL	TIR	PAYBACK
TMA = selic	Antes dos incentivos	R\$ 11.785,00	20,287%	14
	Depois dos incentivos	R\$ 13.862,80	24,522%	10
TMA = crescimento das companhias	Antes dos incentivos	-R\$ 4.559,10	20,287%	-
	Depois dos incentivos	-R\$ 2.630,83	24,522%	-

Analizando a escolha da Selic como TMA, comparando o total e ausente uso dos programas de incentivo percebe-se um aumento sensível no VPL, fato que sugere que, neste caso, os programas não sejam tão impactantes.

Analizando a TIR, porém, nota-se um aumento mais significativo (mais de 4%), o que mostra que esta melhora é muito boa.

A redução do *payback* é melhor ainda, uma vez que passa a se encontrar na primeira metade do horizonte de planejamento, o que acarreta num bom argumento de venda para o consumidor.

Ainda falando em argumento de venda, uma vez que o consumo nesta região é o menor, consequentemente o investimento inicial necessário também é, como pode ser observado na Figura 12 abaixo.

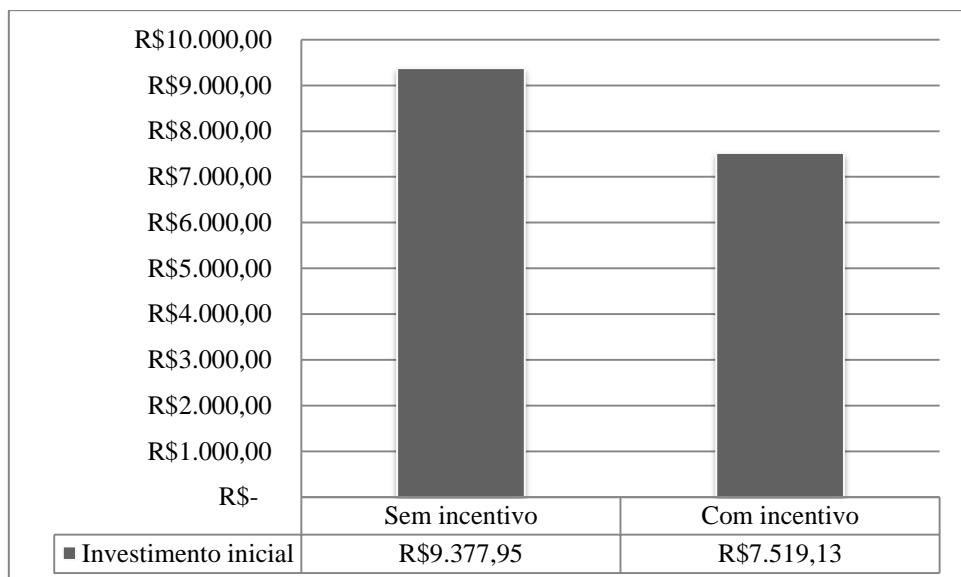


Figura 12 - Variação do investimento inicial do projeto na classe residencial da região nordeste.

Apesar de pequena a diferença entre os dois investimentos, ela corresponde a 20% do primeiro valor, o que faz com que ela seja bastante significativa. Este valor é atrativo ao consumidor, uma vez que é de conhecimento popular que esta fonte de energia é cara.

Assim pode-se concluir que, apesar de a variação de VPL não ser muito significativa (fato justificado pelo baixo custo da energia nesta região e também pelo seu baixo consumo), o investimento é viável. Vale ressaltar que, neste caso, mesmo antes da adoção total dos programas de incentivo o investimento já era viável (vide Tabela 11); portanto, o resultado

dos programas de incentivo foi uma garantia de maior retorno sobre o investimento, e não uma alteração no quadro de viabilidade.

Para a hipómonografia em que a TMA acompanha o crescimento das companhias de energia, assim como nos demais casos desta monografia, o investimento é considerado inviável.

5.3.2 Rural

Conforme mostrado e explicado anteriormente (tabelas 1 a 4), as particularidades desta classe de consumo que influenciaram no cálculo da viabilidade são:

- Custo da energia: R\$0,34;
- Consumo anual real: 2131,93 kWh;
- Consumo anual comercial: 2592 kWh, e
- Número de painéis: 6.

Vale observar que, apesar de o consumo comercial deste caso ser maior que o consumo rural da região norte, o número de painéis necessários é menor, decorrente da irradiação nesta região ser maior que na região norte, aumentando assim o poder de captação do painel.

A Tabela 12 mostra os resultados obtidos para o cenário em questão.

Tabela 12 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe rural da região nordeste

		VPL	TIR	PAYBACK
TMA = Selic	Antes dos incentivos	R\$ 5.445,09	16,960%	19
	Depois dos incentivos	R\$ 8.561,54	19,196%	16
TMA = crescimento das companhias	Antes dos incentivos	-R\$ 9.678,43	16,960%	-
	Depois dos incentivos	-R\$ 6.786,02	19,196%	-

Ao analisar a adoção da Selic como TMA, nota-se uma boa variação no VPL (mais de 50%). Apesar disso, mesmo o VPL tendo aumentado suficientemente com os programas de incentivo, este valor ainda é menor que o investimento inicial para implementação do projeto, fazendo com que o investimento não pareça tão atrativo assim para o consumidor, apesar ser financeiramente viável.

A TIR tem um bom aumento, e seu valor absoluto é o segundo maior entre as classes de consumo rurais.

O *payback*, apesar de ter redução de três anos, ainda é relativamente alto, uma vez que representa mais de 60% do horizonte de planejamento.

A Figura 13 contém a relação entre os investimentos iniciais citados acima.

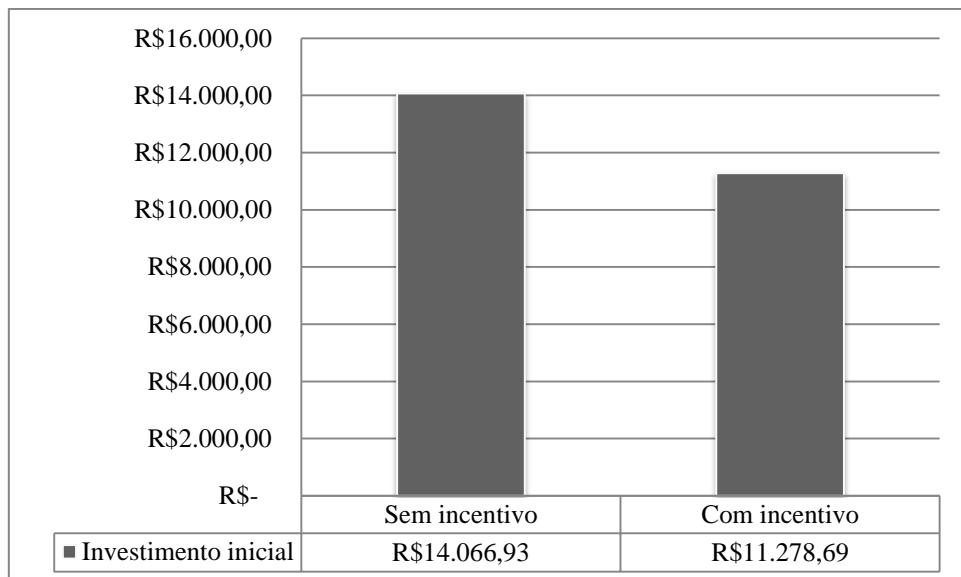


Figura 13 - Variação do investimento inicial do projeto na classe rural da região nordeste.

Percebe-se que nos dois casos (utilização integral e nula dos programas de incentivo), o VPL é menor que o investimento inicial necessário. O investimento ainda é viável, uma vez que existe retorno, porém pode não ser atrativo o suficiente para o consumidor, neste caso.

Desta forma, pode-se contestar um pouco a viabilidade deste investimento (se for considerado que apenas o fator financeiro relevante ao investimento. Isto será tratado adiante nesta monografia). Ele é viável (com e sem a existência dos programas de incentivo), porém pode não ser muito atrativo. Este fato pode ser decorrente da baixíssima tarifação da ANEEL para esta classe de consumo. Como a energia é muito barata, o retorno por se produzir a

própria energia não é muito alto. Faz sentido pensar que quanto maior o preço da energia, maior a vantagem em se produzir sua própria.

Com a TMA acompanhando o crescimento das companhias de energia, mais uma vez os resultados apontam a inviabilidade do projeto. Ele não se paga em nenhum dos cenários.

5.4 Centro-Oeste

Na região centro-oeste a discrepância entre os consumos das classes é muito significativa. Este valor é mais que o dobro na classe rural, o que resulta numa grande diferença, também, entre os valores a serem pagos por kWh utilizado. O impacto destas diferenças na viabilidade econômica podem ser observados nos tópicos a seguir.

5.4.1 Residencial

Retomando o que foi apresentado nas tabelas 1 a 4, as particularidades desta classe de consumo que influenciaram no cálculo da viabilidade são:

- Custo da energia: R\$0,60;
- Consumo anual real: 2164,01 kWh;
- Consumo anual comercial: 2520 kWh, e
- Número de painéis: 7.

A Tabela 13 a seguir mostra os resultados obtidos para estes cenários.

Tabela 13- Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe residencial da região centro-oeste

		VPL	TIR	PAYBACK
TMA = selic	Antes dos incentivos	R\$ 19.919,88	21,583%	13
	Depois dos incentivos	R\$ 23.555,73	24,286%	10
TMA = crescimento das companhias	Antes dos incentivos	-R\$ 8.140,09	21,583%	-
	Depois dos incentivos	-R\$ 4.765,61	24,286%	-

Analizando primeiramente a escolha da Selic como TMA observa-se uma grande melhora na viabilidade do investimento, quando se observa o VPL. O valor presente líquido é muito maior que investimento inicial necessário para o projeto (mais de 20% acima do valor investido, no primeiro caso, e mais de 50% no segundo).

A Figura 14 mostra a diferença entre os investimentos iniciais do projeto.

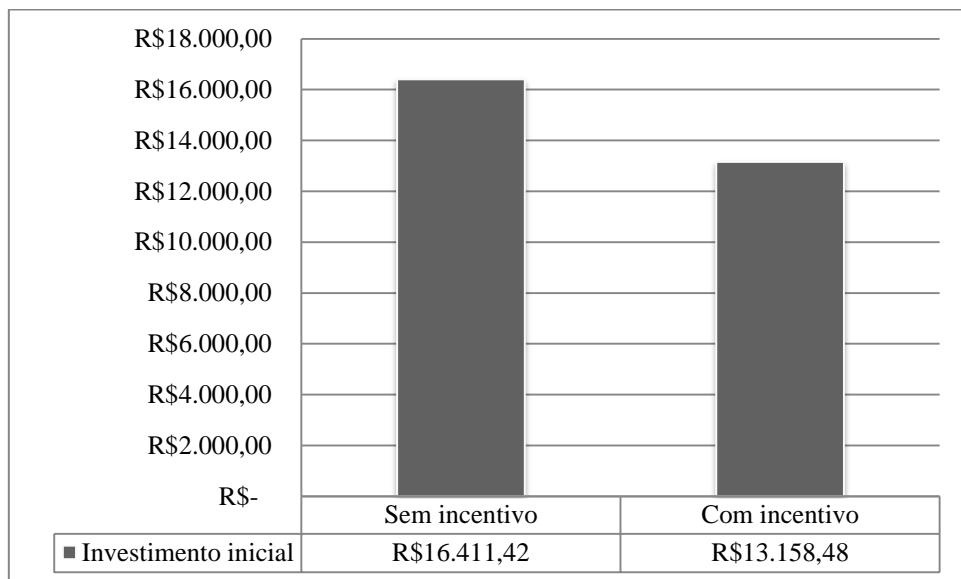


Figura 14 - Variação do investimento inicial do projeto na classe residencial da região centro-oeste.

A diferença entre os investimentos, combinados com a variação do VPL, mostra a efetividade dos programas de incentivo, neste cenário em questão. A TIR também teve um bom aumento, confirmando a viabilidade deste caso.

O payback teve uma redução de três anos, melhorando a atratividade de sua aquisição, uma vez que agora o projeto se paga na primeira metade do horizonte de planejamento do produto. Vale ressaltar, porém, que o investimento mesmo antes da implementação dos programas de incentivo já era viável, como pode ser observado na Tabela 13.

No caso de adotar o crescimento das companhias de energia elétrica na TMA, mais uma vez o investimento se mostra completamente inviável.

5.4.2 Rural

Retomando o que foi apresentado nas tabelas 1 a 4, as particularidades desta classe de consumo que influenciaram no cálculo da viabilidade são:

- Custo da energia: R\$0,32;
- Consumo anual real: 5239,95 kWh;
- Consumo anual comercial: 5760 kWh, e
- Número de painéis: 17.

A Tabela 14 apresenta os resultados obtidos para estes cenários.

Tabela 14 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe rural da região centro-oeste

		VPL	TIR	PAYBACK
TMA = selic	Antes dos incentivos	R\$ 5.403,63	15,357%	22
	Depois dos incentivos	R\$ 13.765,01	17,497%	18
TMA = crescimento das companhias	Antes dos incentivos	-R\$ 27.618,09	15,357%	-
	Depois dos incentivos	-R\$ 19.899,59	17,497%	-

No caso da escolha da Selic como TMA observa-se, sem o uso de nenhum programa de incentivo, o projeto não é muito atrativo, apesar de resultados enquadrarem como viável. Baixo VPL (apesar de positivo), TIR mediana, e altíssimo *payback* (próximo ao horizonte de planejamento do projeto). Os programas de incentivo melhoram este cenário, porém não de maneira satisfatória. Apesar de o VPL ter mais que dobrado seu valor, ainda está muito abaixo do investimento inicial, mostrado na Figura 15 abaixo.

A TIR também teve um sensível aumento, porém continua abaixo de 20%, o que caracteriza viabilidade, porém não atratividade, ao se comparar com demais resultados apresentados. O mesmo para o *payback*: apesar de ter reduzido 4 anos, ainda demanda um tempo muito longo, que representa mais de 70% do horizonte de planejamento.

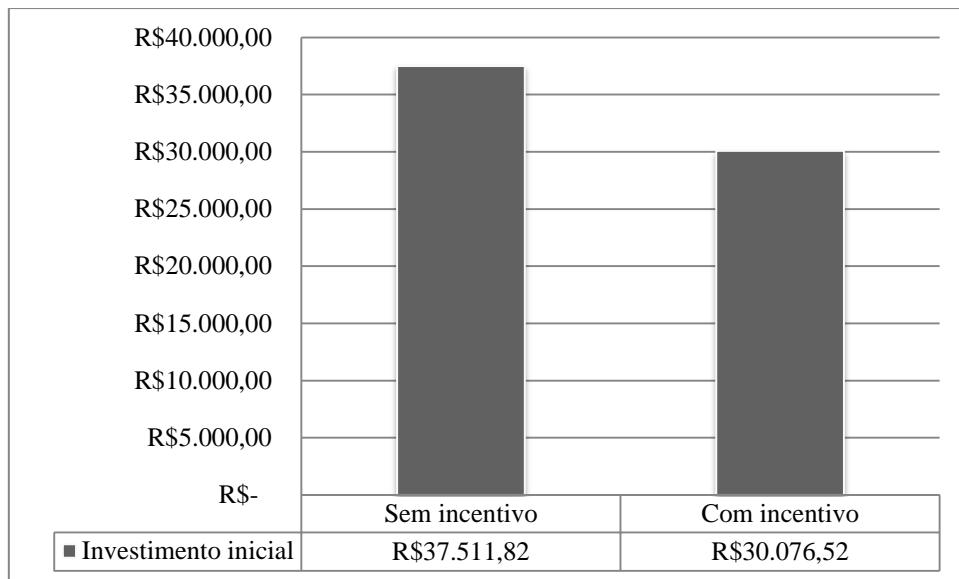


Figura 15 - variação do investimento inicial do projeto na classe rural da região centro-oeste.

Vale ressaltar que o investimento neste caso é altíssimo em decorrência do elevado consumo desta classe de consumo (é o mais alto depois da classe rural da região sul). Por outro lado, nesta região a tarifação de energia elétrica é a menor dentre as regiões analisadas, o que justifica o pequeno VPL observado.

No caso da escolha do crescimento das companhias de energia na TMA, observa-se novamente a incontestável inviabilidade do projeto.

5.5 Sudeste

O cenário da região sudeste encontra-se ao meio, entre os cinco cenários estudados. Há diferença significativa (mais de 50%) entre os consumos residencial e rural, porém estes estão equilibrados, entre os consumos das demais regiões. Assim, espera-se que os resultados obtidos e explicitados neste tópico não sejam discrepantes dos demais apresentados neste trabalho.

5.5.1 Residencial

Retomando novamente o que foi apresentado nas tabelas 1 a 4, as particularidades desta classe de consumo que influenciaram no cálculo da viabilidade são:

- Custo da energia: R\$0,60;
- Consumo anual real: 2179,81 kWh;
- Consumo anual comercial: 2520 kWh, e
- Número de painéis: 7.

A Tabela 15 mostra os valores obtidos nestes cenários.

Tabela 15 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe residencial da região sudeste

		VPL	TIR	PAYBACK
TMA = selic	Antes dos incentivos	R\$ 19.985,91	21,610%	13
	Depois dos incentivos	R\$ 23.635,75	24,319%	10
TMA = crescimento das companhias	Antes dos incentivos	-R\$ 8.116,52	21,610%	-
	Depois dos incentivos	-R\$ 4.741,55	24,319%	-

Neste caso, antes mesmo da adoção de quaisquer programas de incentivos, a utilização de energia por painéis fotovoltaicos já era atrativa para o consumidor. Este fato deve-se à combinação de elevados VPL e TIR, e baixo *payback* relativo (o produto paga-se após metade do horizonte de planejamento).

Os resultados mostram que a adoção total dos programas de incentivo melhorou este quadro. Como consequência da adoção dos programas de incentivo, o VPL aumenta mais de R\$3500 e a TIR mais de 3%. Além disso, há uma redução de 3 anos no *payback*, sendo este um bom argumento de venda.

Além disto, o investimento inicial é razoavelmente baixo, e foi diminuído, como pode ser observado na Figura 16.

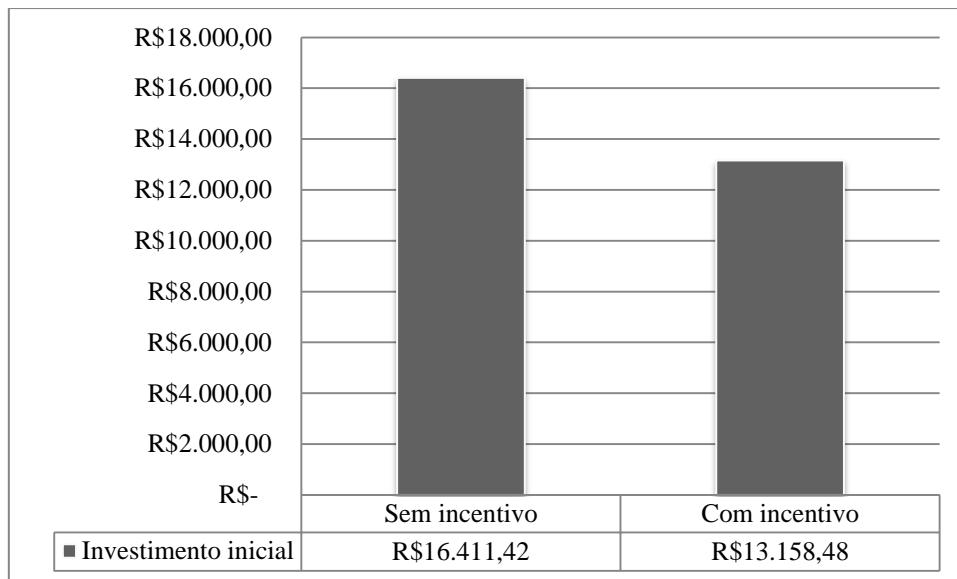


Figura 16 - Variação do investimento inicial do projeto na classe residencial da região sudeste.

A queda significativa no investimento inicial evidenciado na Figura 16, deve-se à diminuição das taxas de importação (isenção de alguns impostos).

Para a escolha do crescimento das companhias de energia como sendo a TMA, mais uma vez observa-se a inviabilidade do projeto.

5.5.2 Rural

Retomando o que foi apresentado nas tabelas 1 a 4, as particularidades desta classe de consumo que influenciaram no cálculo da viabilidade são:

- Custo da energia: R\$0,38;
- Consumo anual real: 4605,49 kWh;
- Consumo anual comercial: 5400 kWh, e
- Número de painéis: 15.

A Tabela 16 mostra os resultados obtidos para estes cenários.

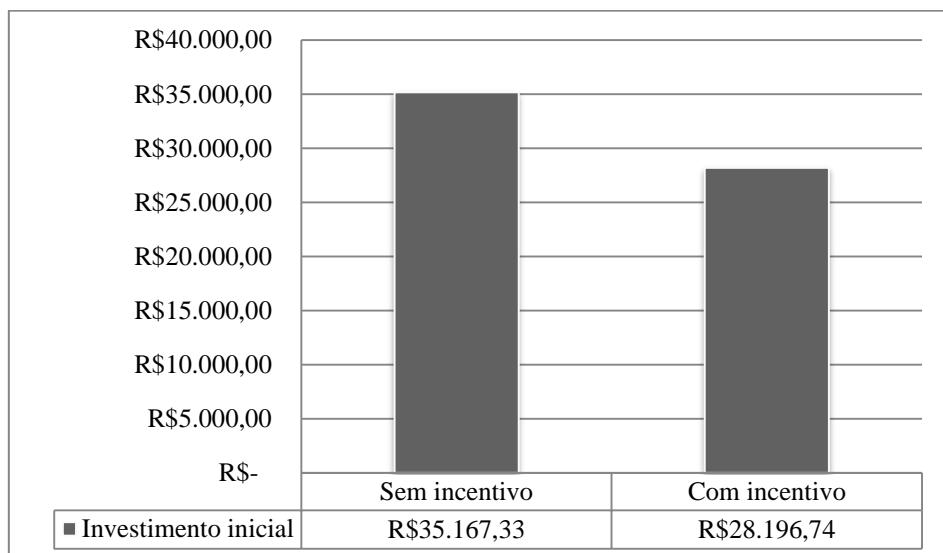
Tabela 16 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe rural da região sudeste

		VPL	TIR	PAYBACK
TMA = selic	Antes dos incentivos	R\$ 12.578,13	16,790%	19
	Depois dos incentivos	R\$ 20.369,25	18,990%	16
TMA = crescimento das companhias	Antes dos incentivos	-R\$ 24.436,25	16,790%	-
	Depois dos incentivos	-R\$ 17.205,23	18,990%	-

Na escolha da Selic na TMA, nota-se grande aumento no VPL. Aumentou mais de 50% e, diluindo a diferença no horizonte de planejamento para fator de comparação, percebe-se um valor muito maior que o necessário para manutenção. Pela análise realizada, o valor resultante da TIR é alta o suficiente para considerar viável o investimento. O *payback*, porém, apesar de ter significativa redução, ainda é alto (de 19 anos para 16), podendo ser argumento contrário à venda, apesar de ser economicamente viável.

Analizando conjuntamente as três variáveis, portanto, os cálculos indicam que os programas de incentivo, neste caso, foram bem eficientes, uma vez que melhoraram a viabilidade do investimento numa proporção suficiente para melhorar sua atratividade ao consumidor, apesar de ainda ter suas limitações e contrapontos.

A Figura 17 demonstra o impacto dos programas de incentivo no investimento inicial necessário para o projeto.

**Figura 17 - Variação do investimento inicial do projeto na classe rural da região sudeste.**

Apesar de ter uma significativa redução no custo, o investimento ainda é bastante alto. Bem mais alto que na classe residencial da mesma região. Isto se deve ao fato de o consumo na classe rural ser muito maior (mais que o dobro) e, consequentemente é necessário um maior número de módulos para cobrir a demanda. Soma-se a isso a diferença na tarifação das classes de consumo. O preço da energia, para a classe rural é muito menor, o que justifica o maior *payback* observado neste caso. Isto sugere que o investimento é mais atrativo na classe residencial, porém os dois investimentos são considerados viáveis.

No caso do uso do crescimento das companhias elétricas como TMA nos cálculos, mais uma vez é inquestionável a inviabilidade do projeto.

5.6 Sul

Assim como as regiões centro-oeste e sudeste, há grande diferença entre os consumos anuais das classes residencial e rural. A classe rural tem o maior consumo médio observado do país, o que justifica os resultados peculiares observados aqui. No caso da classe residencial, os resultados observados seguem o padrão dos demais observados neste trabalho, e são mostrados a seguir.

5.6.1 Residencial

Retomando o que foi apresentado nas tabelas 1 a 4, as particularidades desta classe de consumo que influenciaram no cálculo da viabilidade são:

- Custo da energia: R\$0,61;
- Consumo anual real: 2221,94 kWh;
- Consumo anual comercial: 2880 kWh, e
- Número de painéis: 8.

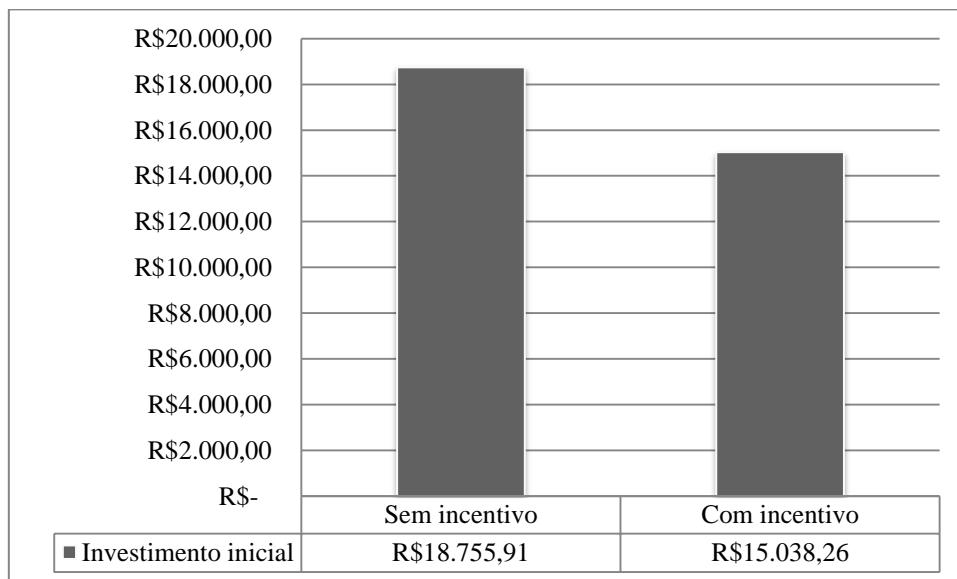
A Tabela 17 apresenta os resultados obtidos neste cenário.

Tabela 17 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe residencial da região sul

		VPL	TIR	PAYBACK
TMA = selic	Antes dos incentivos	R\$ 19.191,07	20,616%	14
	Depois dos incentivos	R\$ 23.346,34	23,204%	11
TMA = crescimento das companhias	Antes dos incentivos	-R\$ 10.134,84	20,616%	-
	Depois dos incentivos	-R\$ 6.278,29	23,204%	-

Na adoção da Selic na TMA observam-se bons valores de VPL, TIR e *payback*, já antes dos programas de incentivo, o que sugere que os investimentos já eram viáveis, e então os programas só melhorariam este quadro. De fato, a adoção integral dos programas de incentivo ajuda. O *payback* passa a ser encontrado na primeira metade do horizonte de planejamento do projeto, o que melhora bastante o argumento de venda do produto. A TIR, que já era alta, agora fica bastante atraente. O aumento do VPL é razoável, pouco mais de 20%, e supera a taxa de manutenção necessária adotada.

A Figura 18 abaixo mostra o impacto dos programas de incentivo no investimento inicial do projeto.

**Figura 18- Variação do investimento inicial do projeto na classe residencial da região sul.**

O investimento inicial teve queda significativa, e tornou-se razoavelmente baixo, porém é o maior entre todos os casos de classe residencial estudados. Este fato deve-se ao

maior consumo de energia. Provavelmente seja por isto que, neste caso também é observado o maior custo de energia, entre todos os casos aqui apresentados.

No caso da adoção do crescimento das companhias de energia, mais uma vez é notada uma inquestionável inviabilidade econômica.

5.6.2 Rural

Retomando o que foi apresentado nas tabelas 1 a 4, as particularidades desta classe de consumo que influenciaram no cálculo da viabilidade são:

- Custo da energia: R\$0,32;
- Consumo anual real: 5295,20 kWh;
- Consumo anual comercial: 6840 kWh, e
- Número de painéis: 19.

A Tabela 18 mostra os resultados obtidos neste cenário em questão.

Tabela 18 - Variáveis econômicas obtidas em função dos cenários adotados na classe rural da região sul

		VPL	TIR	PAYBACK
TMA = Selic	Antes dos incentivos	-R\$ 203,74	14,214%	-
	Depois dos incentivos	R\$ 9.665,02	16,214%	20
TMA = crescimento das companhias	Antes dos incentivos	-R\$ 34.698,51	14,214%	-
	Depois dos incentivos	-R\$ 25.539,22	16,214%	-

Os resultados apresentados aqui foram os que mais se diferenciaram da média observada em todos os cenários. Isto porque nenhum dos cenários pode ser considerado viável para o consumidor.

Na escolha da Selic para TMA, antes dos programas de incentivo o VPL era negativo e o projeto não se pagava dentro do horizonte de planejamento. Com a adoção integral dos programas de incentivo este fato muda. O VPL passa a ser positivo e o *payback* é menor que

os 25 anos definidos como horizonte de planejamento, porém os valores podem não ser muito atraentes para o investidor. Isto porque, além de o retorno for equivalente a menos de 30% do necessário para investir inicialmente, o produto só se paga após 20 anos de uso, ficando relativamente próximo do fim do horizonte de planejamento.

O pequeno VPL observado deve-se ao fato de a tarifação de energia, neste cenário, ser o menor entre todos os casos.

A Figura 19 mostra a variação do investimento inicial necessário para adquirir o produto.

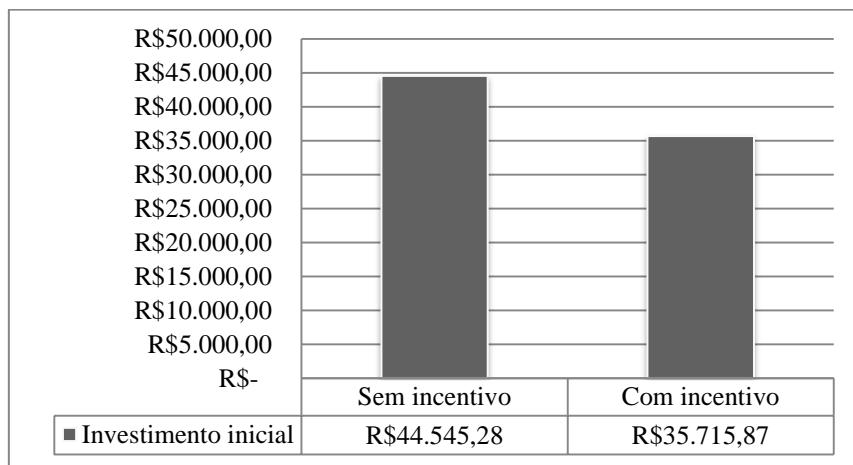


Figura 19 - Variação do investimento inicial do projeto na classe rural da região sul.

Os valores altos observados devem-se ao elevado consumo desta classe (o consumo comercial chega a ser mais de 1000 kWh maior que o segundo maior consumo observado). Seu valor diminuiu consideravelmente com os programas de incentivo (redução de quase R\$9000,00), porém ainda pode ser considerado um alto investimento; alto o suficiente para não ser atrativo para um possível consumidor.

No caso da adoção do crescimento das companhias de energia para a TMA, obviamente observa-se, também, que o investimento é inviável.

5.7 Observações gerais

Uma vez observados todos estes dados, a partir de semelhanças tanto nos resultados quanto nos contextos em que estão inseridos, é possível reagrupar estes cenários a fim de fazer uma análise mais profunda no que diz respeito aos dados apresentados. Assim, nos

tópicos seguintes são realizadas discussões pertinentes aos resultados anteriores, apresentando propostas de melhoria e justificativas para os resultados obtidos.

5.7.1 Investimento viável de qualquer maneira

O primeiro padrão observado diz respeito às classes econômicas residenciais: o investimento é viável em todas elas mesmo antes da inserção dos programas de incentivo propostos pelo governo.

Ou seja, nestes casos pode-se considerar tais programas de incentivo eficientes se o intuito dos programas é melhorar a atratividade financeira da utilização desta fonte de energia, uma vez que economicamente viável o investimento já é, mesmo sem a adoção destes programas. Valendo-se disso, algo pertinente a se pensar é se esta melhora de atratividade vale a pena no ponto de vista do governo, ou seja, se esta melhora obtida na atratividade vale a pena em vista do dinheiro investido nestes programas.

Em pesquisa de satisfação da ANEEL, divulgada em 2014, em estudo após a divulgação da REN-482 foi divulgada uma relação entre as motivações que levaram os consumidores a instalar fontes de geração distribuída em seus estabelecimentos. A pesquisa levou em consideração todas as classes de consumo, porém a de maior representatividade na participação e na submissão de respostas foi a classe residencial (65%), sendo possível, portanto, utilizar os dados gerais para conclusões a respeito desta classe (ANEEL, 2014).

Foi diagnosticado que 45% dos usuários que aderiram a projetos de GD tiveram como principal motivação a colaboração com o desenvolvimento sustentável. O retorno financeiro ficou em segundo lugar, com 29% dos usuários. Isto permite inferir que, nos casos em que o investimento já era viável mesmo sem os programas de incentivo propostos, pode ser mais efetivo investir também dinheiro em propaganda e conscientização do que exclusivamente em medidas que reduzam o custo e aumentem o retorno, uma vez que este quesito não é tido como prioridade.

Vale ressaltar que, para resultados mais precisos a respeito disto, deveria ser feita uma pesquisa de satisfação exclusiva a esta classe de consumo.

5.7.2 Investimento inviável de qualquer maneira

O segundo padrão observado foi nas classes rurais das regiões nordeste, centro-oeste e sul. Para estes três casos, sem a adoção de qualquer programa de incentivo o investimento não é financeiramente atrativo, e a adoção destes não impacta suficientemente para alterar este quadro. Como este padrão observado diz respeito à baixa atratividade financeira, e não à inviabilidade dos projetos (exceto para o caso do sul rural), deve-se considerar dois âmbitos: o âmbito exclusivamente financeiro e o âmbito não financeiro.

Primeiramente valendo-se da esfera exclusivamente financeira, esta não atratividade deve-se principalmente ao baixo VPL apresentado. Assim, para alcançar a viabilidade nestes casos seriam necessários planos que diminuíssem o preço do produto (reduzindo o investimento inicial necessário) ou aumentando o fluxo de caixa (aumentando o VPL). A primeira proposta é obtida por meio de redução de impostos (o que já está sendo feito parcialmente com os programas de incentivo propostos); a segunda pode ser obtida por meio de aumento da tarifação de energia.

No caso da tarifação de energia, seu aumento é inviável, ao levar em consideração que o país está saindo de uma crise hídrica e da adoção das bandeiras tarifárias, portanto vale estudar mais a fundo a redução de impostos que está sendo feita. Para isto foi feita uma análise da sensibilidade do VPL e TIR em função da variação do preço (€/Wp) dos módulos; esses variando de 0,59 (que seria o equivalente à renúncia fiscal do governo) a 0,89 (que é o valor incluindo integralmente todos os impostos).

É válido observar que, com a adoção total dos programas de incentivo propostos pelo governo, o preço do módulo é 0,68 €/Wp. Isto permite visualizar como tais programas impactaram no investimento até então.

Estes valores estão apresentados nas Figuras 20, 21 e 22 a seguir. A variação do preço, nessas curvas, está sendo feita apenas sobre o módulo. Vale destacar que estes impostos também impactam sobre os inversores. Este valor, porém, continua aplicado na mesma maneira, considerando seu valor após uso integral dos programas de incentivo, ou seja, com redução parcial dos impostos incidentes sobre eles. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** relaciona os dados na região nordeste.

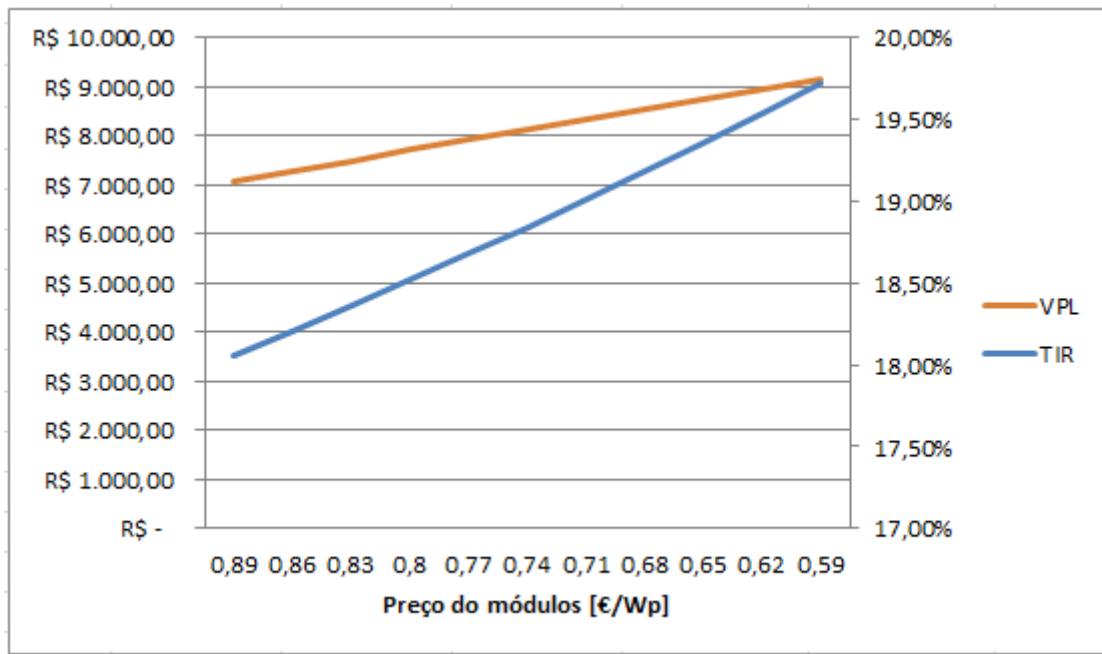


Figura 20 - Sensibilidade do VPL e TIR aos impostos no caso rural da região nordeste.

Observa-se, neste caso, que a redução dos impostos não causou significativa alteração dos valores de VPL e TIR, e a parcela a mais alterada em caso de renúncia fiscal não faria diferença suficiente para melhorar a viabilidade.

Quanto ao *payback*, este sofre redução de um ano com a renúncia fiscal (indo para 15 anos), o que melhora a viabilidade, mas não o suficiente para tornar o investimento atrativo. Desta forma, neste caso a implementação do uso desta fonte de energia estaria mais ligada a outros fatores (como os citados no caso acima) do que à atratividade financeira que este projeto proporciona. Vale reforçar que o investimento é sim viável (VPL maior que zero, TIR boa, *payback* menor que o horizonte de planejamento), e por isto será tratado ao final deste mesmo tópico, ao se falar do âmbito não financeiro.

As Figuras 21 e 22 a seguir representam os dados nas regiões centro-oeste e sul. Estas figuras serão tratadas juntas por terem as mesmas particularidades relevantes.

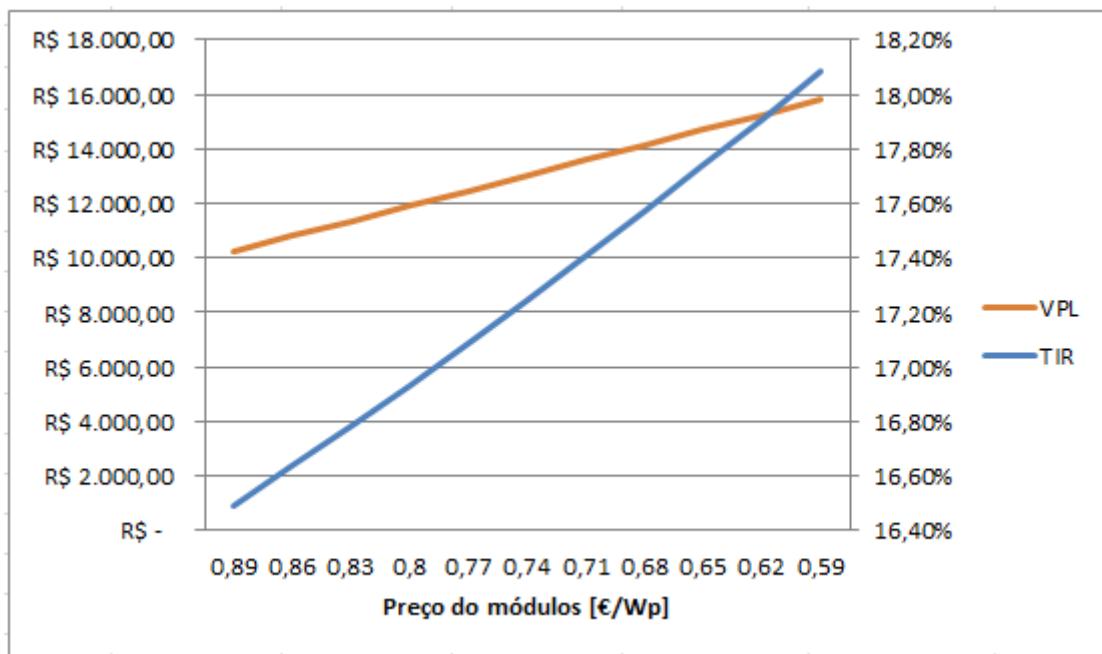


Figura 21 - Sensibilidade do VPL e TIR aos impostos no caso rural da região centro-oeste.

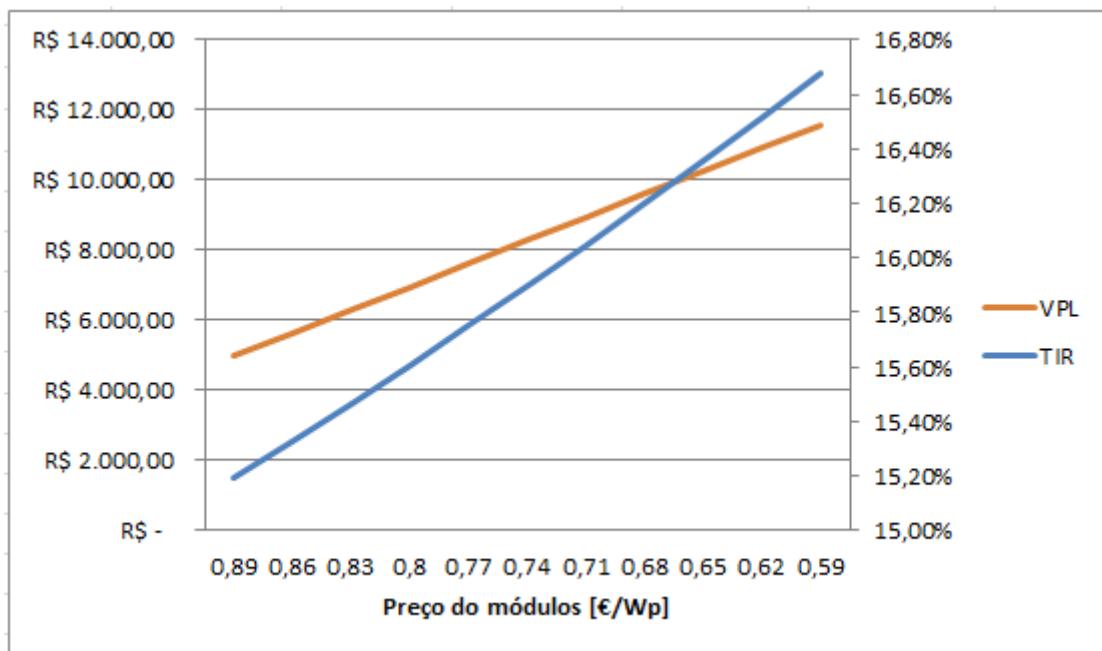


Figura 22 - Sensibilidade do VPL e TIR aos impostos no caso rural da região sul.

Nestas regiões pode-se observar que o aumento das variáveis foi mais significativo que da região anterior (nordeste). Considerando o fato de que só está sendo isentado o imposto sobre os módulos, isentando também o preço dos inversores deixariam estes resultados melhores ainda. Apesar deste aumento do VPL, o investimento inicial ainda continua altíssimo, em consequência do elevado consumo destas classes. Com isto, apesar da

redução do preço dos módulos, ainda é necessária uma grande quantidade destes, fazendo com que o investimento necessário continue alto.

Da mesma forma que o caso anterior, os investimentos são viáveis, porém não muito atrativos. Para que seja possível instalar o sistema, necessita-se de um investimento alto, possível apenas a partir de financiamento, dependendo da rentabilidade do usuário em questão. O ProGD propõe isto (financiamento pelo BNDS, mesmo sem o produto ser de fabricação nacional), o que resolve este caso.

Valendo-se agora do âmbito não exclusivamente financeiro, é válido ressaltar o ganho pessoal que o usuário adquire ao obter um sistema de GD a partir de energia fotovoltaica. Ele está colaborando com um positivo impacto ambiental, o que por si só já é um ganho, independente do retorno financeiro a ele associado. As variáveis aqui calculadas (com exceção do sul rural) garantem que haverá retorno, sendo ele significativo ou não, ou seja, apesar de não ser extremamente atrativo financeiramente, não chega a ser prejuízo, e vale a pena.

Além disso, o usuário está livre da adoção das bandeiras tarifárias, uma vez que não é consumidor daquela energia, o que reforça a atratividade financeira, mesmo desvinculando-se dos índices de viabilidade econômica.

5.7.3 Os programas de incentivo ocasionaram a viabilidade

O terceiro padrão observado foi quanto às classes rurais das regiões norte e sudeste, as quais os investimentos não são atrativos sem a adoção de programas de incentivo e tornam-se, após adoção integral destes. Esta transição permite concluir com facilidade a relevância os programas de incentivo nestes cenários.

5.7.4 Companhias de energia dificultando a viabilidade da geração distribuída

Vale lembrar que todos os padrões analisados até aqui eram com a adoção da Selic na TMA e, em vista disso chega-se ao quarto e último padrão: todos os cenários são

indiscutivelmente inviáveis ao colocar a TMA acompanhando o crescimento das companhias de energia.

Conforme apresentado anteriormente, as empresas de energia têm seu crescimento pouco comprometido com a crise; isto porque energia elétrica é um bem indispensável. Devido a isto, Costa (2015), atribui o pequeno uso desta fonte de energia ao boicote das distribuidoras de energia.

Dois principais fatores que desestimulam a instalação de geração distribuída, segundo pesquisa de satisfação da ANEEL (2014), são a burocracia e o tempo de espera que cada processo demanda. Estes dois itens consistem em emitir o parecer de acesso (que tem prazo de 30 dias¹⁰), fazer vistoria do local a se instalar a GD (que também tem prazo 30 dias), entrega do relatório de vistoria (15 dias), aprovação do ponto de conexão de energia (7 dias). Assim, são necessários ao menos 82 dias para a efetivação da conexão.

Fica evidente a necessidade de melhoria nos processos burocráticos com o intuito de promover a celeridade da implantação de novas unidades de geração distribuída. O entrave, porém, é que estes processos cabem às distribuidoras de energia. Para elas, não seria interessante investir na melhoria de processos que, a longo prazo, apesar de não saber ao certo os impactos, provavelmente possam diminuir seus lucros. A burocracia entra nesta mesma questão: o lobby das concessionárias dificulta os processos burocráticos pelo mesmo motivo, pode comprometer seus lucros uma vez que a geração distribuída acarreta na diminuição do volume de energia vendido (MANCUSO, 2007).

Desta forma, a incerteza por parte das companhias (geradoras e distribuidoras) de energia elétrica, gera uma insegurança que logicamente dificulta a viabilidade desta fonte de energia, ou seja, deve-se investir não apenas em políticas de incentivo, mas também em estudos e projeções a respeito dos demais envolvidos, a fim de que nenhuma das partes envolvidas sejam afetadas negativamente com estes programas.

¹⁰ Se for Minigeração distribuída e houver necessidade de obras, este prazo se eleva para 60 dias.

5.7.5 Cenário alemão e sua aplicabilidade no Brasil

Uma vez observado caso a caso todos os cenários brasileiros, pode-se refletir a respeito das políticas propostas pela Alemanha.

Não se pode afirmar o impacto que tais medidas teriam no Brasil. Estas medidas provavelmente acelerariam bruscamente o crescimento da capacidade instalada no país (visto que os programas de lá proporcionam um retorno muito maior e mais seguro de investimento devido aos subsídios oferecidos pelo governo, em comparação com o retorno observado pelos atuais programas brasileiros). Além disso, o sistema *feed-in* adotado também proporciona maior segurança que o *net metering*, uma vez que há a garantia de venda do excedente de energia.

A questão que deve ser considerada, porém, não é quanto à indiscutível melhoria na eficiência destes pontos em contraste com os adotados pelo governo brasileiro na questão da viabilidade econômica para o consumidor, mas sim se o governo teria estabilidade econômica suficiente para arcar com um investimento tão grande (tendo em vista que a população do Brasil é 2,5 vezes maior que a da Alemanha, e que o real apresenta uma alta desvalorização em relação ao euro).

Uma vez que o brasileiro tem como prioridade o impacto ambiental associado à GD (e o financeiro está em segundo lugar), parece ser mais razoável investir em políticas menos agressivas. O efeito pode ser mais lento, mas o investimento deve ser coerente com a realidade em que o país se encontra. Resultados concretos, porém, só serão possíveis mediante um estudo quantificando tais investimentos.

6 Conclusão

Neste estudo pôde-se entender de modo qualitativo e quantitativo o impacto dos programas de incentivo, REN-486 e ProGD propostos pelo governo, por meio de análise da viabilidade econômica em cada um dos cenários adotados.

Nas regiões nordeste e sudeste das classes de consumo rural, foram observados os maiores impactos positivos gerados por tais programas. Estes dois casos tornaram-se viáveis por consequência dos programas, o que demonstra sua eficiência e, assim, sugere que tais programas tenham como foco tais regiões.

Nos demais casos, em que a viabilidade já era visível mesmo sem programas, estes não têm muito impacto, tornando necessária adoção de diferentes medidas a fim de aumentar a atratividade dos consumidores nestes casos (lembrando que, apesar de viável, o uso de energia fotovoltaica não é representativo no Brasil).

Apesar das limitações, decorrentes principalmente dos arredondamentos, os valores podem ser considerados coerentes com a realidade. Porém, para resultados mais exatos seriam necessários softwares específicos para cálculo e cenários de estudo menores.

Por fim, este trabalho teve como foco a viabilidade e atratividade dos programas de incentivo à geração distribuída com energia fotovoltaica a partir do ponto de vista do consumidor. Assim sendo, espera-se que este trabalho possa motivar trabalhos futuros, a fim de complementá-lo. Sugestões a serem abordadas são: quantificar viabilidade e atratividade para o governo, assumindo cenários otimistas de aderência dos consumidores; quantificar esta mesma viabilidade e atratividade para as companhias de energia; e estudar a inclusão de baterias em sistemas de geração distribuída a fim de aumentar a energia utilizada por esta fonte.

7 Referências Bibliográficas

ABINEE. **Propostas para inserção da tecnologia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira.** 2012.

AHK. **Condições de Importação de Equipamentos de Mini & Micro-Geração Distribuída Fotovoltaica no Brasil.** 2012.

ANEEL. Avaliação dos Resultados da Resolução Normativa Nº 482/2012 na Visão do Regulador, Brasília-DF, 2014.

ANEEL. Consumidores, consumo, receita e tarifa média – região, empresa e classe de consumo. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/relatorios-de-consumo-e-receita>> Acesso em outubro de 2015.

ANEEL. Por dentro da conta de luz: informação de utilidade pública/Agência Nacional de Energia Elétrica. 4. Ed. - Brasília: ANEEL, 2008.

ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482/2012. 17 de abril de 2012.

ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 517/2012. 11 de dezembro de 2012.

BACEN. Dados diários. Disponível em <<http://www.bcb.gov.br/htms/selic/selicdiarios.asp>> acesso em novembro de 2015.

BMF&Bovespa. Disponível em <<http://www.bmfbovespa.com.br/>> acesso em novembro de 2015.

BMF&Bovespa. **Cotações.** Disponível em <http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/market-data/cotacoes/mercado-de-derivativos/?symbol=EUR> acesso em novembro de 2015.

BREYER, C.; GERLACH, A. Global overview on grid-parity. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**, v. 21, n. 1, p. 121–136, 2013.

BRÜGGEMEIER, F. J. **Sonne, Wasser, Wind: Die Entwicklung der Energiewende in Deutschland.** Disponível em <<http://library.fes.de/pdf-files/wiso/11579.pdf>>, acesso em maio de 2016.

CASTRO; MEDIAVILLA; MIGUEL; FRECHOSO. Renewable and Sustainable Energy Reviews. **Global solar electric potential: A review of their technical and sustainable limits.** 2013

CRESESB. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.** p. 289-290, 2014.

CONTE, B. P.; CORONEL, D. A.; SILVA, R. A.; WEISS, C. R. **Relação entre liquidez e rentabilidade: um estudo aplicado às empresas de energia elétrica (209-2013).** Revista Espacios, v.35, n.7, p13, 2014.

COSTA, H. S. **Porque a energia solar não deslancha no Brasil.** Carta Capital. Disponível em <<http://www.cartacapital.com.br/blogs/outras-palavras/por-que-a-energia-solar-nao-deslancha-no-brasil-3402.html>> acesso em fevereiro de 2015.

DIEESE. **Comportamento das tarifas de energia elétrica no Brasil.** Nota técnica 147, agosto de 2015.

Divulgação Ministério de Minas e Energia. **Brasil lança programa de geração distribuída com destaque para energia solar.** Disponível em <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticas/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030> Acesso em dezembro de 2015.

DOEGE, R.; LAKOSKI, J. C. **Análise comparativa de rentabilidade e lucratividade dos negócios geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.** Revista de estudos contábeis, Londrina, v.3, n.5, p. 48-62, julho/dezembro de 2012.

The German Energiewende. Disponível em <<http://energytransition.de/>>, acesso em abril de 2016.

EPE. Recursos Energéticos. **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos.** 2014

EPIA. **Global Market Outlook for photovoltaics until 2016.** 2012.

FRAUNHOFER. **Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland.** 2015.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira.** 3. ed. São Paulo: HARBA, p. 441-442, 446, 1987.

IBGE. **Contas Nacionais Trimestrais. Outubro/Dezembro, 2015**

JANNUZZI, G. G.; GOMES, R. D. M.; VARELLA, F. K. O. M. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil**: panorama da atual legislação. Campinas: International Energy Initiative, 2009.

LANG, M; LANG, A. **Overview German Energy Law**. Disponível em <http://www.germanenergyblog.de/?page_id=513>, acesso em abril de 2016.

MANCUSO, W. P. **O lobby da indústria no Congresso Nacional: empresariado e política no Brasil contemporâneo**. São Paulo: Humanitas, 2012.

PHOTON International. **Prices PHOTON.info**. PHOTON-Newsletter, 2015.

POULLIKKAS, A. A comparative assessment of net metering and feed in tariff schemes for residential PV systems. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 3, p. 1–8, set 2013.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.;JAFFE, J. F. **Administração Financeira: Corporate Finance**. 2 ed. São Paulo: Atlas S.A., p. 73-75, 129,131-132, 2007.

Solar Panels. **Alternative Energy**. Net metering. Disponível em <<http://www.solar-panel.biz/net-metering/>> Acesso em março de 2016.

SOUZA, R. **Análise Financeira Simplificada de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**. BlueSol Energia Solar, 2015.