

Área: Sustentabilidade | Tema: Cidades Sustentáveis e Inteligentes

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE MINI GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA COM
SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO PARA CONSUMIDORES RESIDENCIAIS**

**ECONOMIC FEASIBILITY ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC SOLAR MINIGENERATION WITH
STORAGE SYSTEMS FOR RESIDENTIAL CONSUMERS**

Itauana Giongo Remonti e Daniel Pinheiro Bernardon

RESUMO

Este artigo tem por objetivo a realização de um estudo de caso em baixa tensão no subgrupo B1, consumidor residencial. Tendo por base o consumo em kWh anualmente, obtendo opções que atendam a curva de carga, a qual é baseada em uma rede integrada com fontes renováveis disponíveis na cidade de Santa Maria, sendo através da energia solar. O estudo leva em consideração os preços dos painéis fotovoltaicos, assim como, as tarifas Branca e Convencional do subgrupo B1. Outro fator que é levado em consideração é a distância da Rede de Distribuição e o armazenamento da energia elétrica, os quais são importantes na determinação da qualidade e segurança do Sistema Elétrico de Potência em determinadas cargas. Sobretudo, visa a utilização de Geração Distribuída em uma residência, sendo a simulação de todo o projeto elétrico realizada no software de simulação HOMER, o qual proporciona realizar comparações na rede elétrica utilizando fontes de energias renováveis, a variação dos preços nas tarifas Branca e Convencional em uma Análise de Sensibilidade. O software HOMER, além da simulação e otimização do projeto em estudo, apresenta a questão econômica de todo o sistema elétrico, o qual é possível verificar se vale a pena a implementação de determinadas fontes de energias renováveis para a geração de eletricidade, neste estudo de caso a fonte de energia solar. A análise financeira observada através das simulações, são: Valor Presente Líquido (VPL) e Payback (taxa de retorno sobre o investimento).

Palavras-Chave: Energia Elétrica; Fontes de Energias Renováveis; Geração Distribuída.

ABSTRACT

This article aims to conduct a case study in low voltage in subgroup B1, residential consumer. Based on the consumption in kWh annually, obtaining options that meet the load curve, which is based on an integrated grid with renewable sources available in the city of Santa Maria, using solar energy. The study takes into consideration the prices of photovoltaic panels as well as the White and Conventional tariffs of subgroup B1. Another factor that is taken into consideration is the distance from the distribution grid and the storage of electricity, which are important in determining the quality and safety of the power system under certain loads. Above all, it aims at the use of Distributed Generation in a home, being the simulation of the whole electrical project performed in the HOMER simulation software, which allows to make comparisons in the grid using renewable energy sources, the price variation in the White and Conventional tariffs in a Sensitivity Analysis. The HOMER software, in addition to the simulation and optimization of the project under study, presents the economic issue of the entire electrical system, which can be verified if the implementation of certain renewable energy sources for electricity generation is worthwhile in this study case the solar power source. The financial analysis observed through the simulations are: Net Present Value (NPV) and Payback (rate of return on investment).

Keywords: Electricity; Renewable Energy Sources; Distributed Generation.

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE MINIGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA COM SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO PARA CONSUMIDORES RESIDENCIAIS

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é básica para o desenvolvimento da humanidade, para o avanço tecnológico e é indispensável para a inovação em todos os âmbitos da vida humana. A energia proporciona qualidade de vida, bem-estar para a sociedade e impulsiona as oportunidades individuais e coletivas. Entretanto, os atuais sistemas elétricos brasileiros ainda não aplicaram as inovações ocorridas no mundo na questão de *Smart Grids*, conjuntamente com a geração distribuída para a produção de energia elétrica utilizando fontes de energias renováveis, assim como o armazenamento e compartilhamento dessa eletricidade de forma bidirecional e o monitoramento quase em tempo real e de forma descentralizada.

Levando em consideração a gestão organizacional dos sistemas elétricos, eles visam atender a demanda dos consumidores centralizados. Pois, a grande maioria das geradoras de energia elétrica localizam-se distantes dos centros populacionais, nos quais chegam até as concessionárias distribuidoras pelas linhas de transmissão, fazendo com que o Sistemas Elétricos de Potência (SEP) seja centralizado e dependente das concessionárias.

Dados atuais da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), mostram que no Brasil a geração de energia elétrica é predominantemente por usinas hidrelétricas, chegando aproximadamente 60,17% de Potência Outorgada em kW. Seguidas das Usinas Termelétricas, com Potência Outorgada de aproximadamente 24,66% em kW e com 9,09% das Centrais Geradoras Eólicas, também em Potência Outorgada em kW. Em contrapartida, percebe-se que a Potência Outorgada em kW das Centrais Geradoras de Energia Solar é de apenas 1,27% (ANEEL, 2019).

No ano de 2015, na Conferência das Partes (COP 21), celebrada em Paris – França, a qual discutiu a mudança climática no mundo, o Brasil assumiu um compromisso que até o ano de 2025 reduzirá as emissões de gases de efeito estufa em 37% e até o ano de 2030 uma redução em 43%, ambas em relação aos níveis de 2005. Esse acordo devido a preocupação na geração de eletricidade através de fontes de energias renováveis (ONU, 2015).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética, no ano de 2016, relatou a importância de expandir as fontes de energias renováveis, além de aumentar a energia híbrida no mínimo em 23% até o ano de 2030. Considerando que o Brasil possui umas das matrizes energéticas mais renováveis do mundo, com aproximadamente 75% dessas fontes para a geração de energia elétrica (EPE, 2015).

Sobretudo, é de extrema importância abordar estratégias que abordem uma energia sustentável, que os governantes, as grandes empresas, as universidades e a sociedade se unam para trabalhar juntos na construção de um mundo mais limpo, sustentável e independente.

Dado o contexto nacional e internacional sobre a questão econômica, social e ambiental, percebe-se a importância e o impacto da geração de energia elétrica no desenvolvimento da humanidade. Com isso, cada processo é de extrema importância para a questão geopolítica, econômica e social.

Com isso, este artigo é baseado em um estudo de caso, o qual visa realizar a viabilidade técnica e econômica de um sistema de energia em uma residência enquadrada no grupo B1, em um horizonte de 20 anos com juros de 9% ao ano, considerando uma carga residencial anual e a utilização da matriz energética com fonte renovável solar.

O projeto possibilita a implementação de Geração Distribuída na carga do consumidor residencial de baixa tensão, utilizando fontes renováveis para a geração de energia elétrica, focando na energia solar e na modalidade tarifária *Net Metering*. Com isso, é analisado as

melhores alternativas na Análise de Sensibilidade simulada no *software HOMER*, na qual mostra os melhores preços dos Painéis Fotovoltaicos e a comparação das Tarifas Branca e Convencional para a mesma carga.

As tarifas utilizadas são da RGE Sul Distribuidora de Energia e foram adotadas a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e a Tarifa de Energia (TE) nas modalidades tarifárias Branca e Convencional.

2 DESENVOLVIMENTO

Este desenvolvimento consiste em uma parte teórica, a qual apresenta dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que diz respeito ao avanço da utilização da matriz energética renovável para a geração de energia elétrica, assim como, a inserção da Geração Distribuída no Brasil. Apresenta-se também nesta parte teórica, o consumo mensal anual de energia elétrica baseado no subgrupo B1 (consumidor residencial) da concessionária RGE Sul, assim como, a curva de carga levada em consideração para as simulações no *software HOMER*, levando em consideração a Tarifa Branca e a Tarifa Convencional.

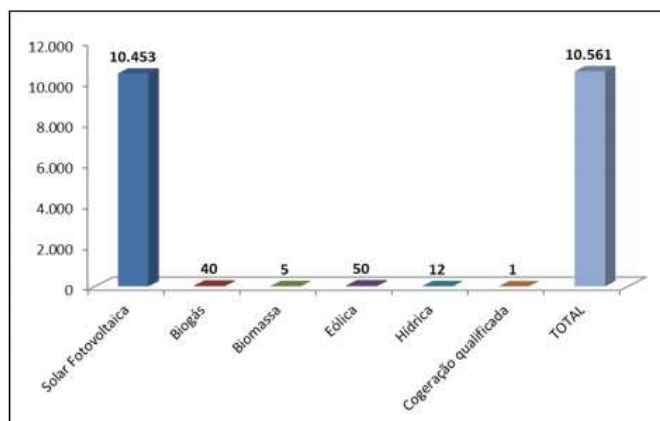
Contudo, a outra parte do desenvolvimento, consiste na parte prática do sistema elétrico simulado, a qual permite realizar uma comparação tarifária com a utilização de fontes renováveis na geração de eletricidade no subgrupo B1. Sendo assim, pode-se avaliar as contribuições desse arranjo (painéis fotovoltaicos, baterias, geração própria, incentivos tarifários) no setor elétrico.

2.1 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

A Geração Distribuída é uma alternativa que possui várias vantagens para o setor elétrico, por dispor de várias unidades de geração de energia elétrica próximas à carga. Possibilitando consumidores autogeradores (geração própria de eletricidade) ou uma cogeração qualificada (possibilitando uma cooperativa entre os consumidores que geram a própria energia e a utilizam). A qual podem injetar na Rede Elétrica o excedente da energia gerada. Com isso, o consumidor terá os créditos de energia, no qual é a compensação de energia, tendo uma validade de 56 meses e abatendo na conta de energia elétrica os créditos que o consumidor possui. Além disso, permite diversificar a matriz energética, utilizando fontes renováveis para a geração de energia elétrica (ANEEL, 2016).

Em função da baixa densidade energética, as fontes renováveis de energia solar e eólica têm melhor adaptação para a Geração Distribuída. A Figura 1 apresenta a distribuição de geradores instalados por fontes de energia (ANEEL, 2017).

Figura 1- Conexões por fontes

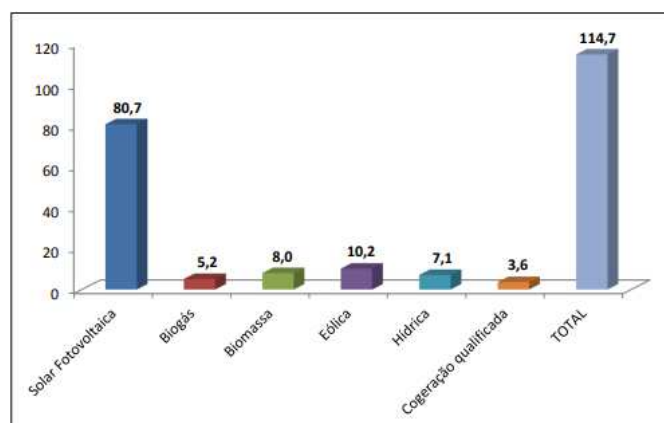


Fonte: ANEEL, 2017.

A Figura 1, apresentada acima, demonstra as conexões por fontes renováveis de energia até o dia 23 de Maio de 2017, apresentando de forma clara que a energia solar fotovoltaica é de aproximadamente 99% de todas as instalações no Brasil, seguida da energia renovável eólica.

Levando em consideração a potência instalada, percebe-se na Figura 2, também a distinção por fonte de energia renovável.

Figura 2 - Potências instaladas por fontes

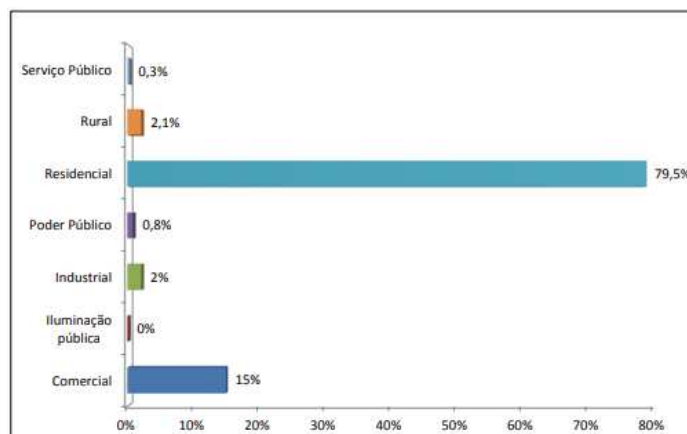


Fonte: ANEEL, 2017.

Analisando a Figura 2, percebe-se que em questão de potência instalada a energia solar fotovoltaica corresponde aproximadamente 81%, seguida de 10% da energia eólica.

Já na Figura 3, a ANEEL demonstra a participação dos consumidores.

Figura 3 - Classes de consumos



Fonte: ANEEL, 2017.

Acima, na Figura 3, é possível observar a classe de consumo com Geração Distribuída utilizando algum tipo de fontes de energia renovável para a produção de energia elétrica. Com isso, observa-se que os consumidores residenciais se destacam, com aproximadamente 80%, seguida dos consumidores comerciais com aproximadamente 15%.

Sendo assim, o perfil de carga foi realizado pelo histórico de consumo de uma carga residencial, durante o período de um ano, apresentado na Tabela 1.

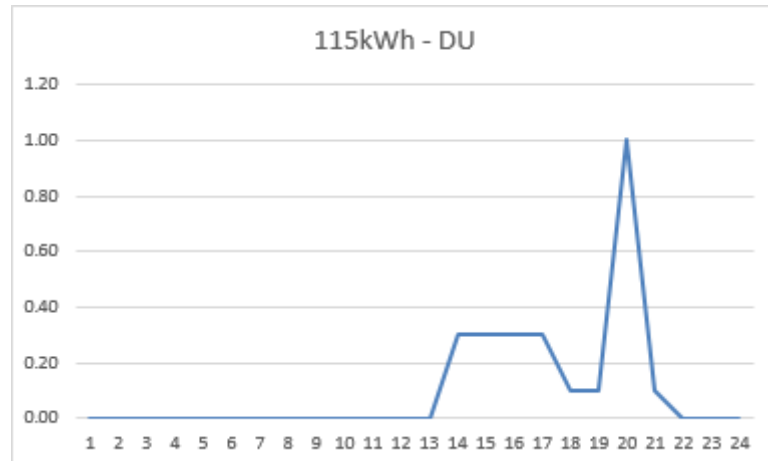
Tabela 1 - Histórico do consumo residencial anual

Mês	Consumo (kWh)
Janeiro	253
Fevereiro	248
Março	227
Abril	205
Maio	120
Junho	197
Julho	181
Agosto	136
Setembro	156
Outubro	110
Novembro	102
Dezembro	125

Fonte: autora.

Com base nesse histórico do consumo residencial anual, demonstrado na, foi estimado três margens de consumo em kWh, sendo eles de: 115 kWh, 170 kWh e 250 kWh. Entretanto, para este artigo utiliza-se apenas o consumo de 115 kWh, com isso, na Figura 5 e na Figura 6 apresenta-se as curvas de carga para os dias úteis e finais de semana.

Figura 5 - Perfil de Carga Dias Úteis (115 kWh)

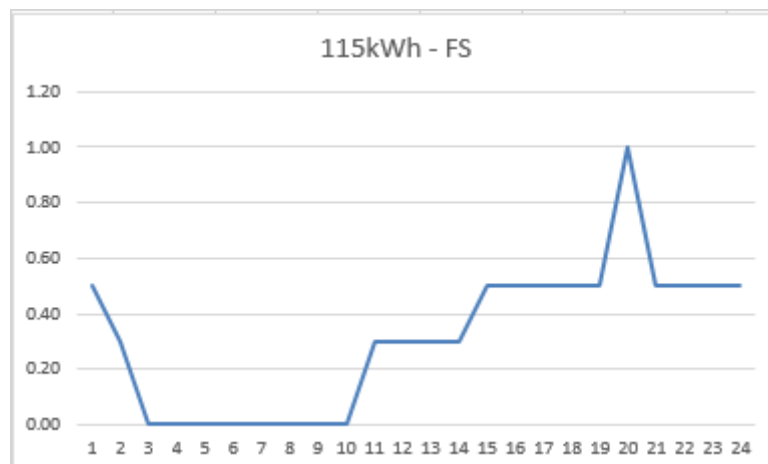


Fonte: autora.

Acima, na Figura 5, observa-se a curva de carga de 115 kWh em um consumo residencial durante os dias úteis, sendo eles de segunda-feira até sexta-feira, não levando em consideração feriados nesses dias, para o estudo de caso desse artigo.

Abaixo, na Figura 6, observa-se a curva de carga de 115 kWh em um consumo residencial durante o final de semana (sábados e domingos) e feriados.

Figura 6 - Perfil de Carga Finais de Semana (115 kWh)



Fonte: autora.

Acima, na Figura 6, observou-se a curva de carga levada em consideração neste artigo para o estudo de caso.

Além das curvas de carga apresentadas acima, neste estudo de caso, foram adotadas as tarifas Convencional e Branca da RGE Sul Distribuidora de Energia, na qual é a concessionária responsável pela Distribuição de Energia Elétrica na região de Santa Maria – RS, apresentada abaixo na Figura 7.

Figura 7 - Preços tarifários para o grupo B1

SUBGRUPO	MODALIDADE	CLASSE	SUBCLASSE	POSTO	TARIFAS DE APLICAÇÃO			TARIFAS BASE ECONÔMICA		
					TUSD			TUSD		
					RS/kW	RS/MWh	RS/MWh	RS/kW	RS/MWh	RS/MWh
B1	BRANCA	RESIDENCIAL	RESIDENCIAL	P	0,00	437,88	405,41	0,00	422,55	376,79
				INT	0,00	246,95	250,01	0,00	237,31	240,12
				FP	0,00	170,58	250,01	0,00	163,21	240,12
	CONVENCIONAL	RESIDENCIAL	RESIDENCIAL	NA	0,00	217,39	262,96	0,00	208,62	251,51
				BAIXA RENDA ⁽¹⁾	0,00	211,05	262,96	0,00	202,34	251,51
				NA	0,00	211,05	262,96	0,00	202,34	251,51

Fonte: RGE Sul, 2019.

Acima, na Figura , segue as especificações tarifárias para o grupo B1, das Tarifas Branca e Convencional da distribuidora RGE Sul, as quais foram levadas em consideração neste estudo de caso (RGE, 2019).

Sendo que:

- NA = não se aplica (não há distinção dentro da classe, subclasse ou posto tarifário);
- P =posto tarifário ponta;
- INT= posto tarifário intermediário;
- FP = posto tarifário fora de ponta

A utilização do *software* de simulação *Homer*, proporciona a modelagem, a otimização e a questão financeira do projeto de Geração Distribuída, tendo como foco principal neste estudo as modalidades de *Net Metering*, o *Feed In* e as Tarifas Dinâmicas, fazendo com que o estudo seja confiável em seus resultados, diminuindo custos na implementação real do sistema, no qual é possível modelar a conta de energia elétrica de um consumidor residencial. É importante destacar a modelagem dos painéis fotovoltaicos, juntamente com a altitude e longitude da cidade de Santa Maria – Rio Grande do Sul e os módulos das baterias, os quais serão apresentados no desenvolvimento prático (*HOMER*, 2014).

2.2 DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Dada as alterações tarifárias de acordo com a norma da ANEEL, os preços tarifários, referentes as tarifas Branca e Convencional, foram estabelecidos no *software* de simulação *HOMER*, levando em consideração os horários de Ponta, Intermediário e Fora de Ponta, assim como, para o caso Convencional também.

Sobretudo, foram adequadas as tarifas com o imposto de ICMS, o qual equivale a 30% do valor total, sendo assim, os valores do perfil de carga foram divididos pelo valor de 0,7 para que pudessem ter seu valor correto inserido do *HOMER*, nos horários de Ponta, Intermediário e Fora Ponta.

Na Figura 6, apresentam-se os parâmetros no *software* de simulação *HOMER* com os preços tarifários atualizados sem os impostos.

Figura 6 - Tarifas estabelecidas no *software HOMER*

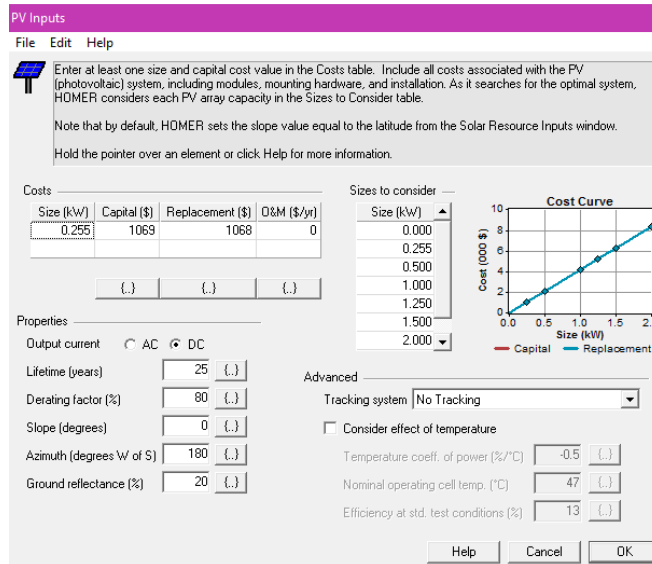
Rate	Price (\$/kWh)	Sellback (\$/kWh)	Demand (\$/kW/mo)
Ponta	1.200	0.000	0.000
Intermed	0.710	0.000	0.000
ForaPonta	0.600	0.000	0.000
Convencional	0.680	0.000	0.000

Fonte: autora.

Acima, na Figura 6, a demonstração da parametrização das tarifas estabelecidas no *software* de simulação *HOMER*, tanto para a tarifa Branca, como também, para a tarifa Convencional.

Na Figura 7, apresenta-se a modelagem dos painéis fotovoltaicos.

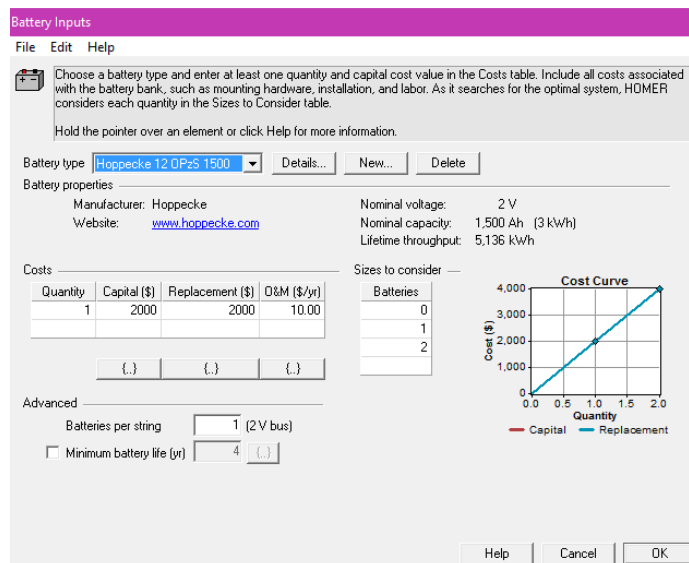
Figura 7 – Módulo Solar parametrizado no *HOMER*



Fonte: autora.

Acima, na Figura 7, pode-se perceber a parametrização do módulo solar no *software* de simulação *HOMER*. A seguir, na Figura 8, observa-se a modelagem no módulo da bateria.

Figura 8 – Módulo da bateria parametrizado no *HOMER*



Fonte: autora.

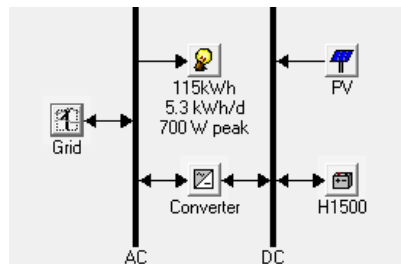
Acima, na Figura 8, pode-se perceber a parametrização do módulo da bateria no *software* de simulação *HOMER*.

2.2.1 Estudo da viabilidade de Geração Distribuída mediante a tarifa Convencional

Neste estudo da viabilidade de Geração Distribuída com a tarifa Convencional, utilizou-se apenas fontes capazes de atender a carga residencial. Sendo assim, o atendimento efetuado nas cargas da residência fica na utilização da Rede de Distribuição em conjunto com os painéis fotovoltaicos, os conversores e as baterias.

A seguir, na Figura 9, é apresentado o sistema implementado para o atendimento da carga residencial para o estudo de caso deste artigo.

Figura 9 - Sistema com as fontes alternativas implementadas em conjunto com a Rede Elétrica

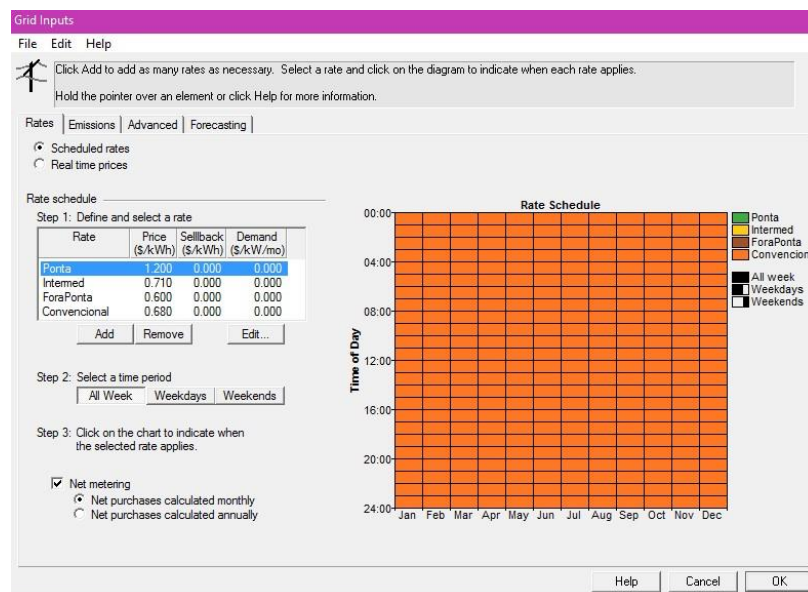


Fonte: autora.

Acima, na Figura 9, é possível observar o sistema da carga residencial implementado com a fonte renovável da energia solar, precisando de painéis fotovoltaicos, juntamente com um sistema de armazenamento através de baterias, conversores e em conjunto com a rede elétrica.

Os preços tarifários encontram-se configurados no *software HOMER* para a tarifa Convencional sem a adição de impostos, os quais são apresentados abaixo na Figura 10.

Figura 10 - Configurações para a tarifa Convencional



Fonte: autora.










Acima, na Figura 10, a parametrização no *software HOMER*, para as simulações da carga residencial com a tarifa Convencional.

Para realizar a Análise de Sensibilidade, diminuiu-se os preços dos painéis fotovoltaicos e aumentou-se o preço da tarifa Convencional. A partir disso, rodou-se o programa e obteve-se os resultados, apresentados a seguir.

O *software HOMER* utiliza a rede elétrica para suprir a carga apenas quando é necessário, permitindo que as fontes renováveis empregada possa suprir a carga demandada pela residência.

Na Figura 11, apresenta-se as melhores alternativas para a carga determinada da residência, a partir da tarifa Convencional.

Figura 11 - Melhores alternativas com a tarifa Convencional










	PV (kW)	H1500	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
  	1.250		1	1000	\$ 6,820	423	\$ 10,684	0.605	0.57
				1000	\$ 0	1,315	\$ 12,008	0.680	0.00
  	1.250	1	1	1000	\$ 8,820	433	\$ 12,775	0.723	0.57
 		1	1	1000	\$ 3,580	1,381	\$ 16,184	0.916	0.00

Fonte: autora.

Na Figura 11, apresentada acima, percebe-se que a melhor solução para a demanda da carga, necessita de painéis fotovoltaicos, conversor e bateria e economicamente o arranjo desse sistema possui o menor NPC, o qual seria o preço total de investimento baseado na curva de carga. Outro ponto a ser considerado é o preço dos painéis fotovoltaicos em um valor de R\$0,50 e o preço da tarifa Convencional no valor de R\$0,48.

Abaixo, na Figura 12, a demonstração da simulação da Análise de Sensibilidade, o qual apresenta todas as simulações do sistema elétrico projetado considerando a tarifa Convencional.

Figura 12 - Resultados na Análise de Sensibilidade - Tarifa Convencional

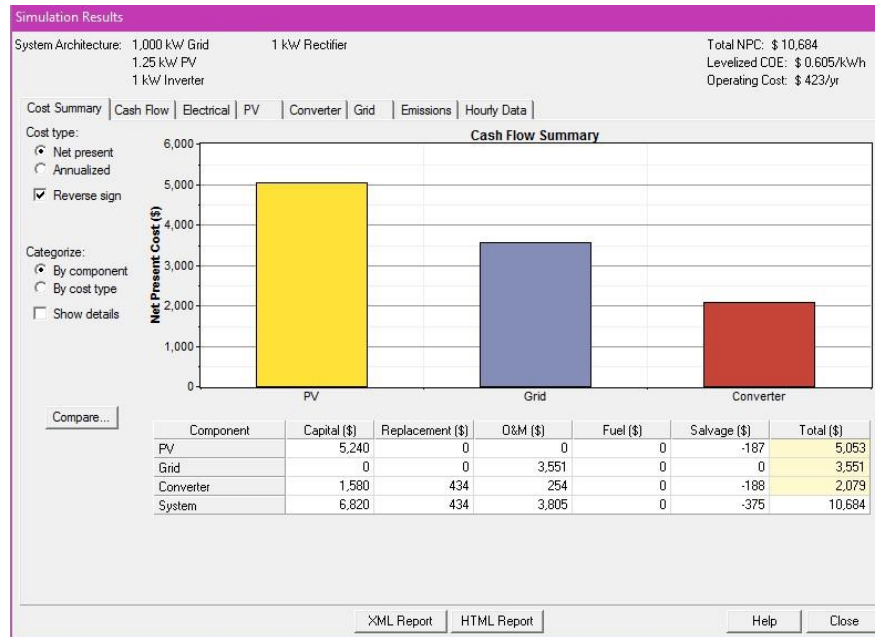
	PV (kW)	H1500	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
  	1.250		1	1000	\$ 6,820	431	\$ 10,759	0.609	0.57
				1000	\$ 0	1,315	\$ 12,008	0.680	0.00
  	1.250	1	1	1000	\$ 8,820	441	\$ 12,850	0.728	0.57
 		1	1	1000	\$ 3,580	1,381	\$ 16,184	0.916	0.00

Fonte: autora.

Na Figura 12, apresentada acima, mostra todos os resultados da Análise de Sensibilidade com a tarifa Convencional, observa-se que os painéis fotovoltaicos custando R\$1,00 e de acordo com a carga demandada, dado o custo da tarifa, valeria a pena o investimento da Geração Distribuída, tendo a melhor implementação do sistema com um NPC de R\$10.759,00.

Abaixo, na Figura 13 é demonstrada a melhor alternativa para a implementação da Geração Distribuída considerando a tarifa Convencional.

Figura 13 - Custo da Geração Distribuída com a tarifa Convencional

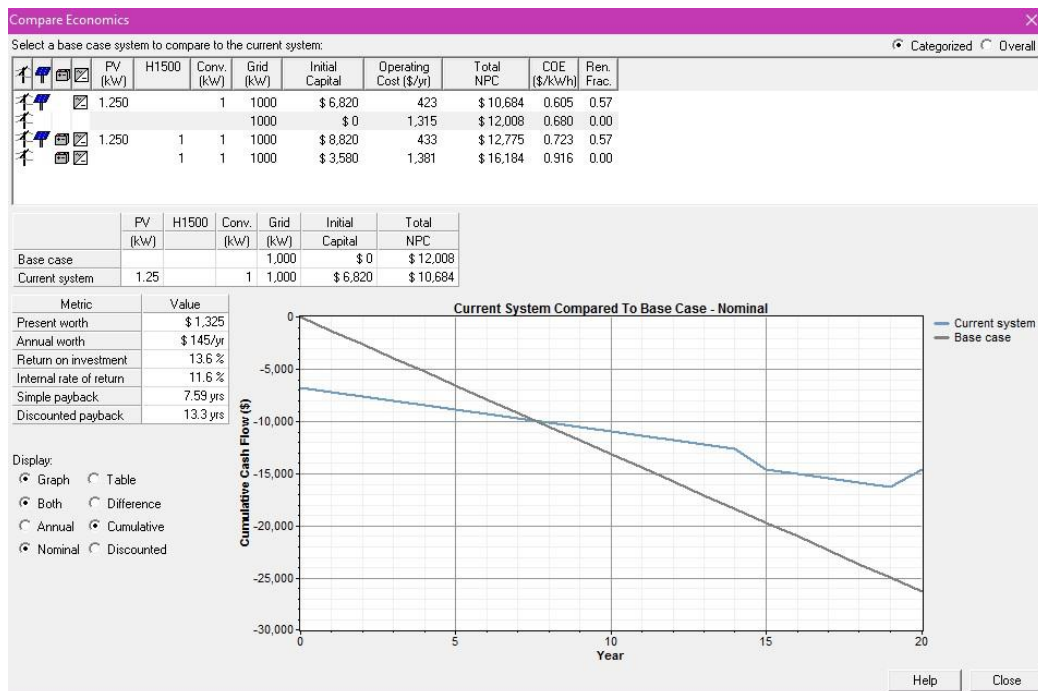


Fonte: autora.

Acima, na Figura 13, observa-se que o custo total de implantação de todo o sistema, teria um custo de R\$10.684,00. Esse custo é composto do custo dos painéis fotovoltaicos, do conversor, da bateria juntamente com a rede elétrica.

Abaixo, na Figura 14, apresenta-se o comparador econômico, sendo a comparação do caso base com a melhor caso de implementação do sistema elétrico com Geração Distribuída.

Figura 14 - Comparador Econômico (Caso Base x Caso Implementado) – Tarifa Convencional



Fonte: autora.

Portanto, analisando as simulações, é possível verificar que dada a demanda da carga residencial, seria vantajoso investir no sistema elétrico com geração própria utilizando a energia solar, levando em consideração o preço tarifário Convencional.

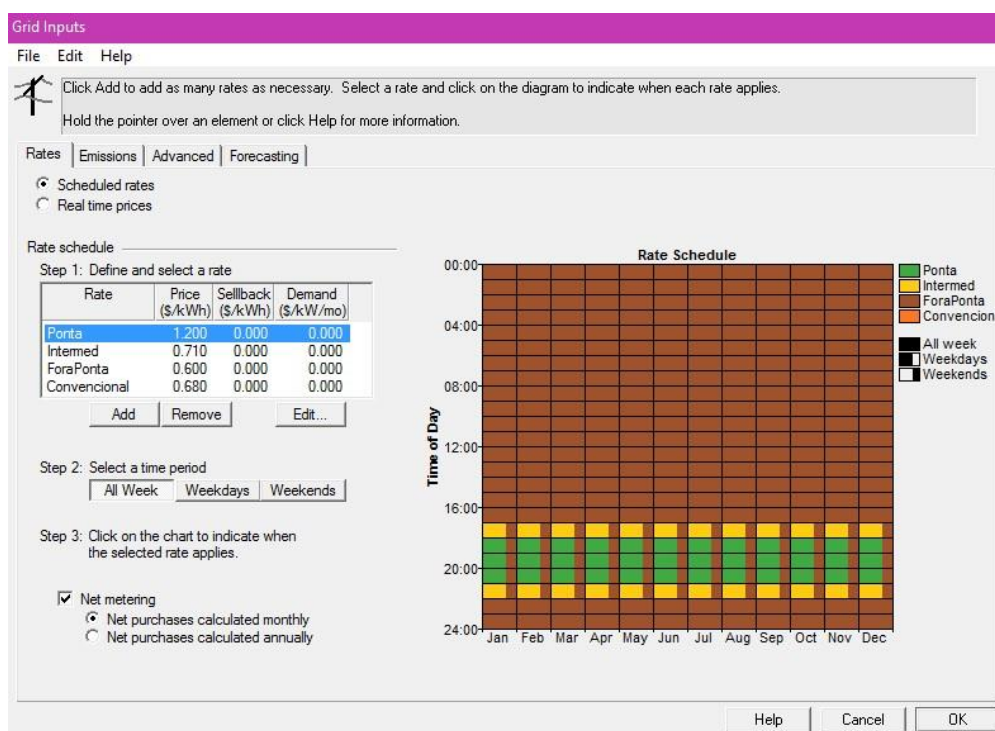
Sendo assim, pode-se observar, na Figura 14, que com um NPC de R\$10.684,00, comparado com o caso base (apenas a rede elétrica), no qual possui um NPC de R\$12.008,00, o investimento total, seria pago em aproximadamente 8 anos, levando em consideração o valor da tarifa Convencional de R\$0,48 e dos painéis fotovoltaicos com um custo de R\$ 0,50.

2.2.2 Estudo da viabilidade de Geração Distribuída mediante a tarifa Branca

O estudo da viabilidade da Geração Distribuída para a tarifa Branca segue o mesmo sistema elétrico, apenas alterando os preços da tarifa Convencional para a tarifa Branca.

Os preços tarifários encontram-se configurados no *software HOMER* para a tarifa Branca sem a adição dos impostos, os quais são apresentadas abaixo na Figura 15.

Figura 15 - Configurações da tarifa Branca



Fonte: autora.

Acima, na Figura 15, observa-se a parametrização da tarifa Branca para o caso de estudo em questão. Neste caso, altera-se apenas o horário de Ponta na tarifa Branca, permanecendo os mesmos valores nos horários Intermediários e Fora Ponta.

Abaixo, na Figura 16, mostra-se as melhores alternativas considerando a tarifa Branca.

Figura 16 - Melhores alternativas com a tarifa Branca

Sensitivity Results		Optimization Results		Double click on a system below for simulation results.							
		PV (kW)	H1500	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	
		<input checked="" type="checkbox"/>	1.000			\$ 5,772	766	\$ 12,765	0.723	0.50	
		<input type="checkbox"/>				\$ 0	1,432	\$ 13,069	0.740	0.00	
		<input checked="" type="checkbox"/>	1.250	1	1	\$ 8,820	530	\$ 13,655	0.773	0.56	
		<input checked="" type="checkbox"/>		1	1	\$ 3,580	1,496	\$ 17,238	0.976	0.00	

Fonte: autora.

Acima, na Figura 16, observa-se que a melhor alternativa para a implementação da Geração Distribuída considerando os preços da tarifa Branca, considerando no sistema elétrico os painéis fotovoltaicos, a bateria e o conversor, conjuntamente com a rede elétrica. Isso, levando em consideração o preço dos painéis fotovoltaicos no valor de R\$0,50 e o preço da tarifa Branca no horário de Ponta de R\$2,00. Sobretudo, percebe-se que valeria a pena o investimento com a tarifa Branca, tendo um NPC de R\$12.765,00.

Na sequência, apresenta-se na Figura 17, todos os resultados na Análise de Sensibilidade considerando os preços da tarifa Branca.

Figura 17 - Todos os resultados na Análise de Sensibilidade - Tarifa Branca

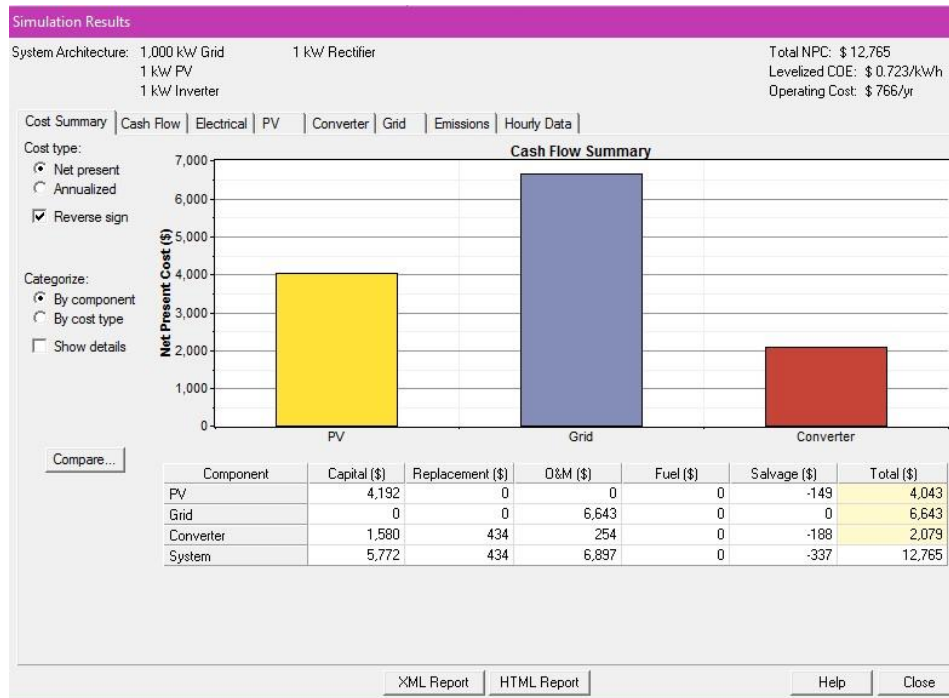
		PV (kW)	H1500	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
		<input checked="" type="checkbox"/>	1.000			\$ 5,772	766	\$ 12,765	0.723	0.50
		<input type="checkbox"/>				\$ 0	1,432	\$ 13,069	0.740	0.00
		<input checked="" type="checkbox"/>	1.250	1	1	\$ 8,820	530	\$ 13,655	0.773	0.56
		<input checked="" type="checkbox"/>		1	1	\$ 3,580	1,496	\$ 17,238	0.976	0.00

Fonte: autora.

Diferentemente das simulações do sistema elétrico com a implementação da Geração Distribuída com os preços da tarifa Convencional, a Análise de Sensibilidade com a tarifa Branca é aproximadamente em quase todos os casos conveniente a implementação de Geração Distribuída. Realizando as simulações com a Análise de Sensibilidade, percebe-se que vale a pena a implantação de todo o sistema elétrico, tendo um NPC de R\$12.765,00.

Na Figura 18, apresenta-se o custo total do investimento implementando o sistema elétrico com Geração Distribuída com a tarifa Branca.

Figura 18 - Custo da Geração Distribuída com a tarifa Branca

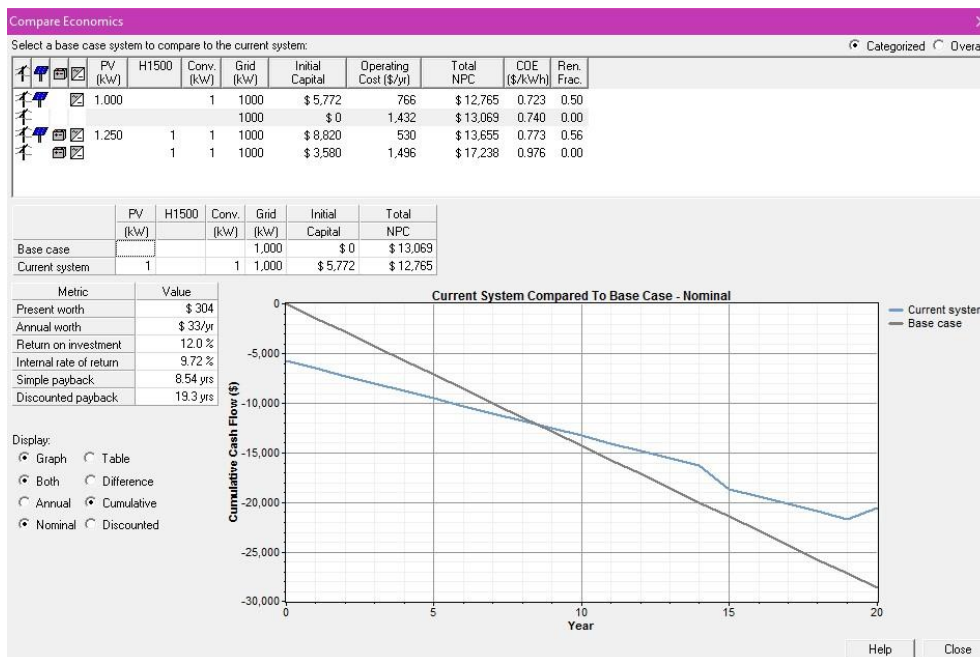


Fonte: autora.

Acima, na Figura 18, observa-se que é a melhor solução alternativa do estudo de caso, dada a demanda da carga residencial levando em consideração os preços da tarifa Branca, contemplando os painéis fotovoltaicos, a bateria, o conversor e a rede elétrica, totalizando um NPC de R\$12.765,00.

Abaixo, na Figura 19, apresenta-se o comparador econômico entre o caso base com a melhor caso de implementação do sistema elétrico com Geração Distribuída na tarifa Branca.

Figura 19 - Comparador Econômico (Caso Base x Caso Implementado) – Tarifa Branca



Fonte: autora

Portanto, analisando as simulações, é possível verificar que dada a demanda da carga residencial, seria vantajoso investir em um módulo de painel solar considerando os preços da tarifa Branca, levando em consideração também a bateria e o conversor.

Pode-se observar, na Figura 19, que com um NPC de R\$12.765, todo o investimento da Geração Distribuída, seria paga em torno de 9 anos, levando em consideração o valor da tarifa Branca de R\$2,00 no horário de Ponta e dos painéis fotovoltaicos com um custo de R\$ 0,50.

3 CONCLUSÃO

Para determinar a melhor solução, foi levado em consideração o atual cenário encontrado para as tarifas vigentes da Concessionária Distribuidora de Energia Elétrica RGE SUL, incrementando os impostos nos valores tarifários, tanto na tarifa Convencional quanto na tarifa Branca, a qual a partir de 01 de Janeiro de 2020 estará em vigência para todos os consumidores, independente da média mensal anual de consumo.

Abaixo, na Tabela 2, observa-se o comparativo das simulações, tanto da tarifa Convencional quanto da tarifa Branca, e os resultados das Análises de Sensibilidades de ambas as tarifas. Vale apontar, que todas as melhores soluções compreendem o módulo de painel solar, valendo investir em geração de eletricidade própria, utilizando fonte renovável de energia solar.

Tabela 2 – Comparativo das simulações

Simulações	NPC (R\$)
Tarifa Convencional	10.684,00
Tarifa Convencional – Análise Sensibilidade	10.759,00
Tarifa Branca	12.765,00
Tarifa Branca – Análise Sensibilidade	12.765,00

Fonte: autora.

Observa-se acima, na Tabela 2, que todos os arranjos variando as tarifas e investindo em um melhor aproveitamento da matriz energética brasileira, em um horizonte de no máximo 9 anos todo o sistema se pagaria. Outro ponto a ser levantado é que no momento a tarifa Branca ainda está com pouco menos vantajosa que a tarifa Convencional, mas lembrando que a partir do ano de 2020 a tarifa Branca terá mais vantagens, pois será possível aderi-la independente do consumo mensal anual do consumo de energia elétrica.

Com a vigência da tarifa Branca, percebe-se o avanço no setor elétrico e a preocupação em um sistema mais descentralizado, orgânico, eficiente e sustentável em todos os processos, desde a geração, passando pela transmissão e chegando na distribuição da energia elétrica.

Portanto, esse projeto visou efetuar a viabilidade econômica e técnica da Geração Distribuída, utilizando a energia solar para a produção de eletricidade, em um horizonte de 20 anos e com juros de 9% a.a., levando-se em consideração o histórico anual da carga residencial. Na qual foi possível realizar uma análise mais detalhada e visual do projeto, sendo fornecido gráficos sensitivos variando os preços tarifários e também variando os valores dos painéis fotovoltaicos.

Com isso, percebe-se a importância dos incentivos fiscais no setor elétrico, a colaboração positiva na conscientização dos consumidores em usufruírem melhor a matriz energética brasileira e a significativa diferença em investir na inovação e tecnologia dos *Smart Grids* para tornar a geração, o armazenamento e o monitoramento quase em tempo real, mais confiável, seguro e sustentável.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES/PROEX) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEE, 2016. Disponível em:

http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introducao-1/656827?inheritRedirect=false. Acesso em 25 de Julho de 2019;

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2017. Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica+0056+PROJE%C3%87%C3%95ES+GD+2017/38cad9ae-71f6-8788-0429-d097409a0ba9>. Acesso em 26 de Julho de 2019;

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2019. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 25 de Julho de 2019;

Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **O compromisso do Brasil no combate às mudanças climáticas: Produção e Uso da Energia**. Rio de Janeiro, Junho de 2016;

ENERGY, H. (2014). *HOMER ENERGY*. Disponível em HOMER ENERGY:

http://www.homerenergy.com/HOMER_pro.html. Acesso em: 26 de Julho de 2019;

Organização das Nações Unidas - ONU, 2015. **Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/cop21/>. Acesso em 26 de Julho de 2019;

RGE Sul, 2019. Disponível em: <https://www.cpfempresas.com.br/>. Acesso em 28 de Julho de 2019.