

Leonardo Weber Wanderlinde

## **Economia de energia gerada por projeto de eficiência energética com base no consumo das residências**

Trabalho Conclusão do Curso de  
Graduação em Engenharia Civil do Centro  
de Tecnologia da Universidade Federal de  
Santa Catarina como requisito para a  
obtenção do Título de Engenheiro Civil

Orientador: Prof. Roberto Lamberts, PhD

Florianópolis

2017

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

Wanderlinde, Leonardo Weber

Economia de energia gerada por projeto de eficiência energética com base no consumo das residências / Leonardo Weber Wanderlinde ; orientador, Roberto Lamberts, 2017.  
100 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,  
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Economia de energia. 3. Sistema de aquecimento solar de água. 4. Residência de baixo poder aquisitivo. I. Lamberts, Roberto. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Leonardo Weber Wanderlind

**ECONOMIA DE ENERGIA GERADA POR PROJETO DE  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM BASE NO CONSUMO  
DAS RESIDÊNCIAS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de "Engenheiro Civil".

Florianópolis, 29 de junho de 2017.



Prof.ª Luciana Rodhe  
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Roberto Lamberts, PhD  
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Ricardo Ruther, PhD  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Ana Paula Melo  
Universidade Federal de Santa Catarina

Msc. Thiago Jeremias  
CELESC Distribuição S.A.

Dedico este trabalho aos meus pais.

## RESUMO

No Brasil, existem leis que fomentam a realização de projetos de eficiência energética para populações de baixa renda. Um desses projetos foi o Projeto Calamidade Pública, que abrangeu famílias afetadas pelas inundações no Vale do Itajaí em 2008. O projeto instalou 2.500 sistemas de aquecimento solar em residências de baixa renda em 13 municípios. O objetivo dessa pesquisa é mensurar a economia, através de medição e verificação conforme PIMVP. Para que fosse possível comparar se o projeto resultou em economia de energia, escolheu-se a Opção C do PIMVP. Para isso obteve-se os dados de consumo de energia elétrica junto à concessionária CELESC e dados climáticos (INPE e INMET) da região. Após comparação preliminar não se encontrou resultados satisfatórios; após as regressões lineares dos dados de consumo e dados climáticos, encontrou-se média dos erros muito baixo. Com isso foi possível concluir que variáveis como quantidades de pessoas nas residências, alterações de hábitos, alterações de tarifa de energia elétrica e contexto social fizeram falta no modelo.

**Palavras-chave:** Economia de energia. Sistema de aquecimento solar de água. Residência de baixo poder aquisitivo.

## **ABSTRACT**

There are laws in Brazil that foment the fulfilment of energy efficiency projects for the poorer. One of these projects was Projeto Calamidade Pública, which includes families affected by floods in Vale do Itajaí in 2008. The project installed 2500 solar heating systems in residences of low-income people in 13 towns. The objective of this paper is to measure the energy saving of this project using the international measurement and verification protocol. In order to know if this project resulted in energy saving, Option C of the PIMVP was taken. Data about the energy consumption was taken from CELESC and climatic data from INPE and INMET. After a preliminary comparison no satisfactory result was found; after linear regressions of the consumption data and climatic data the average of the errors was very low. With all this, it was possible to conclude that variables such as number of persons in the residences, changings in habits, changings in energy tariffs, were lacking in the model.

**Palavras-chave:** Energy saving. Solar heating system. Poor people residences.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Capacidade total de coletores solares em operação nos 10 países líderes no final de 2010.....	16
Figura 2 – Evolução do mercado de sistemas de aquecimento solar. ....	19
Figura 3 – Distribuição de vendas por segmento. ....	20
Figura 4 – Mapa de vendas de aquecedores solares por região do país. ....	20
Figura 5 – Exemplo de coletor aberto. ....	23
Figura 6 – Exemplo de coletor fechado.....	25
Figura 7 – Exemplo de reservatório térmico.....	26
Figura 8 – Graus de desvio para o norte. ....	29
Figura 9 – Seleção simplificada da opção.....	39
Figura 10 – Opções sugeridas para características do projeto. ....	40
Figura 11 – Distribuição normal de uma população hipotética. ....	43
Figura 12 – Imagem de satélite do Vale do Itajaí. ....	45
Figura 13 – Imagem de desmoronamentos no Vale do Itajaí. ....	46
Figura 14 – Equipamento para realização da medição utilizado no projeto. ....	48
Figura 15 – Imagem do sistema instalado.....	52
Figura 16 – Funcionamento do sistema anticongelamento K2.....	53
Figura 17 – Misturador externo instalado. ....	55
Figura 18 – Distribuição t. ....	61
Figura 19 – Gráfico do consumo médio durante o período. ....	69
Figura 20 – Comparação do consumo médio durante os anos.....	70
Figura 21 – Gráfico de dispersão consumo x $T_{MMM}$ . ....	70
Figura 22 – Gráfico de dispersão da primeira regressão linear com dados climáticos do INMET. ....	87
Figura 23 – Gráfico de dispersão da segunda regressão linear com dados climáticos do INMET. ....	88
Figura 24 – Gráfico de dispersão da primeira regressão linear com dados climáticos do INPE.....	89
Figura 25 – Gráfico de dispersão da segunda regressão linear com dados climáticos do INPE.....	90

Figura 26 – Gráfico de dispersão da terceira regressão linear com dados climáticos do INPE.....	91
Figura 27 – Gráfico de dispersão da quarta regressão linear com dados climáticos do INPE.....	92
Figura 28 – Gráfico de dispersão da quinta regressão linear com dados climáticos do INPE.....	93
Figura 29 – Gráfico de dispersão da sexta regressão linear com dados climáticos do INPE.....	94
Figura 30 – Gráfico de dispersão da sétima regressão linear com dados climáticos do INPE.....	95
Figura 31 – Gráfico de dispersão da oitava regressão linear com dados climáticos do INPE.....	96
Figura 32 – Gráfico de dispersão da nona regressão linear com dados climáticos do INPE.....	97
Figura 33 – Gráfico de dispersão da décima regressão linear com dados climáticos do INPE.....	98
Figura 34 – Gráfico de dispersão da décima primeira regressão linear com dados climáticos do INPE.....	99
Figura 35 – Gráfico de dispersão da décima primeira regressão linear com dados climáticos do INPE.....	100



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descontos da Tarifa Social.....	31
Tabela 2 – Regressões a serem realizadas. ....	63
Tabela 3 – Quantidade de instalação por cidade. ....	66
Tabela 4 – Valores constantes utilizados para cálculo. ....	68
Tabela 5 – Variação do consumo.....	70
Tabela 6 – Regressão linear com dados climáticos do INMET. ....	71
Tabela 7 – Regressão linear com dados climáticos do INPE. ....	72
Tabela 8 – Dados referentes ao ano de 2011. ....	81
Tabela 9 – Dados referentes ao ano de 2012. ....	82
Tabela 10 – Dados referentes ao ano de 2013. ....	83
Tabela 11 – Dados referentes ao ano de 2014. ....	84
Tabela 12 – Dados referentes ao ano de 2015. ....	85
Tabela 13 – Dados referentes ao ano de 2016. ....	86
Tabela 14 – Primeira regressão linear com dados climáticos do INMET. ....	87
Tabela 15 – Segunda regressão linear com dados climáticos do INMET. ....	88
Tabela 16 – Primeira regressão linear com dados climáticos do INPE. ....	89
Tabela 17 – Segunda regressão linear com dados climáticos do INPE. ....	90
Tabela 18 – Terceira regressão linear com dados climáticos do INPE. ....	91
Tabela 19 – Quarta regressão linear com dados climáticos do INPE. ....	92
Tabela 20 – Quinta regressão linear com dados climáticos do INPE.....	93
Tabela 21 – Sexta regressão linear com dados climáticos do INPE. ....	94
Tabela 22 – Sétima regressão linear com dados climáticos do INPE. ....	95
Tabela 23 – Oitava regressão linear com dados climáticos do INPE. ....	96
Tabela 24 – Nona regressão linear com dados climáticos do INPE.....	97
Tabela 25 – Décima regressão linear com dados climáticos do INPE. ....	98
Tabela 26 – Décima primeira regressão linear com dados climáticos do INPE. ....	99
Tabela 27 – Décima segunda regressão linear com dados climáticos do INPE. ....	100

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESCO – Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Conservação de Energia

AEE – Ação de eficiência energética

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CDE – Conta de Desenvolvimento Energético

CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.

CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

CV – Coeficiente de variância

DPEE – Departamento de Eficiência Energética

EPDM – Etileno-Propileno-Dieno (Ethylene Propylene Diene Monomer)

ESCO – Energy Services Company

EVO – Efficiency Valuation Organization

GD – Graus-Dia

GDA – Graus-Dia Aquecimento

GDR – Graus-Dia Refrigeração

GMA – Graus Médio Aquecimento

GMR – Graus Médio Refrigeração

IEA – Agência Internacional de Energia

ICMS – Imposto Sobre Circulação De Mercadorias e Serviços

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial

LED – Light-Emitting Diode

M&V – Medição e Verificação

MPEE – Manual de Eficiência Energética

PIMVP – Protocolo internacional de medição e verificação de performance

PME – Programa de Mobilização Energética

RICMS – Regulamento do ICMS

SAS – Sistema de aquecimento solar

UC – Unidade consumidora

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>14</b>
1.1	Objetivos .....	15
1.1.1	Objetivo Geral.....	15
1.1.2	Objetivos Específicos .....	15
<b>2</b>	<b>Revisão Bibliográfica .....</b>	<b>16</b>
2.1	Aquecimento solar de água no mundo e no Brasil .....	16
2.2	Energia Solar .....	21
2.2.1	Radiação Solar no Brasil .....	22
2.3	Sistemas de aquecimento solar .....	22
2.3.1	Dispositivos.....	22
2.3.2	Subsistemas de um sistema de aquecimento solar.....	26
2.3.3	Caracterização de um sistema .....	27
2.3.4	Instalação do Sistema .....	28
2.4	Programa de Eficiência Energética .....	29
2.5	Medição e Verificação .....	32
2.5.1	Objetivos da Medição e Verificação (M&V) .....	33
2.5.2	Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance.....	33
2.5.3	Opções do PIMVP .....	34
2.5.4	Conceitos de M&V .....	40
2.5.5	Amostragem .....	42
2.6	Projeto Calamidade Pública .....	44
2.6.1	Medição e verificação do projeto calamidade pública.....	46
2.7	Clima.....	49
2.7.1	Clima no Vale do Itajaí.....	49
2.7.2	Graus-Dia .....	49
<b>3</b>	<b>Caracterização das instalações realizadas .....</b>	<b>51</b>

3.1	Coletor Solar .....	52
3.2	Reservatório Térmico .....	53
3.3	Outros .....	54
<b>4</b>	<b>Método .....</b>	<b>56</b>
4.1	Obtenção de lista de beneficiários do projeto .....	56
4.2	Obtenção do Consumo e Dados Climáticos.....	56
4.3	Organização dos dados .....	57
4.4	Conceitos de M&V.....	57
4.5	Transformação dos Dados Climáticos.....	58
4.6	Quantidade mínima de amostras .....	59
4.7	Dados.....	60
4.8	Análise de dados.....	62
4.9	Discussão dos resultados .....	64
<b>5</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>65</b>
5.1	Lista de beneficiários do projeto.....	65
5.2	Lista de consumo das unidades consumidoras e dados climáticos .....	66
5.3	Organização dos dados .....	67
5.4	Transformação dos dados climáticos .....	68
5.5	Dados.....	68
5.7	Análise de dados com regressão linear .....	71
5.8	Discussão de Resultados.....	72
<b>6</b>	<b>Conclusão .....</b>	<b>75</b>
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>76</b>
	<b>Apêndice A.....</b>	<b>81</b>
	<b>Apêndice B.....</b>	<b>87</b>

# 1 Introdução

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL aponta que cada residência catarinense consumiu em média 260 kWh de energia no mês de janeiro de 2017. Considerando a importância da energia, somado ao cenário ambiental atual, outras fontes de energia mais sustentáveis estão ganhando espaço em pesquisas de desenvolvimento.

Têm-se a eficiência energética como uma atividade que busca melhorar o uso da energia. A utilização racional, consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado. Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização (ABESCO, 2015).

A primeira iniciativa do poder público para estimular o uso de medidas de eficiência energética em nível nacional ocorreu em 1981, com a criação do Programa Conserve. Esse programa visava promover a conservação de energia na indústria, o desenvolvimento de produtos eficientes e a substituição de energéticos importados por fontes nacionais. No ano seguinte, foi lançado o Programa de Mobilização Energética (PME), caracterizado por um conjunto de ações dirigidas para incentivar o uso de medidas de conservação de energia e, especialmente, substituir derivados de petróleo por fontes renováveis de energia (ALTOE, 2017).

Diversos mecanismos políticos culminaram em uma legislação para dispor sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica.

Em cumprimento obrigatório da Lei Nº 9.991, de 24 de julho de 2000, as empresas distribuidoras de energia devem aplicar parte da sua receita operacional líquida em programas de eficiência energética. De tal modo, a empresa Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. – CELESC, lançou em 2012 o edital do projeto de eficiência energética denominado Calamidade Pública, o nome do projeto se deve aos desastres ocorridos em 2008 no Vale do Itajaí, e tinha como objetivo auxiliar na reconstrução eficiente dos municípios atingidos pelas enchentes, seu escopo era o

fornecimento de 2.500 sistemas de aquecimento solar de água e 3.000 refrigeradores. Estes sistemas seriam instalados em 13 municípios considerados em 2008 pelo Governo do Estado de Santa Catarina, em estado de calamidade pública.

O projeto prevê a medição e verificação de resultados conforme o Manual de Eficiência Energética – MPEE da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (resolução normativa nº 300/2008) e de acordo com o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance – PIMVP. Contudo, o método escolhido pela CELESC envolveu somente duas semanas de uso e não considerou diversos fatores que podem influenciar o valor da conta de energia elétrica.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Medir a economia do projeto de eficiência energética Calamidade Pública, da empresa distribuidora de energia CELESC Distribuição S.A., realizado no Vale do Itajaí/SC, referente a etapa de instalação de sistemas de aquecimento solar.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Explicar o conceito de Eficiência Energética no cenário da produção de energia elétrica atual;
- Ressaltar legislações pertinentes às empresas distribuidoras e concessionárias de energia elétrica e seus deveres;
- Descrever o projeto de eficiência energética Calamidade Pública;
- Calcular os resultados através dos dados de energia elétrica dos participantes beneficiados pelo projeto;
- Elencar as variáveis relevantes a serem analisadas;
- Realizar a comparação estatística dos resultados.

## 2 Revisão Bibliográfica

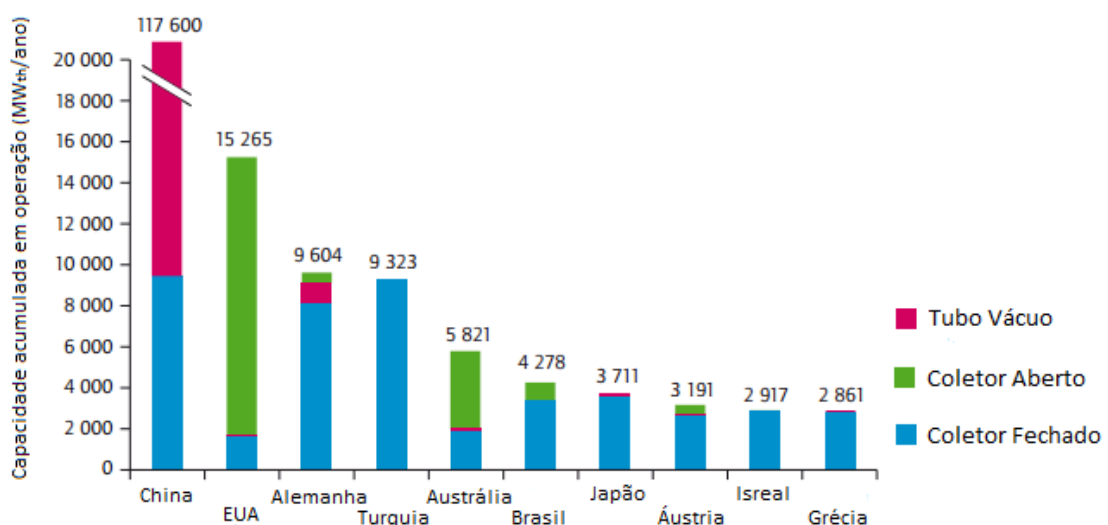
### 2.1 Aquecimento solar de água no mundo e no Brasil

De acordo com a Agência Internacional de Energia – IEA 2012, a energia solar pode ser capturada de diversas formas e pode ter várias aplicações, sendo a mais madura de todas as formas de captação o aquecimento solar de água doméstico. Essa aplicação conta com uma longa história que começou a ser fabricada em larga escala nos anos 60, em países como Austrália, Japão e Israel.

Desde então houve grande desenvolvimento dessa tecnologia, já que mercados ofereceram subsídios e outros até tornaram obrigatória a utilização do Sistema de Aquecimento Solar – SAS. Além disso, ainda deve ser considerada a vantagem da competitividade do aquecimento solar de água sobre outros métodos (IEA, 2012).

No final do ano de 2010, a capacidade total dos coletores instalados no mundo resultava em 195,8 GW<sub>th</sub> (potência térmica), correspondendo a 279,7 milhões de metros quadrados instalados. Já para o final do ano de 2011, estimou-se um aumento 25%, totalizando 245 GW<sub>th</sub> (IEA, 2012).

Figura 1 – Capacidade total de coletores solares em operação nos 10 países líderes no final de 2010.



Fonte: Traduzido de IEA, 2012.



Conforme a revista Sol Brasil 2016, diversos países e cidades do mundo já estão avançando suas legislações para maior preservação ambiental. Em janeiro de 2017, a França além de contemplar na cobertura das residências um sistema de produção de energia renovável agora terá que ter um sistema de vegetação para favorecer a infiltração da água da chuva, para elevar a eficiência térmica de isolamento e ainda favorecer a preservação e recuperação da biodiversidade. Em São Francisco, Califórnia, foi instituída a lei que torna obrigatória a instalação de painéis (fotovoltaico ou aquecimento solar) no telhado de todo os novos edifícios (residenciais ou comerciais) de até 10 andares. A lei entrou em vigor no primeiro mês de 2017 e outros municípios da Califórnia já tinham adotado legislações semelhantes, porém somente agora um município de relevância como São Francisco aderiu tal lei.

Desde 3 de Julho de 2007, a cidade de São Paulo possui a Lei Nº 14.459/07, que dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação de sistemas de aquecimento solar para piscinas aquecidas, sendo irrelevante se a residência está para ser construída ou se já foi construída. A lei também impõe que em novas edificações multi ou unifamiliar de até três banheiros por unidade habitacional, deverão ser executadas as prumadas e a rede de distribuição para uma possível instalação de um sistema de aquecimento solar. Já para residências multi ou unifamiliar que tenham quatro ou mais banheiros, se torna impreterível a instalação de sistema de aquecimento solar.

Para o dimensionamento, de acordo com a Lei Nº 14.459/07 de São Paulo, deve-se utilizar o valor mínimo de 40% para a fração solar, ou seja, no mínimo 40% de toda energia utilizada para aquecer a água deverá ser fornecida pelo sistema de aquecimento solar.

No estado de Santa Catarina, há isenção de Imposto Sobre Circulação De Mercadorias e Serviços – ICMS até 31 de dezembro de 2021, para produtos relacionados à energia solar para aquecimento de água, conforme Decreto chamado Regulamento do ICMS (RICMS), Anexo 2, Artigo 2º, Inciso 38. O ICMS é o imposto de competência estadual sobre operações relativas à circulação de mercadorias e prestação de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação. Conforme inciso abaixo:

XXXVIII – até 31 de dezembro de 2021, a saída dos produtos relacionados no Anexo 1, Seção XIII, destinados ao aproveitamento das energias solar e eólica, observado o seguinte (Convênios ICMS 101/97, 23/98, 05/99, 07/00, 61/00, 21/02, 10/04, 46/07, 76/07, 106/07, 117/07, 124/07, 148/07, 53/08, 71/08, 138/08, 69/09, 119/09, 01/10, 124/10 75/11 e 10/14):

a) o benefício somente se aplica se a operação for contemplada com isenção ou alíquota reduzida a 0 (zero) do IPI;

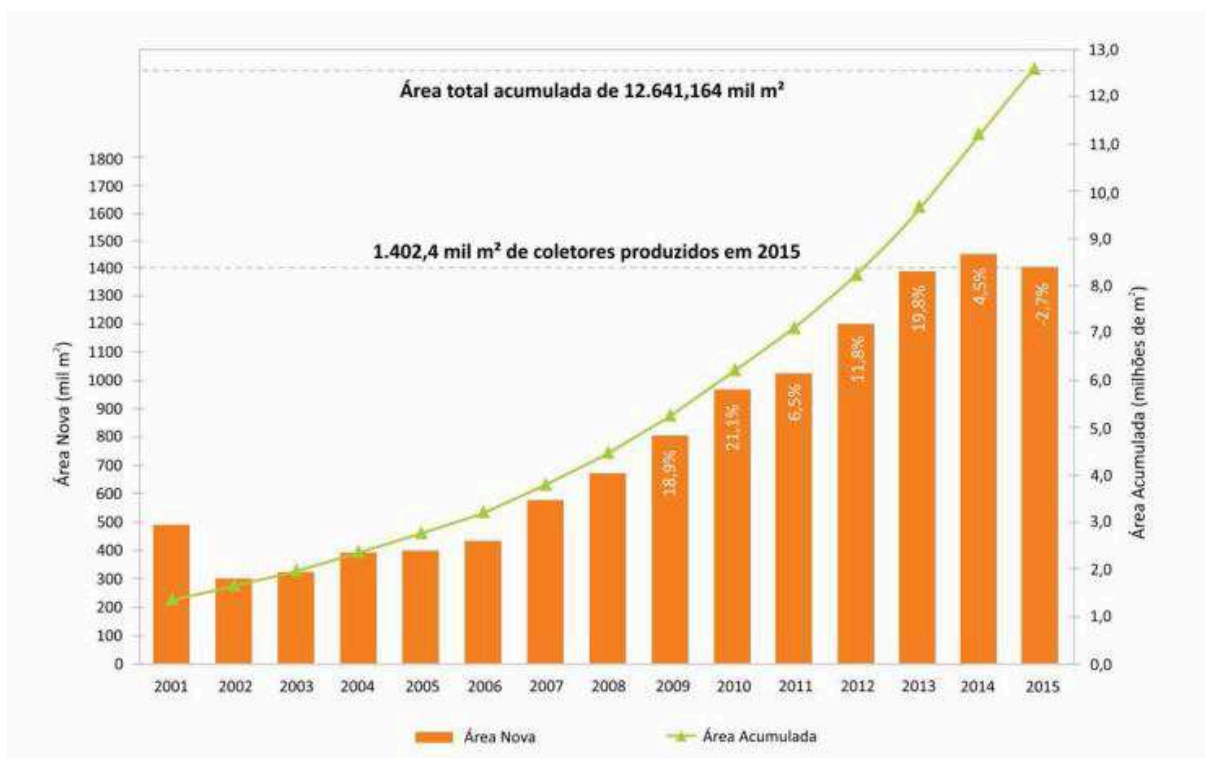
b) fica assegurado o aproveitamento integral dos créditos do imposto;

c) o benefício previsto neste inciso somente se aplica aos produtos relacionados nos itens 14, 15, 16 e 17 da Seção XIII do Anexo 1, quando destinados a fabricação de torres para suporte de gerador de energia eólica (Convênio ICMS 11/11).

Segundo a revista semestral Sol Brasil de 2016, os aquecedores solares brasileiros geraram o equivalente a 8 mil GWh de energia elétrica no ano de 2015 e o parque solar térmico do país resultou em uma área de 12,64 milhões de metros quadrados. Esse potencial energético de 8 mil GWh abasteceriam 6 milhões de residências, considerando que 2 metros quadrados fossem instalados em cada uma.

A revista Sol Brasil de 2016, aponta que a produção brasileira de coletores solares diminuiu 2,7% em 2015 em comparação a 2014, conforme Figura 2 a seguir. O recuo da produção ocorreu em consequência dos problemas políticos e econômicos que afetaram os investimentos na iniciativa privada e iniciativas públicas nas atividades de construção.

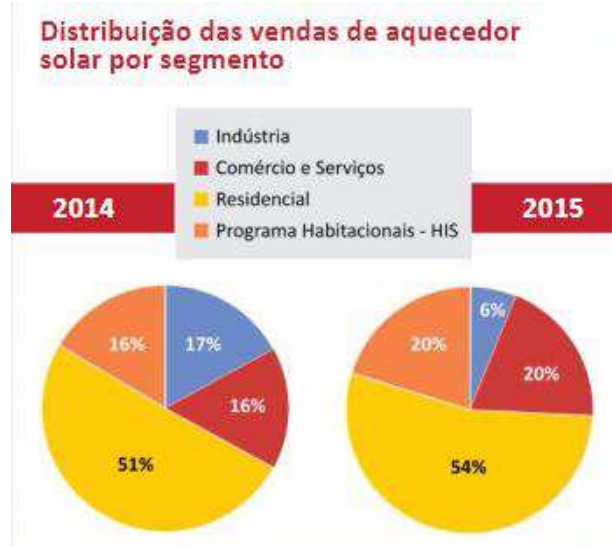
Figura 2 – Evolução do mercado de sistemas de aquecimento solar.



Fonte: Revista Sol Brasil, 2016.

De acordo com os números apresentados pela revista Sol Brasil de 2016, a venda por segmento que mais recuou no ano de 2015 foi do setor industrial, que saiu de 17% das vendas de aquecedor solar em 2014, para somente 6% das vendas em 2015. O setor residencial continua como o grande consumidor de aquecedores solares com 54%, com pequeno aumento em relação a 2014, que se deve mais a queda de vendas para a indústria do que a um aumento na venda para o setor residencial.

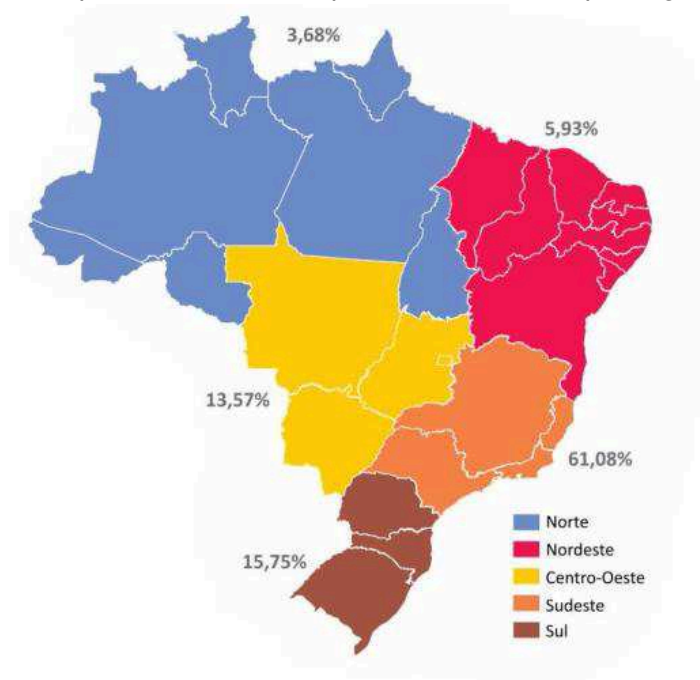
Figura 3 – Distribuição de vendas por segmento.



Fonte: Revista Sol Brasil, 2016.

A região com maior demanda de sistemas de aquecimento solar de água é a região Sudeste, seguida pela Sul e Centro-Oeste. As regiões com as menores demandas são Nordeste e Norte como ilustrado na Figura 4 a seguir.

Figura 4 – Mapa de vendas de aquecedores solares por região do país.



Fonte: Revista Sol Brasil, 2016.

O Brasil, possui incentivos à utilização de aquecimento solar de água. Dois principais, os mais importantes são a Lei Nº 9.991 de 2000, que faz referência a projetos de eficiência energética, que será citado no subitem 2.4. Outro incentivo importante é a utilização de sistemas de aquecimento solar no programa Minha Casa Minha Vida desde 2011, no qual é obrigatório a instalação em unidades habitacionais destinadas a famílias com renda mensal inferior a R\$ 1.600,00 (mil e seiscentos reais) (GIGLIO, 2015).

Ainda no âmbito de residências de baixo poder aquisitivo, Pereira, et al (2006), comentam os benefícios que os projetos de aquecimento solar de água em residências de baixo poder aquisitivo resultam:

Beneficiados (moradores):

- Economia de energia e conseqüente economia financeira, aumentando o poder aquisitivo, segurança financeira e o conforto da família (compra de eletrodomésticos, alimentos, melhorias habitacionais, etc.);
- Conscientização sobre a necessidade de utilização racional da energia elétrica e da água.

Setor elétrico:

- Redução do número de unidades consumidoras inadimplentes;
- Redução da demanda no horário de ponta.

Governo:

- Redução de investimentos na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, podendo deslocar recursos para outras áreas de investimento necessário;
- Redução de emissão de poluentes que acarreta uma política ambiental nacional correta.

## **2.2 Energia Solar**

A energia solar é a energia irradiada de maneira contínua pelo sol (SÁLES, 2008). Podendo ser aproveitada de diversas maneiras, essa energia pode ser

utilizada na secagem de produtos e aquecimento de água (energia térmica solar) além do uso para produção de eletricidade (eletricidade solar ou energia fotovoltaica) (SÁLES, 2008).

A radiação eletromagnética que o Sol emite e atinge a Terra é considerada atualmente uma das fontes de energia renováveis mais viáveis a ser utilizada para conversão à energia elétrica no mundo, tornando-se uma das alternativas promissoras para complementação da matriz energética brasileira (CAMPOS E ALCANTARA, 2016).

### **2.2.1 Radiação Solar no Brasil**

De acordo com o Manual de Energia Alternativa do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL (2001), o potencial de aproveitamento da energia solar de uma determinada região é descrito, principalmente, por sua localização no Globo Terrestre. As regiões que se localizam entre os círculos polares e os trópicos podem ser consideradas como de médio potencial de energia solar e as regiões localizadas entre as linhas tropicais podem ser consideradas de alto potencial (SÁLES, 2008).

O território brasileiro situa-se em uma região entre os dois trópicos e próximo à linha do Equador, privilegiando-se dos elevados índices de irradiação solar, fator este determinante e propulsor para o crescente aproveitamento do aquecimento solar. Cerca de 90% da região brasileira encontra-se na área considerada de alto potencial de energia solar (SÁLES, 2008) reforçando seu potencial geográfico para produção de energia solar.

## **2.3 Sistemas de aquecimento solar**

### **2.3.1 Dispositivos**

Os principais dispositivos de um sistema de aquecimento solar são: coletores solares, tubulação, reservatório térmico e sistema auxiliar de aquecimento (Pereira, et al 2006).

Os coletores solares são os dispositivos responsáveis pelo aquecimento do fluido de trabalho. Estes coletores aquecem o fluido através da conversão da radiação eletromagnética proveniente do sol em energia térmica. Para escolher um tipo de coletor solar deve-se levar em consideração a temperatura em que o fluido deve alcançar. No Brasil, os modelos mais utilizados são os coletores abertos e fechados (Pereira, et al 2006).

A utilização de coletores abertos é recomendada para piscinas devido à resistência do seu material ao cloro e outros produtos químicos, fabricados predominantemente em polipropileno e EPDM. Além disso, ele alcança a temperatura entre 25 e 30°C facilmente (Pereira, et al 2006).

Figura 5 – Exemplo de coletor aberto.



Fonte: Heliotek® – Aquecedor solar Heliopool Evolution.

Já os coletores fechados, são recomendados para fins sanitários, pois alcançam temperaturas mais altas na ordem de 70 a 80°C. Esses são os coletores mais difundidos pelo Brasil.

Conforme Pereira, et al (2006), o coletor solar fechado é constituído por:

- Caixa externa: caixa de alumínio ou material plástico que suporta o conjunto;
- Isolamento térmico: fica em contato direto com a caixa externa, revestindo-a e servindo para minimizar as perdas de calor. Materiais isolantes utilizados normalmente são lã de rocha ou vidro e espuma de poliuretano expandido;
- Tubos: tubos interconectados no qual o fluido de trabalho circula, normalmente feitos de cobre devido a sua boa condutividade térmica;
- Placa absorvedora: servem para absorver o calor e transferir para o fluido de trabalho que circula dentro dos tubos. Essas placas podem ser em folhas múltiplas ou em uma folha única, sendo que a folha única aumenta a robustez, reduz a formação de microclimas e transfere melhor o calor entre a placa e os tubos ao longo da vida útil;
- Cobertura transparente: geralmente é utilizado vidro ou material que permite a passagem da radiação solar, minimize as perdas de calor para o ambiente e ainda oferece alguma resistência mecânica a choque, para segurança do equipamento;
- Vedação: importante para manter o sistema isento de umidade externa.



Figura 6 – Exemplo de coletor fechado.



Fonte: Heliotek® – Coletor solar MC Evolution.

A tubulação interliga os coletores solares com o reservatório e o ponto de consumo. Frequentemente a tubulação é de cobre, mas em projetos de eficiência energética e como o Minha Casa Minha Vida, encontram-se tubulações em Etileno-Propileno-Dieno (EPDM). A tubulação seja de cobre ou EPDM deveria contar com isolamento térmico para diminuir a perda de calor na água (Pereira et al, 2006).

Como em projetos que compreendem residências de baixa renda o sistema de aquecimento solar de água é instalado sempre o mais próximo possível do ponto de consumo, muitas empresas optam por não instalar o isolamento térmico.

O reservatório térmico é o dispositivo que armazena a água quente, sendo fabricado para perder pouco calor para o ambiente, podendo assim armazenar água quente durante dias de chuva ou pouca incidência de luz solar. Normalmente sua parte interior, que fica em contato constante com a água, é fabricada em aço inoxidável ou cobre, para que haja resistência à corrosão. Além disso, para atuar como um isolante térmico e diminuir a perda de calor para o ambiente, utiliza-se a espuma de poliuretano ou lã de vidro ou rocha. Após a parte interna existe a proteção física externa, que tem como principal função assegurar a integridade do isolante térmico, habitualmente fabricado em alumínio ou aço (Pereira et al, 2006).

Figura 7 – Exemplo de reservatório térmico.



Fonte: Heliotek® - Reservatório Térmico.

Para a obtenção do Selo Procel em reservatórios térmicos é necessário comprovar que a perda específica de energia mensal é menor que 0,20 kWh/mês/litro para um reservatório de 200 litros (ELETROBRAS, 2010).

Por fim, o sistema auxiliar de aquecimento de água tem como objetivo ofertar uma forma secundária para aquecimento da água para períodos chuvosos, de pouca incidência solar ou quando ocorrer elevado consumo de água quente. Comumente o sistema auxiliar é uma resistência elétrica que vem dentro do reservatório térmico, com funcionamento através de um termostato ou manual, com opção para ligar e desligar. Existem outros tipos de sistemas auxiliares como aquecimento de água a gás de passagem e o chuveiro elétrico (Pereira et al, 2006).

### **2.3.2 Subsistemas de um sistema de aquecimento solar**

Os sistemas de aquecimento solar conforme Pereira, et al (2006), podem basicamente ser dividido em três subsistemas, sendo eles:

- **Captação:** este sistema é composto pelos coletores solares em que circula o fluido de trabalho, tubulações que ligam os coletores ao reservatório térmico. Em casos de sistemas que tenham bomba hidráulica e trocadores de calor esses também estão no sistema de captação. Normalmente no Brasil utiliza-

se água como fluido de trabalho, entretanto em casos específicos, como esse projeto em questão, pode vir a ser usados outros líquidos.

- Armazenamento: local onde fica reservado a água aquecida, o reservatório térmico.
- Consumo: toda a instalação hidráulica para a distribuição de água quente até os pontos de consumo.

### **2.3.3 Caracterização de um sistema**

De acordo com Pereira, et al (2006), os sistemas de aquecimento solar podem ser classificados de quatro formas: porte, circulação, tipo de sistemas e troca de calor.

Caracterizar o sistema pelo porte é simplesmente considerar o volume de água diário que o sistema deve aquecer. Para volumes menores que 1500 litros, pode se considerar uma instalação de pequeno porte; para volumes entre 1500 e 5000 litros pode-se classificar como médio porte e para volumes superiores a 5000 litros é possível classificar como grande porte.

A caracterização segundo a circulação, Pereira, et al (2006), divide-se em dois itens: Instalação Solar em Circulação Natural ou Termossifão e Instalação Solar em Circulação Forçada ou Bombeada.

Circulação Natural ou Termossifão é quando a circulação do fluido de trabalho no sistema de captação é promovida pela diminuição de sua densidade devido ao aquecimento da água nos coletores solares. Esse efeito é conhecido como termossifão e é recomendado para sistemas de porte pequeno. Em contraponto, para a instalação Solar em Circulação Forçada ou Bombeada, o fluido de trabalho circula no sistema de captação pela ação de uma bomba hidráulica, recomendando-se esse modelo para instalações de médio e grande porte (Pereira et al, 2006).

O tipo de sistema pode ser caracterizado, como convencional, acoplado ou compactos e integrado. Para classificar um sistema como convencional é preciso se observar os coletores solares e o reservatório térmico como equipamentos separados e distintos. Estes são os sistemas frequentemente utilizados no Brasil. O

sistema acoplado ou compacto é marcado pela união dos coletores com o reservatório térmico, diferente do integrado que possui os coletores como reservatórios térmicos, fazendo com que haja grande perda de calor durante a noite (Pereira, et al 2006).

No que concerne a troca de calor, o fenômeno pode ocorrer de duas maneiras: direta e indireta. A troca direta de calor é a instalação na qual a água circula por todos os três sistemas (captação, armazenamento, consumo), ou seja, a mesma água que passou pelo coletor solar será usada no consumo (Pereira, et al, 2006).

Já à troca de calor indireta, o fluido de trabalho somente percorre o sistema de captação, sem entrar em contato com os outros sistemas. Esse recurso é frequentemente empregado em locais com risco de congelamento do sistema, em sistemas industriais ou demais aplicações onde não pode haver o contato entre o fluido de trabalho e água (ou o fluido que será aquecido) (Pereira, et al, 2006).

#### **2.3.4 Instalação do Sistema**

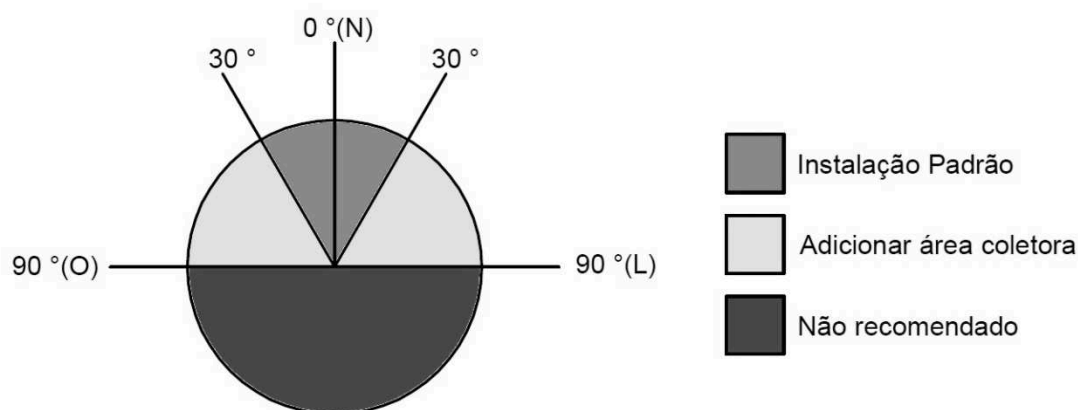
Sáles (2008) afirma que a instalação de sistemas de aquecimento solar de água necessita de cuidados especiais como:

- Posicionamento de coletores;
- Grau de inclinação dos coletores;
- Área disponível para instalação do sistema;
- Dimensionamento correto para atender a demanda;
- Incidência de sombra;
- Análise das condições climáticas locais;
- Verificação da existência de tubulações quente e fria;
- Condições de fornecimento de produtos certificados pelo INMETRO.

A orientação do coletor deve ser para o norte (quando instalado no hemisfério sul) devido a trajetória do sol ser de leste para oeste, resultando no recebimento de radiação solar o dia todo no coletor. Sáles (2008) afirma que os coletores solares devem ser instalados virados para o norte verdadeiro que atualmente em Florianópolis fica aproximadamente 18º a direita do norte magnético, podendo aceitar um desvio de 30º para leste ou oeste do norte verdadeiro. Vale ressaltar que

é possível aceitar desvios até de 90°, desde que o cálculo da área de coletores seja refeito.

Figura 8 – Graus de desvio para o norte.



Fonte: Adaptado Manual do produto coletor solar MC Evolution.

Para o fornecimento de água quente no período do inverno deve-se ter atenção na instalação do coletor. De acordo com o Manual de instalação da Heliotek®, a inclinação ideal seria de latitude +10°, entretanto, é comum instalar o equipamento diretamente sobre o telhado sem perda considerável de eficiência. Todavia, em casos de telhados com inclinações menores que 17° é necessário a execução de suporte, para que possa ocorrer o correto fluxo do fluido de trabalho dentro do coletor solar.

## 2.4 Programa de Eficiência Energética

É obrigação das concessionárias de energia aplicarem 0,50% da receita operacional líquida em projetos de eficiência energética e pesquisa e desenvolvimento (Brasil, 2000). Desse percentual, 60% deveria ser destinado a unidades consumidoras beneficiadas pela Tarifa Social de Energia Elétrica até o ano de 2016.

A Lei Nº 9.991, afirma que pode ser gasto até 80% do valor em projetos de eficiência energética para unidades consumidoras beneficiadas pela tarifa social, conforme o parágrafo:

Parágrafo V – as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica poderão aplicar até 80% (oitenta por cento) dos recursos de seus programas de eficiência energética em unidades consumidoras beneficiadas pela Tarifa Social de Energia Elétrica, em comunidades de baixa renda e em comunidades rurais, na forma do parágrafo único do art. 5º desta Lei.

Diante das exigências legislativas, a CELESC Distribuição S.A., concessionária de energia elétrica do estado de Santa Catarina, realizou nos últimos cinco anos, diversos projetos que resultaram na instalação de mais de 8.785 sistemas de aquecimento solar de água em residências beneficiadas pela Tarifa Social de Energia Elétrica.

Além disso, foram executados projetos para instalação de sistemas de aquecimento solar em entidades beneficentes. Outros projetos tinham em seu escopo também a substituição das lâmpadas ineficientes (incandescentes) por lâmpadas eficientes (fluorescente ou LED).

Além da doação dos equipamentos, os projetos também abordam temas educativos para o consumo consciente da energia elétrica, com materiais expositivos na forma de folders, palestras, entre outras ações. Em paralelo ao fornecimento dos equipamentos eficientes, é realizado a medição e verificação de resultados, com intuito de medir os benefícios em termo de eficiência energética e redução de demanda na ponta.

Em conjunto a economia de energia elétrica, outro dado importante para a medição é a demanda elétrica economizada no horário de pico que acontece entre as 18:30 e 21:30 dos dias úteis. Durante esse período há um aumento de consumo de energia se comparado com o restante do dia, devido ao grande número de

chuveiros elétricos funcionando nesse horário além de fábricas, iluminação pública, iluminação residencial e vários eletrodomésticos.

Durante o horário de pico as concessionárias de energia operam com a capacidade máxima, elevando o risco de sobrecargas. É comum que concessionárias de energia tenham um contrato para casos de fornecimento de energia no horário de pico. Esta condição resulta em aumento do valor da energia elétrica a ser fornecida pela concessionária.

Dependendo da idealização do projeto pela concessionária de energia, é possível que os beneficiados do projeto estejam cadastrados na Tarifa Social, Rural ou em nenhuma das anteriores. A Tarifa Social é caracterizada por descontos cumulativos na tarifa para a classe residencial das distribuidoras, conforme tabela:

Tabela 1 – Descontos da Tarifa Social.

Descontos TARIFA SOCIAL	
Parcela de consumo de energia elétrica (kWh/mês)	Desconto
CONSUMO $\leq$ 30	65%
30 < CONSUMO $\leq$ 100	40%
100 < CONSUMO $\leq$ 220	10%
220 < CONSUMO	Não há

Fonte: Lei Nº12.212 (Brasil,2010).

Para ter direito a Tarifa Social de Energia Elétrica, que será aplicada para unidades consumidoras classificadas na Subclasse Residencial de Baixa Renda, deve se atender no mínimo uma das seguintes condições da Lei Nº12.212 (Brasil, 2010):

“I - Seus moradores deverão pertencer a uma família inscrita no Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal - CadÚnico, com renda familiar mensal per capita menor ou igual a meio salário mínimo nacional; ou

II - Tenham entre seus moradores quem receba o benefício de prestação continuada da assistência social, nos termos dos arts. 20 e 21 da Lei nº 8.742, de 7 de dezembro de 1993.

§ 1º Excepcionalmente, será também beneficiada com a Tarifa Social de Energia Elétrica a unidade consumidora habitada por família inscrita no CadÚnico e com renda mensal de até 3 (três) salários mínimos, que tenha entre seus membros portador de doença ou patologia cujo tratamento ou procedimento médico pertinente requeira o uso continuado de aparelhos, equipamentos ou instrumentos que, para o seu funcionamento, demandem consumo de energia elétrica, nos termos do regulamento. “

Segundo a ANEEL, 2017, em abril de 2017, o Brasil contava com 69.428.601 unidades consumidoras residenciais. Dentre essas, 8.792.283 são unidades de baixa renda. Para o Brasil a porcentagem de unidades consumidoras de baixa renda é 12,66%.

Santa Catarina é o estado com menor porcentagem de unidades consumidoras de baixa renda. São 2.414.927 unidades consumidoras em Santa Catarina, onde apenas 2,59%, ou seja, 62.449 são unidades de baixa renda beneficiadas pela tarifa social de energia elétrica. O custeio de todos os gastos com a tarifa social de energia elétrica é feito pela Conta de Desenvolvimento Energético (CDE). Vale ressaltar que esses dados não contabilizam os beneficiados da tarifa rural (ANEEL, 2017).

## **2.5 Medição e Verificação**

Segundo o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance, 2012, define-se medição e verificação como:

Processo de utilização de medições para determinar corretamente a economia real dentro de uma instalação individual por um programa de gestão de energia. A economia não pode ser medida diretamente, uma vez que representa a ausência do consumo de energia. Em vez disso, a economia é determinada comparando o consumo medido antes e depois da



implementação de um projeto, fazendo os ajustes adequados para as alterações nas condições.

### **2.5.1 Objetivos da Medição e Verificação (M&V)**

Conforme EVO, 2012, os objetivos da M&V são:

- Aumentar a economia de energia, diminuindo custos e aumentando lucros;
- Documentar a transação de uma ESCO;
- Aumentar o financiamento para projetos de eficiência;
- Melhorar projetos, funcionamento e manutenção de instalações (principalmente indústrias);
- Explicar desvios do orçamento de gastos com energia;
- Mostrar aos usuários o impacto que causam cada ação de eficiência energética no consumo;
- Apoiar e dar credibilidade a programas de eficiência;
- Aumentar o entendimento do público sobre gestão de energia.

Tão importante quanto os fatores supracitados, a M&V fornece uma comprovação da eficiência energética que foi introduzida.

### **2.5.2 Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance**

O Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance – PIMVP (EVO, 2012) é um documento de apoio que orienta as boas práticas de medição, cálculo e relatório de economia, advindas de projetos de eficiência energética ou projetos para consumo consciente de água nas instalações do usuário final. Para que seja possível realizar a avaliação correta da economia de um projeto, o PIMVP (EVO, 2012) oferece a estrutura e quatro opções de medição e verificação.

O PIMVP (EVO, 2012) é destinado a profissionais para servir como exemplo de boas práticas de preparação de relatórios de economia. O PIMVP (EVO, 2012)

não é uma norma, logo cada usuário deve criar o Plano de M&V conforme as características de cada projeto. Para isso é utilizado os termos do PIMVP, onde é escolhido entre as possíveis opções do PIMVP (EVO, 2012) que serão utilizadas, os métodos os quais serão utilizados para medir e analisar, os procedimentos de garantia e os responsáveis pela M&V.

Sendo assim, há bastante flexibilidade na elaboração de Planos de M&V, desde que se mantenha os princípios de: precisão, completude, conservadorismo, consistência, relevância e transparência.

O PIMVP é genérico (EVO, 2012), sendo necessária a aplicação cuidadosa a cada projeto. Pode-se destacar alguns temas que não são abordados detalhadamente, como:

- Projeto de sistemas de medida e instrumentação;
- Estimativa de custo de atividades de M&V;
- Engenharia energética.

### **2.5.3 Opções do PIMVP**

Existem diversas técnicas para mensuração da quantidade de energia, sendo algumas mais simples outras mais detalhadas, com maior custo para execução e outras com menor custo. Todos esses aspectos são considerados no cálculo para resolver qual tipo de medição será utilizado. O PIMVP (EVO, 2012) cita algumas técnicas de medição como:

- Faturas da concessionária de energia elétrica;
- Medidores especiais que isolam a ação de eficiência energética (AEE) avaliando somente o que é importante para a medição;
- Medições separadas de parâmetros para quantificar o consumo, visto que é possível medir dois parâmetros com aparelhos diferentes e depois usá-los para determinar o consumo;
- Simulação por computador com softwares específico, muito comum para projetos que englobam edifícios.

Caso o custeio seja muito elevado para medir um parâmetro, através do PIMVP (EVO, 2012) é possível fazer algumas estimativas, entretanto sempre deverá ser aferido no mínimo um parâmetro.

### **2.5.3.1 Opção A**

Nesta opção, devem ser medidos os parâmetros chaves, os quais definem o uso da energia e são determinantes para o sucesso da AEE. Os parâmetros não medidos devem ser estimados em séries históricas, especificações do fabricante ou avaliação de engenharia (EVO, 2012).

Uma aplicação típica para a Opção A é AEE em sistemas de iluminação onde se mede o parâmetro chave, a potência da lâmpada ou conjunto, instantaneamente e estima-se as horas de funcionamento com base nos horários do edifício ou comportamento dos ocupantes (EVO, 2012).

De acordo com o PIMVP (EVO, 2012) o método de medição isolada (Opções A e B) tem algumas de suas melhores aplicações em:

- Apenas o desempenho energético das AEE é levado em consideração, seja a economia muito pequena comparada ao consumo total da unidade consumidora, ou por causa de um contrato de desempenho energético;
- Se considera os efeitos interativos insignificantes ou eles são facilmente estimados;
- É possível que haja alterações fora da fronteira de medição e esses são difíceis de avaliar e medir;
- Os parâmetros a serem medidos não são difíceis tampouco de alto custo para se medir;
- AEE na quais já existem medidores de consumo de energia elétrica isolando os sistemas.

Já a Opção A, segundo o PIMVP (EVO, 2012) tem algumas de suas melhores aplicações onde:

- A incerteza criada por estimar algum parâmetro é baixa, ou aceitável;

- O funcionamento correto da AEE pode ser reavaliado através de uma simples medição dos parâmetros chave.

### **2.5.3.2 Opção B**

Nessa opção o PIMVP (EVO, 2012) afirma que a economia é determinada pela medição no campo do consumo de energia. Essa aferição será feita em uma fronteira de medição afetada pela AEE e caso englobe outros sistemas esses devem ser conhecidos por não variar de consumo. Do mesmo modo, é possível medir fatores que alteram o consumo de energia, como tempo de utilização do sistema.

Uma aplicação típica para a Opção B é:

Medição de consumo de energia elétrica em chuveiros, onde se instala o medidor direto no chuveiro, fazendo com que a fronteira de medição englobe somente o chuveiro, assim medindo o consumo do chuveiro, horários de utilização e quantidades de banhos.

De acordo com o PIMVP (EVO, 2012) algumas das melhores aplicações da Opção B, além dos citados no item 2.5.3.1, são:

- A medição de todos os parâmetros tem menor custo do que uma simulação na Opção D;
- Os medidores adicionados nas fronteiras de medição podem colaborar para outros fins para o consumidor;

Medições isoladas requerem medidores específicos para cada medição, isso pode encarecer a M&V, já que além do custo inicial de aquisição do medidor, cada medidor deve ser aferido e calibrado uma vez por ano.

### **2.5.3.3 Opção C**

Conforme o PIMVP (EVO, 2012) para a Opção C a fronteira de medição é toda instalação, basicamente todo o consumo da unidade consumidora é medido para poder chegar à economia, para isso a economia deverá ser maior que possíveis variações de energia. Quando a economia for medida por longos períodos podem vir a ser necessários ajustes nos cálculos, o que pode ser muito complicado

devido à falta de dados referente ao consumo de cada aparelho consumidor dentro da unidade consumidora.

Uma aplicação típica para a Opção C é a AEE, uma ou mais, que representarão grandes economias para a unidade consumidora, assim podendo ser facilmente verificadas através da medição de energia elétrica.

Algumas das melhores aplicações para a Opção C, segundo o PIMVP (EVO, 2012) são:

- Situações que o desempenho energético de toda a instalação será avaliado, não somente onde foi realizada a AEE;
- Casos onde existem mais de uma AEE na instalação;
- Técnicas de medição isoladas são complicadas e podem elevar o custeio da M&V, quando os efeitos interativos podem gerar ganhos substanciais;
- Não são previstas grandes mudanças nas instalações, logo o consumo de energia será constante;

#### **2.5.3.4 Opção D**

A mais distinta de todas as opções, a Opção D, é caracterizada por determinar a economia através de simulação do consumo de energia. Segundo o PIMVP (EVO, 2012) é possível simular o consumo de uma unidade consumidora, assim como, somente um sistema dessa unidade consumidora (UC). Normalmente essa opção requer notória competência em simulação calibrada.

Uma aplicação típica para a Opção D seria em um projeto de um prédio eficiente, o qual não é possível realizar medições, já que o prédio não existe. Para isso utiliza-se a Opção D, onde é feito a simulação do consumo do prédio, o consumo do prédio com a eficiência implementada e após a construção do prédio começa a medição, resultando a economia retornada pela AEE.

Segundo o PIMVP (EVO, 2012) a Opção D é utilizada habitualmente onde nenhuma outra opção se encaixa. Algumas das melhores aplicações para a Opção D, de acordo com o PIMVP (EVO, 2012) são:

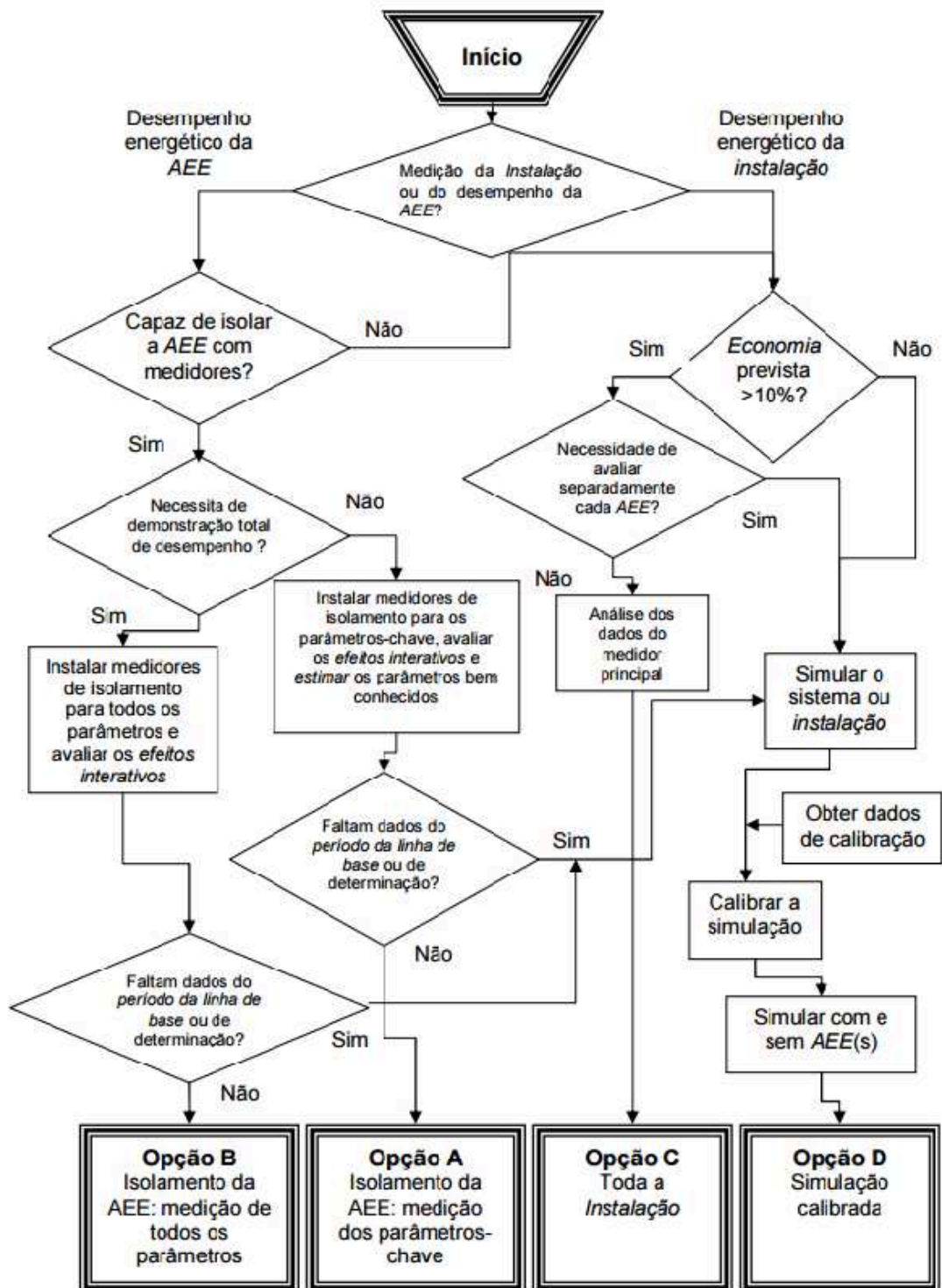
- Os dados do período pré ou pós AEE, não estão disponíveis ou não são confiáveis;
- Existem muitas AEE, elevando consideravelmente os custos para utilização de medições isoladas;
- Um profissional experiente em simulação, que tem capacidade de gerar os dados de entrada corretos para a simulação.

#### **2.5.3.5 Seleção da Opção**

Segundo o PIMVP (EVO, 2012) é designado ao técnico a seleção da Opção a ser utilizada pelo projeto. Este técnico deve se basear nas condições, orçamento, análise e avaliação profissional.

Não há como chegar em um consenso sobre a melhor opção do PIMVP (EVO, 2012) visto que cada projeto deve ser discutido e analisado criteriosamente. Entretanto, algumas características chaves podem sugerir opções melhores alocadas para cada situação. O PIMVP (EVO, 2012) descreve uma lógica comum usada na seleção da melhor opção, conforme Figuras 9 e 10.

Figura 9 – Seleção simplificada da opção.



Fonte: PIMVP (EVO, 2012)

Figura 10 – Opções sugeridas para características do projeto.

Características do projeto da AEE	Opção sugerida			
	A	B	C	D
Necessidade de avaliar individualmente as AEEs	X	X		X
Necessidade de avaliar apenas o desempenho energético de toda a instalação			X	X
Economia prevista inferior a 10% do medidor da concessionária	X	X		X
A importância de algumas variáveis determinantes do padrão de uso da energia não é clara		X	X	X
Os efeitos interativos da AEE são significativos ou não podem ser medidos			X	X
Muitas alterações futuras previstas dentro da fronteira de medição	X			X
É necessária uma avaliação do desempenho energético a longo prazo	X		X	
Dados do período da linha de base indisponíveis				X
Pessoal sem formação técnica deve compreender os relatórios	X	X	X	
Competência de medição disponíveis	X	X		
Competências de simulação por computador disponíveis				X
Experiência de leitura das faturas de energia de concessionárias e realização de análise de regressão disponíveis			X	

Fonte: PIMVP (EVO, 2012).

## 2.5.4 Conceitos de M&V

### 2.5.4.1 *Fronteira de medição*

A fronteira de medição retrata o local que está avaliando-se a energia, seja no chuveiro, em pontos de iluminação, em conjunto de bombas da fábrica, em toda a instalação, dentre outros (EVO, 2012).

Ao estabelecer a fronteira de medição é necessário considerar a porcentagem de utilização que essa fronteira tem perante o resto do uso da energia e perante ao



que vai ser eficientizado. Também é necessário considerar a capacidade de detecção de mudanças dentro da fronteira de medição (EVO, 2012).

#### ***2.5.4.2 Variáveis Independentes***

Variáveis independentes são fatores chaves que variam frequentemente e são de grande importância para o consumo, podendo alterar consideravelmente o valor do mesmo (EVO, 2012).

As variáveis independentes variam para cada AEE e de uma fronteira de medição para outra (EVO, 2012).

#### ***2.5.4.3 Fatores estáticos***

Distintamente das variáveis independentes, os fatores estáticos não variam tão comumente, porém possuem grande importância, pois caso demonstrem variação, o consumo será alterado consideravelmente (EVO, 2012).

É possível considerar um dos fatores estáticos de uma residência a quantidade de moradores, não é comum a alteração do número de moradores de uma residência, porém se modificado irá resultar em uma alteração no consumo de energia elétrica da residência.

#### ***2.5.4.4 Tempo de medição***

A principal restrição é a qualidade e a relevância dos dados. Usar um período suficientemente longo é necessário para obter-se bons dados e abranger um ciclo completo de consumo de energia. Entretanto, visando a redução de custos utiliza-se um período menor para avaliação (EVO, 2012).

#### ***2.5.4.5 Período de determinação da economia***

O período no qual se irá medir o consumo pós AEE, esse pode ser instantâneo ou poderá durar o tempo para retorno do investimento da AEE (EVO, 2012).

#### **2.5.4.6 Efeitos interativos**

Efeito interativo é o efeito que pode vir a ocorrer por consequência da AEE. Ao realizar uma AEE em um sistema, outro sistema não efficientizado pode apresentar um aumento no consumo de energia (ou uma diminuição). Esta ocorrência pode e deve ser mensurada, caso este efeito interativo seja significativo (EVO, 2012).

#### **2.5.4.7 Período da Linha de Base**

Segundo o PIMVP (EVO, 2012) o período de linha de base é o período estudado ou medido que irá representar o consumo dos equipamentos dentro da fronteira de medição em um período anterior à AEE.

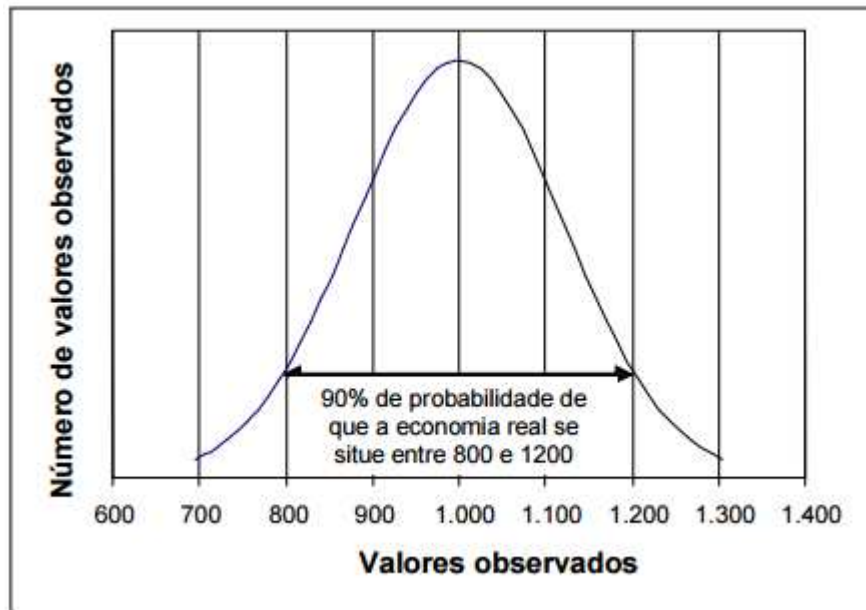
### **2.5.5 Amostragem**

A estratégia de medição e verificação podem englobar apenas um ponto ou podem englobar 1.000, 2.500 (como o projeto de M&V do projeto Calamidade Pública), 187.500 pontos (projeto de M&V de iluminação para baixa renda realizada pela CELESC). Sabendo que medir todos esses pontos é economicamente inviável, é possível fazer a medição de somente uma parte desses pontos, porém para isso o PIMVP (EVO, 2012) detalha seis passos que devem ser seguidos para diminuir os custos sem diminuir a qualidade (até um nível aceitável) da amostra.

1. Selecionar uma população homogênea: caso o projeto abarque muitas amostras diferentes será necessário agrupar cada população homogênea em grupos diferentes, e no final somar os benefícios gerados por cada grupo.

2. Determinar níveis desejados de precisão e de confiança: a precisão é o limite de erro em torno da estimativa, quanto maior a precisão solicitada maior deverá ser o número de amostras. Já confiança é a quantidade de amostras que vai estar dentro do intervalo de precisão, conforme Figura 11.

Figura 11 – Distribuição normal de uma população hipotética.



Fonte: PIMVP (EVO, 2012).

3. Decidir o nível de desagregação: é necessário escolher os critérios do intervalo de confiança e precisão os quais serão aplicados para todos os componentes ou para subgrupos de componentes. Considerando que tenhamos um consumo de 1.000 kW e a economia antecipada é de 200 kW, caso seja utilizada uma confiança de 90% e uma precisão de +- 10%, aplicada sobre o consumo, apresentar-se-ia um erro de 100 kW e sobre a economia seria 20 kW. Por isso é necessário decidir o nível de desagregação e caso fosse necessário, rever os valores para o intervalo de confiança e precisão.

4. Calcular o tamanho da amostra inicial: após determinados os valores acima, realiza-se uma estimativa inicial para a amostra, utilizando a seguinte equação 1:

$$n_0 = \frac{z^2 x CV^2}{e^2} \quad (1)$$

Onde,

$n_0$  é o tamanho inicial da amostra;

CV é o coeficiente de variância, este é o desvio padrão das medições em campo dividido pela média aritmética das mesmas, como estamos calculando o tamanho da amostra inicial o CV pode ser considerado 0,5;

e é o intervalo desejado de precisão;

z é o valor padrão de distribuição normal, para um número infinito de leituras e para o intervalo de confiança desejado. Por exemplo z é 1,96 para um intervalo de confiança de 95% (1,64 para 90%; 1,28 para 80%; e 0,67 para 50% de confiança).

5. Ajustar a estimativa inicial do tamanho da amostra para pequenas populações: caso a amostra seja 5% ou mais da população é possível a utilização da equação 2 para a diminuição da quantidade de amostras, essa é:

$$n = \frac{n_0 \times N}{n_0 + N} \quad (2)$$

Onde,

N é o número da população.

6. Finalizar o tamanho da amostra: como considerou-se um coeficiente de variância estimado para o cálculo da amostra, pode ser que a amostra não vá de encontro a este CV, logo pode ser preciso refazer o tamanho da amostra, podendo ser necessárias quantidades maiores ou menores de amostras.

## 2.6 Projeto Calamidade Pública

Em julho de 2012 a CELESC Distribuição S.A. lançou o pregão eletrônico nº 12/07439, uma parte do projeto de eficiência energética chamado Calamidade Pública, tendo como objeto:

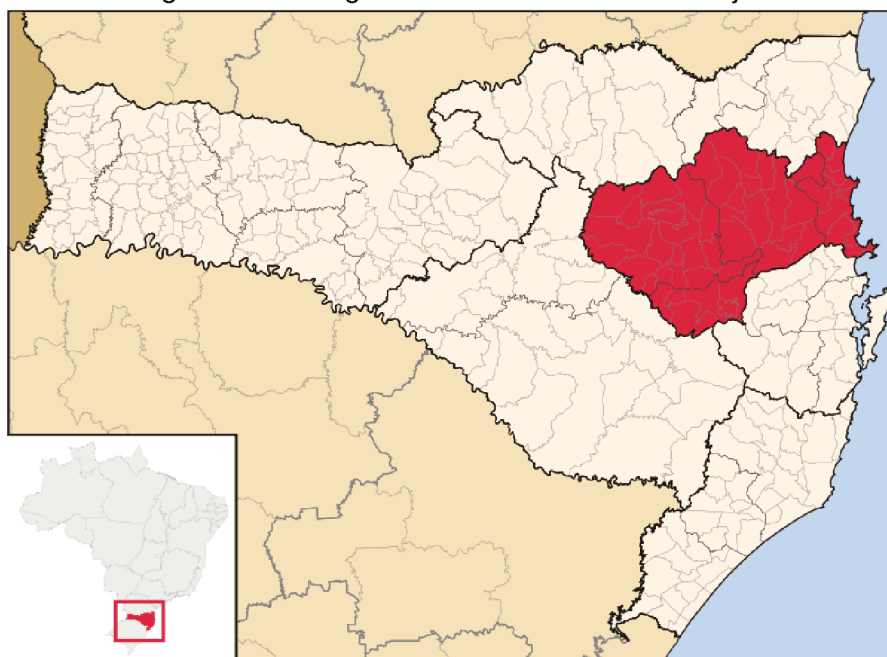
“ADM. CENTRAL – Contratação de empresa para prestação de serviço de diagnóstico energético, fornecimento e instalação de materiais, para a substituição de sistema de aquecimento de água de chuveiro elétrico por sistema de aquecimento a energia solar, em 2.500 residências em treze municípios de Santa Catarina. ”

A outra parte do projeto contemplava a distribuição de 3.000 refrigeradores e foi executado em 2010.

O projeto foi denominado Calamidade Pública em decorrência das enchentes que atingiram Santa Catarina em 2008. As inundações ocorreram após um período de chuvas no mês de novembro de 2008, afetando grande parte da população do Vale do Itajaí. Em consequência ao desastre natural, 135 pessoas morreram e duas continuam desaparecidas até hoje (REDAÇÃO, 2013).

Desmoronamentos de terra e enchentes atingiram cerca de 1,5 milhões de pessoas no estado de Santa Catarina, deixando mais de 80 mil pessoas desabrigadas ou desalojadas. Diante deste cenário problemático, 14 cidades declararam situação de calamidade pública e 63 de emergência (REDAÇÃO, 2013).

Figura 12 – Imagem de satélite do Vale do Itajaí.



Fonte: Wikipédia, 2006.

Figura 13 – Imagem de desmoronamentos no Vale do Itajaí.



Fonte: James Tavares, 2008.

Em resposta aos desastres acontecidos no Vale do Itajaí, a empresa CELESC cunhou o projeto Calamidade Pública, que se pautou basicamente na instalação de aquecimento solar de água em unidades consumidoras beneficiadas pela tarifa social, além da medição e verificação dos resultados.

Os consumidores beneficiados foram definidos em parceria com as Secretarias de Assistência Social e Defesa Civil.

O contrato teve custo de R\$ 5.969.500,00 (cinco milhões, novecentos e sessenta e nove mil e quinhentos reais), para a CELESC e foi iniciado em 12/10/2012 (data de assinatura do contrato). Seu término ocorreu na data de 17/02/2014. O projeto previa a medição e verificação dos resultados obtidos, que será comentado no item que segue.

### **2.6.1 Medição e verificação do projeto calamidade pública**

Ao lançar o edital em 2012 a CELESC Distribuição S.A. especificou que a elaboração de relatórios finais deveria conter as etapas do Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética, além das medições que deveriam ser baseadas no PIMVP.

Através do edital era solicitado que as medições dos pontos analisados fossem realizadas durante um período mínimo de 24 horas, antes e depois da instalação do sistema de aquecimento solar de água. Após o diálogo entre a empresa contratada e a CELESC, chegou-se ao consenso de que era necessário um período de sete dias antes e sete dias depois da instalação dos SAS, para que fosse possível aferir de forma mais precisa os hábitos dos ocupantes das residências incluídas pelo projeto.

#### ***2.6.1.1 Amostragem***

De acordo com as informações fornecidas pelo Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética e tratando-se de um projeto de baixo poder monetário, o tamanho da amostra foi baseado no plano de amostragem definido pela NBR 5426 com nível de inspeção severa, nível I. Desta forma, como o número de unidades consumidoras está contido entre 1.201 a 3.220, o tamanho da amostra deve ser de 50.

#### ***2.6.1.2 Opção do PIMVP***

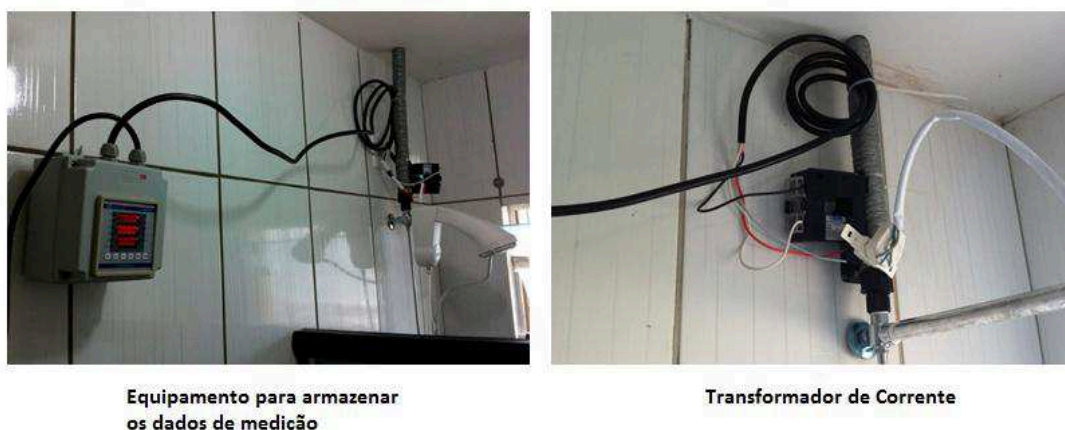
Para o período de medição, foi utilizado como referência o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance, opção B, por um período de 14 dias nas 50 unidades consumidoras. Ao optar por um período de 14 dias, facilita o controle dos fatores estáticos, como ocupação.

#### ***2.6.1.3 Medições Efetuadas***

Conforme explanado no item anterior do presente estudo, foi utilizado em 2013, a opção B do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance. O período de medição foi de sete dias antes da ação de eficiência energética e sete dias após a ação. Cada medição teve como período de amostragem o intervalo de quinze minutos (integralização de dados), totalizando 1.344 amostras por medição e um total de 67.200 amostras.

A Figura 14 mostra a foto do equipamento de medição instalado em uma residência no município de Blumenau. O modelo do equipamento é o MD4040/EA do fabricante Embrasul Indústria Eletrônica.

Figura 14 – Equipamento para realização da medição utilizado no projeto.



Fonte: CETEL Engenharia LTDA.

A metodologia utilizada para medir os dados de consumo de energia elétrica foi a instalação do equipamento no chuveiro elétrico. Para as medições denominadas antes da instalação do equipamento, e apesar do aquecedor solar já ter sido instalado, o registro que abastecia o equipamento era fechado, e desta forma o consumidor utilizava normalmente o chuveiro elétrico. Para as medições com o equipamento instalado (pós-instalação), abria-se o registro.

As medições ocorreram durante os meses de agosto/2013 e janeiro/2014, e desta forma foi possível contemplar as duas estações do ano, inverno e verão, que proporcionam a maior e menor utilização da potência do chuveiro. Segundo o relatório de M&V, através das medições, o projeto irá gerar uma economia de aproximadamente 90 kWh por mês, por residência.



## **2.7 Clima**

O clima altera o consumo de energia elétrica de uma residência consideravelmente e por esta razão é prudente que seja utilizado como variável independente para planos de medição e verificação (EVO, 2012).

### **2.7.1 Clima no Vale do Itajaí**

O clima regional do Vale do Itajaí é classificado como subtropical úmido predominando a massa tropical atlântica a qual é quente e úmida e traz chuvas do oceano atlântico principalmente no verão. A massa polar atlântica também exerce influência no estado principalmente no inverno provocando chuvas e diminuição da temperatura. A influência dessas massas de ar resulta em um índice anual de pluviosidade elevado, 1.550 mm e a variação das precipitações médias de 1.390 a 1.752mm e faz também com que as chuvas sejam distribuídas durante o ano não existindo uma estação seca. Com relação a umidade relativa do ar esta varia de 77,32% a 86,50% (BACHMANN, 2014).

As estações do ano são bem definidas, havendo a distinção das estações de outono e primavera, as quais na prática não existem na maioria do território brasileiro (BACHMANN, 2014).

### **2.7.2 Graus-Dia**

É necessário o uso de um parâmetro que leve em consideração a temperatura máxima e mínima. Para isso podemos utilizar o graus-Dia (GD), que segundo Goulart(1993), é um parâmetro climático que pode ser definido pelo somatório de diferenças de temperatura, quando esta encontra-se abaixo ou acima da temperatura base ( $t_b$ ). É possível utilizar o graus-dias tanto para aquecimento como para resfriamento, sendo necessárias alterações na fórmula.

As fórmulas diárias são para o cálculo de graus-dia diários. Para obter os GD mensais deve-se realizar o somatório de todos os GD diários do mês, valendo a mesma lógica para a obtenção dos GD anuais (GOULART, 1993).

GRAUS-DIAS Aquecimento (GDA)

$$GDA = (t_b - T_{méd}) \quad (3)$$

GRAUS-DIAS Resfriamento (GDR)

$$GDR = (T_{méd} - t_b) \quad (4)$$

### **3 Caracterização das instalações realizadas**

O projeto Calamidade Pública, proveu a instalação de 2.500 sistemas de aquecimento solar de água. A empresa contratada utilizou diversos fornecedores, sendo o principal a Heliotek®, que forneceu o reservatório e os coletores. Além disso, por obrigação do edital, era necessário que o sistema de aquecimento solar de água tivesse um sistema anticongelamento, já que durante o ano, diversas cidades em Santa Catarina chegam a temperaturas negativas. Diante dessa condição climática, os sistemas de aquecimento solar de água convencionais podem congelar, resultando na quebra do coletor, além dessa solicitação, havia a necessidade do sistema de anticongelamento não consumir energia elétrica, o que impedia o uso de bombas de circulação.

Os sistemas instalados são do tipo termossifão e sua troca de calor é indireta, como será abordado no item 3.2.

Os sistemas foram instalados diretamente nos telhados das residências, sempre considerando um desvio máximo de 30º para leste ou oeste. É importante salientar que todos os equipamentos instalados nos domicílios atendiam as exigências do Pregão Eletrônico, cunhado pela concessionária CELESC.

Figura 15 – Imagem do sistema instalado.



Fonte: CETEL Engenharia LTDA.

### 3.1 Coletor Solar

Os coletores solares instalados são do modelo MC20C, marca Heliotek®, selo A no INMETRO. Estes têm dimensões de 2 metros de altura cada, 1 metro de largura e aproximadamente 7 centímetros de profundidade. Com uma produção média de energia de 168,2 kWh/mês e uma eficiência de 60%.

Esse modelo possui o vidro temperado, que traz uma alta resistência mecânica ao vidro e diante da ocorrência de quebra do vidro, o mesmo se partirá em pequenos cacos sem pontas cortantes. Vale salientar que em Santa Catarina, há hipótese de chuvas de granizo ou outros fenômenos naturais que possam ser prejudiciais ao sistema.

O projeto em questão é voltado para residências de baixo poder aquisitivo, que grande maioria são casas de apenas um pavimento, tornando-se assim mais suscetível queda de objetos que podem danificar o vidro.

O vidro temperado resiste a maiores variações de temperatura, o que também facilita a higienização do coletor, já que não é necessário esperar o resfriamento do mesmo para limpeza.

O coletor MC20C é constituído de cobre e alumínio nos seus absorvedores e esses são ligados por uma solda ultrassom que diminui o risco de corrosão.

Esse coletor não é mais fabricado, por isso não é possível encontrá-lo na relação de coletores solar do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL.

Em cada residência, conforme edital, foi instalado um coletor solar, totalizando 2.500 coletores solares instalados durante o projeto.

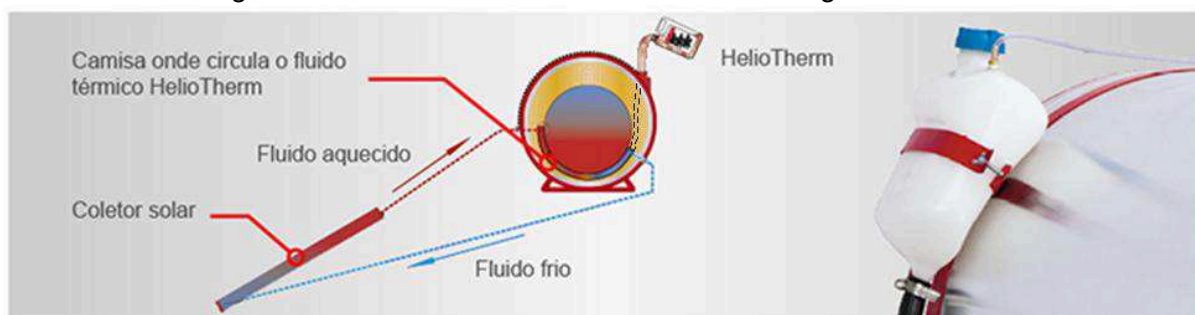
### 3.2 Reservatório Térmico

O reservatório utilizado no projeto foi o K2MK200. Este reservatório possui um sistema anticongelamento que funciona sem o consumo de energia, conforme a Figura 16 abaixo retirada do site da Heliotek®.

O sistema anticongelamento funciona basicamente como um sistema indireto onde o líquido que circula no coletor não entra em contato com a água utilizada para banho.

Seguindo o modelo do sistema fechado, o K2 possui trocador de calor e vaso de expansão. O papel do trocador de calor é desempenhado pela camisa que envolve o reservatório de água para banho, enquanto o vaso de expansão é o recipiente de material plástico com coloração branca conforme ilustrado na Figura 16.

Figura 16 – Funcionamento do sistema anticongelamento K2.



Fonte: Heliotek® - Sistema K2 anticongelamento.

Apesar de permitir a instalação de resistência elétrica blindada para servir de apoio em dias com pouca incidência solar, essas não foram entregues aos moradores, já que para apoio será utilizado o chuveiro elétrico.

Em cada residência foi instalado um reservatório de 200 litros K2 MK, totalizando 2.500 reservatórios instalados durante o projeto.

### **3.3 Outros**

As tubulações utilizadas nas instalações de sistemas de aquecimento solar de água no projeto Calamidade Pública foram de EPDM sem isolamento térmico. Optou-se por esse modelo porque os reservatórios térmicos foram sempre instalados o mais próximo possível do ponto de consumo.

Para o sistema de aquecimento auxiliar de água utilizou-se o chuveiro elétrico já existente da residência, resultando em menor consumo de energia elétrica. O próprio morador foi instruído sobre a forma correta de utilizar o sistema, conforme solicitado pela CELESC.

A caixa de quebra de pressão é utilizada para dissipar a pressão na qual a água entra no sistema. Quando a água vem direto da rede de abastecimento é necessário reduzir sua pressão, por isso é indispensável a instalação da caixa de quebra de pressão.

O misturador externo é o dispositivo responsável pela mistura da água quente com a água fria. É constituído de latão cromado, com diâmetro de ½". O misturador instalado foi da marca Neucler.

Figura 17 – Misturador externo instalado.



Fonte: CETEL Engenharia LTDA.



# 4 Método

## 4.1 Obtenção de lista de beneficiários do projeto

Para determinação da economia que o projeto ofereceu para os beneficiados, será utilizado o consumo que consta na conta de luz dos beneficiados pelo projeto e para isso é preciso ter conhecimento dos seus dados. Foi então requerida junto a empresa que executou o projeto uma lista de favorecidos com os seguintes dados:

- Consumidor: nome do consumidor que recebeu a instalação do sistema de aquecimento solar em sua casa;
- Endereço: endereço da residência que recebeu a instalação do sistema de aquecimento solar;
- Bairro: bairro em que foi instalado o sistema de aquecimento solar;
- Cidade: cidade em que foi instalado o sistema de aquecimento solar;
- Data: data de instalação do sistema de aquecimento solar;
- Número da Unidade Consumidora.

## 4.2 Obtenção do Consumo e Dados Climáticos

Para os dados referentes ao consumo, foram solicitados os consumos obtidos nas medições antes e depois da instalação do projeto. A intenção é utilizar as informações desde janeiro de 2011 até setembro de 2016, para que haja uma base de dados e seja possível a realização de mais de uma análise.

Para conseguir os dados contatou-se a CELESC, solicitando ao Departamento de Eficiência Energética (DPEE), os dados de consumo dos beneficiários do projeto.

A aquisição de documentos climáticos referentes aos meses de janeiro de 2011 até setembro de 2016, fez-se necessário para realizar uma regressão que resulte em uma linha de base do consumo das unidades consumidoras.

As informações climáticas serão a temperatura máxima diária e temperatura mínima diária. Os dados devem ser preferencialmente de cidades próximas ou que



receberam o projeto Calamidade Pública, além de obter dados de mais de uma cidade, quando possível.

### **4.3 Organização dos dados**

Após o recebimento das informações da CELESC, caso necessário será utilizado uma planilha eletrônica para ajuste dos dados conforme a necessidade para execução do trabalho.

Como se obteve milhares de dados de unidades consumidoras com instalações em dias diferentes foi considerado, somente o mês e o ano como referência. Assim uma instalação realizada no dia 12/03/2013, será analisada como março de 2013.

As informações climáticas também serão ajustadas através de planilha eletrônica de acordo com a demanda para a realização do trabalho.

Além de organizar os dados, caso necessário, serão excluídas unidades consumidoras, que estejam com dados faltantes.

### **4.4 Conceitos de M&V**

As definições de M&V utilizados no trabalho, foram:

Fronteira de medição: a fronteira de medição utilizada será a instalação toda, já que será considerado os valores medidos pela concessionária de energia elétrica.

Variáveis Independentes: por tratar-se do consumo de energia elétrica do chuveiro é possível considerar como variável independente o número de pessoas na residência, potência do chuveiro, renda per capita entre outros. Entretanto, como não se tem nenhum desses dados disponíveis, será usado a temperatura como variável independente.

Fatores estáticos: não será considerado nenhum fator estático dentro da fronteira de medição em estudo, apesar de existirem fatores como, ocupação e alteração da potência de chuveiros. Não foi possível medir esses fatores em nenhuma das 1.225 unidades consumidoras.

Tempo de medição: o tempo de medição antes da instalação dos SAS varia de acordo com a data de instalação da unidade consumidora. Os dados obtidos vão de janeiro de 2011 até agosto de 2016, sendo assim, deve-se considerar que o tempo de medição é de 2011 e 2012, totalizando dois anos.

Efeitos interativos: o projeto era a instalação de sistemas de aquecimento solar e projetos desse gênero resultam em efeitos interativos insignificantes. Pode-se considerar a alteração de hábito de consumo dos moradores como um desses efeitos insignificantes.

Período de Determinação da economia: esse item, assim como o tempo de medição, é variável dependendo a instalação. Todavia, há instalações com três e dois anos após a instalação do SAS. Esse valor também se altera de acordo com a disponibilidade de valores de temperatura.

Opção do PIMVP: a opção, segundo o PIMVP (EVO, 2012) deve ser a Opção C, já que é considerada a fronteira de medição toda instalação, não o próprio chuveiro. Além disso, é esperado que seja possível notar economias maiores do que 10% do consumo de energia elétrica.

#### **4.5 Transformação dos Dados Climáticos**

Para que haja possibilidade de relacionar os dados de temperatura máxima e mínima com o consumo de energia das unidades consumidoras, deve-se obter um valor referente a essas duas temperaturas. Para isso, utilizar-se-á o graus-dias de aquecimento com temperatura base ( $t_b$ ) no valor de 40 °C. Além dos GD é necessário calcular as temperaturas máximas médias mensais.

Foi proposta a utilização de um dado que além de relacionar o GDA, também levasse em consideração a quantidade de dias do mês referente ao GDA. Para isso, foi calculado o Graus médio aquecimento (GMA), definido pela fórmula a seguir:

$$GMA_K = \frac{GDA_K}{n_d} \quad (5)$$

Onde,

$GDA_k$  é o valor de Graus-Dias de aquecimento referente ao mês K;

$n_d$  é o número de dias correspondente aos dias do mês K.

Além dos GDA e GMA, deve-se calcular o GDR ( $t_b=20^\circ\text{C}$ ) e GMR, pois o consumo pode ser maior durante o verão, assim ao calcular o GDR obtém-se uma curva que aumenta no verão e diminui no inverno, semelhante ao perfil de consumo residencial.

#### 4.6 Quantidade mínima de amostras

Será considerado como requisito mínimo à análise de dados o valor de 95% para o intervalo de confiança, e de  $\pm 10\%$  de precisão, assim será possível encontrar valores mais próximos do real. Para o cálculo deve ser utilizada a equação:

$$n_0 = \frac{z^2 \times CV^2}{e^2} \quad (6)$$

Onde,

CV é o coeficiente de variância das amostras;

Z 1,96 para um intervalo de confiança de 95%;

n é o número de amostras.

Conforme recomendado pelo PIMVP (EVO, 2012) será utilizado um valor de 0,5 para o CV.

$$n_0 = \frac{1,96^2 \times 0,5^2}{0,15^2} \quad (7)$$

$$n_0 = 43 \text{ amostras}$$

Não será necessário ajustar o tamanho da amostra já que, conforme o PIMVP (EVO, 2012) só é necessário ajuste quando a amostra for maior que 5% do valor da população.

$$2500 * 0,05 = 125$$

$$125 > 43$$

Contudo, nesse caso será recebido valores de consumo de centenas de unidades consumidoras, essa será a amostra.

#### 4.7 Dados

Conforme o PIMVP (EVO, 2012) para a verificação dos dados deve-se calcular:

- Média amostral, que é a média aritmética dos consumos mensais de todas as residências;

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} \quad (8)$$

Onde,

$\bar{Y}$  é a média dos consumos;

$\sum Y_i$  é o somatório dos consumos de cada UC;

$n$  é o número de amostras.

- Número de amostras;
- Valores máximos e mínimos para cada mês.

- Desvio padrão:

$$s = \sqrt{\frac{\sum Y_i - \bar{Y}^2}{n - 1}} \quad (9)$$

- Coeficiente de variação, que é definido como desvio padrão dos consumos dividido pela média aritmética dos consumos:

$$CV = \frac{s}{\bar{Y}} \quad (10)$$

- Precisão relativa, conforme fórmula abaixo;

$$Precisão\ Relativa = \frac{t \times CV}{\sqrt{n}} \quad (11)$$

Onde,

t é um valor da “distribuição t”. Conforme Figura 18 que segue, através do nível de confiança 95% e Graus de Liberdade  $\infty$ , temos t =1,96. Graus de liberdade nesse caso é n -1.

Figura 18 – Distribuição t.

Graus de Liberdade GL	Nível de Confiança				Graus de Liberdade GL	Nível de Confiança			
	95%	90%	80%	50%		95%	90%	80%	50%
1	12,71	6,31	3,08	1,00	16	2,12	1,75	1,34	0,69
2	4,30	2,92	1,89	0,82	17	2,11	1,74	1,33	0,69
3	3,18	2,35	1,64	0,76	18	2,10	1,73	1,33	0,69
4	2,78	2,13	1,53	0,74	19	2,09	1,73	1,33	0,69
5	2,57	2,02	1,48	0,73	21	2,08	1,72	1,32	0,69
6	2,45	1,94	1,44	0,72	23	2,07	1,71	1,32	0,69
7	2,36	1,89	1,41	0,71	25	2,06	1,71	1,32	0,68
8	2,31	1,86	1,40	0,71	27	2,05	1,70	1,31	0,68
9	2,26	1,83	1,38	0,70	31	2,04	1,70	1,31	0,68
10	2,23	1,81	1,37	0,70	35	2,03	1,69	1,31	0,68
11	2,20	1,80	1,36	0,70	41	2,02	1,68	1,30	0,68
12	2,18	1,78	1,36	0,70	49	2,01	1,68	1,30	0,68
13	2,16	1,77	1,35	0,69	60	2,00	1,67	1,30	0,68
14	2,14	1,76	1,35	0,69	120	1,98	1,66	1,29	0,68
15	2,13	1,75	1,34	0,69	$\infty$	1,96	1,64	1,28	0,67

Fonte: PIMVP (EVO, 2012)

- Precisão absoluta, que é a precisão relativa multiplicada pela média aritmética das amostras.

Será possível analisar os dados de consumo, mostrando gráficos da variação do consumo durante os anos. Os dados de consumo serão utilizados para mostrar como varia o consumo na população estudada.

Além dos gráficos acima citados, é possível construir um gráfico que relacione as temperaturas máximas médias mensais com o consumo e tentar observar alguma relação.

#### 4.8 Análise de dados

Para que seja possível realizar uma regressão linear considerando a variável climática ( $^{\circ}\text{C}$ ) e o consumo (kWh), utilizar-se-á as equações dos mínimos quadrados (PIACENTINI, 2012) as quais fornecem os melhores parâmetros para a reta.

$$Y = A + BX \quad (12)$$

As equações que fornecem A e B são as seguintes:

$$A = \frac{\sum Y x \sum X^2 - \sum X x \sum (XY)}{n x \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (13)$$

$$B = \frac{n x \sum (XY) - \sum X \sum Y}{n x \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (14)$$

Onde,

- A é o coeficiente linear;
- B é o coeficiente angular;
- n é o número de pontos;
- Y é o valor “Y” do ponto;
- X é o valor “X” do ponto.

Diante disso, será realizada a regressão linear dos dados conforme Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Regressões a serem realizadas.

Regressão	Valores		Período	
	X	Y	Início	Fim
<b>Primeira</b>	GDA	Consumo médio	jan/11	dez/12
<b>Segunda</b>	GDA	Consumo médio	jan/11	dez/11
<b>Terceira</b>	GDA	Consumo médio	jan/12	dez/12
<b>Quarta</b>	GMA	Consumo médio	jan/11	dez/12
<b>Quinta</b>	GMA	Consumo médio	jan/11	dez/11
<b>Sexta</b>	GMA	Consumo médio	jan/12	dez/12
<b>Sétima</b>	GDR	Consumo médio	jan/11	dez/12
<b>Oitava</b>	GDR	Consumo médio	jan/11	dez/11
<b>Nona</b>	GDR	Consumo médio	jan/12	dez/12
<b>Décima</b>	GMR	Consumo médio	jan/11	dez/12
<b>Décima primeira</b>	GMR	Consumo médio	jan/11	dez/11
<b>Décima segunda</b>	GMR	Consumo médio	jan/12	dez/12

Para avaliar se há relação entre a variável independente e variável dependente, o PIMVP (EVO 2012) determina a utilização do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) como parâmetro.

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2} \quad (15)$$

Onde,

$\hat{Y}_i$  é o valor da energia calculada/ajustada pelo modelo para dado ponto usando o valor medido da variável independente (isto é, obtido inserindo os valores de X no modelo de regressão);

$\bar{Y}$  é o valor médio do consumo, conforme equação 8;

$Y_i$  é o valor de consumo de cada UC.

Será considerado um valor mínimo de 0,75 para o  $R^2$ . O valor de 0,75 é frequentemente aceito como um indicador razoável de uma boa relação entre energia e as variáveis independentes (EVO,2012).

#### **4.9 Discussão dos resultados**

Discutir os resultados obtidos através das análises e elencar pontos relevantes que interferiram nos resultados.



# 5 Resultados

## 5.1 Lista de beneficiários do projeto

Após a solicitação, foi recebida uma planilha contendo 2.501 linhas com as informações das unidades consumidoras beneficiadas. Dentre estas informações, estavam:

- Número do Termo de Recebimento;
- Nome do Consumidor;
- Endereço;
- Número;
- Bairro;
- Cidade;
- Data de Instalação;
- Ano;
- CPF;
- Latitude/Longitude;
- Número do medidor;
- Unidade consumidora.

Feita a análise dos elementos, em seguida foi possível determinar em quais municípios foram instalados os SAS, conforme explanado pela Tabela 3:

Tabela 3 – Quantidade de instalação por cidade.

	<b>Cidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Amostras</b>
1	Benedito Novo	5	-
2	Blumenau	561	489
3	Brusque	279	194
4	Camboriú	178	-
5	Gaspar	62	1
6	Ilhota	175	84
7	Itajaí	1038	349
8	Luis Alves	68	32
9	Nova Trento	10	-
10	Pomerode	13	10
11	Rio do Cedro	39	27
12	Rodeio	55	31
13	Timbó	17	8
	<b>Total</b>	<b>2500</b>	<b>1225</b>

Fonte: CETEL Engenharia LTDA.

## 5.2 Lista de consumo das unidades consumidoras e dados climáticos

A CELESC forneceu dados de consumo de 1.777 casas, entretanto diversas unidades consumidoras foram descartadas por não possuírem os dados de consumo de todos os 69 meses. As informações obtidas estavam organizadas em três colunas distintas: UC, consumo mensal e mês/ano de referência. Com mais de 114.000 linhas de dados recebidos em uma planilha, foi necessário a organização em 1.778 linhas e 70 colunas para facilitar o manuseio dos números.

Através da página do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foi possível adquirir dados referentes à estação 83872, localizada no município de Indaial, Santa Catarina.

- Dados da estação:
- Estação: INDAIAL- SC (OMM:83872)
- Latitude (graus): -26,9
- Longitude (graus): -49,21
- Altitude (metros): 86,13

Os dados provenientes do INMET contavam com estação, data, temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura compensada média.

Além dos dados adquiridos junto ao INMET, foram obtidas informações através do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial/Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - INPE/CPTEC. Os números são provenientes do Aeroporto Internacional Ministro Victor Konder, localizado em Navegantes/SC.

- Dados da estação:
- Estação: SBNF
- Latitude (graus): -26,88
- Longitude (graus): -48,65

### **5.3 Organização dos dados**

Foi necessário organizar todas as quatro tabelas recebidas para utilização de seus dados. No primeiro momento, foi considerado somente a tabela recebida pela empresa contratada contendo os dados da instalação e a tabela enviada pela concessionária CELESC. A partir disso, foi elaborada uma tabela correlacionando o mês e ano da instalação na unidade consumidora (UC) com seu consumo mensal.

Os dados climáticos recebidos também foram dispostos de forma a facilitarem os cálculos de GDA, GMA, GDR e GMR.

Conforme o item 5.2 a CELESC forneceu dados de consumo de 1.777 UC, porém após a exclusão das UC que não continham dados de consumo de todos os meses, restaram 1.225 unidades consumidoras.

Os dados climáticos advindos do INMET encontravam-se com diversos valores faltantes, como é possível constatar no Apêndice A, e por isso considerar-se-á somente os períodos de 01/11/2011 até 01/11/2012 e o período de 01/01/2014 até 01/01/2016.

Já os dados obtidos através do INPE foram mais completos e somente o período de junho de 2014 até setembro de 2014 estava faltando.

## 5.4 Transformação dos dados climáticos

Através da equação 3, do subitem 2.7.2, obtém-se as quantidades de graus-dia mensais e graus médio mensais. Os dados climáticos estão expostos no Apêndice A.

## 5.5 Dados

Após a realização de todos os cálculos, os dados e resultados foram obtidos considerando os itens:

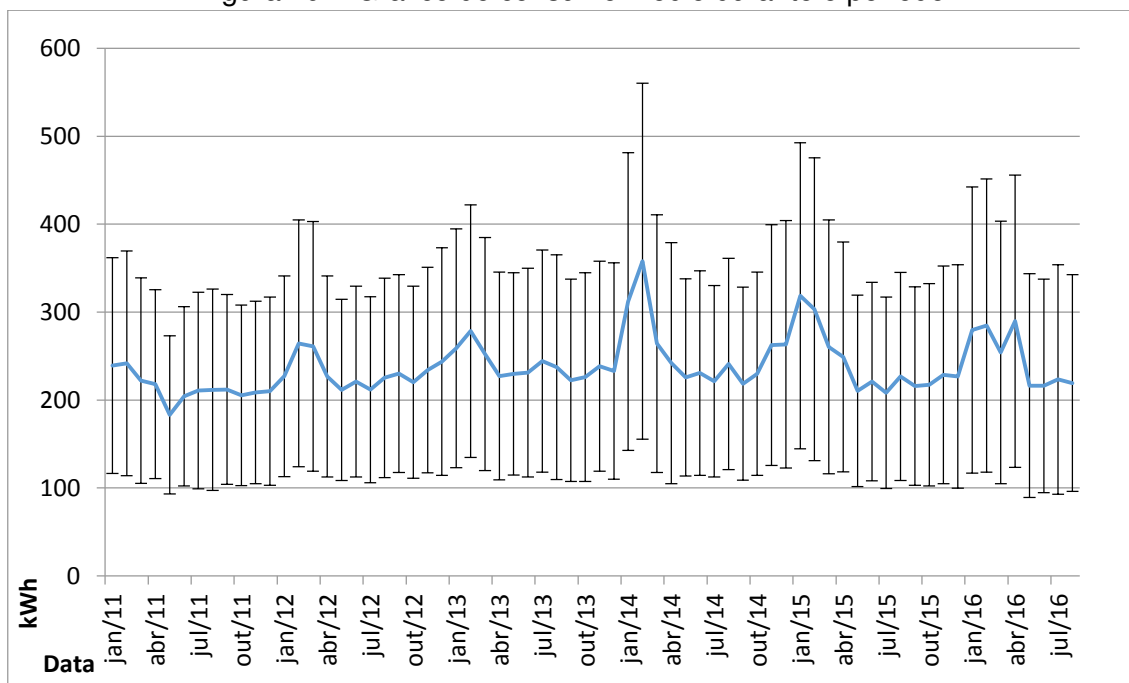
- Data;
- Consumo médio;
- Valor mínimo;
- Valor máximo;
- Desvio padrão;
- CV;
- Precisão relativa;
- Precisão absoluta;
- GDA (INMET/INPE);
- GMA (INMET/INPE);
- Temperatura Média Máxima Mensal (TMMM) (INMET/INPE);
- GDR (INPE);
- GMR (INPE).

Tabela 4 – Valores constantes utilizados para cálculo.

<b>Valores</b>	<b>Constantes</b>
<b>n</b>	1.225
<b>t</b>	1,96

A Figura 19 abaixo ilustra o consumo médio das residências beneficiadas pelo projeto durante o período de janeiro de 2011 a agosto de 2016 em kWh.

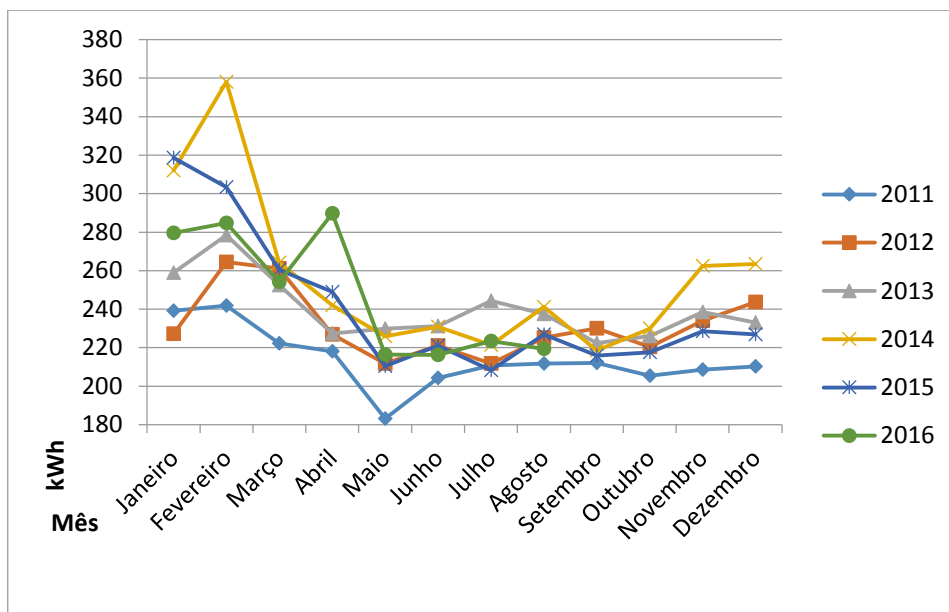
Figura 19 – Gráfico do consumo médio durante o período.



Como pode-se analisar no gráfico, o pico de consumo encontra-se no mês de fevereiro de 2014 e o menor consumo no mês de maio de 2011.

A Figura 20 dispõe sobre a comparação dos consumos mensais (kWh). Do mesmo modo, é possível notar em ambos os gráficos, que o maior consumo se dá no período do verão.

Figura 20 – Comparação do consumo médio durante os anos.



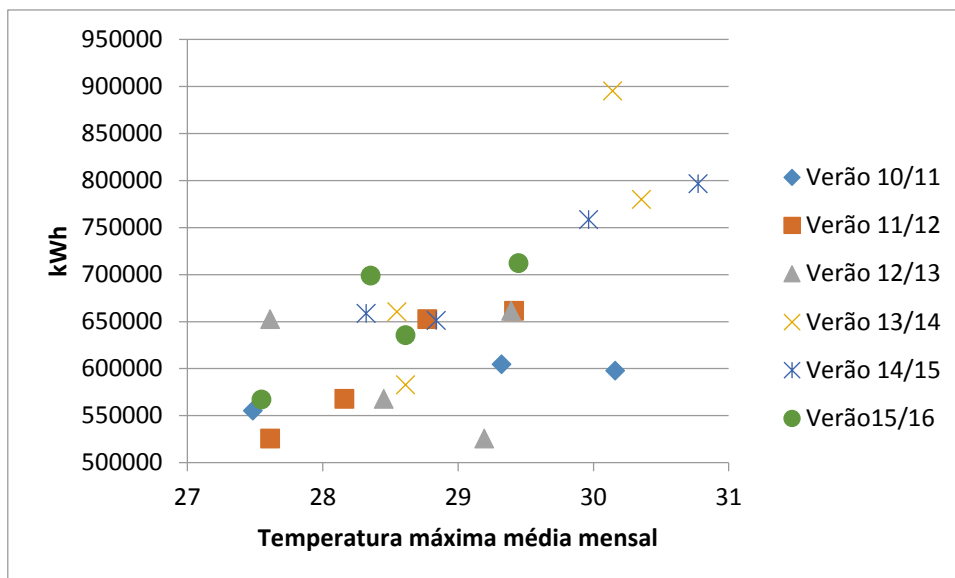
A seguir, a tabela compara os valores anuais de consumo mensal médio.

Tabela 5 – Variação do consumo.

Ano	Consumo médio (kWh)	Variação em relação ao ano anterior
2011	214	-
2012	231	8,18%
2013	240	3,70%
2014	256	6,58%
2015	241	-5,95%

A Figura 21 apresenta um gráfico de dispersão para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, que compara o consumo médio com a temperatura média máxima mensal ( $T_{MMM}$ ).

Figura 21 – Gráfico de dispersão consumo x  $T_{MMM}$ .



## 5.7 Análise de dados com regressão linear

Diante dos dois conjuntos de dados climáticos de diferentes localidades, realizou-se a regressão linear para ambos, resultando em:

Tabela 6 – Regressão linear com dados climáticos do INMET.

Regressão	Valores		Período		Coeficiente R <sup>2</sup>
	X	Y	Início	Fim	
Primeira	GDA	Consumo médio	nov/11	out/12	0,38
Segunda	GMA	Consumo médio	nov/11	out/12	0,35

Tabela 7 – Regressão linear com dados climáticos do INPE.

Regressão	Valores		Período		R <sup>2</sup>
	X	Y	Início	Fim	
<b>Primeira</b>	GDA	Consumo médio	jan/11	dez/12	0,415
<b>Segunda</b>	GDA	Consumo médio	jan/11	dez/11	0,458
<b>Terceira</b>	GDA	Consumo médio	jan/12	dez/12	0,577
<b>Quarta</b>	GMA	Consumo médio	jan/11	dez/12	0,391
<b>Quinta</b>	GMA	Consumo médio	jan/11	dez/11	0,424
<b>Sexta</b>	GMA	Consumo médio	jan/12	dez/12	0,538
<b>Sétima</b>	GDR	Consumo médio	jan/11	dez/12	0,468
<b>Oitava</b>	GDR	Consumo médio	jan/11	dez/11	0,584
<b>Nona</b>	GDR	Consumo médio	jan/12	dez/12	0,576
<b>Décima</b>	GMR	Consumo médio	jan/11	dez/12	0,481
<b>Décima primeira</b>	GMR	Consumo médio	jan/11	dez/11	0,607
<b>Décima segunda</b>	GMR	Consumo médio	jan/12	dez/12	0,597

Os dados e Figuras referentes às regressões lineares realizadas estão explanadas no Apêndice B.

## 5.8 Discussão de Resultados

De acordo com os dados obtidos e considerando as Figuras 19 e 20 é possível concluir que a variação anual em relação ao ano anterior não é constante e depende de diversos fatores.

A análise da Tabela 5 demonstra que a comparação do consumo anual médio durante os anos não traz nenhum dado conclusivo, já que antes da instalação dos SAS nas residências, já existia um aumento de consumo de 8,18% (Variação 12/11). Logo, a variação do consumo de ano para ano é considerável, sem considerar o projeto.

Através da análise da Figura 21, é perceptível que o consumo aumenta com o aumento da temperatura, desconsiderando o verão 12/13, todos os outros verões resultaram em consumos ascendentes no que a temperatura média máxima mensal aumenta, o que leva a crer que existe a utilização do ar condicionado.

Ao realizar a regressão linear, tentou-se criar uma relação entre temperatura e consumo. Como o valor do coeficiente de determinação varia de 0,0 a 1,0, quando



o valor de  $R^2$  é 0,0 o modelo é insignificante, já que este não explica nenhuma orientação para a variação da variável independente. Um  $R^2$  de 1,0 significa que o modelo explica 100% das variações em Y (isto é, o modelo prevê Y com uma certeza total) (EVO, 2012).

Conforme o item 4.8 estipulou-se um valor mínimo de 0,75 para o  $R^2$ , todavia o maior valor encontrado foi de 0,607 (Tabela 6 e 7). Isso ocorre, porque, conforme o PIMVP, um  $R^2$  baixo indica que algumas variáveis relevantes não foram incluídas.

Algumas variáveis relevantes a serem elencadas poderiam ser:

- O consumo de uma residência não é constante durante os anos, sendo possível que haja o aumento ou diminuição de moradores na residência e principalmente o aumento no número de aparelhos elétricos;
- Alteração significativa dos fatores estáticos;
- A temperatura conta com uma grande variação dentro de uma cidade e as regressões foram realizadas com dados climáticos de Navegantes e Indaial comparados ao consumo de 13 municípios distintos;
- Alguns equipamentos da residência não respondem a temperatura, como iluminação, fornos, ferros, televisão.

Outros itens que podem ter colaborado para que aparentemente a avaliação não tenha alcançado o resultado esperado:

- Segundo GIGLIO, 2015, o resultado da instalação do SAS difere de composição familiar para composição familiar, onde famílias com idosos e maiores taxas de analfabetismo tem um baixo potencial de economia de energia.

Famílias que possuem crianças grandes e adolescentes por terem mais dificuldade para realizar a mistura correta da água são consideradas sem potencial de economia.

As famílias que contam com a mulher como chefe de família e nível de escolaridade mais alto têm um bom potencial de economia de energia. Outra composição de família com bom potencial de economia seria a de famílias jovens com crianças novas.

Ainda existe uma quinta composição de família que englobaria todas as composições não citadas acima e abrangeria bons e ruins potenciais de economia;

- Dificuldade de entendimento do projeto por parte dos beneficiados. Devido ao produto ser pouco conhecido, este fator pode ter dificultado a mudança de hábitos para a redução do consumo de energia;
- Tarifa de energia: variações nos valores da conta de energia fazem com que ocorra variações no consumo. É possível perceber isso na variação nos anos 2015 e 2014, onde houve um aumento de 34% do valor do kWh em março de 2015 (SANTAELLA, 2015) e no consumo das residências beneficiadas pelo projeto -5,95%;
- A Opção C, não se adequou bem, perante a falta de dados referentes às mudanças de hábitos nas residências;
- Com o passar dos anos é comum que ocorram reformas nas residências, o que pode levar a retirada do aparelho. Outra hipótese seria a venda do imóvel que resultaria também na retirada do aparelho pelo proprietário para instalação em outra residência;
- Por ser um aparelho doado, é possível ocorrer a venda destes dispositivos, o que levaria a residência a voltar a consumir de maneira semelhante ao período anterior a instalação do SAS.

## 6 Conclusão

A produção deste trabalho permitiu a análise de dados de consumo de energia elétrica nas residências beneficiadas pelo projeto Calamidade Pública da CELESC. Através deste foi possível compreender melhor como varia o consumo de energia elétrica em uma residência durante os meses e anos.

A discussão aqui realizada colaborou para o entendimento de que não é tão simples mensurar os benefícios do projeto somente através dos dados de consumo de energia elétrica. Mais do que isso, é necessário considerar diversos fatores que podem interferir na economia, mas como não houve a medição desses fatores, não foi possível utilizá-los, ainda mais quando se trata de um período de dois anos, no período de linha de base, onde existe maior chance de alteração desses fatores estáticos.

Para mostrar alguma tendência no consumo, tentou-se utilizar a regressão linear comparando uma variável de temperatura com o consumo, porém essas regressões resultaram em  $R^2$  baixos, o que significa a falta de dados nos modelos.

Um próximo trabalho poderia, além da análise de consumo, considerar os hábitos das famílias, números de moradores, entre outros pontos que são interessantes para que seja possível alcançar um valor de economia.

# Referências Bibliográficas

ABESCO – Associação Brasileira de Empresas de Serviços de Conservação de Energia. 2015. **O que é eficiência energética? (EE)**. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>. Acesso em: 30/05/2017.

ALTOE, Leandra et al. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. **Estud. av.** vol.31, n.89, pp.285-297. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética**. Brasília, 2008.

Aquecedores Solares geraram o equivalente a 8 mil GWh em 2015. **Revista Sol Brasil**. n.30, p.6-8. Jan-Jun, São Paulo, 2016. Disponível em: <[https://issuu.com/revistasolbrasil/docs/revista\\_sol\\_brasil\\_30](https://issuu.com/revistasolbrasil/docs/revista_sol_brasil_30)>. Acesso em: 14/04/2017.

BACHMANN, N. M. **Desenvolvimento de um sistema inteligente em lógica difusa para o controle da captação e do tratamento de águas**.103f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí. Itajaí, 2014.

BRASIL. Lei n. 9.991, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, 24/julho, 2000.

\_\_\_\_\_. Lei n.12.212, de 20 de janeiro de 2010. Dispõe sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica; altera as Leis nos 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.925, de 23 de julho de 2004, e 10.438, de 26 de abril de 2002; e dá outras providências. Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, 20/janeiro, 2010.

CAMPOS, M. S. e ALCANTARA, L.D.S. Interpretação dos Efeitos de Tempo Nublado e Chuvoso Sobre a Radiação Solar em Belém/PA Para Uso em Sistemas Fotovoltaicos. **Rev. bras. meteorol.** vol.31, n.4, pp.570-579. 2016.

CELESC. **Pregão Eletrônico nº 12/07439**. Florianópolis, 2012. Disponível em:<[http://portal.celesc.com.br/portal/aplic/supri\\_anexos\\_sap/1207439/Edital.PE.07439.pdf](http://portal.celesc.com.br/portal/aplic/supri_anexos_sap/1207439/Edital.PE.07439.pdf)>. Acesso em: 08/03/2017.

EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION - EVO. **Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance: Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e de Água**. vol, único. 2012.

ELETROBRAS. Critérios para a concessão do selo Procel de economia de energia a sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água/2010. Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BB70B5A3C-19EF-499D-B7BC-D6FF3BABE5FA%7D>>. Acesso em: 09/06/2017.

GOULART, S. V.G. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras**. 345f. Dissertação (mestrado) – Núcleo de Pesquisa em Construção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

GIGLIO, F.G.T. **Influência do usuário na economia de energia obtida por meio do uso de sistema de aquecimento solar de água em habitações de interesse social**. 257f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

HELIOTEK – **Coletor Solar MC Evolution**. Disponível em:<<http://www.heliotek.com.br/Produtos/Aquecimento-Solar-para-Banho/Aquecedor-Solar/>>. Acesso em: 18/04/2017.

\_\_\_\_\_. **Aquecedor solar Heliopool Evolution**. Disponível em: <[http://www.heliotek.com.br/Downloads/Catalogos/folder\\_Heliopool\\_EVO.pdf](http://www.heliotek.com.br/Downloads/Catalogos/folder_Heliopool_EVO.pdf)>. Acesso em: 01/06/2017.

\_\_\_\_\_. **Informações complementares para instalação do Reservatório K2**. Disponível em:< <http://www.heliotek.com.br/Downloads/Manuais/manual-informacoes-complem-instalacao-Reservatorio-K2.pdf>>. Acesso em: 28/05/2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Technology Roadmap: Solar Heating Cooling Roadmap**. 2012. p.10

MAGAGNIN, A. L. **Impactos econômicos do uso de energia solar para aquecimento de água em residências unifamiliares**.78f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2010.

NEUCLER. **Catálogo de produtos: metais e produtos especiais**.p.10-12. Disponível em:< <http://www.neucler.com.br/catalogo.pdf>>. Acesso em: 20/05/2017.

PEREIRA, Elizabeth M. D. et al. **Projeto Sol Brasil**. FINEP. Belo Horizonte, 2006.

PIACENTINI, J.J. et al. Gráficos. In: \_\_\_\_\_. **Introdução ao laboratório de física**. 4 ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2012. p.79.

REDAÇÃO, ND. Há cinco anos, Santa Catarina vivia a maior tragédia climática da sua história. **Notícias do Dia**, Joinville, 22 novembro 2013. Disponível em: <<http://ndonline.com.br/joinville/noticias/ha-cinco-anos-santa-catarina-vivia-a-maior-tragedia-climatica-da-sua-historia>>. Acesso em: 22/04/2017.

SÁLES, I. C. F. **Análise da Substituição do Chuveiro Elétrico por Aquecedor Solar: Uma Contribuição ao Setor Elétrico na Conservação de Energia**. 158 f. Dissertação (mestrado) – Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

SANTAELLA, T. Tarifa de energia elétrica em SC ficará 34% mais cara para residências. **Diário Catarinense**, 27 fevereiro 2015. Disponível em: <<http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2015/02/tarifa-de-energia-eletrica-em-sc-ficara-34-mais-cara-para-residencias-4708568.html>>. Acesso em: 04/01/2017.

SANTA CATARINA. ANEXO 2: BENEFÍCIOS FISCAIS. Cap. I Das Isenções. Seção I, Das Operações com Mercadorias. Santa Catarina. Disponível em: <[http://legislacao.sef.sc.gov.br/html/regulamentos/icms/ricms\\_01\\_02.htm](http://legislacao.sef.sc.gov.br/html/regulamentos/icms/ricms_01_02.htm)>. Acesso em: 01/06/2017.

SÃO PAULO. Lei n. 14.459, de 3 de julho de 2007. Acrescenta o item 9.3.5 à Seção 9.3 - Instalações Prediais do Anexo I da Lei nº 11.228, de 25 de junho de 1992 (Código de Obras e Edificações), e dispõe sobre a instalação de sistema de

aquecimento de água por energia solar nas novas edificações do Município de São Paulo. Prefeitura do Município de São Paulo, São Paulo, 3/julho, 2007.

SRD. **Indicadores da Distribuição.** Brasília, 2017. Disponível em:<<http://www.aneel.gov.br/indicadores-da-distribuicao>>. Acesso em: 03/06/2017.

TAVARES, James. **Deslizamentos ameaçam população no Vale do Itajaí.** 2008. Disponível:<<http://www.oeco.org.br/reportagens/20391-santa-catarina-tragedia-esperada/>>. Acesso em: 03/06/2017.



# Apêndice A

Dados referentes ao consumo conforme item 5.6 e dados climáticos referentes ao item 5.4.

Tabela 8 – Dados referentes ao ano de 2011.

DATA	DADOS DE CONSUMO							DADOS INMET			DADOS INPE				
	Valor Mínimo (kWh)	Média (kWh)	Valor Máximo (kWh)	Desvio Padrão (kWh)	CV	Precisão relativa	Precisão absoluta (kWh)	GDA (C)	GMA (C)	TMMM (C)	GDA (C)	GMA (C)	TMMM (C)	GDR (C)	GMR (C)
jan/11	0	239	685	123	0,51	2,87%	7	386,9	12,5	32,7	397,0	12,8	30,2	223,0	7,2
fev/11	0	242	800	128	0,53	2,96%	7	385,6	13,8	30,6	373,5	13,3	29,3	186,5	6,7
mar/11	0	222	993	117	0,53	2,95%	7	509,7	16,4	27,7	471,5	15,2	27,5	148,5	4,8
abr/11	0	218	686	107	0,49	2,76%	6	525,8	17,5	27,1	495,0	16,5	27,0	105,0	3,5
mai/11	0	183	633	90	0,49	2,75%	5	651,7	21,0	23,6	606,5	19,6	24,0	35,0	1,1
jun/11	0	204	756	102	0,50	2,79%	6	-	-	-	683,0	22,8	20,2	3,5	0,1
jul/11	0	211	771	112	0,53	2,97%	6	-	-	-	734,5	23,7	18,2	2,0	0,1
ago/11	0	212	1239	115	0,54	3,03%	6	-	-	-	710,5	22,9	20,7	9,0	0,3
set/11	0	212	717	108	0,51	2,85%	6	-	-	-	656,0	21,9	21,4	7,0	0,2
out/11	0	205	761	103	0,50	2,80%	6	564,7	18,2	26,2	599,0	19,3	23,9	43,0	1,4
nov/11	0	209	1094	104	0,50	2,78%	6	536,3	17,9	27,3	542,5	18,1	25,1	69,0	2,3
dez/11	0	210	1344	107	0,51	2,85%	6	490,2	15,8	29,6	492,0	15,9	27,6	128,0	4,1

Tabela 9 – Dados referentes ao ano de 2012.

DATA	DADOS DE CONSUMO							DADOS INMET			DADOS INPE				
	Valor Mínimo (kWh)	Média (kWh)	Valor Máximo (kWh)	Desvio Padrão (kWh)	CV	Precisão relativa	Precisão absoluta (kWh)	GDA (C)	GMA (C)	TMMM (C)	GDA (C)	GMA (C)	TMMM (C)	GDR (C)	GMR (C)
<b>jan/12</b>	0	227	748	114	0,50	2,81%	6	457,2	14,7	30,2	458,5	14,8	28,2	161,5	5,2
<b>fev/12</b>	0	265	989	140	0,53	2,97%	8	374,1	12,9	32,2	412,5	14,2	29,4	178,5	6,2
<b>mar/12</b>	0	261	1266	142	0,54	3,04%	8	471,4	15,2	30,5	488,0	15,7	28,8	144,5	4,7
<b>abr/12</b>	0	227	741	114	0,50	2,82%	6	525,8	17,5	27,1	528,5	17,6	26,3	88,5	3,0
<b>mai/12</b>	0	212	681	103	0,49	2,73%	6	629,3	20,3	24,7	587,5	19,0	24,8	42,5	1,4
<b>jun/12</b>	0	221	659	108	0,49	2,75%	6	687,5	22,9	20,8	641,0	21,4	21,7	11,0	0,4
<b>jul/12</b>	0	212	749	106	0,50	2,79%	6	737,4	23,8	21,2	736,0	23,7	19,6	12,0	0,4
<b>ago/12</b>	0	225	911	113	0,50	2,82%	6	613,7	19,8	24,5	623,0	20,1	22,4	20,5	0,7
<b>set/12</b>	0	230	850	113	0,49	2,74%	6	603,1	20,1	25,0	594,5	19,8	23,6	31,5	1,1
<b>out/12</b>	0	220	971	109	0,50	2,77%	6	554,5	17,9	26,4	567,0	18,3	25,1	74,5	2,4
<b>nov/12</b>	0	234	911	117	0,50	2,80%	7	-	-	-	515,5	17,2	26,2	98,5	3,3
<b>dez/12</b>	0	244	938	129	0,53	2,97%	7	-	-	-	451,5	14,6	29,2	181,0	5,8

Tabela 10 – Dados referentes ao ano de 2013.

DATA	DADOS DE CONSUMO							DADOS INMET			DADOS INPE				
	Valor Mínimo (kWh)	Média (kWh)	Valor Máximo (kWh)	Desvio Padrão (kWh)	CV	Precisão relativa	Precisão absoluta (kWh)	GDA (C)	GMA (C)	TMMM (C)	GDA (C)	GMA (C)	TMMM (C)	GDR (C)	GMR (C)
<b>jan/13</b>	0	259	1059	136	0,52	2,94%	8	-	-	-	456,5	14,7	28,5	163,5	5,3
<b>fev/13</b>	0	279	1038	144	0,52	2,89%	8	-	-	-	413,5	14,8	29,4	162,5	5,8
<b>mar/13</b>	0	252	1148	133	0,52	2,94%	7	-	-	-	476,5	15,4	27,6	151,0	4,9
<b>abr/13</b>	0	227	1075	118	0,52	2,91%	7	-	-	-	524,0	17,5	26,8	81,5	2,7
<b>mai/13</b>	0	230	1075	115	0,50	2,81%	6	-	-	-	599,5	19,3	24,3	42,0	1,4
<b>jun/13</b>	0	231	981	119	0,51	2,87%	7	-	-	-	619,0	20,6	22,2	8,0	0,3
<b>jul/13</b>	0	244	1084	126	0,52	2,90%	7	-	-	-	755,5	24,4	18,4	8,5	0,3
<b>ago/13</b>	0	237	1007	128	0,54	3,01%	7	-	-	-	719,0	23,2	20,2	6,0	0,2
<b>set/13</b>	0	222	1100	115	0,52	2,89%	6	-	-	-	673,5	22,5	22,3	12,5	0,4
<b>out/13</b>	0	226	1090	119	0,52	2,94%	7	579,9	18,7	26,0	562,0	18,1	24,3	61,5	2,0
<b>nov/13</b>	0	238	843	119	0,50	2,80%	7	514,2	17,1	27,4	487,0	16,2	26,6	114,0	3,8
<b>dez/13</b>	0	233	908	123	0,53	2,95%	7	433,6	14,0	31,2	441,0	14,2	28,6	179,0	5,8

Tabela 11 – Dados referentes ao ano de 2014.

DATA	DADOS DE CONSUMO							DADOS INMET			DADOS INPE				
	Valor Mínimo (kWh)	Média (kWh)	Valor Máximo (kWh)	Desvio Padrão (kWh)	CV	Precisão relativa	Precisão absoluta (kWh)	GDA (C)	GMA (C)	TMMM (C)	GDA (C)	GMA (C)	TMMM (C)	GDR (C)	GMR (C)
<b>jan/14</b>	0	312	1156	169	0,54	3,04%	9	373,8	12,1	33,7	410,0	13,2	30,4	213,5	6,9
<b>fev/14</b>	0	358	1482	202	0,57	3,17%	11	335,2	12,0	33,9	363,0	13,0	30,1	202,5	7,2
<b>mar/14</b>	0	264	1423	147	0,55	3,11%	8	453,2	14,6	30,1	483,5	15,6	28,5	152,0	4,9
<b>abr/14</b>	0	242	1986	137	0,57	3,18%	8	513,4	17,1	27,0	499,0	16,6	26,4	108,0	3,6
<b>mai/14</b>	0	226	712	112	0,50	2,78%	6	616,7	19,9	24,3	578,0	18,6	24,6	56,0	1,8
<b>jun/14</b>	0	231	732	116	0,50	2,82%	7	647,1	21,6	21,9	-	-	-	-	-
<b>jul/14</b>	0	221	702	109	0,49	2,76%	6	693,2	22,4	21,5	-	-	-	-	-
<b>ago/14</b>	0	241	711	120	0,50	2,79%	7	647,6	20,9	24,5	-	-	-	-	-
<b>set/14</b>	0	219	669	110	0,50	2,81%	6	574,6	19,2	25,1	-	-	-	-	-
<b>out/14</b>	0	230	718	116	0,50	2,82%	6	513,3	16,6	28,3	552,5	17,8	25,2	75,5	2,4
<b>nov/14</b>	0	262	929	137	0,52	2,92%	8	472,0	15,7	28,8	479,0	16,0	26,6	121,0	4,0
<b>dez/14</b>	0	263	922	141	0,53	2,99%	8	439,6	14,2	30,6	517,0	16,7	28,3	136,0	4,4

Tabela 12 – Dados referentes ao ano de 2015.

DATA	DADOS DE CONSUMO							DADOS INMET			DADOS INPE				
	Valor Mínimo (kWh)	Média (kWh)	Valor Máximo (kWh)	Desvio Padrão (kWh)	CV	Precisão relativa	Precisão absoluta (kWh)	GDA (C)	GMA (C)	TMMM (C)	GDA (C)	GMA (C)	TMMM (C)	GDR (C)	GMR (C)
<b>jan/15</b>	0	319	1171	174	0,55	3,06%	10	391,3	12,6	32,8	472,0	15,2	30,8	173,0	5,6
<b>fev/15</b>	0	303	1790	172	0,57	3,18%	10	370,6	13,2	31,7	406,5	14,5	30,0	168,5	6,0
<b>mar/15</b>	0	260	1221	144	0,55	3,10%	8	453,1	14,6	29,9	448,5	14,5	28,8	175,5	5,7
<b>abr/15</b>	0	249	967	131	0,52	2,94%	7	508,1	16,9	27,5	485,0	16,2	27,2	115,0	3,8
<b>mai/15</b>	0	210	846	109	0,52	2,90%	6	616,8	19,9	23,7	588,5	19,0	24,2	48,0	1,5
<b>jun/15</b>	0	221	770	113	0,51	2,86%	6	670,1	22,3	22,1	648,0	21,6	22,2	23,0	0,8
<b>jul/15</b>	0	208	899	109	0,52	2,93%	6	669,3	21,6	22,3	707,5	22,8	21,0	1,0	0,0
<b>ago/15</b>	0	227	853	118	0,52	2,92%	7	572,3	18,5	26,2	602,5	19,4	23,5	33,0	1,1
<b>set/15</b>	0	216	767	113	0,52	2,93%	6	565,5	18,9	25,4	659,5	22,0	22,4	24,0	0,8
<b>out/15</b>	0	218	736	115	0,53	2,96%	6	592,2	19,1	23,7	648,0	20,9	22,2	24,5	0,8
<b>nov/15</b>	0	229	838	124	0,54	3,03%	7	520,1	17,3	25,8	565,5	18,9	24,4	57,0	1,9
<b>dez/15</b>	0	227	937	127	0,56	3,13%	7	436,4	14,1	30,1	482,5	15,6	27,5	143,5	4,6

Tabela 13 – Dados referentes ao ano de 2016.

DATA	DADOS DE CONSUMO							DADOS INMET			DADOS INPE				
	Valor Mínimo (kWh)	Média (kWh)	Valor Máximo (kWh)	Desvio Padrão (kWh)	CV	Precisão relativa	Precisão absoluta (kWh)	GDA (C)	GMA (C)	TMMM (C)	GDA (C)	GMA (C)	TMMM (C)	GDR (C)	GMR (C)
<b>jan/16</b>	0	280	1191	163	0,58	3,26%	9	-	-	-	456,0	14,7	28,4	164,0	5,3
<b>fev/16</b>	0	285	1644	167	0,59	3,28%	9	-	-	-	397,5	13,7	29,4	182,5	6,3
<b>mar/16</b>	0	254	1387	149	0,59	3,29%	8	-	-	-	498,5	16,1	28,6	140,5	4,5
<b>abr/16</b>	0	290	1115	166	0,57	3,22%	9	-	-	-	475,5	15,9	28,1	160,0	5,3
<b>mai/16</b>	0	216	936	127	0,59	3,29%	7	-	-	-	670,0	21,6	21,3	11,0	0,4
<b>jun/16</b>	0	216	988	121	0,56	3,14%	7	-	-	-	789,5	26,3	15,1	0,0	0,0
<b>jul/16</b>	0	223	1286	130	0,58	3,27%	7	-	-	-	757,0	24,4	18,4	2,5	0,1
<b>ago/16</b>	0	219	805	123	0,56	3,15%	7	-	-	-	750,5	24,2	19,2	7,5	0,2

# Apêndice B

Dados e Figuras referente às regressões lineares realizadas.

As Tabelas 14 até 21 são referentes aos dados de data, GDA/GMA/GDR/GMR e consumo médios das residências utilizados nas regressões lineares. As Figuras 22 até 29 dispõem sobre os gráficos de dispersão de cada conjunto de dados utilizados nas regressões lineares, no item 5.7 do estudo.

Regressões lineares com dados climáticos do INMET:

Tabela 14 – Primeira regressão linear com dados climáticos do INMET.

Primeira regressão		
Data	GDA	Consumo
nov/11	536,3	209
dez/11	490,2	210
jan/12	457,2	227
fev/12	374,1	265
mar/12	471,4	261
abr/12	525,8	227
mai/12	629,3	212
jun/12	687,5	221
jul/12	737,4	212
ago/12	613,7	225
set/12	603,1	230
out/12	554,5	220

Figura 22 – Gráfico de dispersão da primeira regressão linear com dados climáticos do INMET.

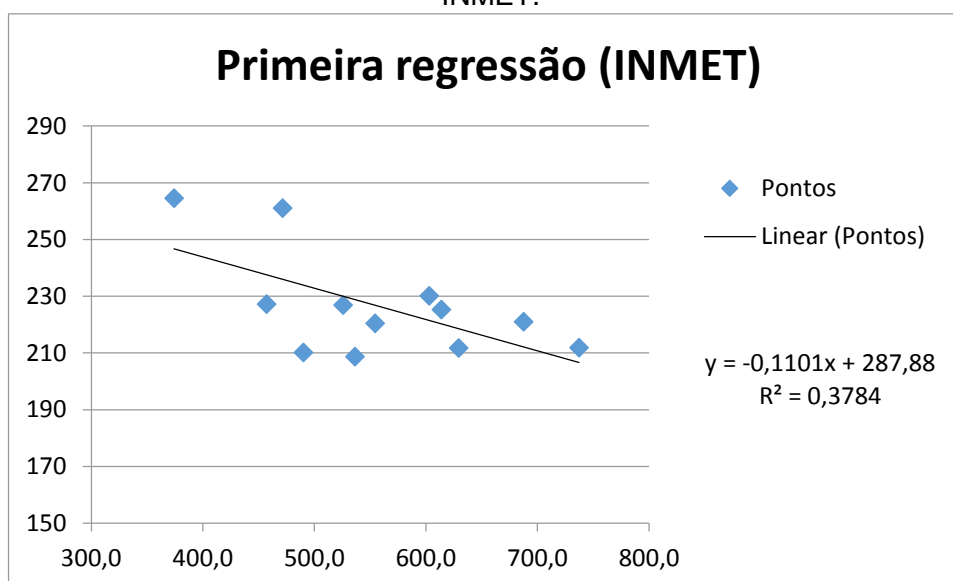
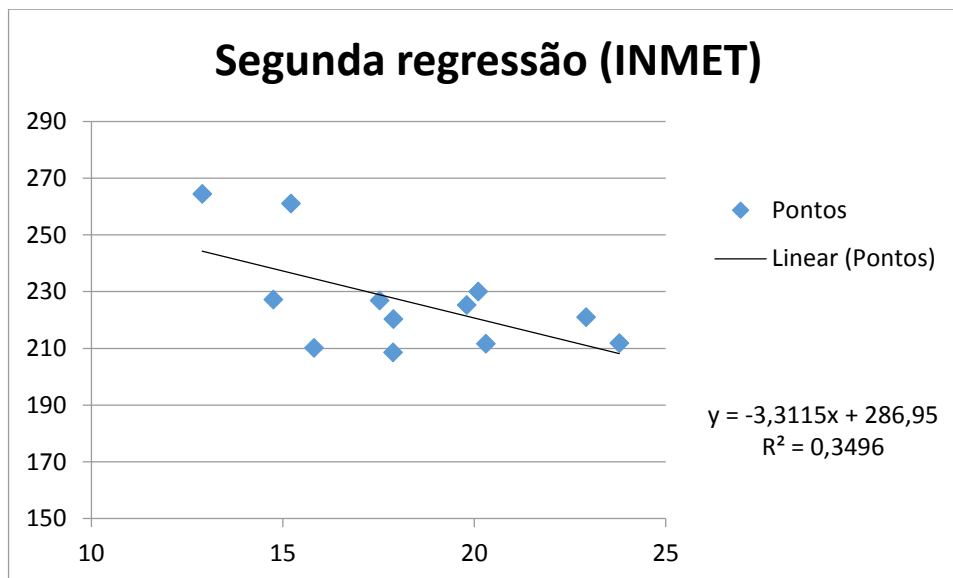


Tabela 15 – Segunda regressão linear com dados climáticos do INMET.

Segunda regressão		
Data	GMA	Consumo
nov/11	17,9	209
dez/11	15,8	210
jan/12	14,7	227
fev/12	12,9	265
mar/12	15,2	261
abr/12	17,5	227
mai/12	20,3	212
jun/12	22,9	221
jul/12	23,8	212
ago/12	19,8	225
set/12	20,1	230
out/12	17,9	220

Figura 23 – Gráfico de dispersão da segunda regressão linear com dados climáticos do INMET.





Regressões lineares com dados climáticos do INPE:

Tabela 16 – Primeira regressão linear com dados climáticos do INPE.

Primeira regressão		
Data	GDA	Consumo
jan/11	397	239
fev/11	373,5	242
mar/11	471,5	222
abr/11	495	218
mai/11	606,5	183
jun/11	683	204
jul/11	734,5	211
ago/11	710,5	212
set/11	656	212
out/11	599	205
nov/11	542,5	209
dez/11	492	210
jan/12	458,5	227
fev/12	412,5	265
mar/12	488	261
abr/12	528,5	227
mai/12	587,5	212
jun/12	641	221
jul/12	736	212
ago/12	623	225
set/12	594,5	230
out/12	567	220
nov/12	515,5	234
dez/12	451,5	244

Figura 24 – Gráfico de dispersão da primeira regressão linear com dados climáticos do INPE.

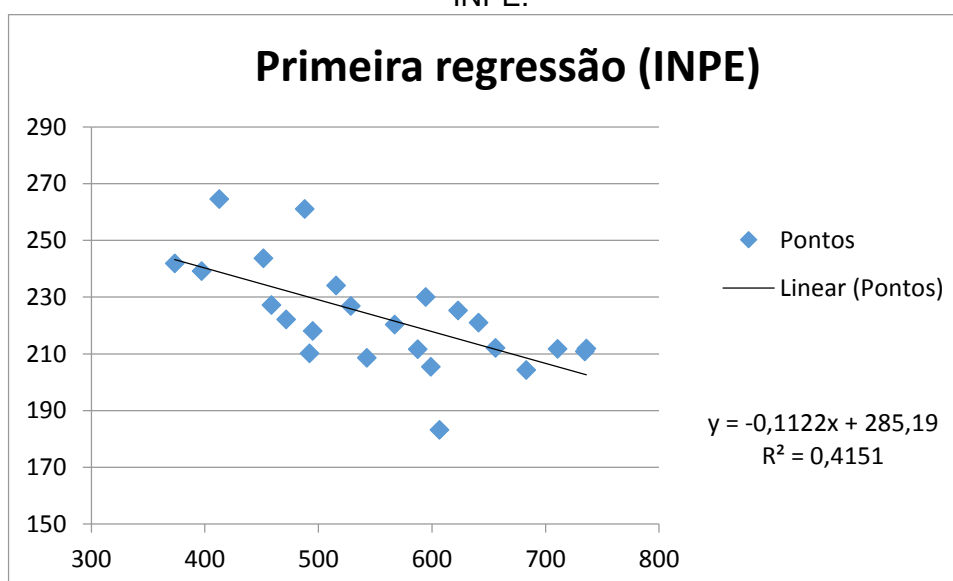


Tabela 17 – Segunda regressão linear com dados climáticos do INPE.

<b>Segunda regressão</b>		
<b>Data</b>	<b>GDA</b>	<b>Consumo</b>
<b>jan/11</b>	397	239
<b>fev/11</b>	373,5	242
<b>mar/11</b>	471,5	222
<b>abr/11</b>	495	218
<b>mai/11</b>	606,5	183
<b>jun/11</b>	683	204
<b>jul/11</b>	734,5	211
<b>ago/11</b>	710,5	212
<b>set/11</b>	656	212
<b>out/11</b>	599	205
<b>nov/11</b>	542,5	209
<b>dez/11</b>	492	210

Figura 25 – Gráfico de dispersão da segunda regressão linear com dados climáticos do INPE.

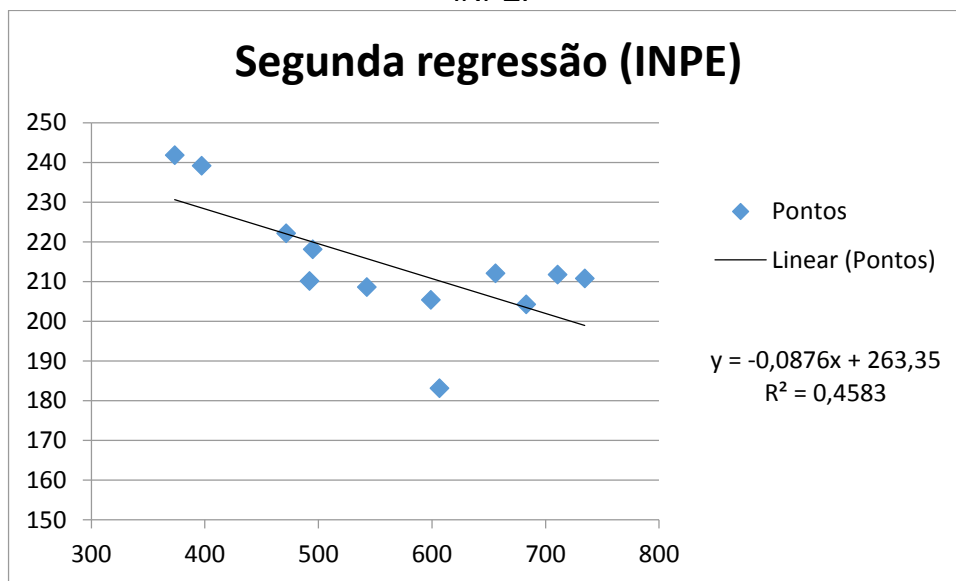


Tabela 18 – Terceira regressão linear com dados climáticos do INPE.

Terceira regressão		
Data	GDA	Consumo
jan/12	458,5	227
fev/12	412,5	265
mar/12	488	261
abr/12	528,5	227
mai/12	587,5	212
jun/12	641	221
jul/12	736	212
ago/12	623	225
set/12	594,5	230
out/12	567	220
nov/12	515,5	234
dez/12	451,5	244

Figura 26 – Gráfico de dispersão da terceira regressão linear com dados climáticos do INPE.

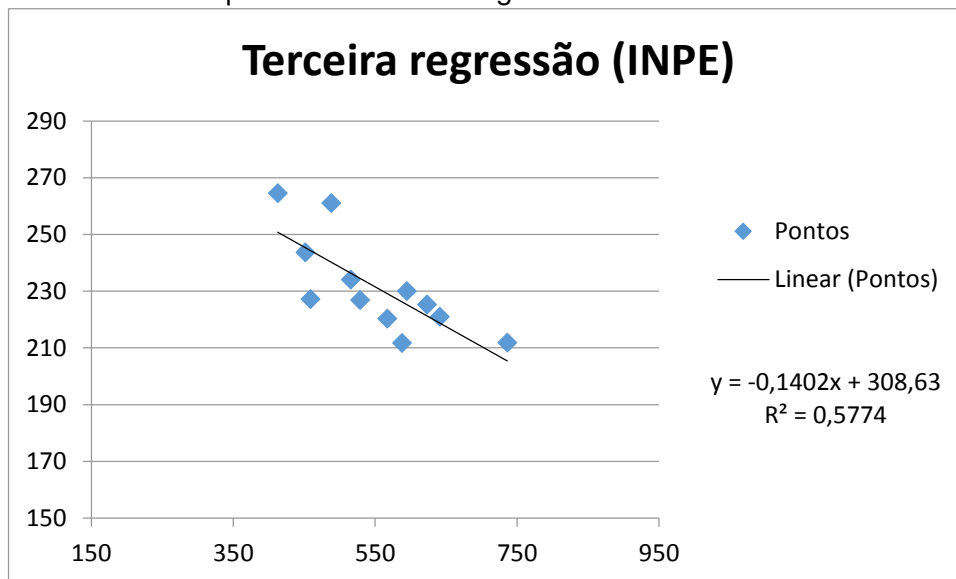


Tabela 19 – Quarta regressão linear com dados climáticos do INPE.

Quarta regressão		
Data	GMA	Consumo
jan/11	12,8	239
fev/11	13,3	242
mar/11	15,2	222
abr/11	16,5	218
mai/11	19,6	183
jun/11	22,8	204
jul/11	23,7	211
ago/11	22,9	212
set/11	21,9	212
out/11	19,3	205
nov/11	18,1	209
dez/11	15,9	210
jan/12	14,8	227
fev/12	14,2	265
mar/12	15,7	261
abr/12	17,6	227
mai/12	19,0	212
jun/12	21,4	221
jul/12	23,7	212
ago/12	20,1	225
set/12	19,8	230
out/12	18,3	220
nov/12	17,2	234
dez/12	14,6	244

Figura 27 – Gráfico de dispersão da quarta regressão linear com dados climáticos do INPE.

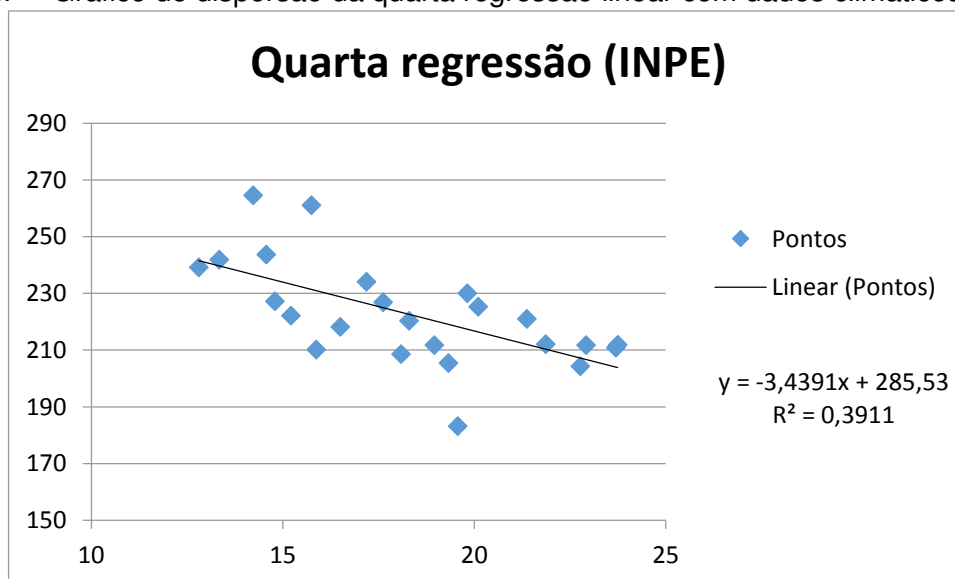


Tabela 20 – Quinta regressão linear com dados climáticos do INPE.

Quinta regressão		
DATA	GMA	Consumo
jan/11	12,8	239
fev/11	13,3	242
mar/11	15,2	222
abr/11	16,5	218
mai/11	19,6	183
jun/11	22,8	204
jul/11	23,7	211
ago/11	22,9	212
set/11	21,9	212
out/11	19,3	205
nov/11	18,1	209
dez/11	15,9	210

Figura 28 – Gráfico de dispersão da quinta regressão linear com dados climáticos do INPE.

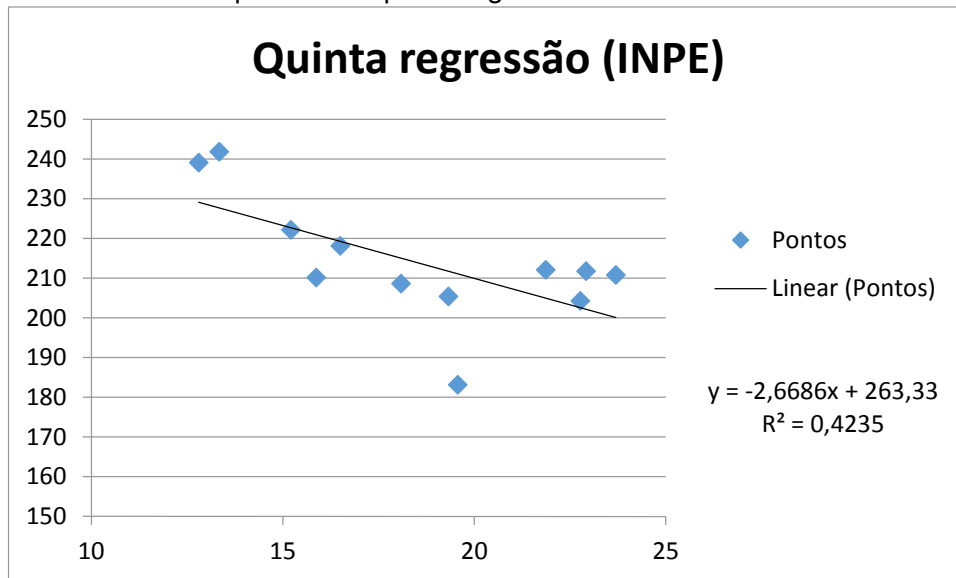


Tabela 21 – Sexta regressão linear com dados climáticos do INPE.

<b>Sexta regressão</b>		
<b>DATA</b>	<b>GMA</b>	<b>Consumo</b>
<b>jan/12</b>	14,8	227
<b>fev/12</b>	14,2	265
<b>mar/12</b>	15,7	261
<b>abr/12</b>	17,6	227
<b>mai/12</b>	19,0	212
<b>jun/12</b>	21,4	221
<b>jul/12</b>	23,7	212
<b>ago/12</b>	20,1	225
<b>set/12</b>	19,8	230
<b>out/12</b>	18,3	220
<b>nov/12</b>	17,2	234
<b>dez/12</b>	14,6	244

Figura 29 – Gráfico de dispersão da sexta regressão linear com dados climáticos do INPE.

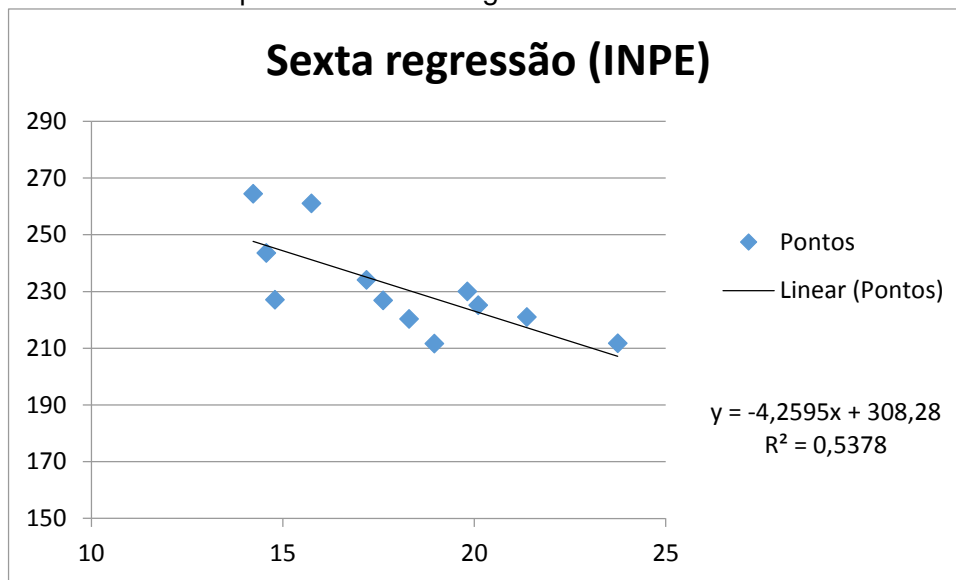


Tabela 22 – Sétima regressão linear com dados climáticos do INPE.

<b>Sétima regressão</b>		
<b>Data</b>	<b>GDR</b>	<b>Consumo</b>
jan/11	223,0	239
fev/11	186,5	242
mar/11	148,5	222
abr/11	105,0	218
mai/11	35,0	183
jun/11	3,5	204
jul/11	2,0	211
ago/11	9,0	212
set/11	7,0	212
out/11	43,0	205
nov/11	69,0	209
dez/11	128,0	210
jan/12	161,5	227
fev/12	178,5	265
mar/12	144,5	261
abr/12	88,5	227
mai/12	42,5	212
jun/12	11,0	221
jul/12	12,0	212
ago/12	20,5	225
set/12	31,5	230
out/12	74,5	220
nov/12	98,5	234
dez/12	181,0	244

Figura 30 – Gráfico de dispersão da sétima regressão linear com dados climáticos do INPE.

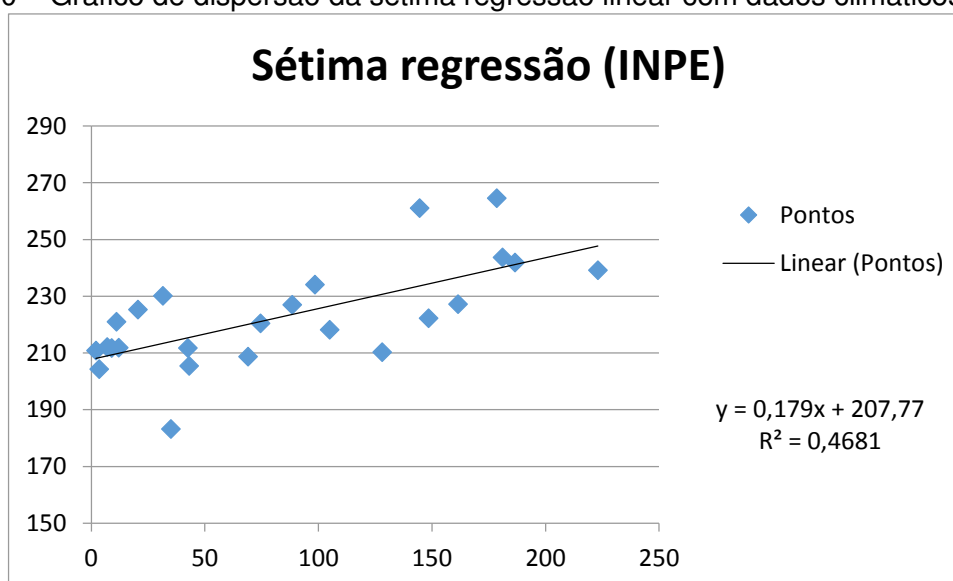


Tabela 23 – Oitava regressão linear com dados climáticos do INPE.

Oitava regressão		
Data	GDR	Consumo
jan/11	223,0	239
fev/11	186,5	242
mar/11	148,5	222
abr/11	105,0	218
mai/11	35,0	183
jun/11	3,5	204
jul/11	2,0	211
ago/11	9,0	212
set/11	7,0	212
out/11	43,0	205
nov/11	69,0	209
dez/11	128,0	210

Figura 31 – Gráfico de dispersão da oitava regressão linear com dados climáticos do INPE.

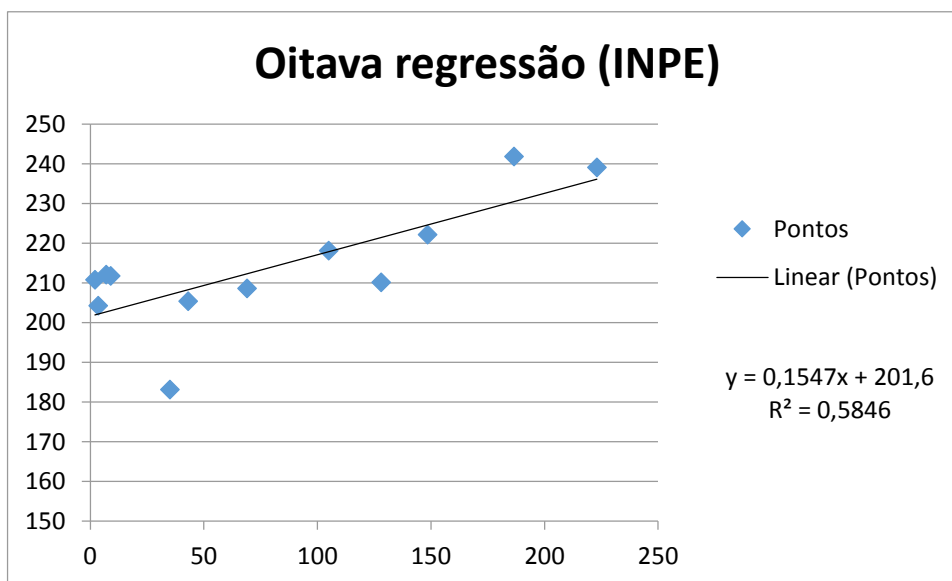




Tabela 24 – Nona regressão linear com dados climáticos do INPE.

Nona regressão		
Data	GDR	Consumo
jan/12	161,5	227
fev/12	178,5	265
mar/12	144,5	261
abr/12	88,5	227
mai/12	42,5	212
jun/12	11,0	221
jul/12	12,0	212
ago/12	20,5	225
set/12	31,5	230
out/12	74,5	220
nov/12	98,5	234
dez/12	181,0	244

Figura 32 – Gráfico de dispersão da nona regressão linear com dados climáticos do INPE.

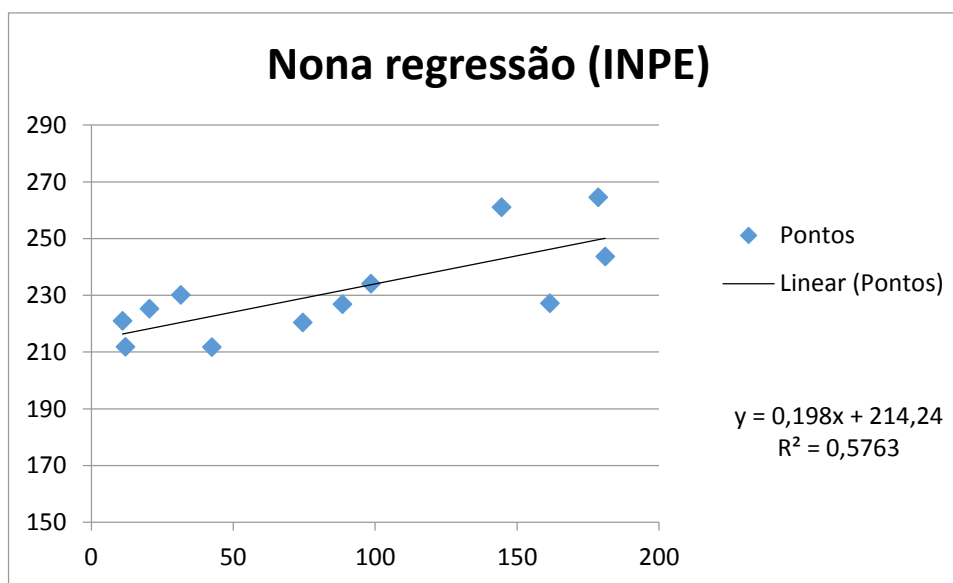


Tabela 25 – Décima regressão linear com dados climáticos do INPE.

Décima regressão		
Data	GMR	Consumo
jan/11	7,2	239
fev/11	6,7	242
mar/11	4,8	222
abr/11	3,5	218
mai/11	1,1	183
jun/11	0,1	204
jul/11	0,1	211
ago/11	0,3	212
set/11	0,2	212
out/11	1,4	205
nov/11	2,3	209
dez/11	4,1	210
jan/12	5,2	227
fev/12	6,2	265
mar/12	4,7	261
abr/12	3,0	227
mai/12	1,4	212
jun/12	0,4	221
jul/12	0,4	212
ago/12	0,7	225
set/12	1,1	230
out/12	2,4	220
nov/12	3,3	234
dez/12	5,8	244

Figura 33 – Gráfico de dispersão da décima regressão linear com dados climáticos do INPE.

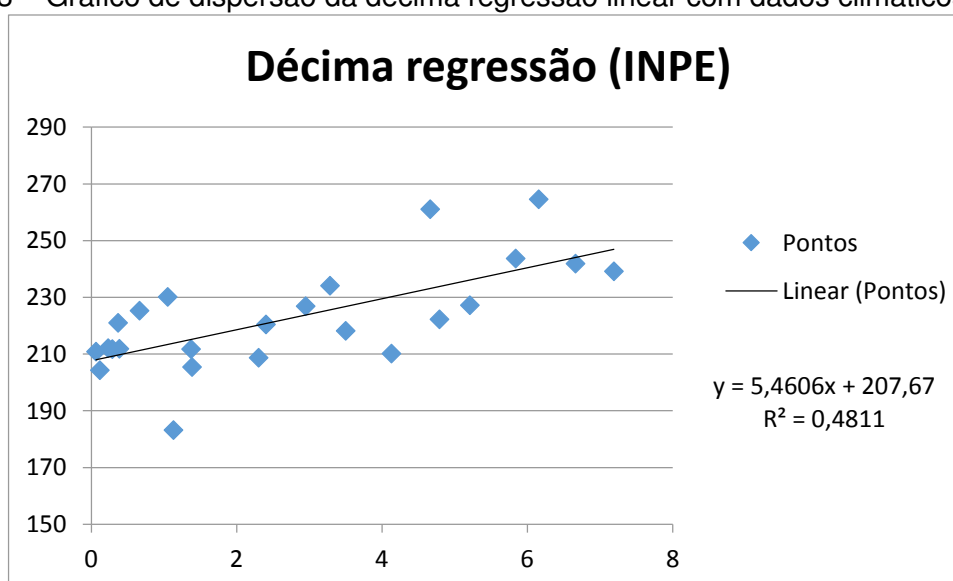


Tabela 26 – Décima primeira regressão linear com dados climáticos do INPE.

<b>Décima primeira regressão</b>		
<b>DATA</b>	<b>GMR</b>	<b>Consumo</b>
<b>jan/11</b>	7,2	239
<b>fev/11</b>	6,7	242
<b>mar/11</b>	4,8	222
<b>abr/11</b>	3,5	218
<b>mai/11</b>	1,1	183
<b>jun/11</b>	0,1	204
<b>jul/11</b>	0,1	211
<b>ago/11</b>	0,3	212
<b>set/11</b>	0,2	212
<b>out/11</b>	1,4	205
<b>nov/11</b>	2,3	209
<b>dez/11</b>	4,1	210

Figura 34 – Gráfico de dispersão da décima primeira regressão linear com dados climáticos do INPE.

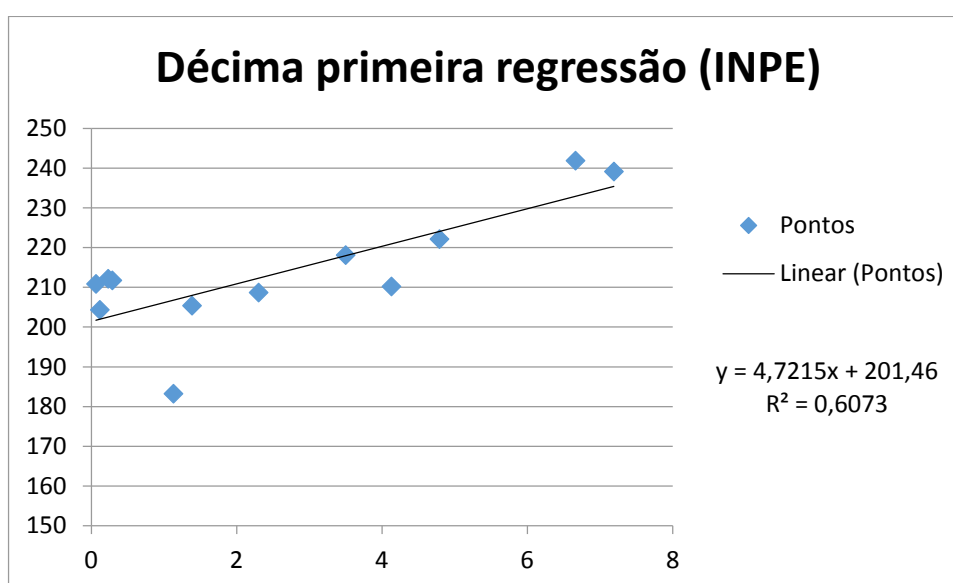


Tabela 27 – Décima segunda regressão linear com dados climáticos do INPE.

Décima segunda regressão		
DATA	GMR	Consumo
jan/12	5,2	227
fev/12	6,2	265
mar/12	4,7	261
abr/12	3,0	227
mai/12	1,4	212
jun/12	0,4	221
jul/12	0,4	212
ago/12	0,7	225
set/12	1,1	230
out/12	2,4	220
nov/12	3,3	234
dez/12	5,8	244

Figura 35 – Gráfico de dispersão da décima primeira regressão linear com dados climáticos do INPE.

