



**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC**  
**ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO CONTROLE E ROBÓTICA**

**SANDRO DE ABREU SANTOS**

**ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA ELETRIFICAÇÃO RURAL**

Salvador

2016

SANDRO DE ABREU SANTOS

**ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA ELETRIFICAÇÃO RURAL**

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATE como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Automação Controle e Robótica.

Professor Orientador: Milton Bastos

Salvador

2016

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

S237e Santos, Sandro de Abreu

Energia fotovoltaica para eletrificação rural / Sandro de Abreu Santos. – Salvador, 2016.

49 f. : il. color.

Orientador: Prof. MSc. Milton Bastos de Souza.

Monografia (Especialização em Automação, Controle e Robótica) – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2016.

Inclui referências.

1. Energia fotovoltaica. 2. Sistema solar. 3. Eletrificação rural. 4. Luz para todos. I. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. II. Souza, Milton Bastos de. III. Título.

CDD: 621.47

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer ao Professor Milton Bastos meu orientador pelo incentivo apoio, por ter contribuído pra minha formação, ao coordenador do curso Oberdan, a minha família, minha mãe Zenidalva, Meu pai Jorge in memorian por sempre me incentivar e acreditar que o estudo é a solução para os desafios profissionais , meus filhos Guilherme Abreu e Arthur Abreu por tornar cada dia especial e alegre, que me da energia para longas horas de trabalho e estudo,a instituição Senai Cimatec por ter contribuído na minha formação.

## RESUMO

Este estudo promove uma análise do projeto de eletrificação rural através do sistema fotovoltaico, fazendo uma comparação com o que foi planejado e o que está sendo executados, quais as suas metas e os seus desafios, as principais dificuldades, analisando as vantagens e desvantagens, custo benefícios para o consumidor e concessionárias, bem como os critérios para a inserção de clientes no programa do Governo Federal o “ luz para todos”. O desenvolvimento foi baseado na análise da universalização do acesso e uso de energia elétrica, analisando a dificuldade de cada localidade e o nível de insolação de cada local. O objetivo desse trabalho é demonstrar o benefício da utilização do sistema solar e como tem contribuído para melhorar a vida das pessoas que vivem na zona rural, e visando a otimização do rendimento do sistema para expansão da tecnologia para outras áreas atendendo a consumidores de maior demanda energética.

**Palavras-chave:** Sistemas Fotovoltaico, SIGF’S, sistema solar, eletrificação rural, Luz Para todos.

## ABSTRACT

This study promotes an analysis of rural electrification project through the photovoltaic system, making a comparison with what was planned and what is running, what their goals and their challenges, the main difficulties, analyzing the advantages and disadvantages, cost benefits for consumers and dealers, as well as the criteria for inclusion of clients in the Federal Government's program "light for All". The development was based on the analysis of universal access to and use of electricity, analyzing the difficulty of each location and insolation level of each site. The aim of this work is to demonstrate the benefit of using the solar system and how it has contributed to improving the lives of people living in rural areas, and in order to optimize system performance for expansion to other areas of technology serving Customers in more demand energy.

**Keywords:** Photovoltaic Systems. SIGF'S. solar system. rural electrification, Light for all.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Célula Solar Fotovoltaica	14
FIGURA 2	Diagrama de bloco do sistema fotovoltaico	18
FIGURA 3	Diagrama de bloco do inversor	21
FIGURA 4	Localização das estações piranométricas	26
FIGURA 5	Índice de radiação solar global diária	27
FIGURA 6	Painel solar instalado na residência	28
FIGURA 7	Bombeamento de um poço	29
FIGURA 8	Gráfico de consumo do estádio de Pituaçu	30
FIGURA 9	Esquema elétrico painel solar e eólica	32
FIGURA 10	Matriz energética Brasileira 2013	33
FIGURA 11	Índices percentuais de domicílios rurais não atendidos	35
FIGURA 12	Estrutura Organizacional do Programa LPT	38

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Custo para aquisição do sistema convencional	22
TABELA 2	Valor dos componentes do sistema fotovoltaico	23



## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Relação de demanda de consumo para instalação do SIGF's 30	24
QUADRO 2	Calculo de custo x beneficio do sistema solar	25

## LISTA DE SIGLAS

LPT	Luz Para Todos
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
COELBA	Companhia Elétrica do Estado da Bahia
SIGF'S	Sistema Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes
MME	Ministério de Minas e Energia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CEPEL	Centro de Pesquisa de Energia Elétrica
CPT	Centro de Pesquisas Técnicas
OOE	Operações de Obras Especiais
ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia
PRODEEM	Programa para o Desenvolvimento da Energia nos Estados e Municípios
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua.
Wp	Watt de pico

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1	OBJETIVO	12
1.2	OBJETIVO ESPECIFICO	12
1.3	METODOLOGIA	12
1.4	RESULTADOS ESPERADOS	13
<b>2.0</b>	<b>EFEITO FOTOVOLTAICO E PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO</b>	<b>14</b>
2.1	TIPOS DE LIGAÇÕES	16
2.2	VANTAGEM	16
2.3	MANUTENÇÃO	17
2.4	DIMENSIONAMENTO DO PAINEL SOLAR	17
2.5	PONTO CRITICO	18
2.6	ACUMULADORES	19
2.7	CONTROLADOR	20
2.8	INVERSOR	20
2.9	INTALAÇÃO DO MÓDULO SOLAR	21
<b>3.0</b>	<b>CARACTERÍSTICAS ECONÔMICAS</b>	<b>22</b>
3.1	ATENDIMENTO AO CONSUMIDOR	28
3.2	ENERGIA SOLAR USADO PARA IRRIGAÇÃO	29
3.3	EXPANSÃO PARA CONSUMIDORES DE MAIOR PORTE	30
3.4	SISTEMAS HÍBRIDOS	32
<b>4.0</b>	<b>LUZ PARA TODOS</b>	<b>34</b>
4.1	MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA	37
4.2	OUTROS ORGÃO RESPONSÁVEIS PELO LPT	37
4.3	PRODEEM	39
<b>5.0</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>40</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>42</b>
	<b>ANEXO A</b>	
	<b>ANEXO B</b>	
	<b>ANEXO C</b>	
	<b>ANEXO D</b>	
	<b>ANEXO E</b>	

## 1.. INTRODUÇÃO

Através do decreto N°4873 de 2003 foi criado o programa luz para todos (LPT), um programa do governo Federal que tem o objetivo de disponibilizar o acesso aos serviços de energia elétrica a todas as pessoas e famílias que residem na zona rural do Brasil. Dessa maneira e em parceria com as empresas concessionárias de distribuição de energia elétrica, em se tratando da Bahia o programa já universalizou segundo a Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia COELBA (2015) aproximadamente 575 mil residências em todos os municípios baianos dentre esses, 21 mil trata-se (SIGF's), Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica Intermitente, que encontra-se regulamentado pela resolução normativa da ANEEL de nº 83 de 2004.No período de 2003 até abril de 2015 o luz para todos atendeu aproximadamente 15,5 milhões de pessoas em todo o brasil segundo dados divulgado pelo (MME,2015).

Um dos grandes desafios de instalar redes de distribuição em locais isolados é o alto custo , e para isso é feito um levantamento para saber se é viável a instalação da célula fotovoltaica ou do sistema convencional de energia,(HUGO,2012). No ano de 2001 e 2002 o Brasil sofreu com o apagão na era do até então presidente da República Fernando Henrique Cardoso, onde o sistema elétrico brasileiro sofreu com a alta demanda solicitada de energia, e com a baixa produção da mesma, devido ao baixo nível dos reservatórios das hidrelétricas brasileiras. A partir daí aumentaram as P&D para implantação de novas fontes de energias renováveis no Brasil.

Dessa forma as fontes renováveis ganham espaço por aproveitar recurso energético do próprio local, crescendo assim o uso dos SIGF's e as mini redes que são alternativas de geração distribuída, que adotam o sistema que utiliza duas ou mais fontes de energia para gerar eletricidade. O programa LPT contribuiu e está ainda contribuindo para melhorar a vida das pessoas que vivem na zona rural do Brasil, onde os Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) está abaixo da média de acordo com as estatísticas do IBGE.

## **1.1 OBJETIVO**

Este trabalho tem por Objetivo mostrar a viabilidade da implantação da energia fotovoltaica para eletrificação rural nas diversas regiões do Brasil, para atender as pessoas que tem seus domicílios situados na zona rural, locais isolados de difícil acesso para chegada da energia elétrica convencional, mostrando também as características técnicas e especificações para o correto dimensionamento de acordo com a demanda de cada consumidor. Será levado em conta o nível de insolação do município, demanda de consumo de cada morador para o dimensionamento dos SIGF's, busca do ponto máximo de otimização das placas visando um melhor aproveitamento dessas, na transformação de energia uma vez que o rendimento médio de uma placa solar é na ordem de apenas 16%.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Avaliar o sistema fotovoltaico sua viabilidade e desenvolvimento econômico que proporcionará.

## **1.3 METODOLOGIA**

O método utilizado para a confecção deste projeto foi a busca do conhecimento através dos diferentes manuais e textos referentes ao diversos programas de sistemas fotovoltaicos implantados no Brasil e, especificamente, na Bahia.

A análise quantitativa será realizada com base nas metas de eletrificação estabelecidas entre a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e as concessionárias de Energia Elétrica. Por sua vez, a análise qualitativa será efetuada a partir dos pressupostos do programa Luz para Todos, o qual tem como propósito realizar a eletrificação em áreas rurais de maneira integrada com outras políticas públicas.

## **1.4 RESULTADOS ESPERADOS**

A expectativa de conclusão deste estudo é demonstrar que é mais viável a aquisição do sistema fotovoltaico em relação a o sistema convencional, calcular e dimensionar corretamente o sistema, mostrar os aspectos econômicos e a participação dos moradores da zona rural no âmbito nacional.

## 2. EFEITO FOTOVOLTAICO E PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO

O físico Francês Alexandre Edmond Becquerel em 1839 descobriu o efeito Fotovoltaico que converte e transforma luz irradiada pelo sol em energia elétrica, em 1904 Albert Einstein conseguiu um estudo mais detalhado e completo recebendo o premio Nobel anos depois em 1921. O sol é um fonte inesgotável de energia que predomina grande parte do Brasil e em vários lugares do mundo, o sistema fotovoltaico foi criado para aproveitar essa fonte de energia limpa, através da conversão da energia solar em elétrica pelos módulos de silício.

As placas Fotovoltaicas são composta de material semicondutor silício que capta os fótons produzidos pela luz solar que sensibiliza os elétrons livres da camada de valência do material. Dessa maneira os elétrons serão excitados de tal maneira que aceleram o movimento e se separa da camada fotocátodo sendo aproveitado pela outra camada anodo, dessa forma um lado ficará com excesso de cargas positivas e o outro de cargas negativas, ou seja polarizado.

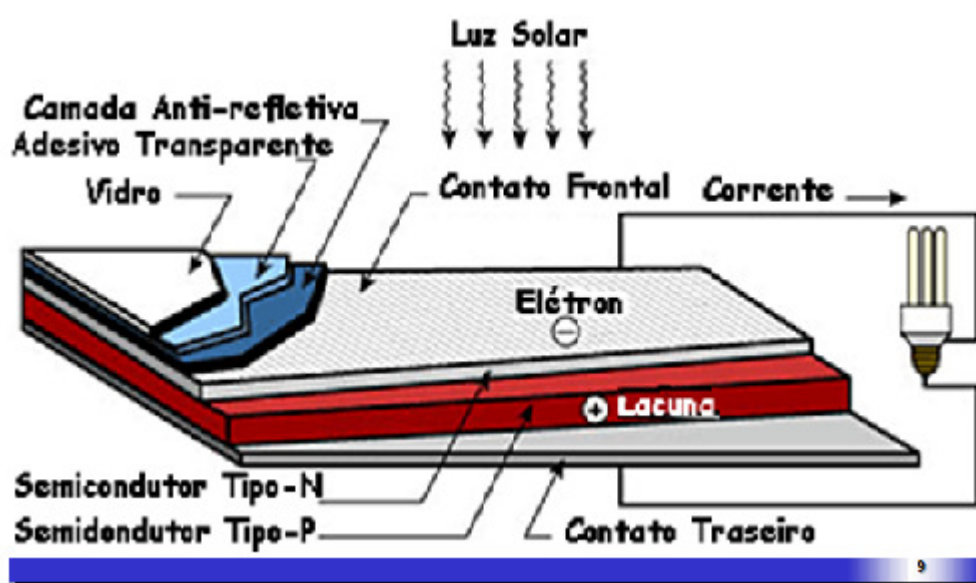


Figura 1-Célula solar Fotovoltaica  
Fonte: COELBA.

## Tipos de Células

- a) Silício Monocristalino- è a mais usada e comercializada, as placas fotovoltaicas que utilizam esse material chegam a uma eficiência energética de 15%.
- b) Silício Policristalino-Mais barata em relação ao custo da monocristalino, porém sua eficiência é menor, eficiência máxima de 12,5 %.
- c) Silício Amorfo-Tem baixo custo comercial em comparados com a de monocristais e policristalino, porém apresenta baixa eficiência e vida útil pequena



## 2.1 TIPOS DE LIGAÇÕES

Os painéis fornecem energia polarizadas com, isto é ligações em série e em paralelo para um mesmo circuito, obedecendo a lei de ohm, que diz que em circuito em serie a corrente é a mesma e a tensão é dividida, e para montagem em paralelo a uma divisão da corrente mantendo a tensão constante para cada terminal.

Na ligação em paralelo serve para aumentar a corrente do circuito fotovoltaico, a ligação em série serve para aumentar sua tensão. Existem situações em que a corrente e a tensão precisam ser aumentadas, para acionamentos de motores por

Exemplo:

Uma placa de 0,6 m<sup>2</sup> fornece uma tensão de 12 volts e uma corrente de 3,75 Ampéres em CC, se for ligada com outra placa de mesma característica em paralelo irá produzir a mesma tensão 12 volts, com a corrente dobrada, ou seja, 7,5 Ampéres.

Se fosse em série adotando a mesma placa com as mesmas características irá produzir uma tensão de 24 volts e a corrente seria a mesma de 3,75 Ampéres.

## 2.2 VANTAGEM

A energia fotovoltaica é a solução para a chegada de eletricidade nos locais de difícil acesso ou onde o fornecimento é feito de maneira deficitária. Está crescendo no meio rural para bombeamento de água e eletrificação de cercar para gados, posto de saúde, em locais isolados de acordo com MACIEL (2002). Por se tratar de uma fonte de energia limpa também é uma grande vantagem. A energia solar é aplicável em qualquer circunstância, e na maioria dos locais onde se tem um valor mínimo de insolação, sua instalação é simples e não requer um técnico especializado.

## 2.3 MANUTENÇÃO

Os módulos solares não sofrem nenhum tipo de desgastes, nem consome matéria prima no processo de captação de energia solar, dessa maneira não requer manutenção constante apenas limpeza quando houver presença de materiais orgânicos folhas, poeiras para que não interfiram no processo de captação de iluminação. A estimativa de acordo com dados de placas já instaladas no Brasil é de 25 anos. É necessário realizar inspeções nas baterias checando o nível da solução para aquelas não seladas, na ocorrência do nível estiver abaixo do indicado completar.

## 2.4 DIMENSIONAMENTO DO PAINEL SOLAR

Segundo Maciel (2002) a equação abaixo, estima o correto dimensionamento do painel solar.

$$NP = CDE \text{ (W.h/dia)} * (1 + \text{folga}) / EFP \text{ (W.h/dia. placa)}$$

Onde:

NP: Número de placas do painel solar, adimensional

CDE: Consumo diário de energia, em Watt hora por dia

EFP: Energia fornecida por placa, em Watt.hora por dia por placa

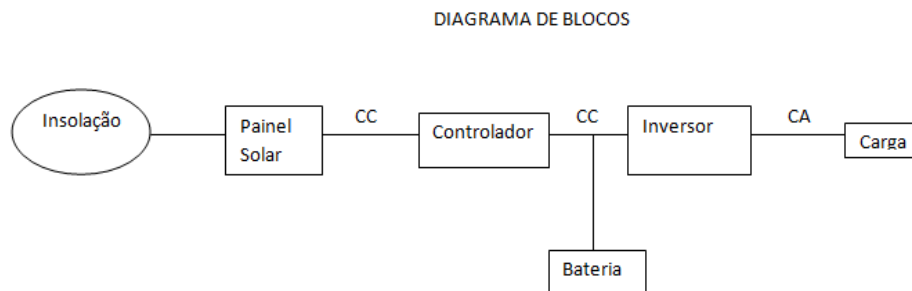
Folga: Fator de segurança, entre 20 e 30 % (0,2 e 0,3)

Recomenda-se usar uma bateria de 100 Ah, para cada placa de 0,4 m<sup>2</sup> instalada. Para calcular a autonomia do sistema basta saber o consumo em Amperes de cada aparelho e a quantidade de horas que o mesmo fique ligado, a razão entre a capacidade de A/h da bateria pelo A/h da soma total dos aparelhos nos dá a estimativa de autonomia do sistema.

## 2.5 PONTO CRÍTICO

O ponto crítico de um projeto de geração de energia fotovoltaica é a determinação do nível de insolação a ser utilizado nos cálculos para dimensionamentos dos painéis solares, a insolação média de acordo com a base de dados e cálculos da COELBA os sistemas solares a serem instalados no estado da Bahia foi de 5,25 kWh/m<sup>2</sup>. Há também a limitação de consumo de energia decorrente da aplicação de sistemas fotovoltaicos, para alimentar altas cargas requer um sistema com maior capacidade tornando-se assim mais caro.

A geração de energia elétrica mantida pela placa solar ocorre apenas durante o período diurno, sua intensidade varia em função das condições climáticas do tempo (claro, nublado, chuvoso). Da mesma forma, a geração de energia será maior nos meses de verão, onde a radiação solar é mais intensa; Durante a noite ou em períodos de menor insolação o circuito é alimentado pela bateria.



**Figura 2-** Diagrama de bloco do sistema fotovoltaico

**Fonte:** O Autor

A figura acima representa um diagrama de bloco do sistema fotovoltaico que é composto pelos seguintes equipamentos descritos nos próximos tópicos.

## 2.6 ACUMULADORES

Em se tratando de sistema fotovoltaico a energia adquirida durante o dia não se acumula, portanto durante a noite é necessário o uso dos acumuladores para manter o sistema em funcionamento, também chamado de acumuladores eletroquímicos as baterias tem uma importância muito grande para a manutenção do circuito. é um dispositivo eletroquímico que permite armazenar energia em forma química para posteriormente converter em energia elétrica. O processo tem a característica de ser reversível, isto é, uma bateria que forneceu energia elétrica e se encontra descarregada, pode ser recarregada e armazenar energia para uso posterior.

Os três componentes que participam da reação eletroquímica da bateria chumbo-ácido são:

- a ) Dióxido de Chumbo: é o material ativo de eletrodo positivo(placas positivas).
- b) Chumbo Puro Esponjoso: é o material ativo do eletrodo negativo(placas negativas).
- c) Ácido Sulfúrico: é o componente de eletrólito. Participa da reação eletroquímica, fornecendo íons de hidrogênio e sulfato. É conhecido que quando se submerge diferentes metais (como eletrodo positivo e negativo) em uma solução eletrolítica. No caso da bateria chumbo ácido, onde ocorre uma reação entre o dióxido de chumbo (placa positiva), chumbo esponjoso (placa negativa) e ácido sulfúrico diluído. Após uma descarga, estes elementos podem retornar à condição inicial mediante recarga, fazendo circular corrente elétrica em sentido contrário ao da descarga.

## 2.7 CONTROLADOR

O controlador/regulador de carga é um dos principais componentes de um sistema solar fotovoltaico, sendo o responsável pela duração da vida útil dos bancos de baterias, que como todos sabemos são dos componentes mais dispendiosos nestes sistemas solares CPT (2013).

Sua função é a de proteger as baterias de ser sobrecarregada, ou descarregada profundamente, e assim garantir, que toda a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos, seja armazenada com maior eficácia nas baterias.

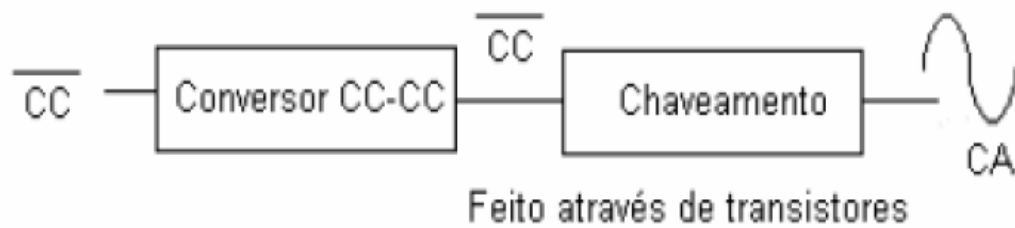
Os controladores de carga possuem uma série de dispositivos que informam permanentemente sobre o estado de carga do sistema e alertam o utilizador para que este possa adaptar a instalação às suas necessidades particulares, aumentando assim o tempo de vida útil das baterias.

Os reguladores de carga utilizam-se principalmente em sistemas isolados da rede, ou seja, autônomos, compostos por módulos fotovoltaicos, ligados a um regulador, que por sua vez está ligado a baterias para alimentação.

Devem ser selecionados tendo em atenção as características do sistema fotovoltaico utilizado e as características de tensão e corrente envolvidas no sistema solar fotovoltaico não se deve usar toda a carga do conjunto da bateria, o máximo que se deve usar é de 70% da capacidade dessa , portanto devemos dimensionar o controlador com base nessa informação.

## 2.8 INVERSOR

A tensão que é gerada pelo painel fotovoltaico é na forma de corrente contínua, como a maioria dos equipamentos hoje em dia utilizam corrente alternada é necessário transformar essa corrente e para isso precisamos de um inversor de frequência. O inversor funciona da seguinte maneira, em sua entrada temos corrente contínua, onde passará pelo circuito do inversor e será feito uma modulação por largura de pulso PWM (Pulse-Width Modulation), transformando assim sua saída e envio para carga em corrente alternada . A escolha do inversor é feita em função da potência elétrica que será fornecida.



**Figura 3-** Diagrama de bloco do inversor  
**Fonte:** FILHO (2003)

## 2.9 INSTALAÇÃO DO MÓDULO SOLAR

O local da instalação do painel deverá ser limpo de fácil acesso, e deverá ficar próximo da carga a ser alimentada não excedendo 10 metros de distância para evitar perdas elétricas. Na hora da instalação deve-se evitar também local que possa sombrear o painel, o mesmo poderá ser instalado no solo ou no telhado. A instalação do painel deverá está voltada para o lado norte e ter inclinação de 17° graus na Bahia essa inclinação é por volta de 21° graus.

### 3.0 CARACTERÍSTICAS ECONÔMICAS

Para energizar um consumidor através do sistema convencional de energia é preciso fazer um levantamento quanto a algumas características para saber a viabilidade do atendimento e levantar dados como custo, tempo de execução de serviço, mão de obra, material, todos esses aspectos devem ser levados em conta.

A linha de distribuição do sistema de eletrificação rural é bifásica ou trifásica a depender da quantidade de consumidor a ser atendido. Após esse levantamento e análise de todos os custos relacionados, se o valor por consumidor ficar muito alto é feito um novo levantamento levando em consideração agora os dados para a implantação do sistema fotovoltaico.

Tabela 1: ( CUSTO PARA AQUISIÇÃO DO SISTEMA CONVENCIONAL)							
Consumidor	Distância em (KM)						
	0,5	1	2	4	6	8	10
1	6.730,31	10.543,45	18.095,12	40.749,20	63.405,09	70.956,75	78.508,43
5	3.676,42	5.583,34	10.543,45	21.870,95	33.198,45	36.974,28	40.750,11
10	1.470,77	1.852,09	2.607,27	5.583,33	8.559,40	9.551,40	10.543,45
15	1.346,15	1.623,07	2.103,83	3.926,96	5.914,00	6.575,35	7.236,72
20	1.283,87	1.474,29	1.852,12	3.103,27	4.591,30	5.087,32	5.583,33
25	1.221,53	1.348,65	1.600,37	2.355,55	3.268,60	3.599,23	3.929,96
30	1.171,68	1.247,95	1.399,00	1.852,11	3.671,02	2.456,23	2.607,27

Fonte: (NAPER 2006)

Analisando os dados da tabela que mostra os custos da eletrificação convencional notamos que os custos crescem quando aumenta a distância a medida que aumenta o número de consumidores esses custos caem, dessa maneira o sistema convencional que é o sistema atual de fornecimento de energia que a

concessionária instala através de transformadores., é acessível para atender a um número grande de consumidores .

Para o sistema fotovoltaico esse valor é fixo e dimensionado para um valor específico, a tabela 2 mostra os valores médio para aquisição do sistema solar.

Notamos claramente que a tabela 1 para atender a um único consumidor o custo ficou quase o dobro em comparação com o sistema fotovoltaico e a medida que essa distância aumenta pode triplicar ou até mesmo virar múltiplos desse valor, mostrando claramente que o sistema fotovoltaico é mais viável para atender a consumidores que se encontram a longas distâncias da rede elétrica, onde a chegada da rede de distribuição acarretará em custos bastantes elevados por parte das concessionárias para atender ao consumidor.

<b>Tabela 2: VALOR DOS COMPONENTES DO SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>			
<b>Componentes</b>	<b>Valor unitário</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo</b>
<b>Painel Solar 1 x 140 Wp</b>	R\$ 619	6	R\$ 3.714
<b>Controlador de carga</b>	R\$ 100	1	R\$ 100
<b>Inversor</b>	R\$ 449	1	R\$ 449
<b>Bateria</b>	R\$ 289	1	R\$ 289
<b>Valor Total</b>			R\$ 4.552

**Fonte:(NAPER, 2006)**



**Quadro 1-** Relação de demanda de consumo para instalação do SIGF's 30

<i>EQUIPAMENTO</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Potencia em W(watts)</i>	<i>Utilização (hora /dia)</i>	<i>Consumo em kWh ao mês</i>
Parabólica	1	25	4	3
Televisão	1	70	4	8,4
Lâmpadas	3	27	4	3,2
DVD	1	10	3	0,9
Liquidificador	1	350	0,08	0,8
Micro system	1	76	6	13,7
Total		558		30

**Fonte:** Arquivo Coelba

**Quadro 2 - Cálculo de Custo x Benefício do sistema solar**

<i>EXEMPLO</i>	
Valor da Instalação de um sistema fotovoltaico	R\$ 6.000
Vida útil	25 anos
Custo anual	$R\$ 6000 / 25 = R\$ 240,00$
Custo mensal	$R\$ 240,00 / 12 = R\$ 20,00$

**Fonte:** CPT ( CENTRO DE PRODUÇÕES TÉCNICAS )

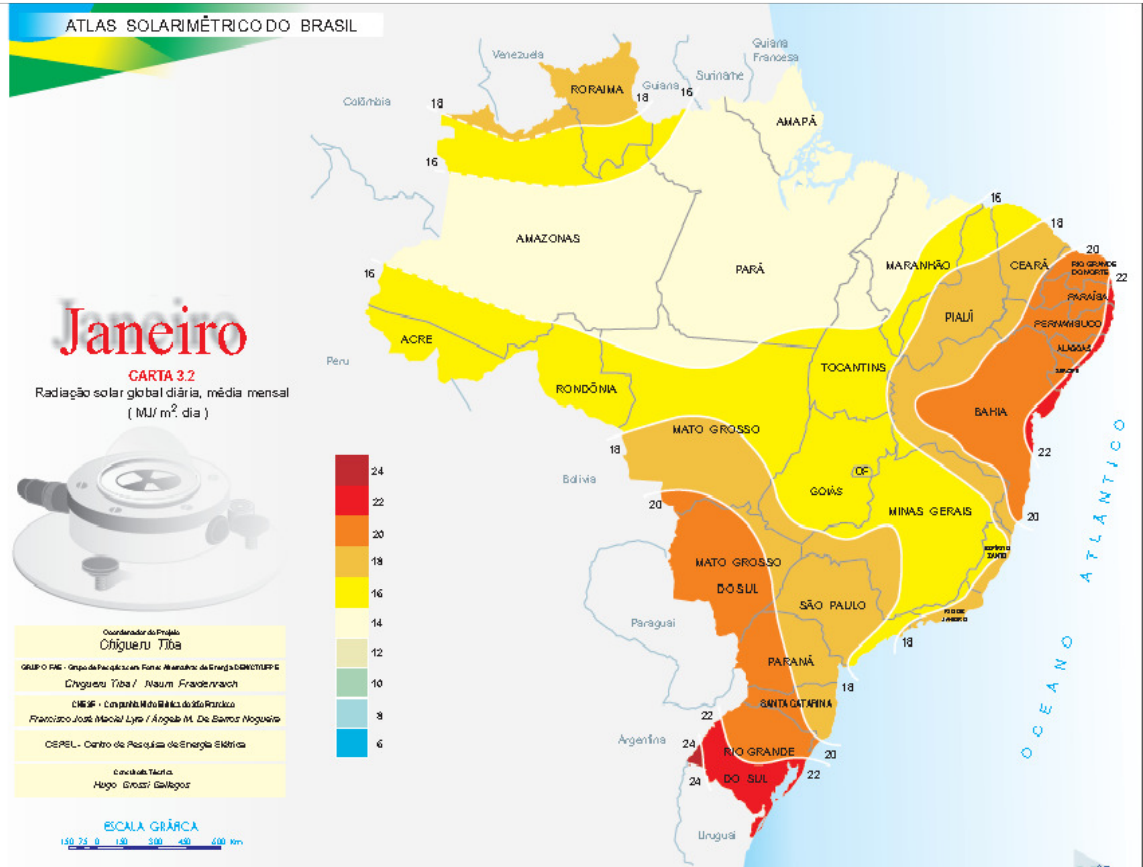
De acordo com o Centro de Pesquisas Técnica (CPT, 2002) custo estimado mensal para a instalação do sistema de energia solar ficou de R\$ 20,00 reais para aquisição da placa particular, levando-se em conta que o consumo médio mensal do brasileiro de acordo com o IBGE (2001) encontra-se em torno de 148 kWh, que produz um valor aproximadamente em reais de R\$ 63,64 o consumidor que optou pelo sistema solar irá economizar algo em torno de R\$ 43,64 mensal. Inicialmente a instalação das placas tem um alto custo, para só depois a longo prazo ser repostos esse investimento, mas temos que levar em conta que é uma forma de energia limpa, que servirá para aliviar o sistema nacional de energia, que hoje sofre com os baixos níveis dos reservatórios e os riscos de novos apagões. O governo entrando como parte do capital para equacionar esse custo se tornaria bastante viável ao ponto de vista econômico, levando em conta que a vida útil das placas são mais de 25 anos.

Portanto o investimento inicial é compensado ao longo dos anos. Poderá ser feitos novos investimento em tecnologias novos experimentos para as células fotovoltaicas possa produzir e armazenar melhor e mais rapidamente essa energia com o objetivo de aumentar sua capacidade e possa se expandir a novos consumidores, ou seja, consumidores que necessitem de uma maior demanda energética, os consumidores industriais comerciais etc.



**Figura 4**—Localização das estações piranométricas  
**Fonte:**Cresesb

A imagem acima retrata as estações que medem os índices de radiação solar, onde essas estão espalhadas por todo o território do Brasil, onde estão captando dados das insolações de cada região.



**Figura 5- Índice de radiação solar global diária**

**Fonte: CRESESB, SUNDATA**

Quantidade de irradiação solar medida de cada estado do Brasil. Valores médios de insolação de acordo com o Cresesb a média de insolação foi de 5,25 kWh/m<sup>2</sup> no estado da Bahia, índice relativamente bom para se fazer o uso desse sistema.

### 3.1 ATENDIMENTO CONSUMIDOR



**Figura 6** – Painel solar instalado na residência  
**Fonte:** COELBA

Consumidor que reside na Zona Rural que foi atendido com a energia Fotovoltaica no programa Luz Para todos (LPT) ,de acordo com a Lei 10.438/02 que estabelece a obrigatoriedade das empresas concessionárias em universalizar o fornecimento de energia elétrica sem ônus para o consumidor.

Para o correto dimensionamento de uma residência devemos levar em conta fatores como :

- a) Quantidade de energia a ser produzida pelo sistema fotovoltaico
- b) Quantidade de energia a ser consumida pela residência
- c) Autonomia do sistema em períodos prolongados sem insolação, para o correto dimensionamento do banco de baterias.

Segundo ALVARENGA (2001), os módulos fotovoltaicos deverão ser fixados em local livre de sombreamento entre duas horas após o nascer do sol e uma hora antes do pôr do Sol, em qualquer época do ano. Locais em que o crescimento da vegetação possa sombreá-los deverão ser evitados e as baterias devem ser instaladas á menor distância possível dos módulos.

### 3.2 ENERGIA SOLAR USADA PARA IRRIGAÇÃO

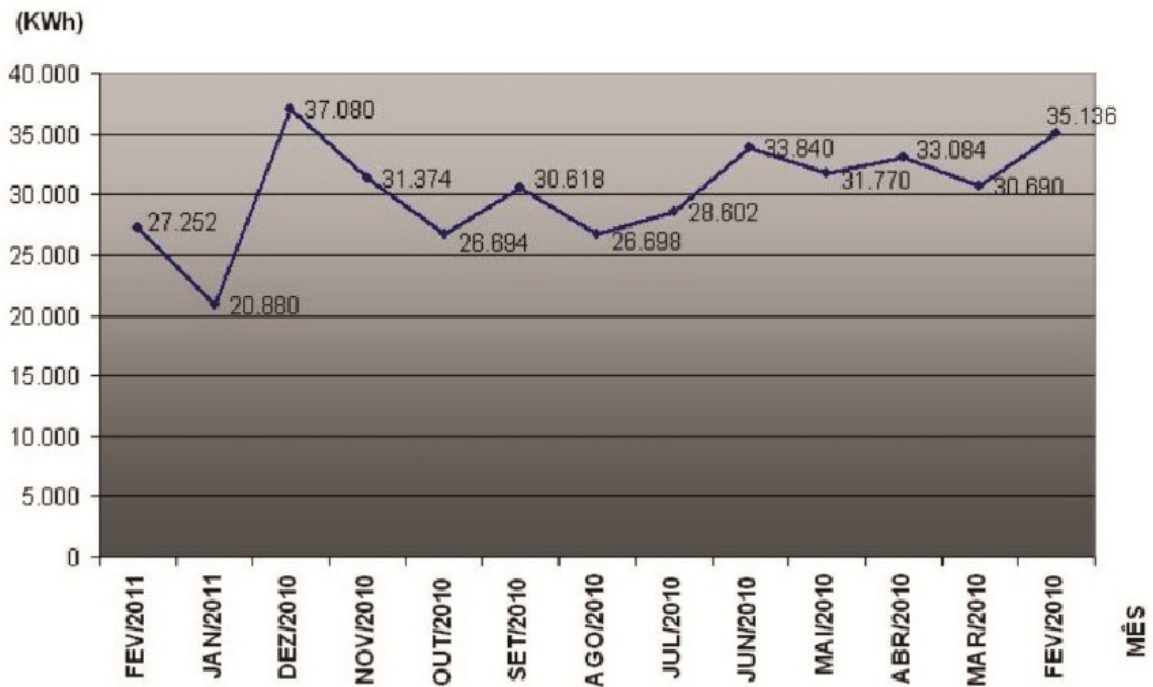


**Figura 7-** bombeamento de um poço.  
**Fonte:** CEPEL

Podemos utilizar a energia solar para manter um motor bomba para bombear água para casas na zona rural, essa instalação pode ser feita em maior escala para realização de sistema de irrigação. Tomamos como referencia um motor bomba do modelo DAS P175 de 12 v ou 24 v, potência de 552 W.

### 3.3 EXPANSÃO PARA CONSUMIDORES DE MAIOR PORTE

Muitas concessionárias de energia já possuem P&D para desenvolver novas tecnologias de energias renováveis e avaliar a viabilidade da implantação do sistema fotovoltaico, a figura abaixo se trata um gráfico de consumo referente ao estádio de Pituauçu antes da implantação do novo sistema de energia solar.



**Figura 8-**Gráfico de consumo estádio Pituauçu  
**Fonte:** COELBA

a) No ano de 2012 foi inaugurado o sistema de energia solar no Estádio Governador Roberto Santos (Pituauçu), com consumo médio mensal de 30285,23 Kwh. Faz parte do programa de Eficiência Energética da Coelba de 2010 que foi aprovado pela ANEEL em 2009 como projetos inovador e de grande relevância, em parceria com o governo do estado.

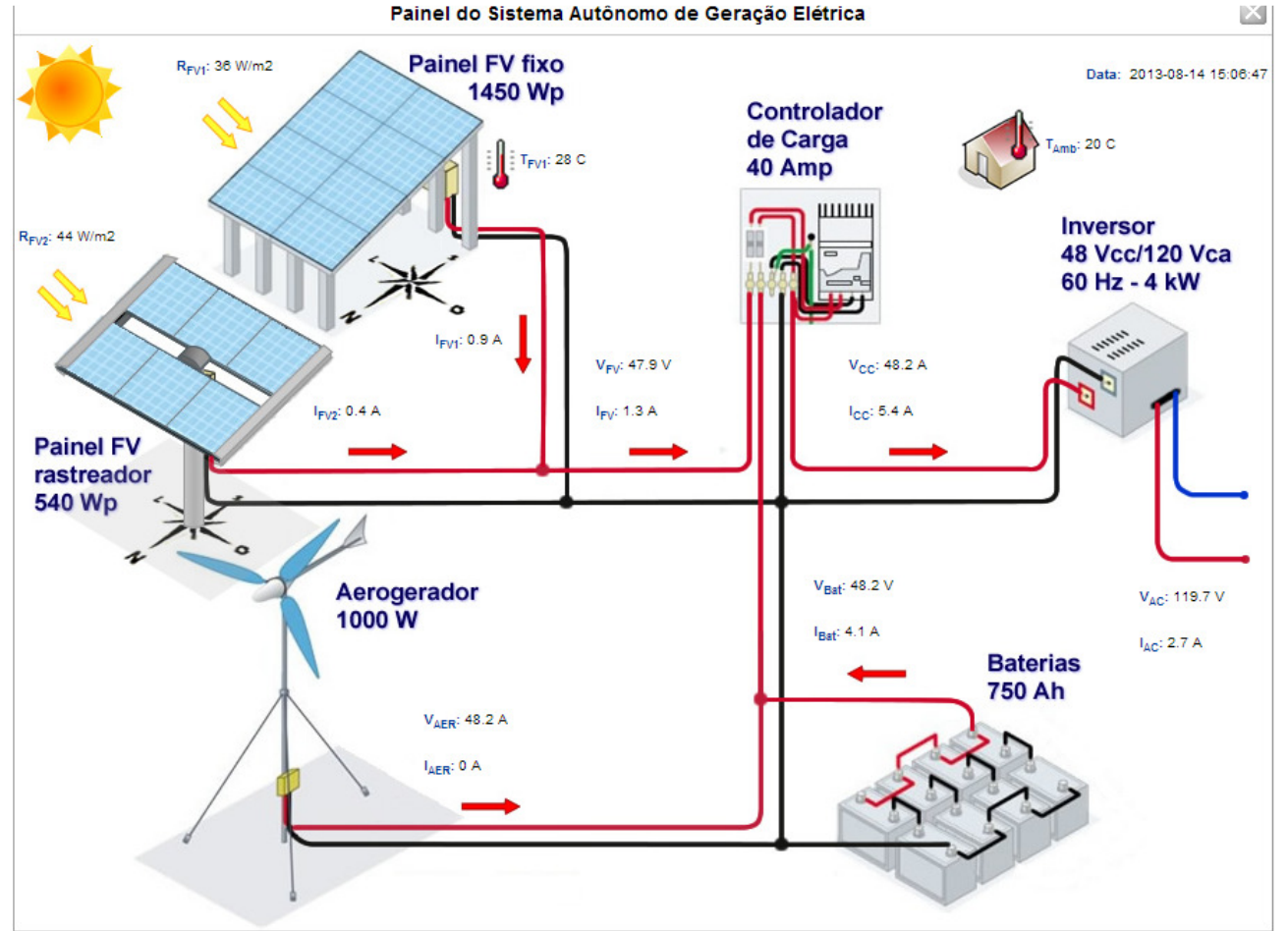
b) Investimento total do Projeto: R\$ 5.557.510,70

c) Instalação de Gerador Solar Fotovoltaico na cobertura do Estádio de Futebol Governador Professor Roberto Santos de 400 Kwp.

d) A energia fotovoltaica gerada será lançada na rede da Coelba e atenderá em 100% a demanda do estádio, ou seja, o mesmo passará a ser auto-suficiente e funcionará também para atender nas horas em que não for consumir toda parte da energia gerada para levar energia para a secretária Estadual do Trabalho, Emprego, Renda e Esporte (setre) que está localizada no CAB. Ao longo de 3 meses a setre teve uma economia de cerca de R\$ 30,5 mil na conta de energia elétrica.

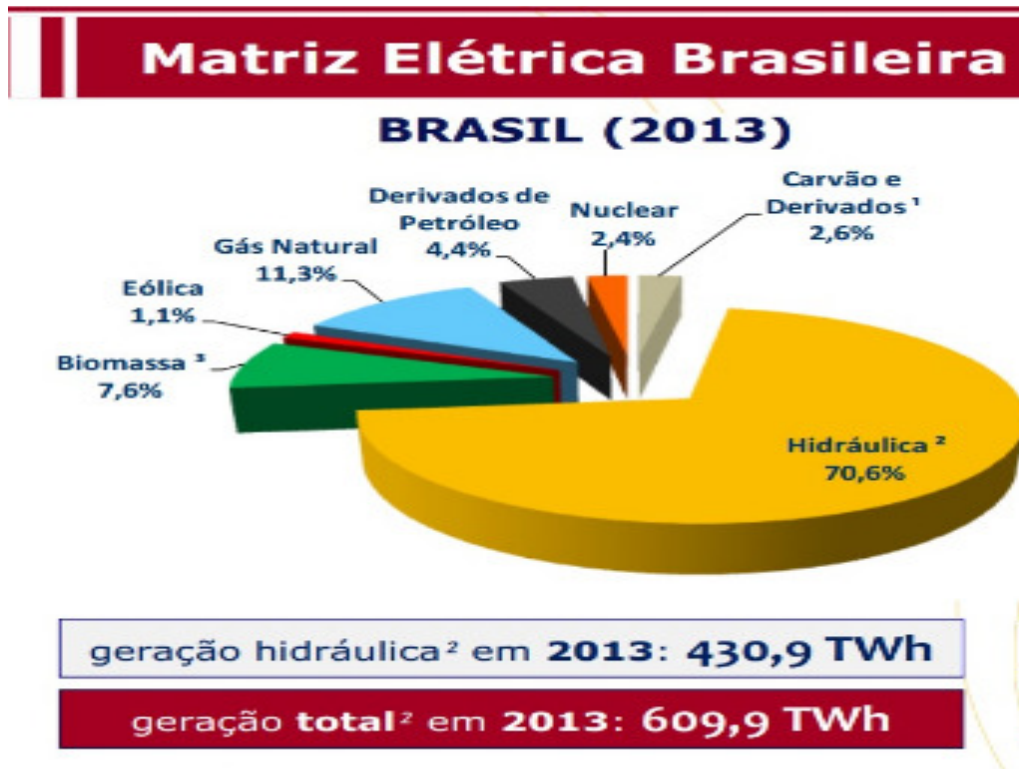


### 3.4 SISTEMA HÍBRIDO



**Figura 9** –Esquema elétrico painel solar e eólica  
**Fonte:** CRESESB

Sistema Híbrido é a combinação de um ou mais sistemas de geração de energia elétrica, nesse caso foi a combinação do sistema de energia solar juntamente com o de energia eólica, esse tipo de sistema tem crescido atualmente já que é uma forma limpa de geração de energia elétrica e funciona como uma saída para muitas pessoas que antes não eram atendidas pela eletricidade convencional.



**Figura 10-** Matriz energética Brasileira 2013  
**Fonte:** CRESESB

A figura acima mostra os dados equivalentes aos tipos de energia e demanda energética no Brasil no ano de 2013, o total de potência considerando todas as fontes energéticas disponíveis até então foi de 125,6 Gw, evidente que o nível de consumo através da energias renováveis é ainda pequena em comparação a o da hidroelétrica onde prevalece o domínio dela.

## 4.0 LUZ PARA TODOS

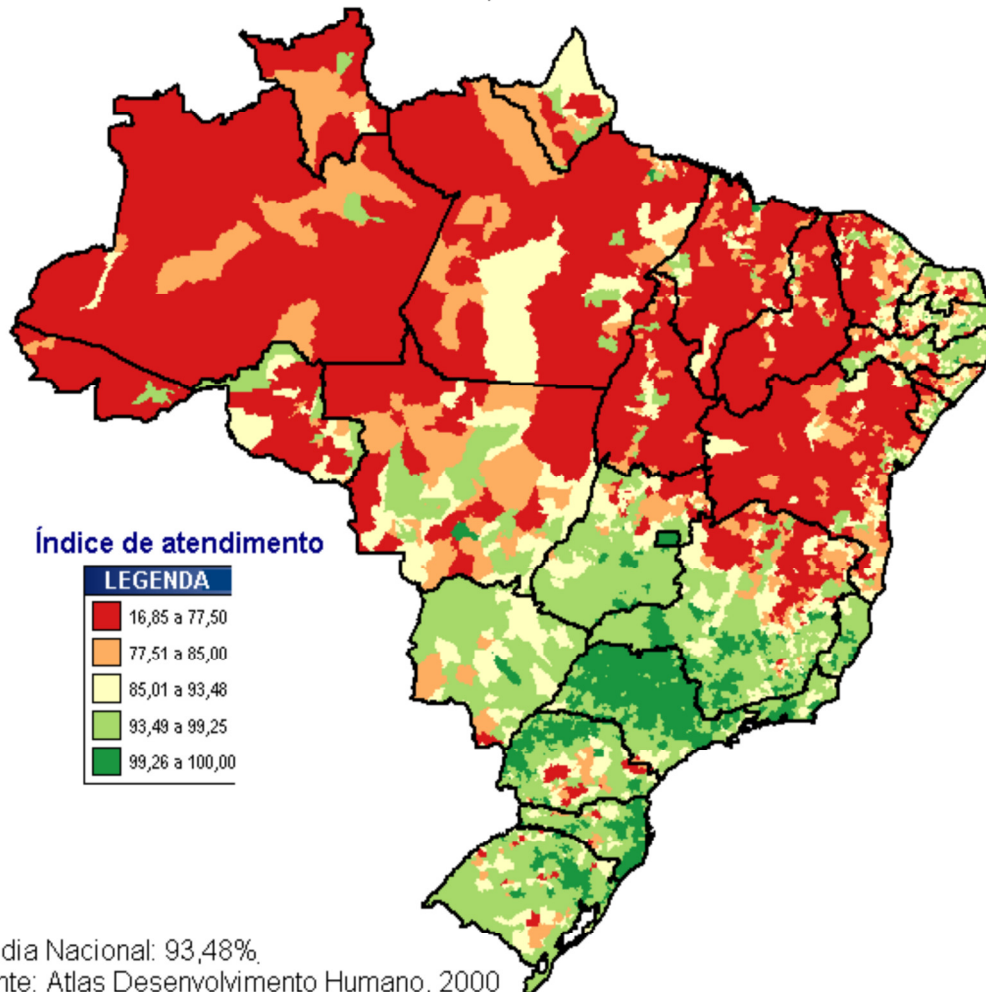
Segundo o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, no ano 2000, dois milhões de habitações rurais não eram acolhidas pela prestação dos serviços da energia elétrica. Isso quer dizer que, aproximadamente, dez milhões de brasileiros que viviam em zona rural, não possuíam acesso à energia elétrica e, para tornar o fato ainda mais relevante, noventa por cento dessas famílias possuíam renda inferior a três salários mínimos. No âmbito estadual, pode-se destacar que, a Bahia é o estado com maior população rural do Brasil e, em 2000, apenas 53% dos domicílios da sua zona rural possuíam energia elétrica.

De posse desses dados alarmantes, o Governo Federal elaborou uma política para ampliar o investimento direcionado para a redução da pobreza no meio rural. A principal estratégia para alcançar essa meta era desenvolver políticas públicas de desenvolvimento que dessem prioridade àqueles municípios que tivessem menores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH).

Deste modo, foram de grande importância para o início do processo de universalização do serviço de distribuição de energia elétrica, a Lei Nº 10.438, de 2002, em conjunto com a resolução Nº223 da Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel. Inicialmente, este programa iria até o ano de 2015, porém com o Decreto de número 4.873, de 11 de novembro de 2003, foi instituído o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica “Luz Para Todos” (LPT) e, a universalização de energia foi antecipada para o ano de 2008 sem custos diretos para as famílias mais humildes moradoras da zona rural. Porém, a universalização está limitada ao atendimento a apenas novas unidades, ligadas em baixa tensão (inferior a 2,3 KV), com carga instalada de até 50 KW.

Na figura 11, é demonstrado o mapa do Brasil com os índices percentuais de domicílios rurais não atendidos por energia elétrica, por região, em relação ao total do país, no ano 2000.

**Percentual de pessoas que vivem em domicílios com energia elétrica, 2000**  
 Todos os municípios do Brasil



**Figura 11-** Índices percentuais de domicílios rurais não atendidos, por Região, em relação ao total no Brasil (2000).

**Fonte:** Manual de Operacionalização LPT

Pode-se observar que, nas Regiões Norte e Nordeste do país, a presença da energia elétrica nas residências e centros comerciais rurais, no ano 2000, era muito remota. Isso se deve ao fato de que, por se tratar de um vasto território, com zonas ainda de difícil acesso e diversas áreas de preservação ambiental, a locomoção e a abrangência nessas regiões se torna deficiente, prejudicando a extensão da rede de distribuição de energia elétrica nacional.

O “Luz Para Todos” é um programa do Governo Federal, criado por meio do Ministério de Minas e Energia – MME, que visa levar energia elétrica a milhões de

brasileiros que vivem em regiões onde a rede elétrica ainda é remota ou inexistente. Este programa pode ser considerado como um programa que surgiu para fortalecer uma série de premissas criadas pelo Governo Federal e que vêm sendo adotadas nos últimos anos. Essas premissas, de acordo com o artigo desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia, *“Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica no Meio Rural Brasileiro: Lições do Programa Luz para Todos”*, teriam como objetivos:

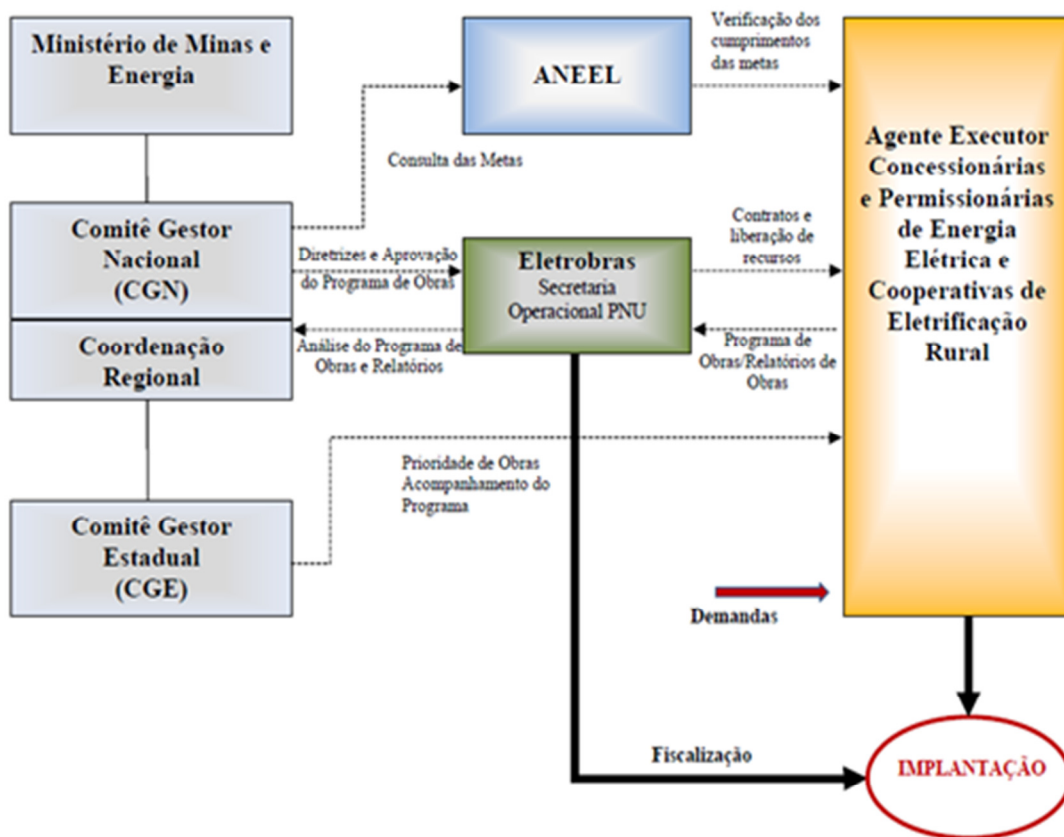
- a. A manutenção das populações nas áreas rurais com condições dignas de vida;
- b. A valorização da produção familiar diversificada voltada prioritariamente para o abastecimento do mercado interno e para a segurança alimentar e nutricional;
- c. A dinamização das economias territoriais com base numa integração horizontalizada das diferentes atividades econômicas desenvolvidas nos municípios de bases rurais;
- d. O incentivo às formas familiares e associativistas de produção;
- e. O manejo e uso sustentável dos recursos naturais;
- f. A democratização da propriedade da terra;
- g. Uma matriz energética menos dependente dos combustíveis fósseis;
- h. O uso de tecnologias que respeitem as condições ecológicas e ampliem a autonomia dos sujeitos sociais protagonistas desse modelo de desenvolvimento rural;
- i. O protagonismo político de uma diversidade de atores sociais, com suas formas legítimas de organização e de representação de seus interesses coletivos;
- j. O resgate das formas tradicionais de manifestação e produção cultural.

## 4.1 MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

São competências do Ministério de Minas e Energia, a coordenação do LPT, o estabelecimento das políticas para as ações do Programa, a nomeação dos coordenadores de cada Comitê Gestor Estadual – CGE e os Coordenadores Regionais, receber da Eletrobrás a análise técnica e orçamentária do Programa de Obras apresentado pelas concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica e cooperativas de eletrificação rural, acompanhar a execução físico-financeira do Programa Luz Para Todos, dentre outras mais.

## 4.2 OUTROS ÓRGÃOS RESPONSÁVEIS PELO LPT

Ainda de acordo com o Decreto nº 4.873, o CGN seria instituído pelo Ministro de Minas e Energia, que indicaria sua composição, atribuições e competências. Já os CGE's seriam instituídos por meio de ato do Ministro de Minas e Energia, que indicaria suas atribuições, competências e o coordenador. A composição de cada CGE seria estabelecida em articulação com o respectivo Governo Estadual. O CGN e os CGEs passaram a constituir a estrutura executiva do programa. Em consonância com o que havia sido estabelecido no Decreto nº 4.873, o manual do programa define que a sua operacionalização deveria se dar por meio das ações da CNU, do CGN e dos CGEs. Estes por sua vez deveriam interagir com outros agentes. Essa configuração pode ser conferida na figura 12.



**Figura 12 – Estrutura Organizacional do Programa LPT**  
**Fonte:** Ministério de Minas e Energia, Programa Luz para Todos.

### 4.3 PRODEEM

O Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios – PRODEEM - foi criado em 1994, pelo Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético, do Ministério das Minas e Energia, com o objetivo de atender às populações desassistidas de rede elétrica convencional, utilizando-se de fontes energéticas renováveis e livres de poluição.

A ação do Prodeem está direcionada para o âmbito social, demonstrando aos governos estaduais, municipais e às populações a serem beneficiadas, a viabilidade e eficácia das soluções locais, neste caso, com o uso da energia fotovoltaica. Seus benefícios são inúmeros e fundamentais para a integração econômica e social, uma vez que, leva energia para o campo, fixando o homem em sua região, reduzindo a migração para as áreas urbanas.

O Programa é financiado pelo governo federal, que através de licitação, adquire os equipamentos e remete-os aos interessados. Sua implementação requer o estabelecimento de parcerias com equipes regionais que se encarregam da coordenação e aplicação do programa, bem como o acompanhamento dos resultados. Em Alagoas, o Prodeem é desenvolvido pela Companhia Energética do Estado – Ceal e pela Fundação Teotonio Vilela.



## 5.0 CONCLUSÃO

A demanda energética consumida pela população reforça ainda mais a necessidade de se criar fontes alternativas de geração de energia e aumentar o uso dessa matéria prima, investir em energia limpa e renovável é um desafio do governo federal onde será inicialmente levado em consideração os custos para a implantação do sistema de energia renováveis que podem ser eólica, solar, mini redes, sistemas híbridos. Melhorando a perspectiva e qualidade de vida das pessoas tanto no aspecto econômico, onde fará a manutenção do cidadão no campo, quanto social onde irá integrar o individuo acesso a informações que antes não tinha, o uso de aparelhos eletrodomésticos que possibilitará a inclusão tecnológica.

Essa aquisição do sistema pode ser feito de duas maneira, a concessionária juntamente com o governo federal irá custoriar toda aquisição do sistema e o consumidor irá pagar apenas o Kwh consumido, ou ele também pode decidir implantar o sistema de forma particular onde o individuo irá arcar com todos os custo para a instalação do sistema fotovoltaico.

O objetivo desse trabalho foi demonstrar que é mais viável a utilização do sistema individual de geração de energia fotovoltaico, para lugares de difícil acesso, ou que esteja longe da rede elétrica, onde ficaria inviável atender a esse consumidor, onde possivelmente o mesmo não seria atendido e iria ficar sem receber os benefícios proporcionados pela eletricidade. Constatamos uma serie de vantagens desde custos econômicos para o governo e concessionária, a inclusão do individuo no meio social, preservação do meio ambiente já que estamos falando de uma forma de geração de energia limpa, geração de emprego e renda, aumento do IDH da região a ser atendida, maior investimento em agricultura, cultivo de matéria prima considerando a manutenção das pessoas na zona rural.

Os dados levantados foram bastante positivos já foram atendidos na Bahia cerca de 21mil casas pelo sistema fotovoltaico e 575 mil pessoas pelo sistema convencional contribuindo para o crescimento e manutenção do campo, melhorando assim nossa agricultura. Os P&D das concessionárias de energia e governo federal estão cada vez mais atentos a qualquer tipo de melhorias que possam ajudar com o

melhor rendimento e aproveitamento dos sistema fotovoltaico, e a criação de novos sistema que possam levar energia a esses consumidores.

Portanto, pode-se concluir que nada disso seria possível sem um programa bem estruturado, com o apoio dos órgãos responsáveis, boa vontade e compreensão dos Gestores e, principalmente, com a chegada da energia elétrica, o que ratifica de forma maiúscula a importância e a necessidade do programa Luz para Todos nas áreas rurais.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, C. A.; LOBO, A. R. – Sistemas solares de energia para telecomunicações. Belo Horizonte: Clamper Sistemas Energéticos, 2000.

FILHO, N. P. – Inversores Monofásicos para Sistemas Fotovoltaicos de Energia Elétrica, São Luís - UFMA, Monografia, 2003.

PEREIRA, O.S. et alli. Modelo e prometo pioneiro de eletrificação com sistemas fotovoltaicos descentralizados, com vistas à universalização dos serviços de energia elétrica. Revista Brasileira de Energia, vol 10, nº 1 - SBPE. Itajubá, 2002.

OLIVEIRA, Luciana Correa. Perspectivas para a eletrificação rural no novo cenário econômico - institucional do setor elétrico brasileiro. 2000. 116 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

SILVA ,Hugo M. FILHO, Sistema fotovoltaicos: Universalização do serviço de energia elétrica na Bahia, Salvador:EDUNEB,2012.

**Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.** Edição Especial,PRC-PRODEEM 2004.Rio de Janeiro,agosto de 2004.

ANEEL. **Resolução 083 de 29 de abril de 2004.** Estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por intermédio de sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes-SIGFI. Brasília, 2004

OLIVEIRA, S.H.F **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos autônomos: ênfase na eletrificação de residência de baixo consumo.**2002. Dissertação de Mestrado,Programa Interunidades de Pós graduação em Energia,Universidade São Paulo,São Paulo

[UNICAMP]

[http://www.ifi.unicamp.br/vie/F809/F809\\_sem1\\_2002/991446-relatoriofinal.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/vie/F809/F809_sem1_2002/991446-relatoriofinal.pdf)

Acesso em: 17 março 2016

[CRESESB]

[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&lang=pt&cid=341](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=341)

Acesso em: 16 de março de 2016

[MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, Programa de Eletrificação Rural]

[http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset\\_publisher/32hLrOzMKwWb/content/luz-para-todos-completa-12-anos-com-15-6-milhoes-de-brasileiros-beneficiados](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/luz-para-todos-completa-12-anos-com-15-6-milhoes-de-brasileiros-beneficiados)

Acesso em: 16 de março de 2016

[ CRESESB]

[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&cid=tutorial\\_solar](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=tutorial_solar)

Acesso em: 31 de março de 2016

[COELBA, LUZ PARA TODOS]

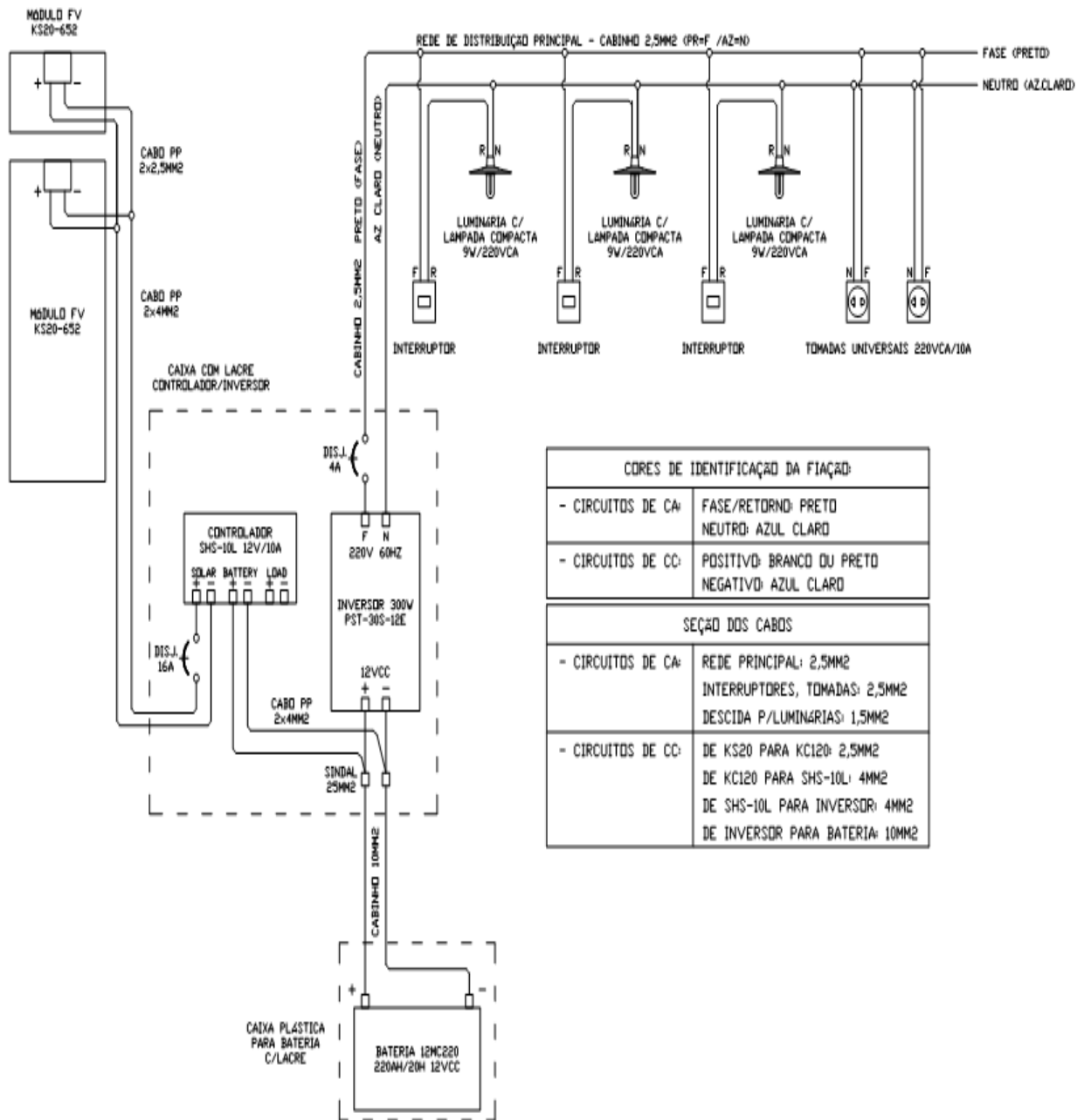
[www.coelba.com.br/aplicacoes/menu\\_secundario/luz\\_para\\_todos/index.asp](http://www.coelba.com.br/aplicacoes/menu_secundario/luz_para_todos/index.asp).

Acesso em: Março, 2016.

## ANEXO A

### Diagrama elétrico do sistema fotovoltaico

PAINEL SOLAR 140Wp 12VCC

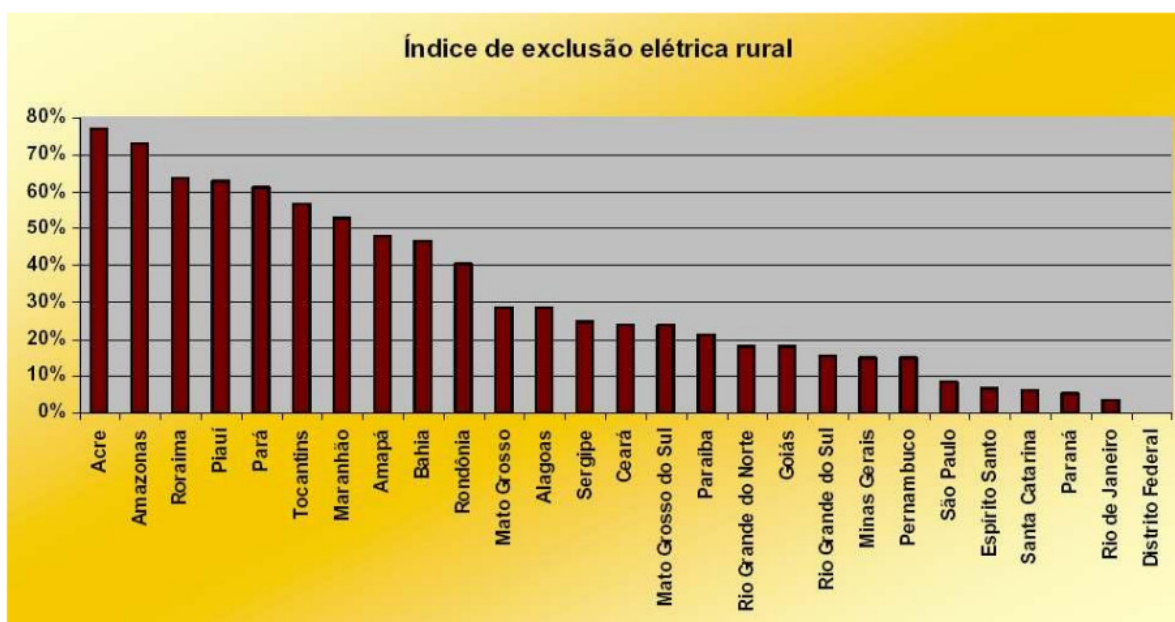


CORES DE IDENTIFICAÇÃO DA FIAÇÃO	
- CIRCUITOS DE CA:	FASE/RETORNO: PRETO NEUTRO: AZUL CLARO
- CIRCUITOS DE CC:	POSITIVO: BRANCO OU PRETO NEGATIVO: AZUL CLARO

SEÇÃO DOS CABOS	
- CIRCUITOS DE CA:	REDE PRINCIPAL: 2,5MM <sup>2</sup> INTERRUPTORES, TOMADAS: 2,5MM <sup>2</sup> DESCIDA P/LUMINÁRIAS: 1,5MM <sup>2</sup>
- CIRCUITOS DE CC:	DE KS20 PARA KC120: 2,5MM <sup>2</sup> DE KC120 PARA SHS-10L: 4MM <sup>2</sup> DE SHS-10L PARA INVERSOR: 4MM <sup>2</sup> DE INVERSOR PARA BATERIA: 10MM <sup>2</sup>

## ANEXO B

Gráfico exclusão rural



Dados sobre as vendas mundiais dos módulos



## ANEXO C

Tabela de relação contendo dados de consumo e potência de cada SIGSF



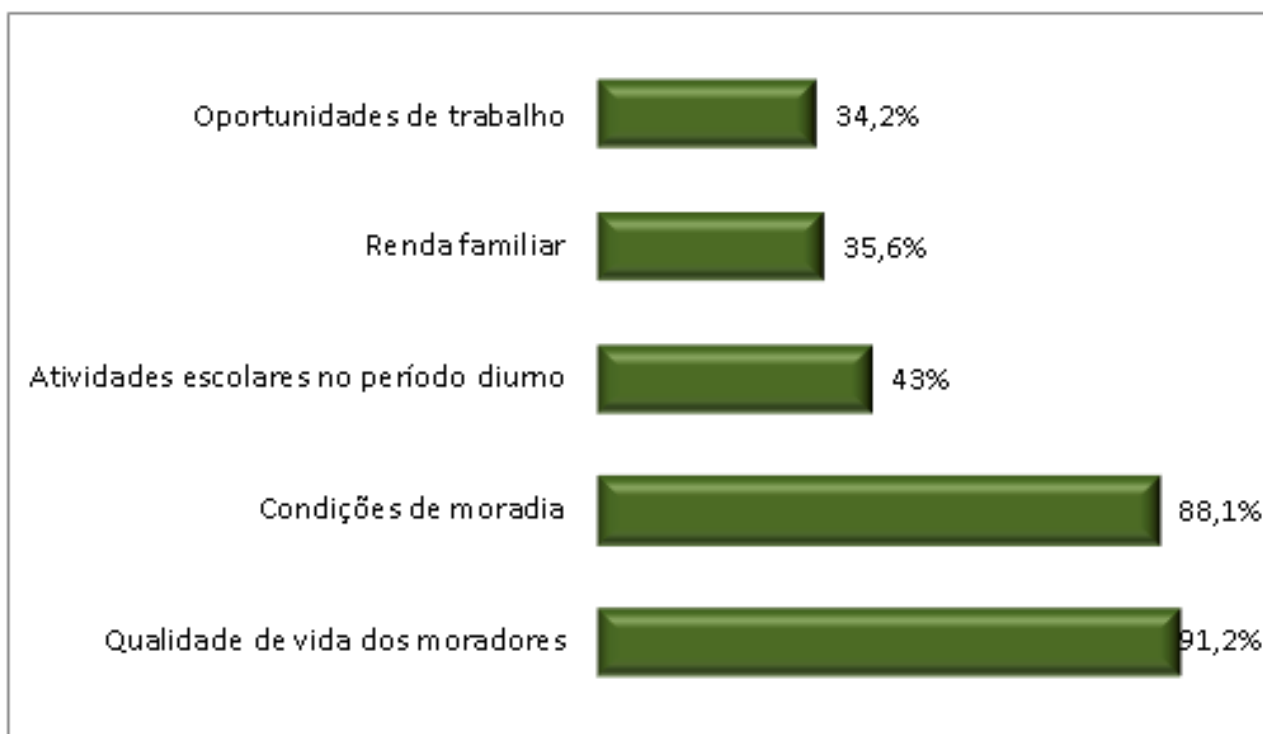
### Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes - SIGFI

Classe de Atendimento	Consumo Diário de Referência (Wh/dia)	Autonomia mínima (dias)	Potência Mínima Disponibilizada (W)	Disponibilidade Mensal Garantida (kWh)
SIGFI13	435	2	250	13
SIGFI30	1000	2	500	30
SIGFI45	1500	2	700	45
SIGFI60	2000	2	1000	60
SIGFI80	2650	2	1250	80



## ANEXO D

Melhorias Atribuídas com a chegada da eletricidade.



## ANEXO E

Índice de radiação média solar no município de Itaberaba Bahia.

