



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

POLLYANA HOLANDA SIMÃO

**SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR APLICADO A ILUMINAÇÃO PÚBLICA:
Perspectivas para a pequena cidade**

PAU DOS FERROS

2016

POLLYANA HOLANDA SIMÃO

**SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR APLICADO A ILUMINAÇÃO PÚBLICA:
Perspectivas para a pequena cidade**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Antonio Carlos Leite
Barbosa, Prof. Me.

Co-orientador: José Wagner Cavalcante
Silva, Prof. Me.

PAU DOS FERROS

2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

HHola Holanda, Pollyana Holanda Simão.
ndas SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR APLICADO A
ILUMINAÇÃO PÚBLICA: Perspectivas para a pequena
cidade / Pollyana Holanda Simão Holanda. - 2016.
58 f. : il.

Orientador: Antonio Carlos Leite Barbosa
Carlos.

Coorientador: Jose Wagner Cavalcante Silva
Cavalcante.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2016.

1. Fontes renováveis. 2. Energia Fotovoltaica.
3. Energia Solar. 4. LED. 5. Iluminação pública.
I. Carlos, Antonio Carlos Leite Barbosa, orient.
II. Cavalcante, Jose Wagner Cavalcante Silva, co-
orient. III. Título.

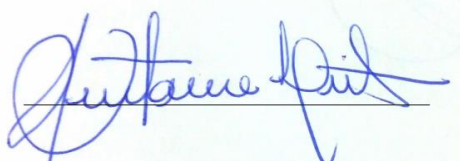
O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

**SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR APLICADO A ILUMINAÇÃO PÚBLICA:
Perspectivas para a pequena cidade**

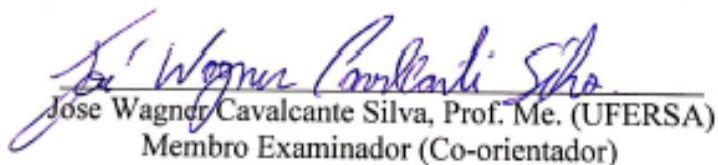
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 09 / 11 / 2016.

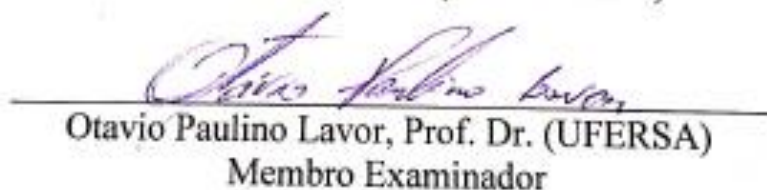
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Antonio Carlos Leite Barbosa. (UFERSA)
Presidente



Jose Wagner Cavalcante Silva, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador (Co-orientador)



Otavio Paulino Lavor, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Em memória do meu pai José Agostinho!

*À minha querida mãe e irmãos, que
sempre me ajudaram com palavras
motivadoras nessa jornada!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me fornecer o poder do conhecimento, por todas as oportunidades a mim concedidas e por sempre está presente na minha vida.

Agradeço a minha família especialmente a minha mãe e irmão pela sua dedicação, apoio e amor.

Agradeço a meu Orientador Antônio Leite Carlos Barbosa, que além de professor é um ótimo amigo, por todos os conhecimentos transmitidos, pela enorme paciência e boa vontade em conseguir me orientar a distância.

Agradeço a Banca Examinadora composta por José Wagner Cavalcante Silva e Otávio Paulino Lavor por ter colaborado de alguma forma com toda pesquisa.

Agradeço aos meus amigos Rejane Souto, Lourynny Hélia, Bruno Saldanha, Taynara Nogueira e Rochelle Almeida que estiveram sempre me apoiando e me motivando para nunca desistir dos meus sonhos.

“Liberdade sem sabedoria é poder sem direção”.

Ramatís.

RESUMO

O presente trabalho mostra uma forma de utilização de energia limpa e renovável na cidade de Pau dos Ferros-RN com a utilização de um sistema solar fotovoltaico na iluminação pública. Dado o atual panorama mundial sobre a poluição, faz-se cada vez mais necessário o estudo, aplicação e utilização das mais diversas fontes de energia. Uma vez que inúmeros setores clamam por soluções e tecnologia limpa que se enquadre dentro do que se entende por desenvolvimento sustentável. O objetivo principal consiste em utilizar a energia solar proveniente do sol como fonte direta para a obtenção de energia elétrica, visando uma melhoria na qualidade da iluminação pública, quanto na parte financeira que se pode alcançar com essa fonte renovável. O percurso metodológico do trabalho consiste em uma pesquisa realizada em duas avenidas da cidade de Pau dos Ferros-RN com o auxílio de fotografias e mapas para facilitar o estudo em tela. Nos principais resultados se explorou que a iluminação pública está ligada diretamente com segurança e qualidade de vida, além de ser possível concluir uma viabilidade econômica para o município. Os dados comprovam que a luminária de sódio quando substituída pela de LED, teve uma melhor qualidade de visualização nas avenidas, uma alta eficiência, e baixo consumo. Entretanto, essa tecnologia tem um custo elevado quando se comparada às demais, logo seu retorno econômico é equivalente quando comparado ao custo economizado futuramente.

Palavras-chave: Fontes renováveis; Energia Fotovoltaica; Energia Solar; LED.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Latitude.....	28
Figura 2 – Longitude.....	29
Figura 3 – Estações do ano e movimento da Terra em torno do sol.....	29
Figura 4 – Declinação solar em quatro posições do Planeta Terra ao longo do ano.....	30
Figura 5 – Processo de Silício Fundido.....	32
Figura 6 – Dopagem Semicondutores.....	33
Figura 7 – Placa de Silício Monocristalino.....	33
Figura 8 – Placa de Silício Policristalino.....	34
Figura 9 – Placa de Silício Amorfo.....	34
Figura 10 – Ilustração de um sistema de geração fotovoltaico de energia elétrica.....	35
Figura 11 – Avenida da independência.....	44
Figura 12 – Avenida 13 de Maio.....	45
Figura 13 – Espalhamento da luminária LED e vapor de sódio.....	46
Figura 14 – Poste solar.....	49
Figura 15 – Vista principal da Avenida Independência.....	50
Figura 16 – Vista total da Avenida 13 de Maio.....	50
Figura 17 – Design dos postes da13 de maio.....	52
Figura 18– Fluxo de automóveis na Avenida Independência.....	53

LISTA DE MAPAS

Tabela 1 – Irradiação solar diária média mensal.....	40
Tabela 2 – Comparação entre luminárias tradicionais e luminárias a Led.....	47
Tabela 3 – Custo Total Anual da Luminária de Sódio.....	48
Tabela 4 – Custo Total da Luminária de LED.....	48
Tabela 5 –Custo com Luminária de LED.....	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Radiação solar na cidade de Apodí – RN.....	40
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Irradiação solar diária média mensal.....	40
Tabela 2 – Comparação entre luminárias tradicionais e luminárias a Led.....	47
Tabela 3 – Custo Total Anual da Luminária de Sódio.....	48
Tabela 4 – Custo Total da Luminária de LED.....	48
Tabela 5 – Custo com Luminária de LED.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bel	Bacharel
Dr	Doutor
Esp	Especialista
IES	Instituição de Ensino Superior
Me	Mestre
LED	Diodo Emissor de Luz
COSERN	Companhia Energética do Rio Grande do Norte
CIP	Serviço de Iluminação Pública
MME	Ministério de Minas e Energia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
SIN	Sistema Interligado Nacional
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	19
2.1 GERAL.....	19
2.2 ESPECÍFICO.....	19
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
3.1 HISTÓRIA DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	20
3.2 ILUMINAÇÃO PÚBLICA ASPECTO SOCIAL.....	22
3.3 CUSTO PARA POPULAÇÃO.....	24
3.4 ENERGIA SOLAR.....	25
3.5 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	31
3.6 PEQUENAS CIDADES.....	36
4. PAU DOS FERROS.. ..	38
5. METODOLOGIA.....	41
6. CARACTERIZAÇÃO DO UNIVERSO DA PESQUISA.....	44
7. RESULTADOS E DISCURSÕES.....	50
7.1 VIABILIDADE ECONÔMICA.....	51
7.2 QUESTÃO SOCIAL.....	51
7.3 SEGURANDA X ILUMINAÇÃO.....	52
7.4 PERSPECTIVA PARA PAU DOS FERROS – RN.....	53
8. CONCLUSÃO.....	54
9. REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

Desde o início do século XX, o mundo sofre com a exploração de seus recursos naturais, com a poluição da atmosfera e com a degradação do solo. Neste sentido as fontes tradicionais de energia conflitam-se com as fontes alternativas, já que as primeiras, em declínio, aparecem como verdadeiras ameaças ao meio ambiente. As fontes alternativas entram em pauta, uma vez que têm como ponto positivo serem renováveis e não prejudicarem o meio ambiente.

O crescimento contínuo da população e o consumo de energia, associada à quantidade finita dos combustíveis fósseis e a poluição gerada por sua queima questiona o atual modelo energético. A procura por um modelo sustentável em longo prazo tem motivado o interesse por uma energia mais limpa e renovável, de modo que tenha uma boa satisfação nas necessidades energéticas, sem alterar as condições de vida no planeta. É nesse contexto que se insere a energia solar fotovoltaica, que é uma forma de energia capaz de suprir, com inúmeras vantagens sobre as formas tradicionais de geração. A energia solar é abundante e permanente, não polui e nem prejudica o ecossistema. Ainda, soma pontos positivos para o sistema ambiental, já que o sol, trabalhando como um imenso reator à fusão irradia no planeta terra diariamente um potencial energético extremamente elevado e incomparável a qualquer outro sistema de energia, sendo a fonte básica e indispensável para praticamente todas as fontes energéticas utilizadas pelas pessoas.

Contudo, essa fonte de energia tem como maior desvantagem a exigência de altos investimentos para seu aproveitamento. Para cada metro quadrado de instalação de coletores solares, evita-se a inundação de cerca de cinquenta e seis metros quadrados e terras que poderiam ser terras férteis, utilizadas para plantação por exemplo. Mesmo que não fosse totalmente aproveitada, apenas uma diminuta parte de energia solar que nosso país recebe durante o ano poderia nos abastecer com o equivalente a cerca de cinquenta e quatro por cento do petróleo nacional, duas vezes a energia obtida com a queima de carvão mineral e quatro vezes a energia gerada no mesmo período por uma usina hidrelétrica, sem contar com o regime das chuvas.

De forma direta, a radiação solar pode ser usada como fonte de energia térmica, onde são utilizados coletores para o aquecimento de fluídos, ambientes e para a

geração de energia mecânica ou elétrica, que é a partir da radiação solar obtida pelo efeito fotovoltaico. Porém, o projeto que está sendo colocado em prática, refere-se ao sistema fotovoltaico onde ocorre a geração de energia, que a mesma vai ser utilizada para iluminação pública em cidades pequenas.

Um sistema fotovoltaico é uma fonte de potência elétrica, na qual as células fotovoltaicas transformam a Radiação Solar diretamente em energia elétrica. Podendo ser implantados em qualquer localidade que tenha radiação solar suficiente. Sistemas fotovoltaicos não utilizam combustíveis, não possuem partes móveis, e por serem dispositivos de estado sólido, requerem menor manutenção. Durante o seu funcionamento não produzem ruído acústico ou eletromagnético, e tampouco emitem gases tóxicos ou outro tipo de poluição ambiental. No Brasil, torna-se cada vez mais clara a oportunidade de se explorar a energia fotovoltaica aplicada em iluminação pública, não apenas por causa da maior irradiação solar, que é sem dúvida um fator relevante, mas também pela firme trajetória de aumento de eficiência, podendo ser uma alternativa com boa relação custo-benefício e mínima manutenção para gestão de iluminação pública.

O mundo evolui cada vez mais rápido a nível tecnológico, foram introduzidas nos últimos anos uma série de novas tecnologias no aproveitamento de energias renováveis como é o caso da energia solar fotovoltaica. Além do uso progressivo da energia solar residencial, existe cada vez mais a sua utilização na produção de energia elétrica a grande escala através de parques e usinas solares, em todo o mundo. A iluminação pública assume papel fundamental na qualidade de vida e segurança para as cidades, em virtude do crescimento da urbanização e dos problemas gerados por esse crescimento.

O estudo da aplicabilidade da energia solar na área de iluminação pública é importante, pois como podemos perceber quase que de maneira cotidiana, a utilização da energia elétrica nas ruas, praças, avenidas, semáforos e outros logradouros de domínio público, de uso comum e de livre acesso são extremamente falha, causando um desconforto à população que por direito devem ter uma iluminação adequada e de boa qualidade.

A principal escolha do tema está relacionada com as vantagens e melhorias que a cidade e a população vão estar sujeitas, visto que vai permitir a criação de novos

postos de empregos; vai ter a redução da emissão de CO₂ naquela região melhorando a qualidade de vida; será reduzida a dependência energética face aos combustíveis fósseis; o aproveitamento dessa fonte de energia não vai afetar as gerações futuras e principalmente a redução da fatura da conta de energia nos cofres públicos, utilizando essa renda para outros fins.

Como essa energia é muito cara, e ainda existe pouco conhecimento sobre essa fonte, a população por sua vez, acaba achando curioso e admirável ver uma cidade com esse tipo de tecnologia. Além dos vastos pontos positivos que já foram referidos, esse tipo de energia acaba tornando-se um atrativo turístico para a cidade, ou seja, mais emprego para o município tanto na necessidade de pessoas aptas para a manutenção dos equipamentos, para a instalação, quanto para o manuseio da corrente elétrica que está sendo gerada e em seguida transmitida.

A utilização dessa fonte solar fotovoltaica na cidade de Pau dos Ferros – RN seria apropriada, visto que frequentemente alguns bairros ficam sem iluminação, gerando prejuízos financeiros pela queima dos eletrodomésticos nas residências ou até mesmo por facilitar os assaltos em determinadas regiões da cidade. Os beneficiados seriam a população, onde iriam economizar com a taxa de luz cobrada mensalmente pela Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN) e os cofres públicos, gerando assim uma maior economia a curto – médio prazo, visto que não iria ter gastos mensais com energia.

Desta forma, o estudo trás uma discussão teórica e empírica sobre os gastos na iluminação pública, visando uma melhoria tanto na qualidade, quanto na parte financeira. A partir da problemática em tela, e da forma como ela se insere no cotidiano da população na cidade de Pau dos Ferros-RN, cataloga-se as principais questões da pesquisa: Essa fonte de energia solar fotovoltaica é favorável na cidade? Os custos realmente iram diminuir com essa tecnologia? Essa fonte energética realmente vai ser satisfatória comparada com a utilizada nos dias atuais?

Portanto, uma fonte energética limpa e sustentável favorece uma cidade de diversas maneiras, tanto na economia, no social, no avanço tecnológico que está sendo aprimorada, como também na saúde da população daquela determinada região. Embora seja uma tecnologia cara e arriscada, já foi comprovado que o retorno econômico é viável, ou seja, mesmo com o receio de implantar essa fonte de energia nas cidades

pequenas, vale a pena tentar investir e aprimorar os conhecimentos sobre esse novo meio de fornecer uma energia limpa e renovável.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

- ✓ Avaliar os gastos na iluminação pública, visando às melhorias tanto na qualidade quanto na parte financeira que se pode obter com a implantação dessa fonte renovável na cidade de Pau dos Ferros.

2.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Descrever os principais elementos que compõem um sistema solar fotovoltaico;
- ✓ Identificar as melhorias que podem ser realizadas com a implantação desse sistema nas pequenas cidades do sertão potiguar;
- ✓ Apontar o custo benefício encontrado no uso de fontes renováveis com vistas à energia fotovoltaica.
- ✓ Contribuir com os estudos técnicos e científicos acerca do uso de fontes renováveis solares aplicados a iluminação pública urbana.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 HISTÓRIA DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A história da iluminação está ligada diretamente com a evolução do homem, os resíduos que foram utilizados e preservados servem como estudo para entender como eles sobreviviam sem nenhum tipo de tecnologia. Uma das principais descobertas do homem foi o fogo, onde era utilizado para iluminação no período noturno, aquecer nos períodos de inverno e cozinhar alimentos. Desde a pré-história, a evolução está ligada à utilização da iluminação natural e artificial. Logo, as formas de vida mais primitivas até a espécie humana, tem como a iluminação papel fundamental para o desenvolvimento da visão. Na idade média os seres humanos tentavam resolver o problema da escuridão com velas e outros artefatos, neste período, eram usados tochas com material inflamável. Foi no século XV que a iluminação pública tornou-se uma preocupação nas cidades, pelo grande índice de violência da Inglaterra, logo a iluminação urbana nasceu como uma solução para amenizar a violência e, principalmente os roubos a comerciantes que aconteciam com frequência na região.

As lâmpadas a gás foram utilizadas em longa escala durante o século XIX e iniciou no século XX, quando foram substituídos pelas lâmpadas elétricas. Foi o mecânico alemão Johann Heinrich Goebel (1818–1893) quem inventou a lâmpada, em 1854. Seu mecanismo continha fibras de bambu e ampolas de vidro transparente. Em 1867, o engenheiro alemão Werner Siemens criou o dínamo, mecanismo que permite a utilização industrial da eletricidade. Com essa ajudinha, foi Thomas Edison (1847 - 1931), que transformou a lâmpada incandescente em um produto para consumo.

De acordo com Fróes (2006), o regime de concessões de serviços públicos, no início do Século XX, imperava no Brasil e as empresas estrangeiras absorviam os serviços de geração, distribuição da energia e a iluminação pública. A constituição de 1891 também não fazia distinção entre a propriedade dos recursos naturais e a posse da terra, ampliando as possibilidades de exploração das empresas geradoras de energia. Assim, um dos primeiros serviços energéticos produzidos a partir da energia elétrica no Brasil foi à própria iluminação pública. Em 1887, Porto Alegre foi inaugurado o serviço de iluminação elétrica, onde foi o primeiro do país. Enquanto no Rio de Janeiro criava-se a companhia de força e luz, responsável por mais de 100 lâmpadas de iluminação públicas, os serviços viabilizado energia elétrica aumentou principalmente no setor

têxtil. As primeiras experiências com energia elétrica aconteceram na cidade do Rio de Janeiro, mas anteriormente outras cidades já usufruíam do melhoramento.

Entretanto, como o serviço de fornecimento de energia elétrica ganhava investimentos e progressivamente de maior importância, na década de 30, o poder de concessão passa a ser exercida pela União, ocorrendo neste momento um período de revisão dos contratos de concessão e estatização dos serviços, a atividade de geração e distribuição de energia elétrica passou a ser tratada como serviço público e o serviço de iluminação pública de responsabilidade dos municípios. A primeira, em 1883, foi Campos dos Goytacazes (RJ). A seguir vieram inúmeras outras: Rio Claro (SP), Juiz de Fora (MG), Piracicaba (SP), São Carlos do Pinhal (SP), Ribeirão Preto (SP), São João Del Rei (MG), Belo Horizonte (MG), Petrópolis (RJ), Manaus (AM) e Belém (PA) (MEMÓRIA, 2004).

A primeira usina para denominar os serviços de força motriz e iluminação, viabilizados pela energia elétrica, foi à hidrelétrica de Marmelos, erguida pelo industrial Bernardo Mascarenhas, considerada o marco zero na história da energia elétrica no Brasil. Assim, a exploração data do início do século XX, quando foram fundadas as primeiras companhias geradoras e distribuidoras, em sua maioria estrangeira. Muitas dessas empresas celebravam contratos de concessão diretamente com os municípios. Entretanto, como o serviço de fornecimento de energia elétrica ganhava progressivamente maior importância, para sua concessão foi atribuída exclusividade federal. A prestação do serviço de iluminação pública foi, portanto, atribuída como responsabilidade dos municípios. (CODI, 1984).

A energia, sob a forma de luz, é vital para a sobrevivência dos seres humanos, sem ela não existe vida. Até alguns séculos atrás o período produtivo era limitado ao período em que o Sol estava brilhando, quando o Sol se punha, todos se retiravam as suas dependências. Depois da criação da lâmpada elétrica esse ciclo se alterou, tornou-se possível estender os trabalhos e o entretenimento até o horário desejado, o que possibilitou o desenvolvimento da economia, da cultura, do conhecimento científico e, até mesmo, do tempo disponível para o lazer.

3.2 ILUMINAÇÃO PÚBLICA: ASPECTO SOCIAL

As principais funções desempenhadas pela iluminação pública estão além da conceituação formal e física, visto que a iluminação de avenidas, praças, ruas, estradas e demais setores públicos contribuem efetivamente para a segurança noturna de veículos e pedestres. Além de estar ligada diretamente com a segurança pública no tráfego, previne a criminalidade, aumenta a perspectiva de visualização social, destaca e valoriza monumentos, prédios e paisagens, orienta percursos e aumenta o aproveitamento no ambiente de áreas de lazer. A melhoria da qualidade do sistema de iluminação valoriza a imagem da cidade, favorecendo o turismo, o comércio e o lazer noturno, contribuindo assim para o desenvolvimento social e econômico da população.

Em 1974 na Inglaterra, ocorreu o corte de 50% da iluminação pública em algumas áreas urbanas na crise do petróleo, as estatísticas mostram que teve um aumento de 100% nos indicadores de furtos e 50% no índice de criminalidade. Como a escuridão é aliada do criminoso, Isac Roizenblatt, diretor técnico da Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (Abilux), explica "Quem procura fazer algo de errado, não quer ser visto. Por isso, a boa iluminação é uma grande inimiga do crime. Isso está provado mundialmente". Ele relata que em São Paulo muitas das iluminações são destruídas em pontos de drogas, por facilitar o consumo, o que causa um grande prejuízo aos cofres públicos que vão repor aquela lâmpada, mesmo sendo provável que vá ocorrer de ser danificada novamente. Está se tornando cada vez mais comum o uso de iluminação por sensor em frente a condomínios e residências, isso acontece pelo fato da grande preocupação do que se pode ocorrer no meio externo das residências. Está tecnologia além de ser uma medida de segurança, ela está ligada diretamente com a economia, pois o sistema de iluminação só vai ligar quando tiver na presença de alguém. Sistemas de iluminação estrategicamente posicionados, e conectados a sensores de movimento, inibem a tentativa de pichação, degradação e acionar alarmes.

Uma pesquisa realizada pela Eletrobrás (2006), através do Programa Reluz, com 1.764 pessoas onde o Programa Reluz mostra que a nova iluminação realizada aumentou a sensação de segurança para 85% dos entrevistados e é apontada como um benefício adicional trazido pela nova iluminação por 80% das pessoas.

A tecnologia mais aplicada na iluminação pública consiste na utilização de lâmpadas com uso de mercúrio (Hg) de descarga, tais como as de vapor de mercúrio, vapor de sódio, multivapores metálicos e a fluorescente. As empresas, órgãos públicos e a população em geral desconhecem os efeitos adversos causados pelo mercúrio e não sabem como gerenciar os resíduos desse metal. Em 1998, 48,5 milhões de unidades de lâmpadas contendo mercúrio foram descartadas, com uma carga poluidora de cerca de uma tonelada de mercúrio, calculada com base numa média de 20,6 mg/lâmpada. No ano de 2000, esse descarte passou a 80 milhões de unidades e este total vem crescendo, principalmente pela substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas mais eficientes, principalmente no setor residencial, incentivada por ocasião do racionamento de energia elétrica no Brasil em 2001. Os resíduos de lâmpadas que contêm mercúrio requerem tratamento específico e não devem ser lançados livremente ao meio ambiente. Dentre as técnicas de tratamento de resíduos de lâmpadas, o destaque vai para a reciclagem, via tratamento químico ou térmico. Essa atividade, além de ser ambientalmente correta, possibilita, adicionalmente, a obtenção e reutilização de subprodutos (Raposo, 2001).

O elemento químico mercúrio ocorre naturalmente na natureza. Quando descartado no meio ambiente pelas atividades antropogênicas, pode causar sérios danos ecológicos e à saúde humana. Na natureza, é encontrado em pequenas quantidades nos mares, rochas e solo. Devidos às atividades naturais dos ecossistemas, tal como a erupção de um vulcão, o mercúrio pode ser carreado, circular na atmosfera e ser redistribuído no meio ambiente.

Além do seu papel funcional, a utilização pública também é utilizada na ornamentação e embelezamento noturno da cidade. No entanto, todo sistema de iluminação pública principalmente postes, suportes e luminárias deve ser projetados para promover a sua integração arquitetônica. Essa prática adotada, sobretudo em cidades Europeias ainda é usada nos dias atuais para o turismo noturno, no Brasil essa prática tem sido desenvolvida nas cidades do Rio de Janeiro, São Paulo e Salvador. Nas praças e praias, a iluminação pública também funciona como um importante vetor de integração social, na medida em que vai anoitecendo reuniões de grupos para esporte e lazer se forma.

Pela NBR-5101, os principais parâmetros de qualidade considerados são nível de iluminância média e fator de uniformidade de iluminância. Para cada classificação de via são recomendados valores médios mínimos de iluminância e de uniformidade. Esses valores devem ser levados em consideração nos projetos de iluminação pública. (SILVA; LUSTOSA, 2006).

Viver em uma cidade amigável, onde se pode circular com segurança e ter vida noturna agradável, com a presença de amigos e visitantes, eleva a autoestima dos cidadãos residentes nela e melhora a visibilidade da Administração municipal.

3.3 CUSTOS PARA POPULAÇÃO

Para os procedimentos da chamada Contribuição para o Custeio do Serviço de Iluminação Pública (CIP), cada um dos municípios deve editar sua lei instituindo e disciplinando a cobrança da CIP, sendo facultativa a cobrança diretamente na fatura de energia elétrica. Para aqueles que optarem por essa modalidade, um convênio com a concessionária local deve ser celebrado. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é o órgão regulador do setor elétrico. Criada em dezembro de 1996, é uma autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME). Sua missão é “proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade” (ANEEL ed. 5, nov. 2011).

De acordo com O Sistema Interligado Nacional (SIN), as linhas de transmissão cumprem o papel de levar a energia das usinas geradoras aos centros consumidores de energia. Adicionalmente, permitem com que a geração de energia no Brasil seja otimizada de modo a permitir a transferência de energia entre regiões, por meio das linhas de interligação. A transmissão permite que o sistema elétrico opere com sinergia e confiabilidade, gerando uma grande otimização de custos através de grandes intercâmbios de energia. São atribuídas ao Poder Público Municipal toda e qualquer responsabilidade pelos serviços de projeto, implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública. Neste caso, a concessionária apenas arrecada a taxa de iluminação pública para o município. O repasse é feito mesmo quando o consumidor deixa de pagar a conta de energia. (ANEEL ed. 5, nov. 2011).

De acordo com a cobrança da contribuição para o custeio dos serviços de iluminação pública (CIP) Assim, mediante a assinatura de um convênio entre a prefeitura e a concessionária distribuidora de energia elétrica, os valores arrecadados são transferidos mensalmente ao município, entidade responsável pela aplicação dos recursos repassados oriundos da arrecadação. Tendo em vista esta peculiaridade, foi previsto dois tipos de tarifas, uma quando o poder público detentor do serviço é o responsável pela manutenção, e outra quando delega ao concessionário, sendo este o proprietário dos equipamentos e luminárias. A redação da lei é a seguinte:

Art. 116. As tarifas aplicáveis aos fornecimentos de energia elétrica para iluminação pública serão estruturadas de acordo com a localização do ponto de entrega, a saber: I - Tarifa B4a: aplicável quando o Poder Público for o proprietário do sistema de iluminação pública; e II - Tarifa B4b: aplicável quando o sistema de iluminação pública for de propriedade da concessionária (ANEEL, 2000).

A Resolução nº 414 (ANEEL, 2010) define em seu art. 24º, §2, que: “a tarifa aplicável ao fornecimento de energia elétrica para iluminação pública é a Tarifa B4a”. Portanto, a existência de somente uma opção tarifária para a cobrança pelo serviço de fornecimento da energia elétrica consumida pelo sistema de iluminação pública, a B4a, é aquela que não incorpora o custo da manutenção da prestação do serviço pela concessionária. Esta definição faz com que as distribuidoras de energia possam ainda ser as prestadoras do serviço de manutenção da iluminação pública, caso seja a ganhadora do certame licitatório junto aos municípios, mas não mais proprietária dos equipamentos do sistema.

3.4 ENERGIA SOLAR

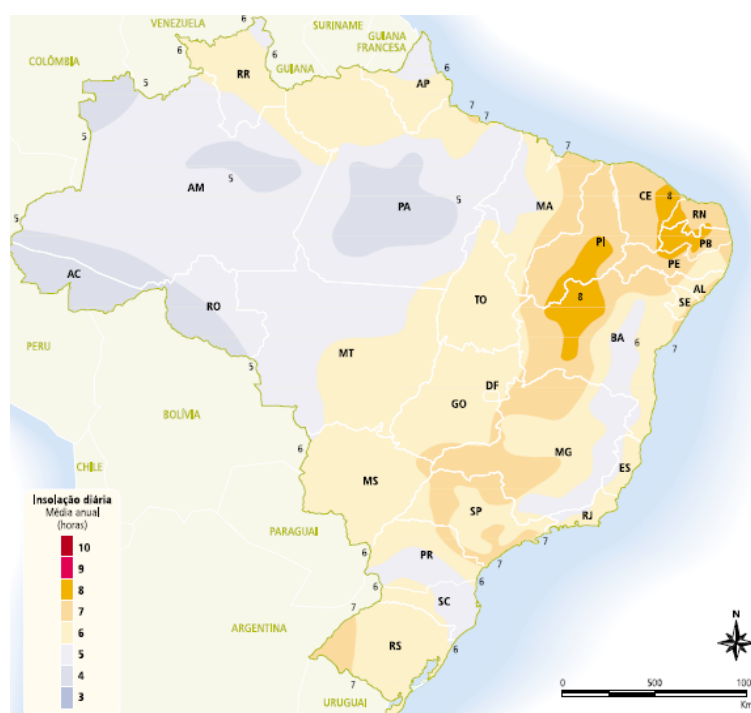
Desde a revolução industrial, criou-se uma hipótese equivocada que poderia controlar o meio. Mas com o avanço da poluição e o mau uso dos recursos naturais, está claro que vivemos em um mundo finito. Onde não se deve apenas colher do que a natureza oferece, mas também aprender a plantar e saber cultivar tal recurso. O Ministério de Minas e Energia (MME) estimula o desenvolvimento de energias de formas sustentáveis, com baixa emissão de gases de efeito estufa, contribuindo, assim, para a manutenção de uma matriz elétrica fortemente baseada em fontes renováveis.

Conforme a (ANEEL, 2005, p. 22), quase todas as fontes de energia – hidráulica, biomassa, eólica, combustível fóssil e energia dos oceanos – são formas indiretas de energia solar.

Segundo o livro Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos (PINHO; GALDINO, 2014), o aproveitamento da energia gerada pelo sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje das alternativas energéticas mais promissoras para prover a energia necessária ao desenvolvimento humano. Quando se fala de energia, deve-se lembrar de que o sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia na Terra. Em outras palavras, as fontes de energias são, em última instância, derivadas, em sua maioria, da energia do sol.

A energia solar é uma boa opção quando se procura uma alternativa menos agressiva ao meio ambiente, pois consiste em uma fonte renovável e limpa. Logo, a maior parte do território brasileiro está localizado próximo a linha do equador, onde não vai ocorrer uma grande variação da quantidade do sol. Desse modo, para obter uma melhor absorção da luz solar nos painéis fotovoltaicos, é necessário ajustar o painel solar de acordo com a latitude local. (ANNEEL, 2005)

Segundo a (FAPESP, 2007), a poluição causada pelo homem, fez com que a quantidade de gases na superfície terrestre aumentasse gradativamente com o tempo, a radiação solar deve passar por diferentes composições gasosas, contendo gases como o ozônio (O₃), o oxigênio (O₂), a umidade (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), entre outros. Cada um destes gases absorve parte da radiação solar numa faixa de comprimentos de onda específico, peculiar para cada tipo de gás. A Figura 1 mostra a média anual de insolação no Brasil (horas).

Mapa 1- Média anual de insolação no Brasil (horas)

Fonte: ATLAS Solarimétrico do Brasil. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000. (adaptado)

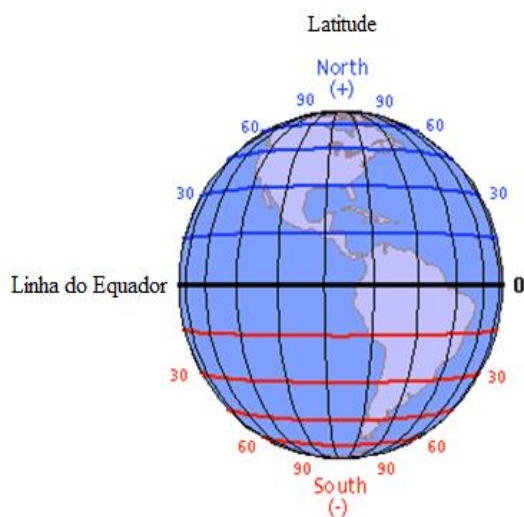
A produção de energia solar no Brasil ainda está engatinhando: um número muito pequeno de projetos de usinas solares se encontra atualmente instalado no país. Essa situação promete mudar, já que em 2014 foram anunciados diversos projetos de geração através de painéis solares, que vão beneficiar mais de 900 mil brasileiros, principalmente em estados do nordeste, como Ceará e Bahia, esse último que terá pelo menos 16 usinas elétricas instaladas. (CGEE, 2010).

Além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar etc.), a disponibilidade de radiação solar, também denominada energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Latitude e longitude são descrições da localização, ou coordenadas geográficas, de um determinado lugar na Terra. O modo como a latitude é definida depende da superfície de referência utilizada, e longitude é medida em graus, de zero a 180 para leste ou para oeste, a partir do Meridiano de Greenwich, e não há uma posição inicial natural para marcar a longitude.

Latitude: É o ângulo entre o plano do equador à superfície de referência. A latitude mede-se para norte e para sul do equador, entre 90° sul, no Polo Sul e 90° norte, no Polo Norte. Como mostra na figura 1, a latitude é à distância ao Equador medida ao

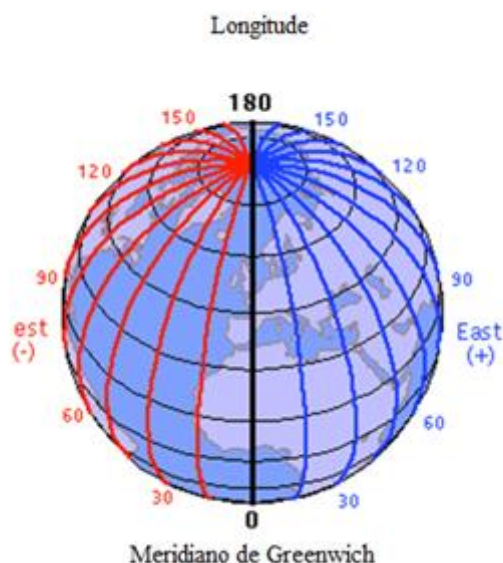
longo do meridiano de Greenwich, esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° (no equador) e 90° para Norte ou para Sul.

Figura 1 - Latitude



Fonte: North (2016)

Longitude: É medida ao longo do Equador, e representa a distância entre um ponto e o Meridiano de Greenwich, como mostra na figura 2. Também é medida em graus, podendo ir de 0° a 180° para Leste ou para Oeste. Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução). Desse modo, a duração solar do dia – período de visibilidade do Sol ou de claridade – varia, em algumas regiões e períodos do ano, de zero hora (Sol abaixo da linha do horizonte durante o dia todo) a 24 horas (Sol sempre acima da linha do horizonte). As variações são mais intensas nas regiões polares e nos períodos de solstício. O inverso ocorre próximo à linha do Equador e durante os equinócios, como mostra a figura 3 a seguir.

Figura 2 – Longitude

Fonte: North (2016)

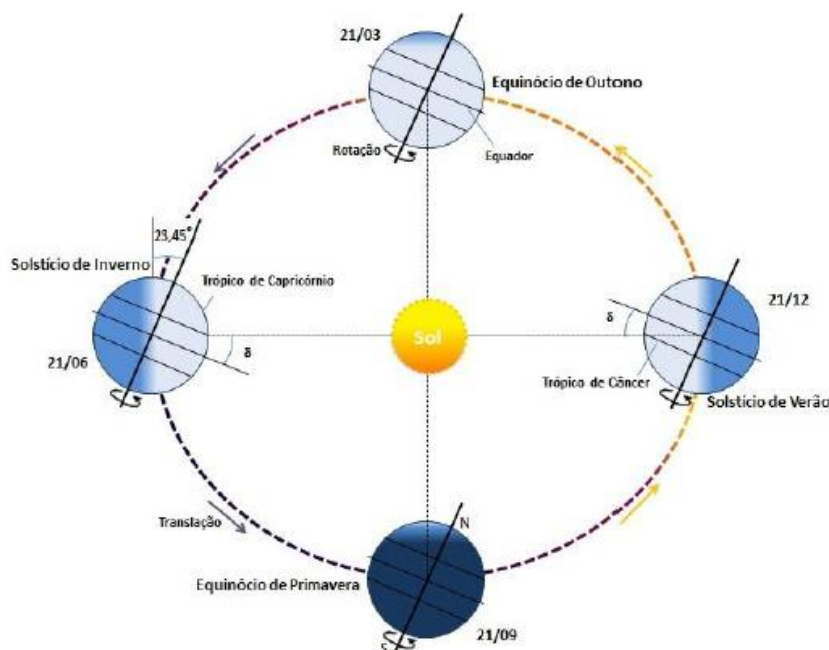
Figura 3 – Representação das estações do ano e do movimento da terra em torno do sol.

Fonte: Fonte: MAGNOLI, D.; SCALZARETTO, R. Geografia, espaço, cultura e cidadania.

São Paulo: Moderna, 1998. v. 1. (adaptado)

A figura 4 a seguir, mostra que é possível observar a variação da duração dos dias ao longo do ano para uma determinada localidade, resultante da inclinação do eixo do Planeta Terra. Verificam-se dias mais longos no hemisfério sul, no solstício de verão e dia mais curtos no solstício de inverno. No equador terrestre a duração dos dias é sempre igual e nas suas proximidades as variações são pequenas ao longo do ano. É possível também notar que no equinócio, as durações dos dias são as mesmas para qualquer localidade.

Figura 4 – Declinação solar em quatro posições do Planeta Terra ao longo do ano.

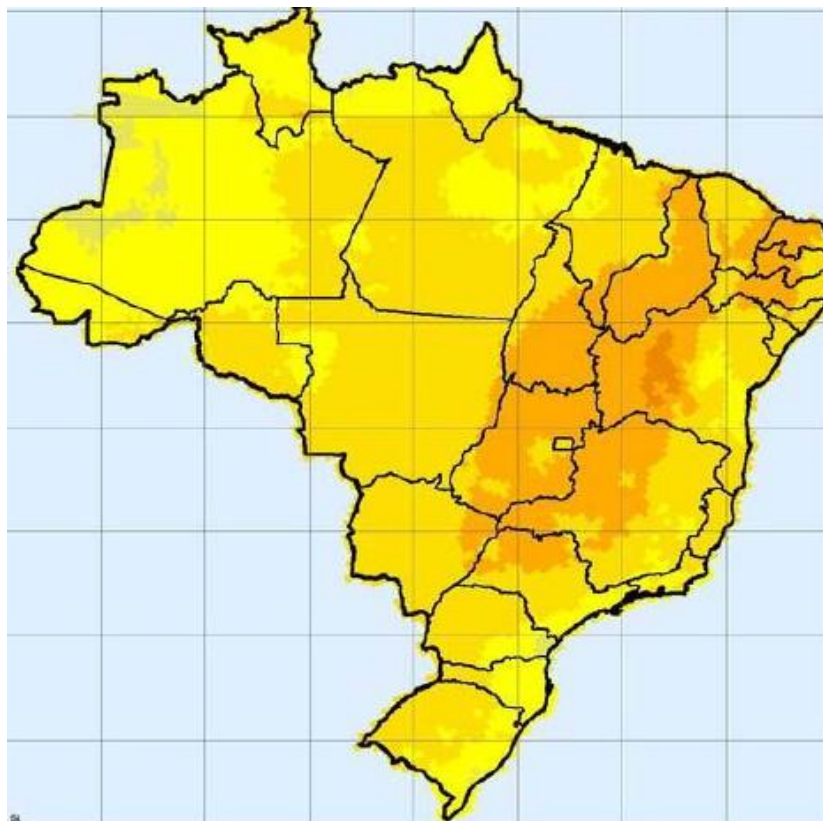


Fonte: PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CRESESB, 2014. 530 p.

A maior parte do território brasileiro está localizada relativamente próxima da linha do Equador, de forma que não se observam grandes variações na duração solar do dia. Contudo, a maioria da população brasileira e das atividades socioeconômicas do País se concentra em regiões mais distantes do Equador. Desse modo, para maximizar o aproveitamento da radiação solar, pode-se ajustar a posição do coletor ou painel solar de acordo com a latitude local e o período do ano em que se requer mais energia. No Hemisfério Sul, por exemplo, um sistema de captação solar fixo deve ser orientado para o Norte, com ângulo de inclinação similar ao da latitude local.

Segundo Pereira et al. (2006, 31), a menor irradiação global no Brasil é de 4,25 KWh/m² (no litoral norte de Santa Catarina) e a maior é de 6,5 KWh/m² (norte da Bahia). Em virtude disso, a irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro varia de 4.200 a 6.700 KWh/m²/ano, superior às verificadas em outros países que hoje são expoentes do uso da energia solar: 900 a 1.250 KWh/m²/ano na Alemanha; 900 a 1.650 KWh/m²/ano na França; e 1.200 a 1.850 KWh/m²/ano na Espanha. O mapa 2 mostra os índices de radiação solar ao longo do território brasileiro.

Mapa 2 - Radiação solar horizontal global³³ anual (kWh/m²/dia)



Fonte: Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA).

Considerando as informações do mapa 2, pode-se constatar que os maiores índices de radiação solar estão nos seguintes Estados: Bahia, Piauí, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Tocantins, Goiás, Minas Gerais e São Paulo.

3.5 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O efeito fotovoltaico é conhecido desde 1839 quando Edmond Becquerel o descreveu como sendo o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz do sol em eletricidade, isso ocorre através de um efeito chamado fotovoltaico, termo formado a partir de duas palavras: foto, que em grego significa “luz”, e voltaica, que vem da palavra “volt”, a unidade para medir o potencial elétrico (Braun e Tecnologia, 2016).

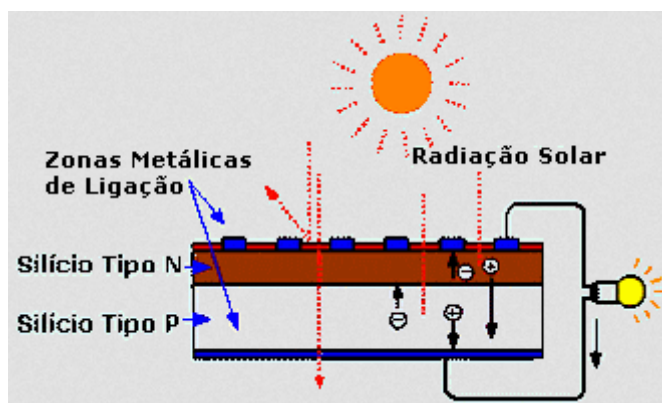
O efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar (ou outras formas apropriadas de energia). Entre os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são

usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício. A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é convertida em energia elétrica (GREEN et al., 2000)

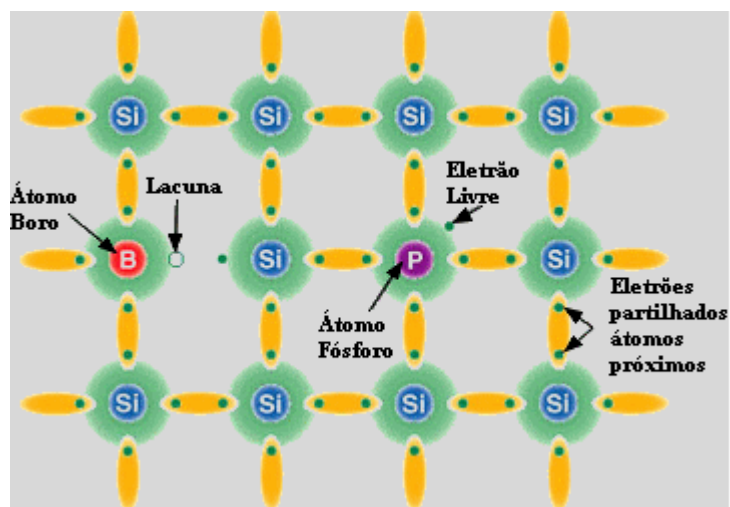
A vantagem econômica da instalação de um sistema solar fotovoltaico está dependente do seu custo de instalação. Por outras palavras: Os painéis solares são relativamente baratos, porém seu custo de instalação, projeto que deve ser realizado por profissionais, transformadores, inversores, baterias, custos de suporte, manutenções e outros materiais que estão associados ao sistema elétrico tem um custo elevado (Braun e Tecnologia, 2016).

Existem diversos tipos de células fotovoltaicas, mas as mais comuns disponíveis nos mercados são à base de silício, especificamente monocristalino, policristalino e amorfo. As células de silício monocristalino tem um grau de pureza em 98% e 99% o que o torna eficiente sob o ponto de vista energético e custo. Para funcionar como célula fotovoltaica necessita de outros dispositivos semicondutores e de um grau maior de pureza, como mostra a figura 5 e figura 6, o silício será fundido com pequenas quantidades de dopante, normalmente o boro que é do tipo p. Após corte e limpeza de impurezas das fatias, devem-se introduzir impurezas do tipo N de forma a obter a junção, esse processo é feito através de difusão, onde são expostas a vapor de fosforo em um forno a temperatura entre 800 a 1000°C. As células monocristalinas, apresentam as maiores eficiências, atingindo uma eficiência de ate 15% podendo chegar ate 18%. A figura 7 a seguir é um tipo de Placa de Silício Monocristalino.

Figura 5 – Processo de Silício Fundido



Fonte: (ELECTRONICA, 2016)

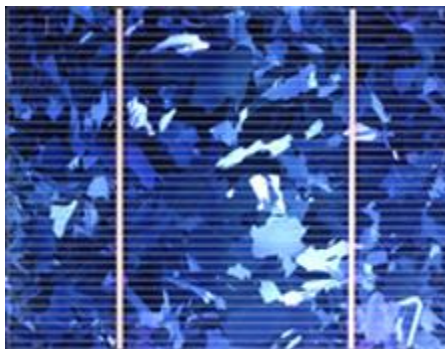
Figura 6 – Dopagem Semicondutores

Fonte: (ELECTRONICA, 2016)

Figura 7 - Placa de Silício Monocristalino

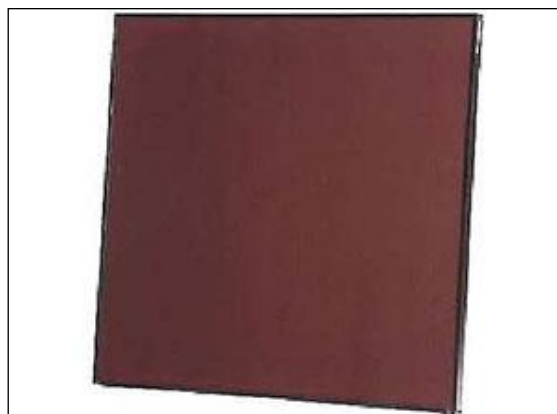
Fonte: EPE, 2012.

Já as células de silício policristalino são mais baratas, consequentemente seu rendimento é menor chegando a eficiência máxima de 12.5%. As técnicas de fabricação são similares à da monocristalina, porém com menos rigores de controle, podendo ser preparadas pelo corte de um material condutor, de fitas ou depositando um filme num substrato, tanto por transporte de vapor como imersão. A figura 8 a seguir é um tipo de Placa de Silício Policristalino.

Figura 8 - Placa de Silício Policristalino

Fonte: SOLAR, 2016.

Diferente das demais, as células de silício amorfo apresentam um alto grau de desordem na estrutura dos átomos. Podendo ser fabricado mediante deposições de diversos tipos de substratos, vem mostrando uma fonte tecnologia para sistemas fotovoltaicos de baixo custo, no entanto apresentam duas desvantagens: Tem uma baixa eficiência de conversão comparada as demais células, e suas células são afetadas por um processo de degradação logo nos primeiros meses, diminuindo a eficiência ao longo da vida útil. Por outro lado, seu processo de fabricação é relativamente simples e barato, obtém a fabricação de células com grandes áreas e tem um baixo consumo de energia na sua produção. A figura 9 a seguir é um tipo de Placa de Silício amorfo.

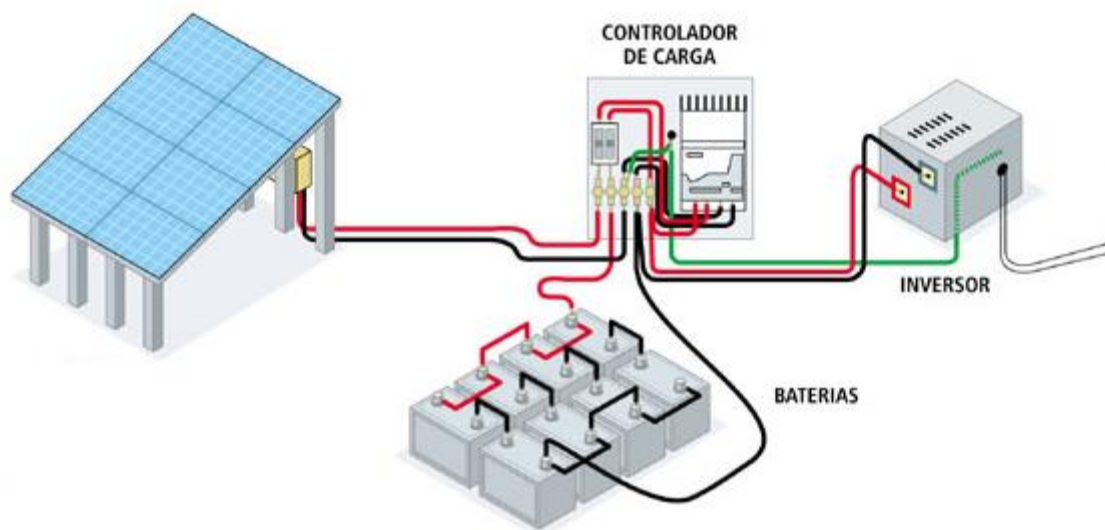
Figura 9 – Placa de Silício Amorfo

Fonte: SOLAR, 2016.

Um sistema de energia solar fotovoltaico é um sistema apto a gerar energia elétrica por meio da radiação solar. Existem duas espécies básicas de sistemas fotovoltaicos: Sistemas Isolados (Off-grid) e Sistemas Conectados à Rede (Grid-tie). Os Sistemas Isolados são utilizados em locais remotos ou onde o custo de se conectar a

rede elétrica é elevado, são utilizados em casas de campo, refúgios, iluminação, telecomunicações, bombeio de água, etc. Já os Sistemas Conectados à rede, substituem ou complementam a energia elétrica convencional disponível na rede elétrica. A Figura 10 abaixo descreve como ocorre a transformação de energia solar em elétrica.

Figura 10- Ilustração de um sistema de geração fotovoltaico de energia elétrica.



Fonte: CRESESB, 1996.

Para ser possível a geração de energia elétrica por meio do sistema fotovoltaico, são necessários alguns equipamentos como:

Painéis solares: Bombeia a energia para o sistema. Podem ser um ou mais painéis, dimensionados de acordo com a energia necessária. São responsáveis por transformar energia solar em eletricidade.

Controladores de carga: Funcionam como válvulas para o sistema. Servem para evitar sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando sua vida útil e desempenho.

Inversores: São responsáveis por transformar os 12 V de corrente contínua das baterias em 110 ou 220 V de corrente alternada (AC), ou outra tensão desejada. No caso de sistemas conectados, também são responsáveis pela sincronia com a rede elétrica.

Baterias: Armazenam a energia elétrica para que o sistema possa ser utilizado quando não há sol. Enquanto um sistema isolado necessita de baterias e controladores

de carga, sistemas conectados à rede funcionam somente com painéis e inversores, já que não necessitam de armazenamento de energia.

Como o ambiente em que funciona a iluminação pública normalmente é ao ar livre, a lâmpada somente deve ser acionada quando houver a necessidade de iluminação artificial no final do dia e deve ser imediatamente apagada ao amanhecer quando já houver luz natural o suficiente para garantir o trânsito seguro de veículos e pedestres.

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em três configurações principais:

Isolados: Onde necessitam de alguma forma de armazenamento da energia coletada e convertida com o uso de baterias, nesses sistemas que necessitam de armazenamento de energia em baterias, usa-se um dispositivo para controlar a carga e a descarga na bateria.

Sistemas Híbridos: É uma conexão de vários sistemas diferentes de geração de energia, que busca aperfeiçoar o fornecimento pelo aproveitamento racional da melhor situação para cada sistema interligado. Obviamente é necessário um bom sistema de controle dessas fontes para assegurar a máxima eficiência no fornecimento ao usuário final da energia.

Sistemas ligados a rede: Estes sistemas utilizam grande número de painéis fotovoltaicos e não utilizam armazenamento de energia, pois toda a geração é entregue diretamente na rede. Este sistema representa uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual esta conectada. Todo o arranjo é conectado em inversores e logo em seguida ligado diretamente na rede.

3.6 PEQUENAS CIDADES

A partir da segunda metade do século XX, no Brasil, os processos de urbanização e industrialização, somados ao avanço das relações capitalistas, assumiram uma velocidade de crescimento muito grande e, em decorrência disso, esse momento histórico foi marcado pelo surgimento de muitos “centros” urbanos. Dessa forma, refletir sobre o planejamento urbano como um instrumento de organização e ordenamento do espaço interurbano passou a ser fundamental tanto nas metrópoles, quanto nas cidades médias e pequenas. De acordo com Ferrari (2004), geralmente, o planejamento pode ser entendido como um processo de trabalho permanente voltado

para elaboração de medidas com o objetivo de organizar e/ou potencializar a dinâmica urbana. Dessa maneira, de acordo com a ideia de Villaça (2004), entender o planejamento urbano como um instrumento do Estado na construção, produção, organização e gestão do espaço interurbano, bem como sua funcionalidade na pequena cidade, requer analisar qual a postura adotada pelo próprio Estado frente às necessidades da cidade contemporânea.

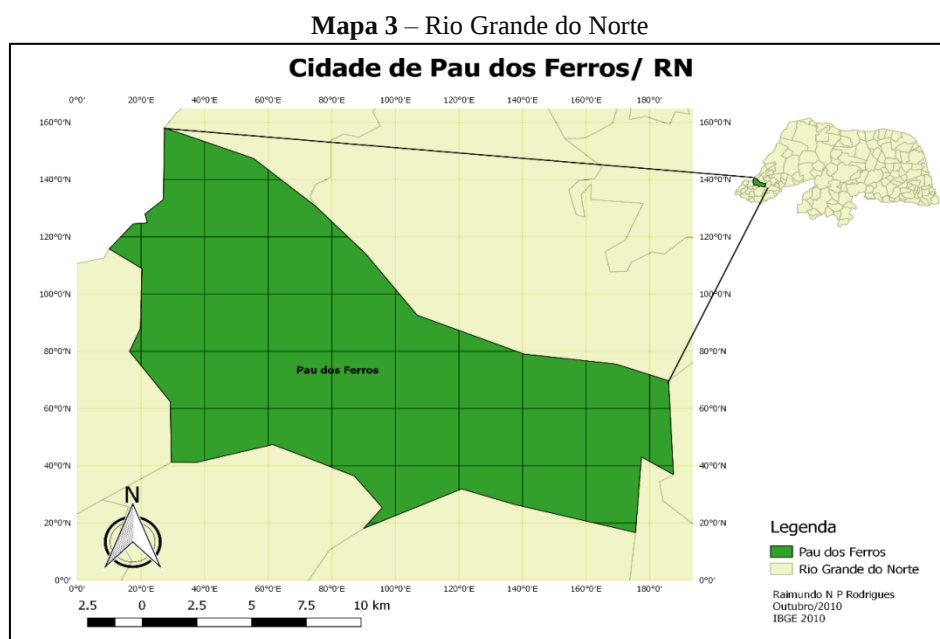
No Brasil, o Estatuto da Cidade foi elaborado e aprovado no ano 2001, teoricamente, com o propósito de estabelecer regras de caráter público e interesse social para regular o uso do espaço urbano em prol do bem coletivo, visando sempre a segurança e o bem-estar do cidadão. Além do disso, essa iniciativa tinha o objetivo de estabelecer o pleno “desenvolvimento” da dinâmica urbana, considerando as funções sociais da cidade e garantindo à população serviços como: saneamento básico, transporte, lazer, trabalho e outros. Contudo, observando a realidade atual das cidades brasileiras, essas medidas não foram suficientes para fazer do planejamento urbano uma prática menos complexa.

De acordo com Bacelar (2003), as pequenas cidades são deixadas de lado pela maioria dos pesquisadores, que se debruçam, mormente, sobre a dinâmica e situação das cidades médias e grandes do Brasil. Para esse autor, surgem várias classificações para essas pequenas cidades, sendo denominadas por muitos autores como cidades rurais, dentre outras denominações. Oliveira (2004), diz que o primeiro aspecto usado para determinar o tamanho de uma cidade ainda é o demográfico. Retomando Bacelar (2003), o autor afirma que, para o IBGE, independente do número de habitantes, toda localidade é considerada cidade desde que sua população esteja em locais considerados urbanos.

Macêdo e Martins (2015) afirmam que a facilidade de acesso a um conjunto de produtos, serviços e infraestrutura necessária à vida e à satisfação de uma população, associado à serviços públicos que permitem o seu funcionamento adequado, tornam as áreas urbanas centro de interesse da população para fixar residência e construir toda uma história de vida. Nesse contexto a cidade se forma de acordo com as necessidades da sua população, entretanto com as transformações na sociedade e em seu estilo de vida juntamente com o crescimento significativo da população urbana as gestões públicas foram ineficazes e omissas em gerir essas mudanças, acarretando em um crescimento exponencial da pobreza, aumento dos males sociais e das patologias urbanas tais como violência e epidemias. (SILVA, 2015).

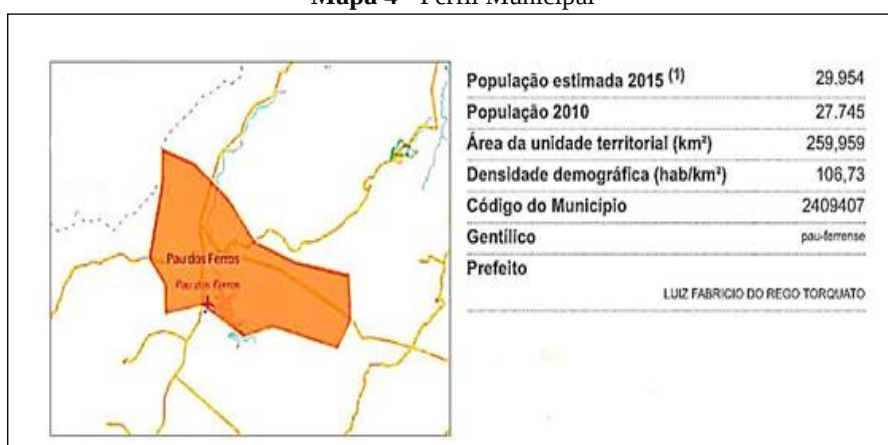
4 PAU DOS FERROS

Em 23 de agosto de 1856, o deputado provincial Benvenuto Fialho apresentou um projeto que criava a Vila de Pau dos Ferros. A lei n.º 344 foi sancionada em 4 de setembro daquele ano, elevando à categoria de vila a povoação de Pau dos Ferros fixando um limite de 1700 km². Seu nome, que permaneceu como denominação do local desde quando era um pequeno povoado, vem de uma árvore, onde os vaqueiros viajantes que faziam trilhas para chegar até as províncias do Ceará usavam a árvore para marcar seu gado com ferro em brasa nunca oitica de grande dimensão. Tal árvore oferecia uma farta sombra e consequentemente um excelente local para repouso dos vaqueiros. Naquela época havia um rotativo movimento comercial e o lugar era um importante entroncamento para a região. Na gestão do governador José Augusto Bezerra de Medeiros, no dia 2 de dezembro de 1924, a lei n.º 593, eleva a vila de Pau dos Ferros à categoria de cidade. Pela lei municipal n.º 5, de 2 de setembro de 1902, foi criado o primeiro distrito do município, denominado Vitória, sendo que este foi extinto na década de 1930. Entretanto vários decretos foram criando novos distritos. Em divisão territorial datada de 1º de dezembro de 1955, Pau dos Ferros era constituído de quatro; Sede, Joaquim Correia, Rafael Fernandes e Riacho de Santana. Porém todos foram extintos ou elevaram-se à categoria de cidades, restando atualmente apenas a Sede. (FERROS, 2015).



Sua primeira obra foi a construção do prédio da Prefeitura Municipal, em 1930, onde hoje está localizada na Avenida Getúlio Vargas, no centro desta cidade. No início da década de 1950 a população era de 17 517 habitantes, sendo que 13 909 pessoas moravam no campo e apenas 3608 habitantes na zona urbana. Em julho de 1956 foi fundado o Hospital Centenário de Pau dos Ferros, que teve como fundador e diretor o Dr. Nelson Maia. No dia 1º de janeiro de 1961, Dom Eliseu Simões Mendes, fundou a "Maternidade Santa Luzia de Marilac", que é mantida pela liga de assistência social da paróquia de Pau dos Ferros. O mapa 4 abaixo mostra o seu perfil municipal.

Mapa 4 - Perfil Municipal



Fonte: Fonte do IBGE

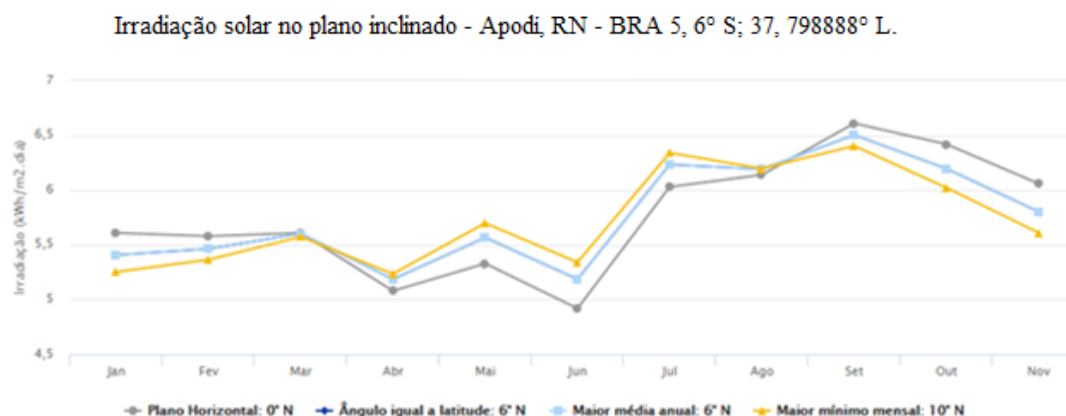
No dia 16 de janeiro de 1970 a cidade recebeu energia elétrica da Companhia Energética do Rio Grande do Norte (Cosern) em 28 de fevereiro de 1971 foi instalado o serviço de telecomunicações do Rio Grande do Norte (TELERN), empresa estatal telefônica. Seu primeiro local foi o pavilhão no centro da cidade. A predominância do espaço rural foi e está sendo substituída pelo urbano, para atender às exigências da expansão urbana, dada pelo aumento das atividades produtivas na cidade (indústria, comércio e serviços) e pelo aumento da demanda habitacional, gerado pela concentração populacional. (FERROS, 2015).

A radiação solar na cidade de Pau dos Ferros- RN é fornecida de acordo com a latitude que é de 6°06'28.0"S e a longitude é 38°12'20.1"W. O gráfico 1 abaixo mostra a radiação solar no município de Apodí-RN, que fica a aproximadamente 74,4Km de distância da cidade de Pau dos Ferros, logo a radiação na cidade vai ser equivalente a de Apodí-RN, pois suas coordenadas geográficas são as mais próximas da cidade Pau dos Ferros, possuindo uma latitude de 5° 39'43.2"S e a longitude -37°47'56.1".

Tabela 1– Irradiação solar diária média mensal

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,61	5,58	5,61	5,08	5,33	4,92	5,31	6,03	6,14	6,61	6,42	6,06	5,72	1,69
✓	Ângulo igual a latitude	6° N	5,41	5,46	5,60	5,19	5,57	5,19	5,58	6,23	6,19	6,50	6,20	5,80	5,74	1,32
✓	Maior média anual	6° N	5,41	5,46	5,60	5,19	5,57	5,19	5,58	6,23	6,19	6,50	6,20	5,80	5,74	1,32
✓	Maior mínimo mensal	10° N	5,25	5,37	5,57	5,24	5,70	5,34	5,74	6,34	6,20	6,40	6,02	5,61	5,73	1,17

Fonte: CRESESB

Gráfico 1 – Radiação solar na cidade de Apodí - RN

Fonte: CRESESB

Como mostra no gráfico 1 e na tabela 1 acima, a radiação média na cidade é de aproximadamente 5.72 KWh/m²/dia. Estas inclinações são apenas sugestões para a instalação dos painéis fotovoltaicos. Em geral, o valor da latitude local é usado como ângulo de inclinação do módulo fotovoltaico. O ângulo com a maior média diária anual de irradiação solar costuma ser usada quando se deseja a maior geração anual de energia, o que seria o caso de aplicações de sistemas fotovoltaicos conectadas a rede de distribuição dentro do Sistema de Compensação de Energia, definido pela Resolução Normativa da Aneel nº 482/12. Já o ângulo com maior valor mínimo mensal de irradiação solar costuma ser uma medida conservadora, usado em situações onde o fornecimento contínuo de energia elétrica é crítico para atividade fim e por isso procura-se minimizar o risco de falta de energia. Os valores de irradiação solar são apenas orientações para auxiliar no dimensionamento do sistema fotovoltaico, pois são valores consolidados de um histórico de medições que varia ao longo dos anos. O valor de irradiação solar depende da localidade onde se deseja instalar o sistema. (CRESESB, 2016).

5 METODOLOGIA

Para subsidiar o trabalho, o percurso metodológico terá como base conceitual o método dedutivo (GUERRA e GUERRA, 1997) no que se refere à consolidação do referencial teórico, revisão bibliográfica, representação, interpretação, análise dos dados, informações e elaboração do texto. O método indutivo será adotado no desenvolvimento das atividades de campo, de modo subjacente à pesquisa qualitativa com abordagem dialética e crítica. Ao abordar a pesquisa qualitativa, (NEVES, 1996. p. 1) a considera:

“Um conjunto de diferentes técnicas interpretativas que visam a descrever e a decodificar os componentes de um sistema complexo de significados. Tendo por objetivo traduzir e expressar o sentido dos fenômenos do mundo social”.

Com a pesquisa qualitativa buscar-se-á a compreensão da energia solar fotovoltaica na cidade de Pau dos Ferros- RN, mediante a utilização de instrumentos de coleta de dados em detrimento de regras ou visões holísticas, já que segue num viés de analogias, interpretações e descrições. Desta forma a consolidação dos objetivos propostos e o alcance dos principais resultados terão como fios condutores a pesquisa documental, bibliográfica e jornada de campo conforme os seguintes procedimentos:

- Revisão bibliográfica e levantamento de dados em fontes alternativas, primárias e secundárias contemplando: O uso da energia solar fotovoltaica aplicada na cidade de Pau dos Ferros- RN, bem como a seleção de autores que possam subsidiar o estudo, com o propósito de contemplar um embasamento teórico mais consistente e corroborar significativamente com as conclusões inferidas na finalização deste trabalho;

- Levantamento e aquisição de materiais importantes para a pesquisa, dentre os quais: Valor de energia pública consumida diariamente na cidade de Pau dos Ferros- RN, avaliar a energia elétrica consumida em Quilowatt-hora em todos os prédios de patrimônios públicos em geral.

- Pesquisa de campo constando de:

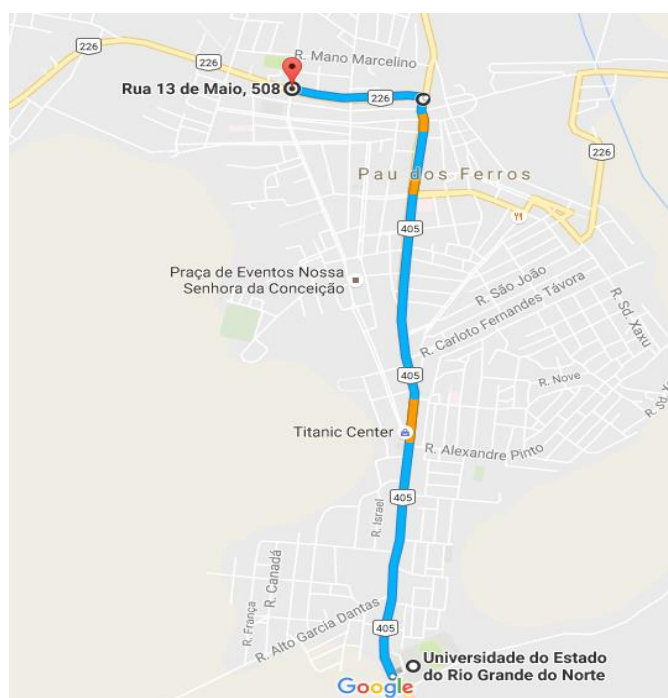
- a) com o intuito de coletar dados referentes ao custo energético utilizado pela população da cidade de Pau dos Ferros-RN, adotar-se-á para esta etapa da pesquisa a obtenção de dados da (COSERN), cujas informações tornam a representação mais precisa e fundamental na identificação e compreensão das informações apreendidas na revisão bibliográfica;

- b) mapeamento da cidade (recorte espacial) em estudo com o objetivo de demonstrar os locais de maiores picos de energia durante o período noturno quando

referido aos postes, visto que seu consumo é diário com um constante intervalo de tempo, e o diurno aos demais prédios públicos em questão. Adotar-se-á para esta etapa da pesquisa o registro fotográfico cujas imagens tornam a representação mais precisa, ao considerar valores, desejos e perspectivas do homem com o meio natural, estabelecendo a relação entre a imagem e a realidade dos aspectos identificados como representativos para o desenvolvimento da análise. As imagens serão fundamentais na identificação e compreensão das informações apreendidas na pesquisa bibliográfica e de campo;

A análise desse projeto foi realizada no sistema de iluminação pública na cidade de Pau dos Ferros-RN, tendo como base para o estudo a avenida Manoel Alexandre, avenidas da independência (BR-405) ate sua intersecção com a Avenida 13 de Maio. Foram escolhidas as respectivas avenidas pelo fato de serem umas das mais frequentadas na cidade, por ter uma elevada perspectiva de visualização social e uma significativa movimentação noturna. Inicialmente foi executado um levantamento fotográfico na identificação da distância entre as respectivas avenidas, a quantidade de postes que estão sendo utilizados, especificando os diferentes modelos e potências das respectivas lâmpadas. O recorte espacial evidenciado no Mapa 5, mostra percurso das duas avenidas que tem uma distância média de 3,1 Km com um total de cento e dezesseis postes e cento e cinquenta e seis luminárias.

Mapa 5 – Avenida Independência, 13 de Maio e Manoel Alexandre. Pau dos Ferros - RN



Fonte: Adaptado Google Maps, 2016.

- Redação preliminar, revisão e entrega do trabalho final como contribuição para academia e a pesquisa científica na área em questão, subsidiando outros estudos e projetos a serem desenvolvidos.

6 CARACTERIZAÇÃO DO UNIVERSO DA PESQUISA

No decorrer da análise, foi possível avaliar que as distâncias entre os postes e potência de cada luminária depende do tipo de avenida que está sendo analisada. A Avenida Independência é caracterizada como uma via arterial, exclusiva para tráfego motorizado, que se caracterizam por grande volume e pouco acesso de tráfego, várias pistas, cruzamentos em dois planos, escoamento contínuo, elevada velocidade de operação e estacionamento proibido na pista. É caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade. Velocidade máxima: sessenta quilômetros por hora (60 km/h). No setor de maior movimentação, com canteiros com larguras entre três até seis metros devem ser utilizadas as alternativas com postes centrais, logo estão presentes trinta e dois postes centrais e sessenta e um laterais. A figura 11 mostra a avenida da independência.

Figura 11 – Avenida da independência



Fonte: Autor

A Avenida 13 de maio é caracterizada como uma via exclusivamente para tráfego motorizado, que se caracterizam por um volume de tráfego inferior e por um acesso de tráfego superior àqueles das vias arteriais. Aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade. Velocidade máxima: quarenta quilômetros por hora (40 km/h). Estando presentes quinze postes laterais e oito centrais. A Figura 12 mostra a Avenida 13 de Maio.

Figura 12 – Avenida 13 de Maio



Fonte: Autor.

Como as lâmpadas utilizadas na iluminação pública da cidade de Pau dos Ferros-RN são do tipo vapor de sódio (cor alaranjada), costuma deixar a vegetação com uma cor muito distorcida, dando a aparência de queimado. Para seu funcionamento, além do reator, é necessária a utilização de um ignitor que tem o objetivo de dar a partida na lâmpada. Devido à característica dos gases no interior do tubo de descarga, torna-se necessária uma elevada tensão, de até 4.500 V, para sua partida. O ignitor gera estes pulsos de alta tensão, devendo limitá-los somente no momento da partida, ficando inativo o resto do tempo. O estudo tem como foco principal usar as lâmpadas de LEDS, por apresentar uma melhor reprodução de cor, aonde vem sendo muito difundida sua utilização em iluminação pública, visto que sua reprodução de cores é bastante superior à oferecida pela lâmpada a vapor de sódio, além da luz branca. Sendo assim sua eficiência poderia superar a eficiência da lâmpada a vapor de sódio. Logo, as principais vantagens de usar a luz de LED, são:

- **Sustentabilidade:** As lâmpadas de sódio funcionam mediante a descarga elétrica em um tubo de vidro contendo gases em seu interior, o que transforma a energia elétrica em luminosa. Estes gases contaminam o solo no descarte. Já o LED não entrou na Lei de Resíduos sólidos, pois não possui metais pesados em sua composição.
- **Acendimento:** As de sódio necessitam de reatores para sua ignição e funcionamento, o que pode levar até 15 minutos para acendê-lo novamente por completo, após uma oscilação de energia, por exemplo. Já o LED é resistente a

vibrações e não possui problemas de queima ou falha de filamentos, pois usa um chip para ser acionado.

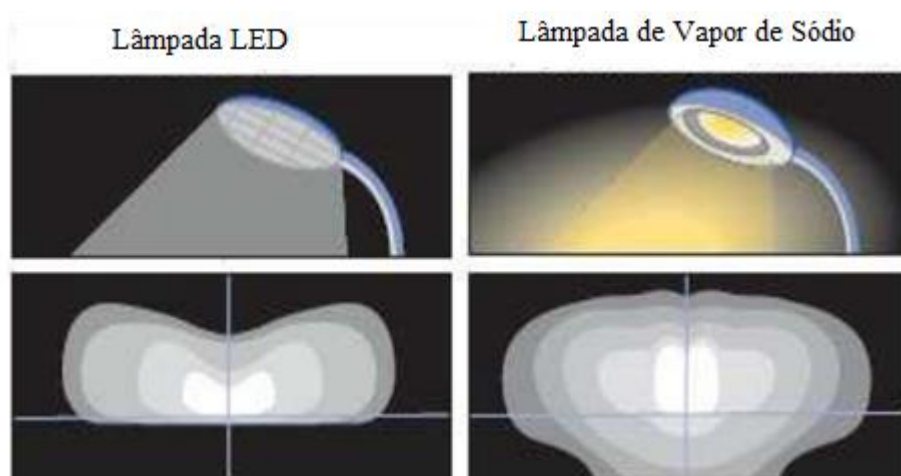
- **Visão melhorada:** Como controla a luz por lente e não por espelho, o LED tem um controle óptico que garante à luz chegar ao lugar certo, fornecendo uma luz mais uniforme. O olho humano à noite percebe melhor os espectros de luz emitidos pela iluminação branca do LED, por isso existe a percepção de maior claridade sob luzes brancas.

- **Manutenção:** Lâmpadas de alta potência, como o sódio, são utilizadas em locais com grandes alturas, o que necessita de um aparato mais complexo para fazer a substituição em caso de queima, com mão de obra e até andaimes. O LED diminui consideravelmente a necessidade de manutenção e, conseqüentemente, o custo envolvido no processo.

- **Interatividade:** Por ser uma luz eletrônica, o LED permite a inserção de gerenciamento e monitoramento remoto (dimerização, controle de fluxo de luz e de consumo).

- **Economia:** O LED entrega a mesma quantidade de luz, ou até mais, consumindo até 75% menos energia que as lâmpadas de vapor de sódio, impactando diretamente na saúde financeira.

Figura 13 - Espalhamento da luminária LED e vapor de sódio



Fonte: Gianelli et al. (2009).

- **Aproveitamento luminoso:** Ao contrário do LED, que usa luz direcional, a lâmpada de sódio desperdiça luz, isto porque irradia luz em 360°. Com isso ocorre uma invasão de luz em áreas que não precisam ser iluminadas, diminuindo a poluição

luminosa. Na figura 13 mostra como a diferença do espalhamento de uma lâmpada de LED e uma de Vapor de Sódio.

As lâmpadas mais utilizadas de vapor de sódio, são de potência equivalente a 400 W, que têm uma vida útil equivalente a 24.000 horas, alcançando seis anos de funcionamento. Algumas cidades realizam a troca das lâmpadas em intervalo de manutenção de quatro anos para evitar a queima e o blecaute na iluminação. Para as luminárias a LED, a vida útil é estimada no mínimo em 50.000 horas, correspondendo a aproximadamente 12,5 anos para uma utilização média de 11 horas por dia, como mostra a tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Comparação entre luminárias tradicionais e luminárias a Led.

Descrição	Luminária de Sódio	Luminária a LED
Tecnologia	Máximo desenvolvimento	Em início de desenvolvimento
Rendimento (lm/W)	140	90*
Índice de Reprodução de Cor (IRC)	25	>70
Tempo de vida útil (h)	24.000	50.000 – 100.000
Potência para iluminar	1	<1
Intervalo de manutenção (ano)	4	>6**
Vida útil da luminária (ano)	12 anos	Mínimo de 12**
Controle de cor e potência	Não	Sim
Utiliza mercúrio	Sim	Não

Fonte: (SALES)

Para calcular o consumo diário, foi utilizada a formula a seguir:

$$Consumo = \frac{Potência (W)}{1000} \times Tempo(h)$$

Inicialmente foi multiplicada a potência da lâmpada de sódio, onde equivale a 400W com o tempo em hora que a lâmpada vai está ligada, 11 horas e 52min. Em seguida foi considerado a taxa cobrada pela COSERN de R\$ 0,53 por KWh consumido, encontrando o custo total por dia. Logo em seguida foi multiplicando pela quantidade de lâmpadas que se encontram nas duas avenidas, existindo 156 unidades e logo depois multiplicado por 365 para obter o custo total durante o ano, como mostra na tabela 3 abaixo.

Tabela 3 – Custo Total Anual da Luminária de Sódio

Luminária de Sódio					
Potência(W)	Tempo (h)	Consumo (KWh)	Taxa (R\$)	Nº de Lâmpadas	Custo Total(R\$)
400	11,86	4,744	0,53	156	143.165,38

Fonte: Autor.

O projeto proposto de energia solar com utilização de luminária de LED não utilizaria a energia fornecida pela empresa privada COSERN, seu custo vai ser apenas o inicial para a instalação do sistema fotovoltaico, onde iria ocorrer a substituição dos postes das avenidas, por outros compostos por: módulo fotovoltaico de 140 W; controlador de iluminação de 24V; bateria 12V; luminária LED 24W ; poste altura 5m; caixa de bateria 12V, suporte, cabos e conjunto de chumbadores. Cada unidade com apenas uma luminária está equivalente a aproximadamente quatro mil reais, como a quantidade de postes laterais são de setenta e seis, o custo inicial vai ser de aproximadamente R\$ 264.000,00. Já com duas luminárias, vai ser composto por dois módulos fotovoltaicos de 140 W; controlador de iluminação de 24V; bateria 12V; luminária LED 12W ; poste altura 6m, c/2 braços a 120°; caixa de bateria 12V, suporte, cabos e conjunto de chumbadores. A tabela 4 baixo mostra , que o valor por unidade custa R\$ 10.000,00, existindo uma quantidade quarenta unidades de postes composto por duas luminárias, tendo um custo de R\$ 400.000,00. Logo, o custo inicial vai ser de R\$ 664.000,00 desconsiderando a mão de obra pra ser instalada. Esta tecnologia tem uma autonomia de três dias sem sol funcionando 12h por dia. Fácil instalação, sem fios e manutenção. Acende e apaga automaticamente. Luminária LED de alta eficiência, com brilho forte e baixo consumo. Baterias de longa duração com vida útil de até cinco anos.. Porém, só substituindo as lâmpadas de sódio por de LAD, sem o projeto de energia solar fotovoltaica já existia um custo benefício, como mostra a tabela 5.

Tabela 4 – Custo Total Luminária de LED

	Nº de Postes	Custo(R\$)	Custo Inicial(R\$)	Custo Total
Postes Centrais	40	10.000,00	400.000,00	664.000,00
Poste Laterais	66	4.000,00	264.000,00	

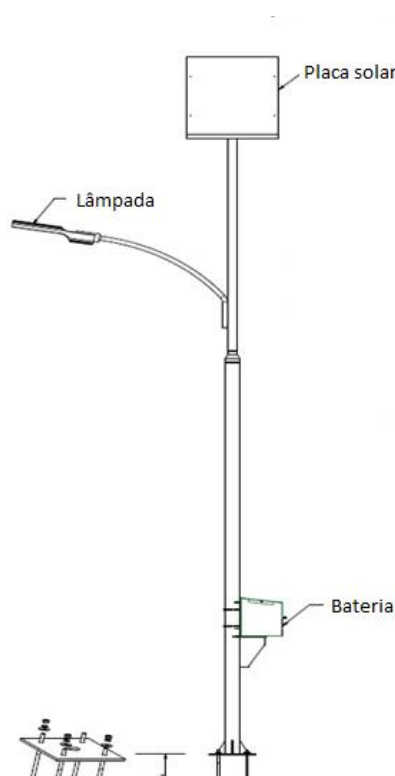
Fonte: Autor.

Tabela 5 – Custo com luminária de LED

Potência(W)	Tempo (h)	Consumo (KWh)	Taxa (R\$)	Valor/Lâmpada	Dias	Nº de Lâmpadas	Custo Total (R\$)
24	11.86	0,28464	0,53	0,15085992	365	156	8.598,92

Fonte: Autor.

Com base nos dados citados acima, é fácil perceber o elevado custo para obtenção de um sistema solar composto por LED, Figura 14, porém em aproximadamente quatro anos e meio o município já vai ter quitado todo valor investido e nos anos futuros não vai ter nenhum gasto com a iluminação das duas avenidas, apenas o custo de manutenção do equipamento, tendo assim uma grande economia para os cofres públicos do município.

Figura 14 – Poste solar

Fonte: NEOSOLAR.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos objetivos traçados, buscou-se obter os resultados de maneira a apresentar coerentemente os gastos na iluminação pública. Para tanto esse tópico aborda como iniciou a iluminação pública nas cidades pequenas, relatando os aspectos sociais e econômicos que estão relacionados com essa tecnologia. Em seguida, é executada a relação entre iluminação e segurança na cidade quando há falta de iluminação e o quanto pode favorecer a população uma iluminação adequada. Posteriormente a isso é demonstrando a perspectiva do projeto para a cidade de Pau dos Ferros – RN, descrevendo as melhorias que podem ser alcançadas com o determinado projeto. As imagens a seguir referem-se às avenidas estudadas respectivamente, figura 15 mostra a Avenida Independência e figura 16 a Avenida 13 de Maio.

Figura 15 – Vista principal da Avenida Independência.



Fonte: Autor

Figura 16 – Vista total da Avenida 13 de Maio.



Fonte: Autor.

7.1 VIABILIDADE ECONÔMICA

A decisão de investir capital em um projeto é parte de um processo que envolve a geração e a avaliação de diversas alternativas que atendam às especificações técnicas e econômicas dos investimentos. Para um projeto ser viável deve haver um retorno financeiro utilizado na sua implantação. O retorno pode ser em monetário ou em benefícios para uma população ou município, onde acontece através do fluxo de benefícios futuros ao longo de um tempo estimado de vida útil mínimo do projeto. Nesta análise foi utilizado na iluminação pública o sistema solar fotovoltaico e ficou claro sua eficiência e seu custo benefício. Pois as despesas realizadas com a instalação do sistema fotovoltaico nas duas avenidas Independência e 13 de Maio teve um valor elevado, porém em aproximadamente quatro anos e meio essa quantia vai ser quitada, existindo assim uma economia mensal satisfatória para os cofres públicos do município.

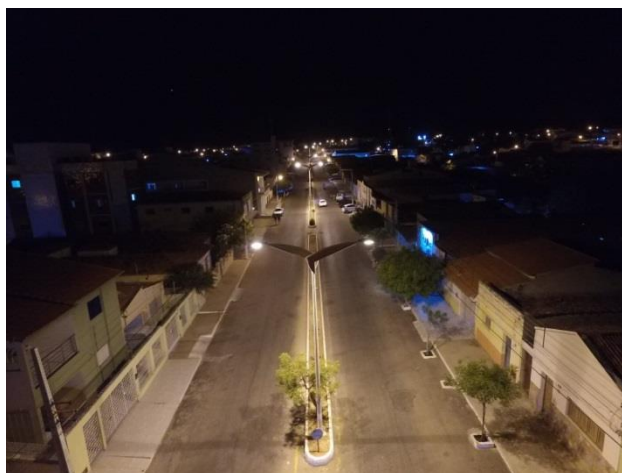
Com a utilização da luz de LED na iluminação pública, diminuiu consideravelmente a necessidade de manutenção e, consequentemente, o custo envolvido no processo. Além de fornecer a mesma quantidade de luz, ou até mais, consumindo até 75% menos energia que as lâmpadas de vapor de sódio, impactando diretamente na saúde financeira. Assim, o município não vai ter os custos com as taxas cobradas pela empresa privada (COSERN) que fornece energia para Pau dos Ferros – RN e a manutenção nas lâmpadas que era realizada com frequência vão diminuir em quantidades consideráveis.

7.2 QUESTÃO SOCIAL

O planejamento de uma iluminação pública pode ser entendido como um processo de trabalho permanente voltado para elaboração de medidas com o objetivo de organizar ou potencializar a dinâmica urbana. Está claro que um ambiente com uma iluminação pública de qualidade, vai aumentar a perspectiva de visualização social da cidade, fazendo com o que o local seja mais frequentado e valorizado pela população e turista. Esta tecnologia está relacionada diretamente com a qualidade de vida dos habitantes, pois como foi demonstrado no estudo de caso, é uma fonte de energia renovável, limpa e sustentável, além de está evitando o uso da eletricidade privada, vai evitar mais uma poluição dos solos com o descarte das lâmpadas de sódio que são desfeitas nos lixões sem nenhum processo de reciclagem.

A melhoria na qualidade de iluminação pública favorece o turismo, comércio e o lazer noturno, favorecendo o desenvolvimento social e econômico da população. A Figura 17 mostra como o design de um poste valoriza uma determinada avenida, este tipo de marketing ocorre pelo fato do movimento de pedestres e automóveis ser significativamente mais elevado que nas demais ruas e avenidas da cidade, tornando-a uma das principais. Porém requer um conhecimento técnico que determine forma a cada avenida que está sendo iluminado, pois além de uma fonte de luz adequada e eficiente, com baixa poluição luminosa, deverá ser segura durante a noite e agradável durante o dia.

Figura 17 – Design dos postes da 13 de maio.

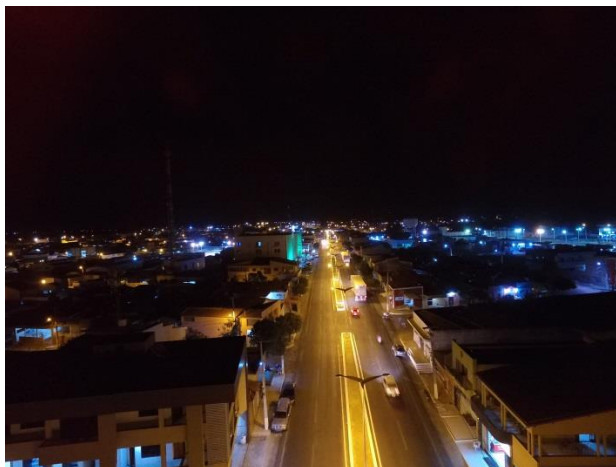


Fonte: Autor

7.3 SEGURANÇA X ILUMINAÇÃO

Uma das principais funções da iluminação pública é tornar viável o acesso às ruas ao anoitecer, essa tecnologia fez com que a população pudesse aumentar as suas horas de lazer no período noturno. A escuridão e a falta de iluminação prejudicam diretamente aqueles cidadãos que tem a necessidade de transitar nas ruas para estudar e/ou trabalhar a noite. Hoje a claridade nas ruas, praças e avenidas é fator incontestável de segurança pública. Contudo, quanto melhor iluminados os logradouros durante a noite, menores serão as chances de ocorrência de violência e furtos nestes locais. Atualmente não se discute mais a importância da iluminação pública, mas sim sua qualidade e disponibilidade, visto que já ficou clara a necessidade de uma iluminação nas avenidas da cidade. A figura 18 a seguir mostra o fluxo de automóveis na Avenida Independência ao anoitecer.

Figura 18 – Fluxo de automóveis na Avenida Independência



Fonte: Autor

7.4 PERSPECTIVA PARA PAU DOS FERROS – RN

Na cidade de Pau dos Ferros-RN como os demais municípios do país, apenas as ruas mais movimentadas, localizadas no centro urbano tem uma iluminação considerada de qualidade, enquanto as ruas mais afastadas do comércio, ainda estão com um baixo índice na quantidade de postes presentes, consequentemente uma iluminação precária, ou seja, as ruas mais distantes dos centros tem uma maior facilidade para furtos e assaltos, visto que as ruas tem um movimento bem menor comparada às avenidas principais. A utilização dessa fonte renovável na cidade vai melhorar a iluminação nas avenidas, pois as luzes de LED tem uma cor branca e os olhos humanos percebem melhor os espectros dessa luz, fazendo assim com que exista uma percepção de maior claridade quando usada esse tipo de lâmpada. Outra vantagem está relacionada com a segurança de quem trafega nas avenidas, pois não vai ter espaços escuros por toda percurso. Esse projeto vai fornecer um ambiente mais tecnológico e sofisticado, diminuindo a poluição ambiental, reduzindo os gastos do município com iluminação, sendo possível utilizar esse lucro para outras melhorias na cidade.

8 CONCLUSÃO

A energia solar fotovoltaica tem se mostrado cada vez mais eficiente para o uso na iluminação pública. Mesmo com o alto custo para a obtenção da energia renovável, ela se torna cada vez mais eficaz pelo fato de ter um retorno econômico, social e ambiental elevado. Este trabalho apresentou um sistema autônomo que utiliza a energia solar como fonte primária, baterias como fonte secundária e a fonte luminosa, a lâmpada de LED. A pesquisa concluída no sistema de iluminação pública de Pau dos Ferros-RN permite afirmar que os objetivos desta pesquisa foram atingidos em sua totalidade. A realização do projeto possibilitou avaliar hipótese, analisar o problema levantado, comprovando o custo benefício encontrado no uso de fontes renováveis na energia elétrica. O sistema proposto apresentou um alto rendimento econômico, uma vida útil elevada, qualidade luminosa avançada e uma maior perspectiva de visualização social.

Dada à importância do desenvolvimento de novas fontes de energia, e tendo em vista o enorme potencial energético encontrado na radiação solar, recomenda-se uma maior atenção nos investimentos para a obtenção dessa fonte tanto do município como da rede privada (COSERN), pois ficou claro que uma parceria, traria benefício para o município e privilégios para a rede privada. Contudo, vale lembrar que se trata de uma área ainda bastante inexplorada, que mesmo existindo possibilidades, recursos e benefícios ao meio ambiente, essa tecnologia ainda é colocada em terceiros planos por ter um custo inicial elevado. Logo, é uma fonte renovável repleta de oportunidades, onde trará enormes benefícios àqueles que tomarem iniciativa em utilizar a energia do sol.

9 REFERÊNCIAS

ALDABÓ, Ricardo. **Energia Solar**. São Paulo: Artliber Editora, 2002.

AMÉRICA DO SOL. **Energia Solar Fotovoltaica**. 2015. Disponível em: <<http://americadosol.org/conhecimento-em-energia-fotovoltaica#top>>. Acesso em: 27 out. 2016

ANEEL. **Participação Pública**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/participacao-publica>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações**. 2008. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Energia Elétrica, Ufrj, Rio de Janeiro, 2008.

BARBOSA, Robson. **A gestão e o uso de eficiente da energia elétrica nos sistemas de iluminação pública**. 2000. 195 f. Tese (Doutorado) - Curso de Energia, Usp, Sao Paulo, 2000.

Blue Sol & Suntech Power: banco de dados . disponível em <<http://www.bluesol.com/energiafotovoltaica.php>> Acesso em: 26 jun. 2010.

CGEE. **Energia solar fotovoltaica no Brasil: subsídios para tomada de decisão**. Brasília: Tatiana de Carvalho Pires, 2010. 44 p.

CRESESB. **Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_link&area=2>. Acesso em: 28 out. 2016.

ELECTRONICA. **Energia solar fotovoltaica**. Disponível em: <<http://www.electronica-pt.com/painel-solar-fotovoltaico>>. Acesso em: 12 out. 2016.

GREEN. **Grupo de estudos em energia**. 2014. Disponível em: <http://portal.pucminas.br/green/index_padrao.php?pagina=3477>. Acesso em: 29 out. 2016.

GUERRA, Antonio Teixeira e GUERRA, Antonio José Teixeira. **Dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

LABSOL. **Laboratório de Energia Solar**. 2015. Disponível em: <<http://www.solar.ufrgs.br/>>. Acesso em: 27 out. 2016.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA CÉLULA FOTOVOLTAICA**. 2016. 24 f. Monografia (Especialização) - Curso de Fontes Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2004.

NEVES, J. L. **Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades**. Caderno de pesquisa em administração, v. 1., n. 3., 1996.

NORTH, Journey. **Understanding Latitude and Longitude The Global Grid**. 2016. Disponível em: <<https://www.learner.org/jnorth/tm/LongitudeIntro.html>>. Acesso em: 09 out. 2016.

OS MAPEAMENTO DO DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE UMA CIDADE DA FRONTEIRA OESTE GAÚCHA. Rio Grande do Sul: Alvorada, 25 jun. 2014. Mensal.

PEREIRA, E.B. ; MARTINS, F.R. ; ABREU, S.L. ; RUTHER, R.(2006). Atlas Brasileiro de Energia Solar. São José dos Campos: INPE, 2006. 64 p.

RELAÇÃO ILUMINAÇÃO PÚBLICA E CRIMINALIDADE. Goiás: Especialize, 3 jan. 2013. Mensal.

SALES, Roberto. **Luminárias a Led na iluminação pública: características técnicas e viabilidade econômica**. 2011. 40 f. Tese (Doutorado) - Curso de Energia, Usp, Sao Paulo, 2011.

SCHUCH, Luciano; COSTA, Marco A. dalla; RECH, Cassiano. **SISTEMA AUTÔNOMO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE ALTA EFICIÊNCIA**.

SILVA NETO, José Luiz da; HAZAN, Sergio Sami. **Energia solar fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações**. 2008. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SHAYANI, R. A. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica**, Publicação PPGENE.DM-265/06, v Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006, p.58.

TONIM, Gilberto. **RELAÇÃO ILUMINAÇÃO PÚBLICA E CRIMINALIDADE. Goiás: Especialize, 3 jan. 2013. Mensal**. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Usp, São Paulo, 2016.