



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL
10º PERÍODO**

ADRIANO ANTÔNIO CÂNDIDO

A RELEVÂNCIA DAS FONTES ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS DE ENERGIA

**UBÁ
2018**

ADRIANO ANTÔNIO CÂNDIDO

A RELEVÂNCIA DAS FONTES ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Me. Liliane Souza Oliveira Moni

**UBÁ
2018**

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pela minha saúde e por tudo que eu vivi até aqui, e com sua graça o que ainda ei de viver.

Agradeço aos meus pais pela educação e orientação, a minha esposa Renata Helena e meu Filho Pedro Flausino, fontes constantes de inspiração e motivação, agradeço a eles pela paciência e compreensão, e em especial ao meu avô Sebastião Flausino (in memoria), um grande incentivador da busca do conhecimento.

Agradeço aos mestres com os quais tive a honra e o privilégio de estar nos últimos seis anos, os quais doaram parte de seu preciosíssimo tempo em dedicar-se a um dos mais nobres e valiosos ofícios, ensinar, passar adiante o conhecimento adquirido, e como não bastasse está nobre atitude, atuaram na minha vida acadêmica como grandes fomentadores e incentivadores do conhecimento, a todos meus sinceros agradecimentos.

Aos meus amigos: João Paulo de Miranda, amigo com quem compartilhei todos os domingos e feriados em prol dos estudos nos últimos seis anos, e aos amigos Marcelo Barbosa e Helóísio Marçal companheiro de sala de aula, ao amigo Nilton Bolotari, e ao grande amigo e companheiro de grandes batalhas Paulo Henrique Nascimento.

RESUMO

Observa-se, nas últimas décadas, uma preocupação mundial com as altas taxas de dióxido de carbono lançado na atmosfera da terra, proveniente da produção de energia elétrica e combustão de veículos automotores. Na busca por novas alternativas, os recursos de fontes renováveis têm sido o foco de inúmeras pesquisas e projetos pilotos, devido à preocupação com o meio ambiente. Nesse sentido, várias são as razões para a implementação de fontes renováveis de energia da matriz energética brasileira. Assim, o material desse estudo foi identificar os diferentes tipos de energias renováveis existentes no Brasil, bem como, a finalidade e o impacto ambiental provocado por essas fontes. O trabalho foi desenvolvido sobre os preceitos do estudo exploratório por meio de uma pesquisa bibliográfica. Foram identificados sete tipos de energias alternativas renováveis no Brasil, Biomassa, Eólica, Geotérmica, Hidrogênio, Hidráulica, Marítima e Solar. A energia Solar apresenta-se com o maior potencial perante as outras fontes, em virtude do seu proveito e acesso, mesmo em locais isolados e da disponibilidade em todo território nacional, com o mínimo impacto ambiental e a viável produção no próprio local de consumo.

Palavra-chave:Energia, Fontes Alternativas, Fontes Renováveis.

ABSTRACT

In recent decades, there is a worldwide concern about the high rates of carbon dioxide released into the Earth's atmosphere from the production of electric power and the combustion of motor vehicles. In the search for new alternatives, the resources of renewable sources have been the focus of numerous researches and pilot projects, due to the concern with the environment. In this sense, there are several reasons for the implementation of renewable energy sources of the Brazilian energy matrix. Thus, the material of this study was to identify the different types of renewable energies in Brazil, as well as the purpose and the environmental impact caused by these sources. The work was developed on the precepts of the exploratory study through a bibliographical research. Seven types of alternative renewable energy were identified in Brazil, Biomass, Wind, Geothermal, Hydrogen, Hydraulic, Maritime and Solar. Solar energy presents the greatest potential in relation to other sources, due to its benefits and access, even in isolated locations and availability throughout the national territory, and with the minimum environmental impact and viable production in the locality of consumption.

Keyword: Energy, Alternative Sources, Renewable Sources.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com registros e conhecimentos históricos, desde os tempos mais remotos, as civilizações buscam formas de sobreviver e se adaptar ao meio em que vive, extraindo da natureza os recursos necessários para a sua sobrevivência, sem alterar ou agredir o meio ambiente e vivendo em harmonia com o ecossistema. Observa-se que o comportamento adotado pela sociedade no último século não se relaciona com os cuidados necessários ao meio ambiente. Na corrida pelo desenvolvimento e uma busca contínua por novas tecnologias, nota-se uma dependência maciça de combustíveis fósseis e as altas quantidades de dióxido de carbono (CO₂) lançado na atmosfera, refletindo um novo cenário.

O planeta demonstra sinais de que esses cuidados estão sendo esquecidos ou ignorados. Vivenciam-se, ultimamente, diversos fenômenos naturais, que comprovam que o equilíbrio interno do planeta está sendo alterada, mutações cuja participação principal advém da ação do homem. Entre as mudanças ocorridas, a que mais afeta, atualmente, é o aquecimento do planeta, responsável pelas causas de diversas modificações, dentre essas, o ciclo e volume das chuvas, fato que se relaciona diretamente com o tema proposto para este trabalho.

“O desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades (CMMAD, 1991)¹”. Sustentabilidade sugere-se uma mudança de comportamento, adotar padrões de forma garantir a qualidade de vida e o conforto necessário para a sobrevivência de gerações futuras em nosso planeta.

O presente trabalho tem por objetivo abordar fontes alternativas de energia elétrica, pois, apesar de uma condição farta de energia limpa e renovável que provem das hidroelétricas, ainda está sujeita a alterações, diversas variações devidas às condições climáticas. A alta complexidade de sistema elétrico do país e a crescente demanda por energia elétrica e o crescimento populacional e industrial, se soma a diversos problemas semelhantes, tais como, a baixa nos níveis dos reservatórios das usinas hidroelétricas por conta da estiagem, ocasionando assim uma baixa produtividade de energia entre outros fatores, com o intuito de suprir tais necessidades percebe-se medidas adotadas pelas concessionárias direcionadas a fontes de energia não convencionais, no entanto, observa-se a necessidade de

¹ Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento.

investimentos em determinados setores a fim de mitigar tais deficiências, as ampliações nas redes de transmissão, necessidade de aumento na produção de energia elétrica, entre outros, relacionado com a falta de investimentos nas redes de distribuição e a ameaça de possíveis apagões, fato este que agrava no decorrer dos anos, originando diversos problemas para a população e para as indústrias, a soma destes agentes são os grandes causadores de prejuízos, elevando custos, que por sua vez é repassado à população.

A relevância do tema proposto se faz jus por tratar de um assunto que envolve a humanidade como um todo. A busca por um desenvolvimento sustentável, explorar novas fontes de energia e preservar o planeta.

O propósito deste trabalho é abordar as fontes alternativas de energia elétrica. Dentre as fontes alternativas, uma possível indicação de uma opção viável e econômica para a população como um todo e indústria, que é o sistema de energia solar fotovoltaico, traz a idéia de uma fonte inesgotável, de uma energia limpa e renovável, comparada ao sistema vigente.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Uma Breve História da Energia Elétrica

Conforme registros históricos, as primeiras descobertas com a energia elétrica ocorreram na Grécia antiga, observou-se que ao se atritar o âmbar, conhecido na época como *eléktron*, este atraía pequenos corpos como pedaços de palhas, penugem (ORNELAS,2006).

É uma resina fóssil, proveniente de uma espécie extinta de pinheiro do período terciário, sólida, amarelo-pálida ou acastanhada, transparente ou opaca, utilizada na fabricação de vários objetos; âmbar amarelo, alambre, sucinto: um colar de âmbar; uma piteira de âmbar. [Plural: âmbares.] (Assis,2010).

Neste período, vários cientistas contribuíam diretamente para o desenvolvimento e a industrialização de modo geral, os países europeus já conheciam e faziam uso de grandes descobertas científicas, como a eletricidade, corrente elétrica, eletromagnetismo, indução, potência elétrica, lâmpada elétrica e motores elétricos, e, desenvolviam suas máquinas movidas a eletricidade.

2.1.1A energia elétrica no Brasil

A população brasileira nasceu no século XIX, enquanto as diversas nações ao redor do mundo já se desenvolviam e movimentavam suas economias, o país caminhava a beira da história. Removendo ouro e pedras preciosas, produzindo fumo cana, de açúcar, gado de corte e leite, vivia-se como colônia, produtor secundário de matérias-primas, o retrato do país se construía sobre duras condições de vida. Mais tarde, o Brasil se fez nação, mas a liberdade se fez de fato quando a produção passou a não pertencer mais ao império português.

A industrialização de produtos que já transformava a face dos países, principalmente os europeus, ainda não havia chegado ao Brasil, não se tinha ainda o conhecimento de utilização do carvão mineral e o vapor como fonte de energia, pois

ainda se utilizava a tração animal para locomoção e transporte de cargas, engenhos e moinhos movimentados a tração humana na forma de trabalhos escravos.

No final do século, quando começaram as imigrações sendo a maior parte de europeus, vem surgindo os trabalhadores assalariados e se abole a escravidão, é quando se inicia a economia industrial, começa-se a utilizar o carvão mineral e vapor como fonte de energia. Desde então, ainda com a imigração em alta, observa-se o desenvolvimento da economia do país e o que se chamaria mais tarde de revolução industrial (BENÍCIO,1977).

Graças ao interesse que o imperador Pedro II dispersava as invenções e descobertas científicas, o Brasil é também um dos pioneiros mundiais: no mesmo ano de 1879, ele inaugura a iluminação elétrica da antiga Estação da Corte (hoje Estação D. Pedro II), da Estrada de Ferro Central do Brasil, com 6 lâmpadas de arco voltaico, tipo *JablokHoff* que substituem 46 bicos de gás , e produzem melhor iluminação. Outras 16 lâmpadas são instaladas no Campo da Aclamação (Praça da República) em junho de 1881, provida da energia de locomóvel com dois dínamos. Campos (RJ) se tornam a primeira cidade do Brasil e da América do Sul a receber iluminação pública, elétrica em 1883(BENÍCIO,1977)

O final do século XIX, para início do século XX, traz outro grande marco, em 1892, correm no Rio de Janeiro os primeiros bondes elétricos, e se faz o primeiro aproveitamento hidroelétrico no país, embora para uso privado: a Usina do Ribeirão do Inferno, afluente do Jequitinhonha (Diamantina MG), passaria a fornecer energia elétrica para mineração. A usina era composta por uma barragem com um desnível de 5 metros e a casa de força com dois geradores cerca de 6kw, cada um de corrente contínua, acionados por uma roda hidráulica de madeira (BENÍCIO,1977).

A primeira usina hidroelétrica instalada no Brasil para serviços de utilidade pública é a de Marmelos-Zero, no rio Paraibuna, próximo a recém-construída estrada União-Indústria, exatamente a 5 de setembro de 1889 – último aniversário da Independência comemorado no Império. Bernardo Mascarenhas, notável pelo trabalho pioneiro na criação de indústrias, é o que constrói, a fim de fornecer eletricidade a cidade mineira de Juiz de Fora. São instalados dois geradores monofásicos de 125 kW cada, com a tensão de 1000 volts e frequência de 60 Hz. O impulso de grande iniciativa de Bernardo Mascarenhas resulta o período decisivo de desenvolvimento de Juiz de Fora, que chegará a ser chamada “Manchester Brasileira”, pelas

fabricas de tecidos que nela se instalam. Sete anos mais tarde dará lugar a outra hidroelétrica, a Marmelos-1 no mesmo local. (BENÍCIO,1977)

A partir de então a energia elétrica começou a ser explorada em outros estados, em pequenas usinas que destinava a sua produção para iluminação pública e indústria privada, que até então era feita por lampiões a gás, e na maioria das vezes utilizava-se locomoveis a lenha.

“A partir de 1900, o afluxo de recursos para o setor elétrico é mais rápido. Predominando o equipamento hidrelétrico, multiplicam-se as companhias que geram, transmitem e distribuem energia elétrica nas pequenas localidades. (BENÍCIO,1977)”

Percebe-se então o potencial hidráulico em várias regiões no Sudeste do país e começa a surgir uma série de políticas para reger e organizar a produção, em como a distribuição municipal e estadual. A evolução no setor é crescente com a participação direta de capital e tecnologia estrangeira, a instalação de duas companhias americana no setor elétrico no estado de São Paulo e Rio de Janeiro, as companhias LIGHT((*Light S.A*); Light Serviços de Eletricidade S.A) e AMFORP (*Americam Foreing Power Company*), o desenvolvimento econômico industrial se torna evidente, a presença do capital e tecnologia estrangeiro, determinam este ritmo.

Em 1952 é fundada a CEMIG (Centrais Elétricas de Minas Gerais S.A), CHESF (Companhia Hidroelétrica do São Francisco). O desenvolvimento econômico e social do sudeste brasileiro é expressivo quando comparado ao nordeste, acredita-se por privilegiar-se do potencial hidráulico e as instalações das hidroelétricas nestas regiões, vê-se então formar o maior parque industrial da América Latina. O período que se passa retrata grandes mudanças econômicas e sociais. As companhias e usinas hidroelétricas vão se espalhando no território nacional de forma isolada, e sempre próximo ao curso de rios e distantes dos grandes centros. Já em 1924, com a instalação da companhia americana AMFORP (*Americam Foreing Power Company*) observa-se a concentração no Sudeste, mais precisamente no estado de

São Paulo as maiores distribuidoras de energia elétrica do país surgem neste período a Companhia Paulista de Força e Luz, que adquire o domínio de todas as pequenas distribuidoras do estado. A partir de 1927, adquire o controle de diversas concessionárias já existentes de serviços públicos de distribuição de energia elétrica em várias capitais e do país, esse controle então é transferido ao Ebasco internacional Corporation², que cria a empresa CAEEB (Companhia Auxiliar das Empresas Elétricas Brasileiras), com o objetivo de supervisionar e conduzir as concessionárias sob seu controle acionário ainda sob forte autoridade do capital estrangeiro(BENÍCIO,1977).

Em 1934, quase simultaneamente com a promulgação da nova constituição, surge o Código de Aguas, Ele introduz modificações substanciais na sistemática dos aproveitamentos hidroelétricos: separa a propriedade das quedas d'águas das terras em que se encontram, incorporando-as ao patrimônio da Nação ; atribui a União a competência de outorga hidráulica para uso privativo ou serviço público; institui o princípio do custo histórico e do "serviço pelo custo", de lucro limitado e assegurado; e inicia a nacionalização dos serviços, restringindo sua concessão a brasileiros ou empresas organizadas no país. Ressalva, no entanto, os direitos adquiridos. (BENÍCIO,1977)

Posteriormente a criação de Código de Águas, em 1939, surge o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNEEA), que recebe, entre outras, as seguintes atribuições: estudo e avaliação da energia hidráulica no território nacional; examinar e instituir técnica, bem como administrar os pedidos de concessão ou autorização para utilização de energia hidráulica para produção, transmissão, transformação e a distribuição de energia elétrica, regulamentar e fiscalizar de modo especial e permanente o seu serviço (BENÍCIO,1977).

O setor energético brasileiro conhece a primeira crise por conta da estiagem, entre 1924 e 1925, que voltou a ocorrer entre 1950 e 1955, e com grande impacto na economia. Neste período ocorriam racionamentos que afetava diretamente as indústrias e o comércio de modo geral, fatos que levaram o governo federal a destinar recursos às empresas do setor através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE), situações que acarretaram a criação de

²Ebasco international corporation; empresa responsável por um grupo de empresa americana, que realiza compra de títulos, e construção de hidroelétricas

impostos e tarifas, fatos que levaram, mais tarde, a estatização do setor e a criação da ELETROBRAS (BENÍCO1977).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), autarquia em regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, foi criada para regular o setor elétrico brasileiro, por meio da Lei nº 9.427/1996 e do Decreto nº 2.335/1997. A missão da ANEEL é proporcionar condições favoráveis para o mercado de energia elétrica, tendo como principais atribuições:

- Regular a produção, a transmissão, a distribuição e a comercialização de energia elétrica;
- Fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica;
- Implementar as políticas e diretrizes do Governo Federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos;
- Estabelecer tarifas;
- Mediar, na esfera administrativa, os conflitos entre os agentes e entre esses agentes e os consumidores;
- Por delegação do Governo Federal, promover as atividades relativas às outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica ³(ANEEL,2017).

2.2 Fontes de Energia

Para a execução das atividades mais simples do dia a dia, a energia elétrica é fundamental nos dias atuais, assim como para o desenvolvimento tecnológico e econômico dos países. A necessidade de desenvolvimento dos países aumenta a obrigação de produzir energia e ao mesmo tempo precisa-se preservar o meio ambiente, utilizando com responsabilidade os recursos naturais. Com este propósito, além de ampliar a capacidade de geração de energia elétrica e desenvolver o aproveitamento de fontes convencionais, também é necessário aprimorar as tecnologias para a utilização de novas fontes energéticas, as chamadas fontes alternativas de energia (ELETELEBRAS,2017)⁴.

³Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos>>. Acesso em: 7 de out. 2018.

⁴Disponível em:<<http://eletrobras.com/pt/PublishingImages/Forms/DispForm.aspx?ID=117>> Relatório anual Eletrobrás, ano de referência 2017. Acesso em: 7 de out. 2018.

2.2.1 Fontes Alternativa de Energia

Entende-se que as fontes de energia que compõem a este grupo são consideradas inesgotáveis, compreende-se que suas quantidades se renovam, invariavelmente, ao serem usadas. Segue abaixo alguns exemplos de fontes renováveis:

- A. Eólica.
- B. Biomassa.
- C. Oceânica.
- D. Hidrogênio.
- E. Geotérmica.
- F. Hídrica.
- G. Solar.

2.2.2 Energia Eólica

A energia dos ventos, conhecida como eólica, tem-se conhecimento da utilização da energia dos ventos para realizar diversos trabalhos, tais como bombear água, moer grãos, entre outras atividades. Ultimamente, observada como uma das mais promissoras fontes alternativas de energia. Em uma usina eólica, a conversão da energia é realizada por meio de um aerogerador, ou seja, um gerador de eletricidade acoplado a um eixo que gira, movido com a força dos ventos que se chocam contra as pás conectadas por um eixo a turbina, os ventos precisam ter velocidade média anual superior a 3,6 metros por segundo. Além disso, as turbinas eólicas podem ser utilizadas em conexão com as redes elétricas já existentes ou em lugares isolados. No Brasil, alguns parques eólicos já estão em funcionamento e outros devem entrar em operação nos próximos anos (ELETROBRAS,2015).

Conforme a (ELETROBRAS,2015)⁵, por meio de suas empresas, tem participação em empreendimentos nas regiões Sul e Nordeste, um deles é a Central Geradora Eólica Casa Nova, na Bahia. Outro exemplo é o Complexo Eólico Cerro Chato, no Rio Grande do Sul, na fronteira com o Uruguai (FIG. 1). O número de usinas de geração de energia eólica no Brasil se aproxima de 500 instalações,

⁵Disponível em: <<http://eletrobras.com/pt/PublishingImages/Forms/DispForm7>> relatório anual Eletrobrás, ano de referência 2015. Acesso em: 7 de out. 2018.

passando de 86 parques, em janeiro de 2013, para 459 em janeiro desse ano. O crescimento das usinas eólicas colocou o Brasil entre os dez países com maior capacidade instalada de geração eólica no mundo, atingindo 10.444 MW em janeiro de 2017. Os dados sobre usinas e capacidade de geração são do Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (Jan-2017). A energia eólica também se destaca na matriz de capacidade elétrica brasileira, e vem sendo muito expandida nos últimos anos. Na comparação com janeiro de 2016, a capacidade instalada eólica cresceu 31%, ficando na frente de outras fontes como hidráulica (6,5%) e térmica (4,1%) (MME,2017)⁶.

Figura 1 - Complexo Eólico Cerro Chato no Rio Grande do Sul



Eletrossol⁷

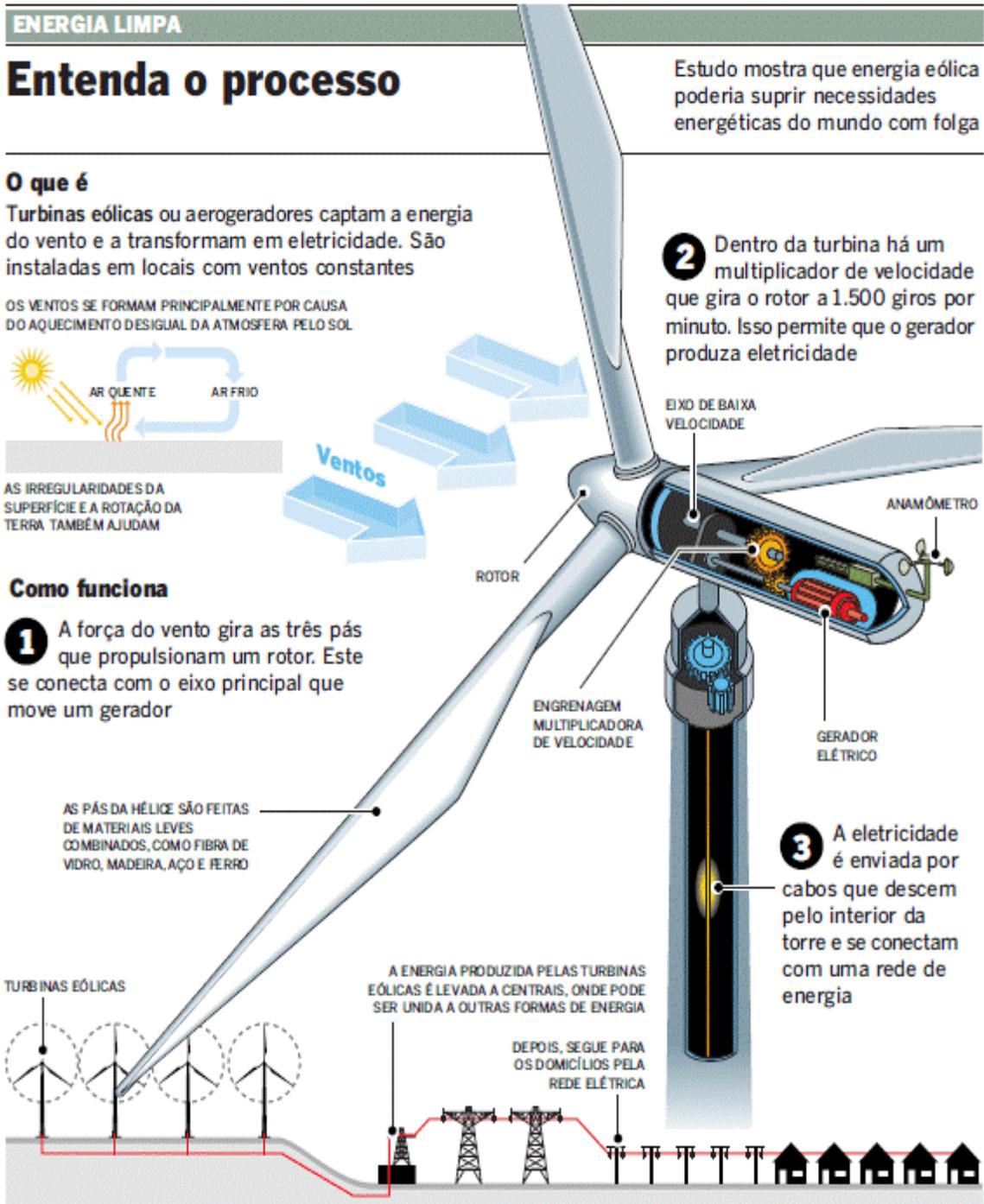
Fonte:

A FIG. 2, a seguir, retrata uma ilustração esquemática do funcionamento de um gerador eólico.

⁶Disponível em: < <http://www.mme.gov.br> > acesso em 20 de out.2018 >, relatório anua do Ministério de Minas e Energia, ano de referência 2017. Acesso em: 7 de out. 2018.

⁷Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/ampnbsp/fotos-do-complexo-eolico-cerro-chato#top>>. Acesso em: 5 de out. 2018.

Figura 2 – Esquema de funcionamento



Fonte: Palpite digital⁸

⁸Disponível em: <http\www.palpitedigital.com>. Acesso em: 15 de out. 2018.

2.2.3 Biomassa

Entende-se por biomassa, materiais de origem orgânica que comumente são desperdiçados em processos industriais. Estes subprodutos podem ser reaproveitados tanto para produzir calor como eletricidade. Existem projetos de geração de eletricidade, a partir destes resíduos em termelétrica que aproveitam como combustível o bagaço da cana, antes desprezado pela indústria do álcool e do açúcar e outros que produzem energia a partir da queima, da lenha, resíduos de madeiras, serragem, entre outros, como: a casca do arroz e os resíduos das indústrias do papel. O biogás, obtido na decomposição do lixo orgânico e dejetos de animais, é outro exemplo de biomassa que pode ser utilizada na produção de energia. Por muito tempo, a madeira foi a principal fonte energética utilizada pelo homem, ao lado de óleos vegetais e animais.

Após a revolução industrial, despertou-se um significativo interesse no consumo da biomassa, como o uso de lenha como fonte de energia a partir de sua combustão na indústria siderúrgica, além de sua aplicação nos transportes, utilizada por máquinas a vapor. O Brasil utiliza bagaço proveniente da cana-de-açúcar para gerar bioeletricidade desde 1980. No ano de 2010, a produção foi comparada à energia necessária para atender 20 milhões de pessoas e o país pode ter mais de 13.000 megawatts hora (MWh) médios de energia da cana. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL,2017), a potência total de produção da bioeletricidade no cenário brasileiro é da ordem de 9.000 MWh nas 431 usinas que operam com combustíveis de biomassa. A biomassa pode ser considerada como uma forma indireta de energia solar. Essa energia é responsável pela fotossíntese, base dos processos biológicos que preservam a vida das plantas e produtora da energia química que se converterá em outras formas de energia ou em produtos energéticos como carvão vegetal, etanol, gases combustíveis e óleos vegetais combustíveis, entre outros. A fotossíntese permite, também, a liberação de oxigênio e a captura de dióxido de carbono (CO₂) principal agente do efeito estufa. Portanto, contribui para a contenção do aquecimento global (ANEEL,2017).

A FIG. 3 ilustra uma usina que produz energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar, localizada na região de Ribeirão Preto em funcionamento há 25 anos.

Figura 3 – Usina São Francisco



Fonte:G1 Globo⁹

A geração de energia próxima aos centros de carga é uma vantagem e um dos fatores que pode reduzir a necessidade de construção de linhas de transmissão. Acredita-se que a geração de energia elétrica proveniente de biomassa é muito mais barata do que a energia gerada em termelétricas movidas a combustíveis fósseis e carvão mineral (ENERGISA,2017).

A cogeração¹⁰ de energia a partir de biomassa complementa a geração de energia das hidroelétricas. No período seco do ano, as usinas de álcool estão no pico de sua produção, quando os reservatórios tendem a ficar vazios e a geração hidroelétrica fica comprometida (ENERGISA,2017)¹¹.

As centrais termelétricas podem ser classificadas segundo diferentes critérios, como: produto principal, tipo de combustível, tipo de máquina térmica, caráter da carga, entre outros. Quanto ao produto principal, distinguem-se as térmicas cujo único produto é a eletricidade e as que geram simultaneamente eletricidade e calor (cogeração). O tipo de combustível tem importância tanto do ponto de vista técnico-econômico quanto ambiental, podendo ser utilizados vários tipos de combustíveis, como por exemplo: carvão, óleo combustível, diesel, gás natural, urânio e biomassa, entre outros. Em relação ao tipo de carga, há usinas que operam com uma carga relativamente constante (operação de base) e aquelas que operam algumas horas por dia (operação de pico). Sendo que a decisão

⁹ Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2013/01/eletricidade-feita-com-bagaco-de-cana-evitaria-apagao-dizem-usineiros.html>

¹⁰ Os sistemas de cogeração que permitem produzir simultaneamente energia elétrica e calor útil configuram a tecnologia mais racional para a utilização de combustíveis

¹¹ Disponível em: <<http://geracao.grupoenergisa.com.br/paginas/nossos-negocios/biomassa.aspx>>relatório anual da Energisa, ano de referência 2017, acesso em 09 de out.2018.

sobre o despacho de cada usina é tomada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Em relação aos tipos mais difundidos de máquinas térmicas utilizadas em usinas térmicas não nucleares, tem-se central termelétrica de geração com ciclo a vapor, central termelétrica de turbina a gás operando em ciclo simples, central de ciclo combinado, central de motores de combustão interna e central termelétrica de cogeração (LORA,2004).

2.2.4 Oceânica

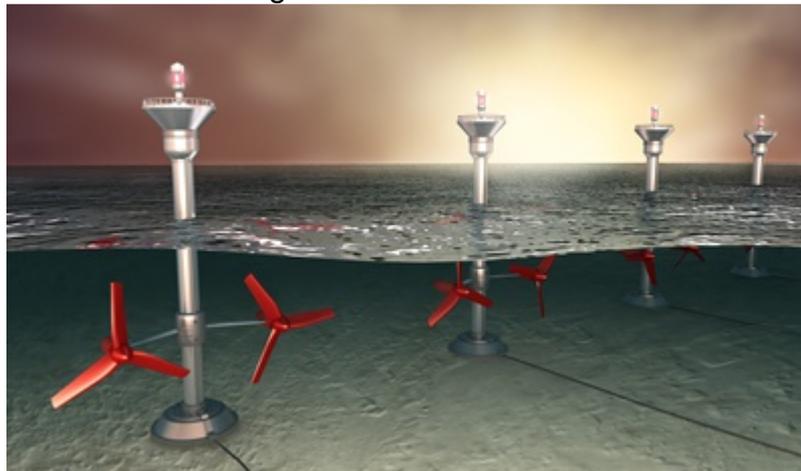
Os mares constituem uma fonte energética bastante promissora e portanto, sua exploração não é recente. Registros históricos apontam o uso de moinhos movidos a marés (ou maremotrizes) por habitantes da costa do Atlântico Norte, até pelo menos, durante o início da Idade Média. Desde o início dos anos 60, tem-se realizado muitos estudos para desenvolver formas para explorar a infindável energia decorrente dos oceanos e conseqüentemente das ondas, começados com a utilização de boias, estudo da frequência das ondas, tempo, análises hidrodinâmicas e demonstrações de viabilidade da tecnologia (BRANCO,2003).

A origem da energia das ondas provém da força gravitacional do sol e da lua. O sol aquece a água gerando energia térmica, as correntes marinhas, que estão diretamente relacionadas com a temperatura e salinidade, na ação das marés, e, finalmente, na energia das ondas que estão relacionadas ao movimento concebido pelos ventos (BONFIN,2014).

A energia maremotriz possui características próprias, que variam enormemente de um projeto para outro, em função de suas condições de obtenção: características do local de exploração, sazonalidade e influência das condições de tempo e clima, método de exploração (diretamente relacionado com a tecnologia utilizada), entre outras condições (SESMIL,2012).

As correntes de marés podem ser convertidas em eletricidade através de sistemas modulares de turbinas que podem ser colocadas diretamente no leito do mar, conforme ilustra a FIG4.

Figura 4 – Sistema modulares



Fonte: fragmaq¹²

Outro exemplo é o projeto, localizado em Pecém, 60 km a norte de Fortaleza CE, foi desenvolvido pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE), órgão suplementar da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Segundo a COPPE/UFRJ, é baseado no princípio de armazenamento de água sob alta pressão numa câmara hiperbárica, obtida pelo bombeamento realizado pela ação das ondas nos flutuadores. A câmara, que libera jato d'água, com pressão e vazão controladas, aciona uma turbina acoplada a um gerador, produzindo eletricidade. Cada unidade de bombeamento, com 50 KW de potência, possui flutuador, braço, estrutura de fixação e bomba. Mangueiras para alta pressão e outros acessórios interligam as unidades de bombeamento à câmara hiperbárica. Uma válvula reguladora de vazão, conectada à câmara, é responsável pela saída do jato de água para o acionamento da turbina, conforme o esquema da FIG.5. Já a FIG.6 ilustra o braço e os flutuadores do Porto de Pecém: sendo acionados pelas ondas,

1. Flutuadores, se movem com as ondas do mar, transferindo este movimento para braços de alavanca.
2. Braço de alavanca, transferem e multiplicam as forças oriundas do flutuador para acionar bombas hidráulicas de movimentos alternados.
3. Câmara hiperbárica, as bombas aspiram e comprimem o fluido durante a movimentação dos flutuadores para abastecer e manter elevada a pressão da câmara hiperbárica.

¹² Disponível em <<https://www.fragmaq.com.br>> acesso em 20 de out.2018

Figura 6 – Braço Flutuadores de Bombeamento

Fonte:Usp¹⁴

Os estudos sobre a disposição da energia das ondas ainda se encontram em fase bastante incipiente no Brasil, agravados por obstáculos significativos ao seu desenvolvimento, como a ausência de dados sobre o potencial energético do mar brasileiro, dificuldade de atração de investidores e a ausência de mecanismos institucionais que incluam projetos de investimentos nesse tipo de geração de energia em programas de incentivos ao desenvolvimento de energias alternativas (GONSALVES,FEIJÓ,ABDALLAH, 2008).

2.2.5 Hidrogênio

A opção de utilizar o hidrogênio como fonte de energia e a materialização de um sistema energético, são ideias que já se observam a algum tempo. Até a década 1960, em alguns países, utilizava-se o hidrogênio como fonte de energia, iluminação em áreas pública e residências, para aquecimento e preparo de alimentos. A opção de utilizar o hidrogênio como fonte alternativa de energia, surgiu na década de 1970, mas após o controle da crise não persistiram os

¹⁴ Disponível em: < http://www.usp.br/portalbiosistemas/?attachment_id=7955>

estudos, em seguida, os primeiros encontros mundiais para tratar os problemas climáticos e o efeito estufa iniciaram e, novamente, o desenvolvimento de células combustíveis, nesse período resurge a ideia de economia do hidrogênio. A geração de energia utilizando o hidrogênio com o aperfeiçoamento de células combustíveis ultrapassa o uso em equipamentos fixos e criou a possibilidade de seu emprego energético em diversos setores (CRUZ, 2010).

Em 2005, após oito anos de sua preparação, o Protocolo de Quioto passou a vigorar, tendo como escopo central reduzir as emissões de CO₂ na atmosfera. Inúmeros países assinaram o Protocolo, com exceção da Austrália, da África do Sul e, especialmente, dos EUA, que é um grande emissor dos gases que afetam a atmosfera, ficando atrás somente da China (MATOS, 2009).

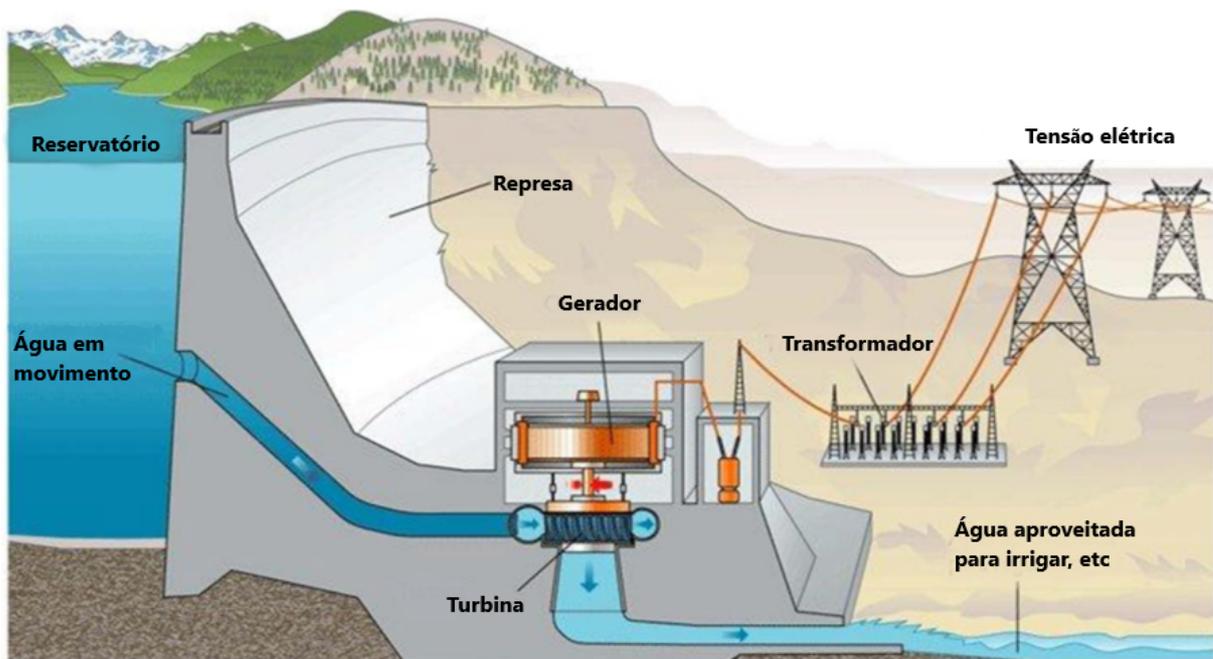
A absorção do hidrogênio pode ser realizada tanto por fontes renováveis como por fontes não renováveis, harmonizando uma garantia energética, pois cada país pode extraí-lo a partir de suas fontes locais. Hoje em dia, quase todo o volume de hidrogênio produzido no mundo é utilizado com objetivos químicos (87%), sendo a maior parte nativa de combustíveis de origens fósseis (96%). De tal maneira, conserva-se sua vinculação aos hidrocarbonetos derivadas de petróleo, ocasionando um aumento do efeito estufa. Os estudos em hidrogênio com o objetivo de conservar o meio ambiente é pauta principal por perceber que seu uso afeta diversos setores econômico (MATOS, 2009).

Observa-se interesse mundial em investimentos nos estudos e aprimoramento do hidrogênio como fonte de energia elétrica, em vistas dos bons resultados e da fonte infindável, as constantes evoluções tecnológicas tanto na obtenção, na economia e na produção de hidrogênio em células combustíveis tem-se transformado em uma realidade. Percebe-se um crescente interesse acadêmico em aprofundar os estudos sobre o hidrogênio como fonte de energia, observa-se diversos artigos sobre o assunto na última década, o que inaltece a prioridade do assunto (LELLIS et al., 2010).

2.2.6 Hidroelétrica

A energia hidrelétrica é gerada pela aplicação do fluxo das águas em uma usina de obras civis que necessitam tanto da construção quanto para o curso do rio e as projeções dos reservatórios são de extrema importância tanto quanto os componentes instalados, conforme ilustrado na FIG.7. Desta forma, comparado a construção das usinas termelétricas (na a execução das construções exige menor complexidade), deste modo, para projetar e executar a construção de uma hidrelétrica é indispensável à contratação de empresas especializada em construções complexas (ANEEL,2014).

Figura 7 – Esquema de funcionamento de uma usina hidrelétrica



Fonte: Energia Limpa XXI¹⁵. Adaptado pelo autor

Para o processo de produção de energia de uma hidroelétrica é necessário canalizar e direcionar o fluxo de um rio, o volume de água, a disposição em certos períodos e instabilidade de níveis e altura, sejam eles naturais, em quedas d'água, ou de forma a projetar tais desníveis de forma artificial. A estrutura de usina é constituída basicamente por barragem, sistemas coletores, conjunto de máquinas e vertedouros, que atuam em sincronismo e de forma integrada. A barragem tem por objetivo interromper o curso natural do rio e represar, além de armazenar a água,

¹⁵ Disponível em: <<https://energialimpiaparatodos.com/2014/11/27/chile-inaugra-nueva-central-hidroelectrica-2/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

esse reservatório tem outras finalidades, como ocasionar o desnível desejado conduzindo o fluxo para adução direcionada que movimentara as turbinas. Com o fluxo das águas conduzidas pelos condutos e direcionadas às turbinas que se movimentam de forma giratória, transformando esta energia mecânica em energia elétrica, esta mesma água é conduzida novamente para o fluxo do rio após passar pelas turbinas. A existência do vertedouro tem a como finalidade permitir a liberação do excesso de água represada, que se ocasiona principalmente em épocas de cheia épocas de chuvas intensas, de forma a garantir a segurança da barragem, que nestes períodos aproximam dos níveis para o qual foram projetados e permitir o seu perfeito funcionamento. A FIG.8 ilustra a hidroelétrica Binacional Itaipu.

Figura 8 - Hidroelétrica de Itaipu



Fonte: Eletrobrás

Em períodos de chuvas intensas e contínuas as operadoras das usinas optam na abertura dos vertedouros com o intuito de liberar o excesso de água e evitar o rompimento da barragem e os alagamentos das comunidades ao redor das usinas. Existem dois tipos de reservatórios: acúmulo e fio d'água. Os que se localizam nas cabeceiras dos rios possuem altas quedas d'água, dado a sua alta capacidade de armazenamento de água, atuam como reservatórios, que continuam produzindo energia mesmo em épocas de estiagem, por estarem posicionados antes das

hidroelétricas, funcionam como um regulador de vazão das águas que irá abastecer as demais hidroelétricas. O outro tipo conhecido como fio d'água funciona gerando energia diretamente com o fluxo água, não se utiliza represamento ou reservatórios.

As quedas d'água em geral são definidas como alta ou baixa altura, considera-se de baixa altura quedas com uma altura de até 15 metros e quedas altas com uma altura superior a 150 metros.

Determina-se a classe de usina analisando-se é de grande porte (Hidroelétrica) médio porte ou uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH). A Agência Nacional de Energia Elétrica “Aneel adota três classificações: Centrais Geradoras Hidrelétricas (com até Megawatts¹⁶ 1 (MW) de potência instalada), Pequenas Centrais Hidrelétricas (entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada) e Usina Hidrelétrica de Energia (UHE, com mais de 30 MW) (ANEEL,2017).” O porte da usina, ou seja, sua capacidade de produção, determina as dimensões da rede de transmissão que será necessária para conduzir esta energia até o centro consumidor. Quanto maior a dimensão desta usina, mais afastada ela tende a estar dos grandes centros, de tal forma que necessita a construção de extensas linhas de transmissão em tensões alta e extra alta (de 230 quilovolts a 750 quilovolts) que, em sua maioria, atravessam estados conectando vários pontos do país. A FIG.9 ilustra uma rede de transmissão de alta tensão.

Figura 9- Rede de Transmissão de Alta Tensão



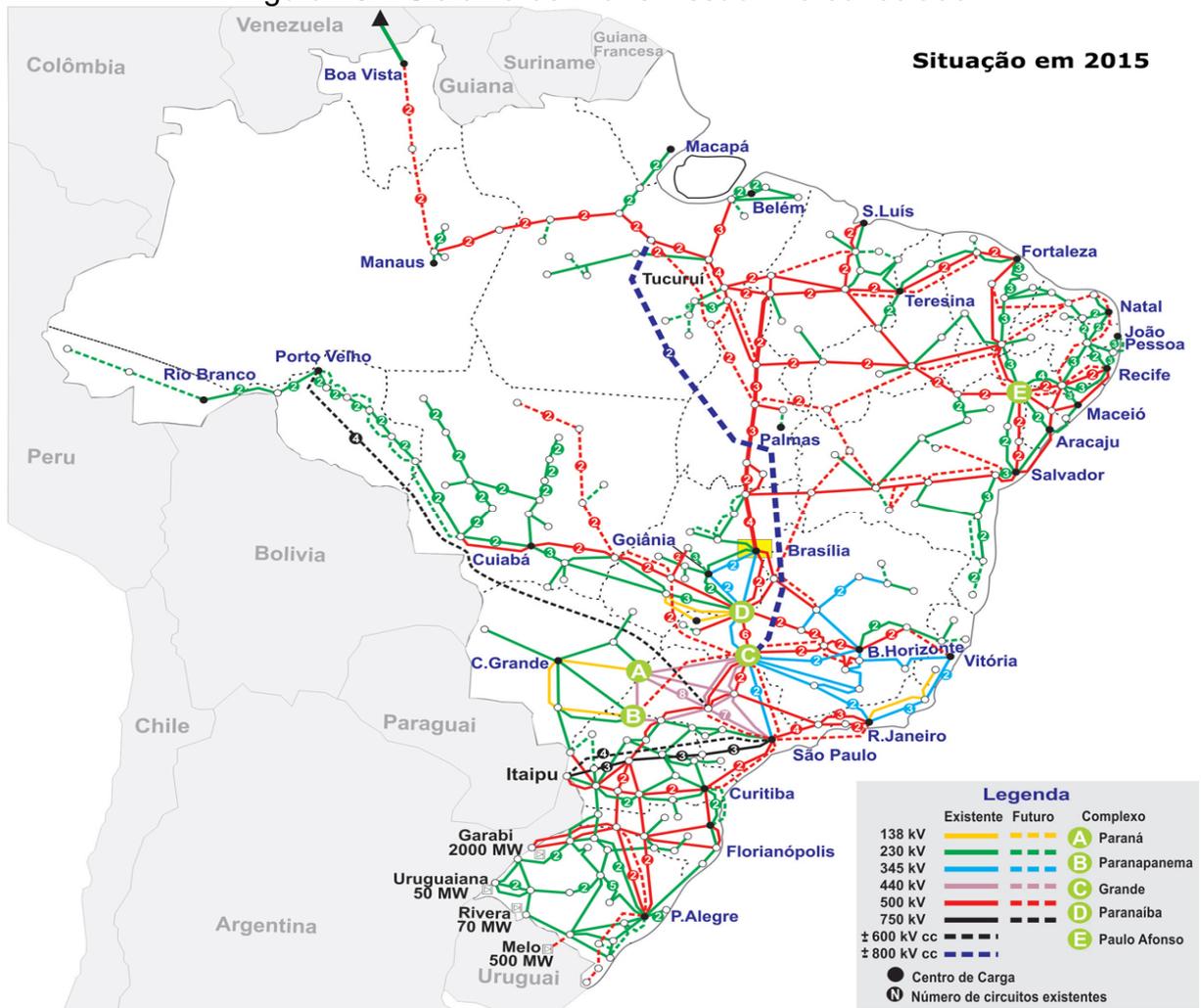
Fonte: Eletrobrás

¹⁶O megawatt, cujo símbolo é MW, consiste numa unidade da grandeza física potência. No sistema internacional de unidades (SI), a potência vem expressa em watts pelo que para converter megawatts em watts é necessário reduzir megawatts a watts, isto é, $1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$.

As linhas de transmissão se formam por um conjunto de equipamentos interconectados com objetivo de transportar elevadas quantidades de energia por grandes distâncias, entre os centros consumidores e os centros geradores. Pela farta condição hídrica e uma oferta contínua na maior parte do país, o parque gerador se baseia na energia hidrelétrica, desta forma o sistema de transmissão é fundamental para interligar os pontos e vencer as distâncias entre os centros consumidores e geradores. A rede de transmissão liga as grandes usinas de geração às áreas de grande consumo.

FIG.10 ilustra a complexidade e a importância do sistema de transmissão nacional interconectado. A segurança é um item fundamental para as redes de transmissão. Alguma falta neste nível pode interromper fornecimento para um grande número de consumidores (ELETROBRAS,2017).

Figura 10 – Sistema de Transmissão Interconectado



Fonte: Aneel

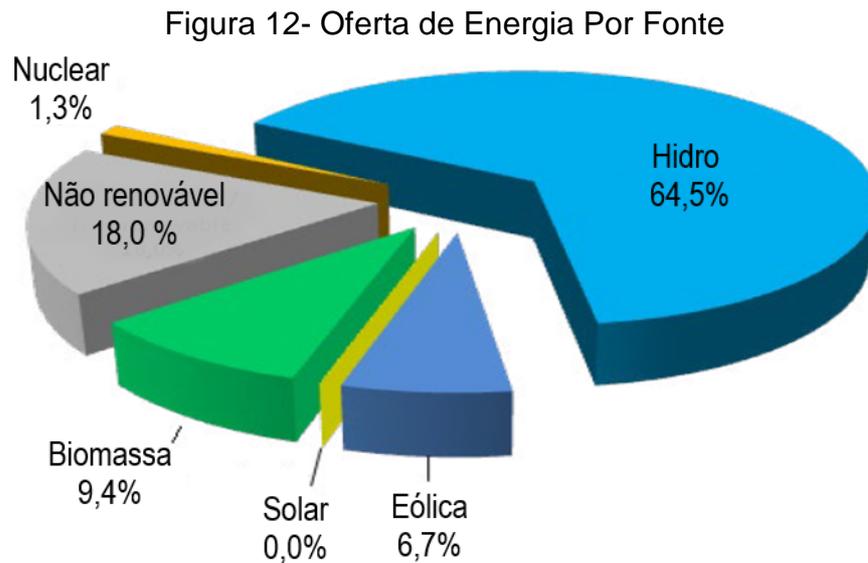
Já as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs), instaladas próximo a pequenas quedas d'água, atendem a pequenos centros consumidores, como pequenas unidades industriais e comerciais, não havendo a necessidade de construção de complexas linhas de transmissão. Um exemplo de PCH é ilustrado na FIG.11, que retrata a usina Zé Tuim, localizada na cidade de Guarani, MG (ENERGISA 2017)

Figura 11 – PCH Zé Tuim



Fonte Energisa

As PCHs desempenham um papel importante na matriz energética brasileira conforme a (ENERGISA,2017), além da participação fundamental na rede de distribuição regional, ultimamente é a fonte de energia que mais colabora para o suprimento de energia elétrica no Brasil. Cerca de 70% da energia elétrica gerada no Brasil provêm deste tipo de geração. No mundo, segundo dados do Governo Federal de 2011, a geração hidrelétrica representava 16% da eletricidade total gerada. A FIG.12 apresenta a oferta e participação de energia na matriz energética nacional por fonte.



Fonte: MME 2017, adaptado pelo autor

2.2.7 Energia Solar Fotovoltaica

A energia solar pode ser aproveitada tanto para a produção de calor quanto para eletricidade de forma direta. Coletores solares para o aquecimento de água são um dos exemplos na transformação da energia solar em energia térmica. O Brasil é um dos países da América Latina com maior incidência de raios. Apesar desta farta condição, o país aproveita muito pouco desta energia quando se comparado aos países que recebem uma incidência solar inferior ao Brasil. À transformação da energia solar em energia elétrica se dá pela conversão direta da energia luminosa do sol absorvida por painéis fotovoltaicos, a instalação de painéis fotovoltaicos para absorver a energia solar é uma alternativa para levar eletricidade para residências, escolas e postos de saúde em regiões que ainda não possuem serviço regular de distribuição de energia elétrica (ELETROBRAS, 2015).

2.2.7.1 A história da Energia Solar Fotovoltaica

Os primeiros estudos com efeito fotovoltaico ocorreram, pela primeira vez, em 1839, por Edmond Becquerel, que observou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas em uma solução eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz (GAZETA DE FISICA, 2006).

A história da primeira célula solar começou em março de 1953 quando Calvin Fuller, um químico dos Bell Laboratories (Bell Labs), em Murray Hill, New Jersey, nos Estados Unidos da América, desenvolveu um processo de difusão para introduzir impurezas em cristais de silício, de modo a controlar as suas propriedades eléctricas (um processo chamado “dopagem”). Fuller produziu uma barra de silício dopado com uma pequena concentração de gálio, que o torna condutor, sendo as cargas móveis positivas (e por isso é chamado silício do “tipo p”). Seguindo as instruções de Fuller, o físico Gerald Pearson, seu colega nos Bell Labs, mergulhou esta barra de silício dopado num banho quente de lítio, criando assim na superfície da barra uma zona com excesso de electrões livres, portadores com carga negativa (e por isso chamado silício do “tipo n”). Na região onde o silício “tipo n” fica em contato com o silício “tipo p”, a “junção p-n”, surge um campo eléctrico permanente. (GAZETA DE FISICA, 2006).

2.2.7.2A energia solar fotovoltaica no Brasil

Antes de se iniciar as conexões dos sistemas fotovoltaicos as redes das concessionárias, a energia solar fotovoltaica no Brasil eram utilizadas apenas para atender pequenos sistemas isolados em locais onde a rede eléctrica servida pelas concessionárias não atendia, em lugares de acesso ou onde a rede de transmissão de energia eléctrica não era economicamente ou tecnicamente viável. Os sistemas fotovoltaicos autônomos ou isolados tornam-se a solução na eletrificação de propriedades rurais, comunidades isoladas, bombeamento de água e sistemas de redes telefônicas, por exemplo. Diversas propriedades brasileiras foram beneficiadas com sistemas fotovoltaicos autônomos pelo programa do governo federal, Luz Para Todos, 2003.

A opção de os sistemas fotovoltaicos servir como alternativa para atender locais de difícil acesso, almeja-se o aproveitamento desta forma de absorção de energia que se apresenta como uma das mais fartas e estável. Percebe-se que quantidade de sistemas fotovoltaicos conectados à rede apresenta um determinado crescimento, estima-se para os próximos anos um altíssimo crescimento.

Com a publicação da resolução normativa nº 482 da Aneel, que trata da inclusão fontes geradoras, entre elas a energia solar fotovoltaica na matriz energética, entres outros projetos estratégicos, desenvolvimentos tecnológicos, comerciais e projetos pilotos contribuirão para inclusão da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira (VILLALVA, 2013).

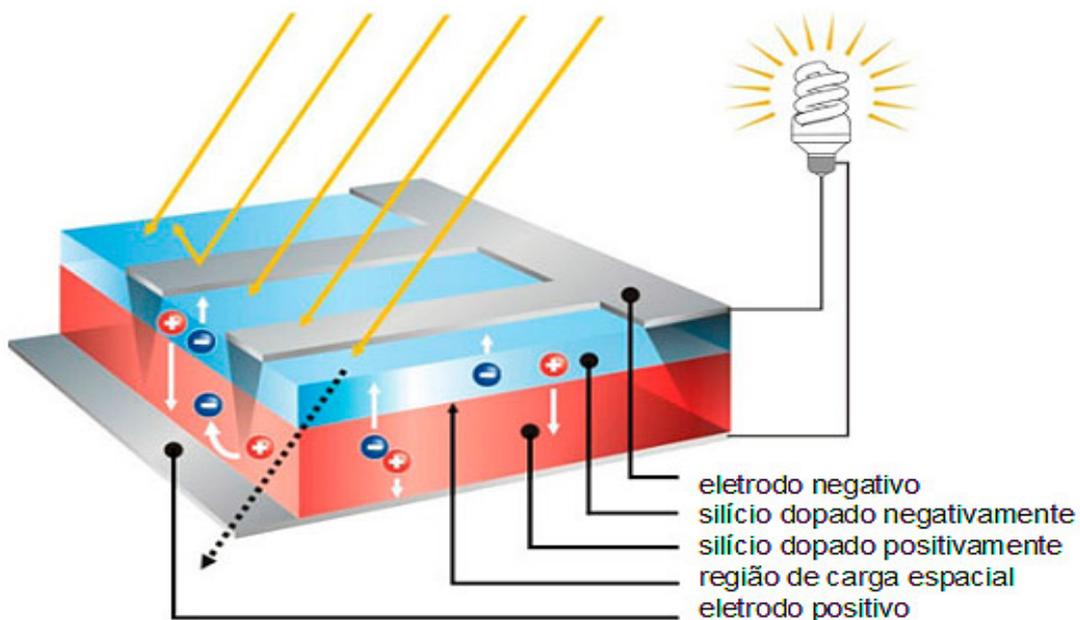
2.2.7.3 Efeito fotovoltaico

Define-se a energia solar fotovoltaica em um processo da energia produzida através da conversão direta da radiação solar em eletricidade. Este fato acontece, por meio das células fotovoltaicas que agem empregando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (IMHOFF,2007).

O efeito fotovoltaico acontece quando a luz do sol incide sobre uma célula composta de material semicondutor, silício, que ocasiona uma diferença de potencial. Uma célula fotovoltaica típica é constituída por duas faces de material semicondutor dos tipos P e N, uma grade de coletores metálicos e um suporte metálica, conforme a FIG 13. A célula ainda possui uma película de material anti-reflexo, necessária para melhorar a absorção de luz (VILLALVA ,2010).

Complementando esta informação, (NASCIMENTO 2014) afirma que “uma célula fotovoltaica não armazena energia elétrica. Apenas mantém um fluxo de elétrons num circuito elétrico enquanto ocorre a incidência de luz sobre ela. Este fenômeno é denominado ‘Efeito Fotovoltaico’”.

Figura 13 - Esquema do Efeito Fotovoltaico



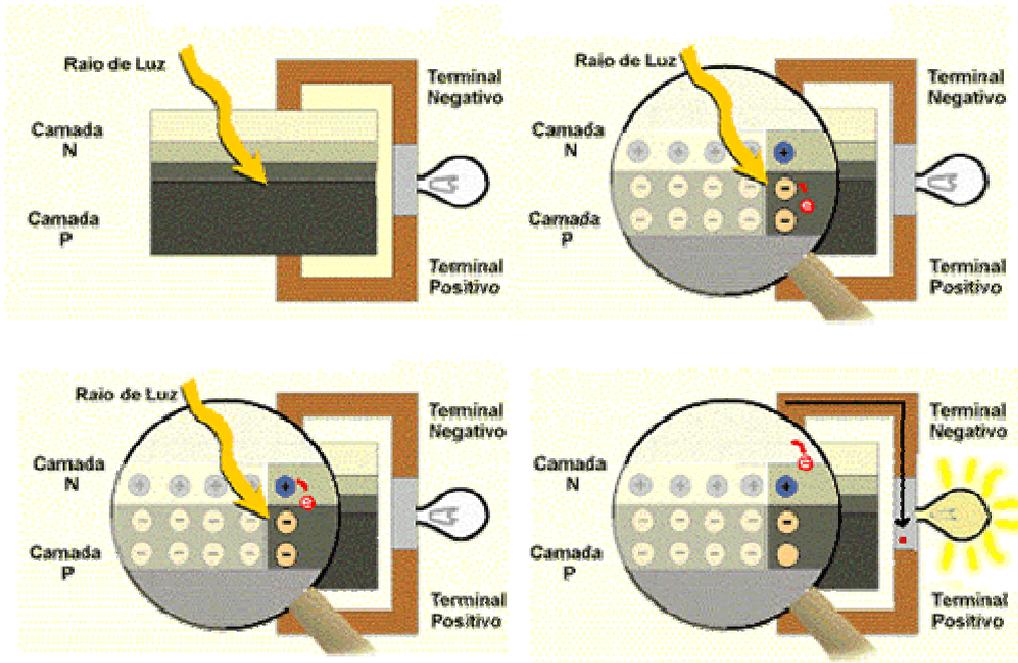
Fonte: Fotovoltec¹⁷

¹⁷ Disponível em: <<http://www.fotovoltec.com.br/front/tecnologia>>. Acesso em 10 out. 2018

O efeito fotovoltaico ocorre em materiais denominados semicondutores, que apresentam bandas de energia, onde ocorre a movimentação de elétrons (banda de valência) e de uma outra parte “vazia” (banda de condução).

O silício é um cristal com características de semicondutores que apresenta em sua configuração química quatro elétrons em sua última camada e que se ligam aos demais, ao se adicionar átomos com cinco elétrons de ligação em sua última camada, exemplo do fósforo, se terá um elétron, em excesso, que não se conectará aos demais, realizará uma ligação frágil ao seu átomo de origem e se soltará facilmente, ocasionando assim com que pouca energia seja necessária para se soltar e ir para a banda de condução. Diz então, que o fósforo é um dopante N, ou “impureza”. De tal forma que ao introduzirem-se átomos que possuem apenas três elétrons em sua última camada, como boro, por exemplo, neste caso o processo se inverte, pois irá realizar uma força de atração muito grande para retirar um átomo do silício e compor sua última camada. A ausência deste elétron é designada buraco ou lacuna ocorrendo o término com pouca energia, um elétron de um sítio pode passar a esta posição, fazendo com que o buraco se desloque, entende-se assim que o boro tende a aceitar um elétron ou dopante P, e que, em um silício puro, foram introduzidos átomos de fósforo em uma banda e boro em outra banda, será formado o que se chama de PN. O processo que acontece nesta região é que os elétrons livres da banda N tendem a se deslocarem para a banda P, tornando a banda N negativamente carregada, ocasionando um acúmulo de elétrons o que o torna eletricamente positivo. Quando estas junções estiverem expostas à luz solar (fótons), ocorrerá à movimentação de pares de elétrons; se isto ocorrer na região onde o campo elétrico for diferente de zero, as cargas serão aceleradas, provocando assim, uma corrente de lado a lado da junção; esta condução de cargas dá origem a uma diferença de potencial na qual chamamos de Efeito Fotovoltaico. Se os dois extremos do "pedaço" de silício forem conectados por um fio, haverá uma circulação de elétrons. De tal forma ocorre no funcionamento das células fotovoltaicas (CRESESB,2006). O esquema da FIG. 14 exemplifica as descrições acima.

Figura14 – Esquema Ilustrativo do Efeito Fotovoltaico



Fonte: Cresesb

2.2.7.4 Silícios

As células de silício monocristalinas são produzidas a partir da serragem de lingotes¹⁸ de silício monocristalino, estes lingotes são adquiridos a partir do silício purificado, obtido do mineral quartzo, muito farto na crosta terrestre. O lingote de silício monocristalino é composto de uma estrutura cristalina única, por este motivo possui uma aparência intensa e constante. O lingote é sarrafeado e fatiado para dar formas de bolachas de silício, ou *wafers*, os *wafers* são submetidos a processos de dosagem, após estes processos se têm origem das faces P e N, que ocasionam as propriedades fotovoltaicas.

O *wafer* dopado, após receber os eletrodos e o tratamento antirreflexivo, originando uma célula fotovoltaica. As células monocristal não possuem aparência uniforme, apresentando coloração azulada ou preta, de acordo com o tipo de tratamento antirreflexivo empregado. As células de silício monocristalino apresentam maior desempenho, e são comercialmente em grandes quantidades. Os módulos

¹⁸ Disponível em :< <https://www.mecanicaindustrial.com.br/644-o-que-e-lingote-de-ferro/> > um lingote é uma massa de um determinado metal ou até mesmo de um material condutor que após sofrer aquecimento acima de seu ponto de fusão, é despejado em um molde, para tomar a forma que torna mais fácil o seu manuseio: acesso em 3 de nov.2018

fotovoltaicos constituídos de células monocristalinas caracteristicamente apresentam eficiência de 16% (VILLALVA 2010).

O silício policristalino apresenta um processo de fabricação mais simples, o lingote de silício policristalino é constituído por um acumulado de vários cristais, com dimensões e orientações espaciais diferentes. Os módulos de silício policristalinos, bem como as células prontas, possuem aspecto heterogêneo e aparência que se distingue do silício monocristalino. Os módulos fotovoltaicos policristalinos possuem um rendimento ligeiramente inferior às dos seus concorrentes monocristalinos, no entanto, os dois tipos estão à disposição no mercado e apresentam relações custo-benefício muito próximas (VILLALVA 2010).

Silício amorfo, os módulos produzidos a partir do silício amorfo apresentam uma eficiência muito baixa, entre 5% e 8%. E esta eficiência tende a diminuir após algum tempo de uso ocasionado pela degradação causada pela luz, este processo ocorre até um percentual estável (VILLALVA 2010).

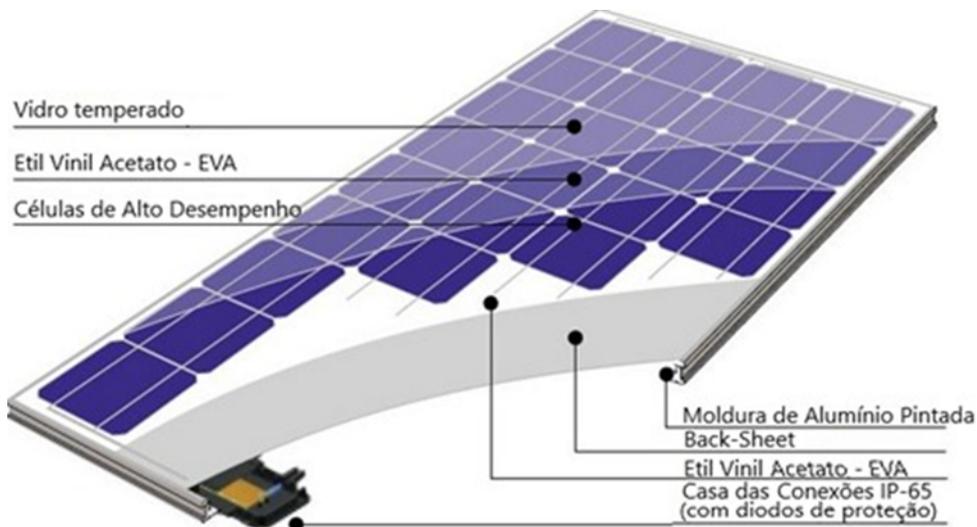
Silício microcristalino uma opção próspera para o futuro dos módulos de filmes finos são as células microcristalinos. Proporcionam simultaneamente os benefícios do silício cristalino e da tecnologia de produção de filmes finos, por se tratar de uma fabricação em massa e industrializada, o desperdício de material é praticamente nulo e o consumo de energia na fabricação é extremamente pequeno. As células microcristalinas são produzidas em dois processos, um em alta e outro em baixa temperatura. No processo de fabricação de alta temperatura a disposição do silício é elevada a uma temperatura que varia de 900 °C e 1.000 °C, proporcionando uma estrutura microcristalino. O processo de baixa temperatura ocorre uma variação de 200 °C e 500 °C, neste processo são produzidas películas de grãos muito finos. As baixas temperaturas proporcionam a produção filmes de matérias de um custo inferior nos quais as células são fabricadas. Os procedimentos de deposição são semelhantes aos da tecnologia de silício amorfo. As células microcristalinas proporcionam eficiências comerciais de até 8,5% (VILLALVA 2010).

2.2.7.5 Módulos fotovoltaicos

Em uma única célula se produz pouca eletricidade, de tal forma para produzir um painel fotovoltaico são necessários o emprego e a combinação de várias células,

que são interligadas em série com o objetivo de alcançar a potência desejada, conforme ilustrado na FIG 15.

Figura 15 – Módulo



Fonte: Portal Solar

Os módulos fotovoltaicos de silício cristalino oferta dos mercados, apresentam uma potência que varia entre 100 W e 400 W, como os ilustrados na Figura16, e suas voltagens máximas de saída em circuito aberto se aproximam a 37V¹⁹ (VOLTS) e 8,5 A²⁰ (AMPER). Os painéis produzidos a partir de filmes finos constituídos por uma célula única como as do próprio módulo, em geral são encontrados em potências em torno de 50 W e 100 W. Esses módulos apresentam tensões de saída maiores, de até 70 V, porém apresentam uma maior dificuldade em formar um arranjo para atender uma determinada demanda, pois suas correntes de saída são pequenas e necessitam de grandes painéis em paralelo para alcançar a produção de energia desejada (VILLALVA 2010).

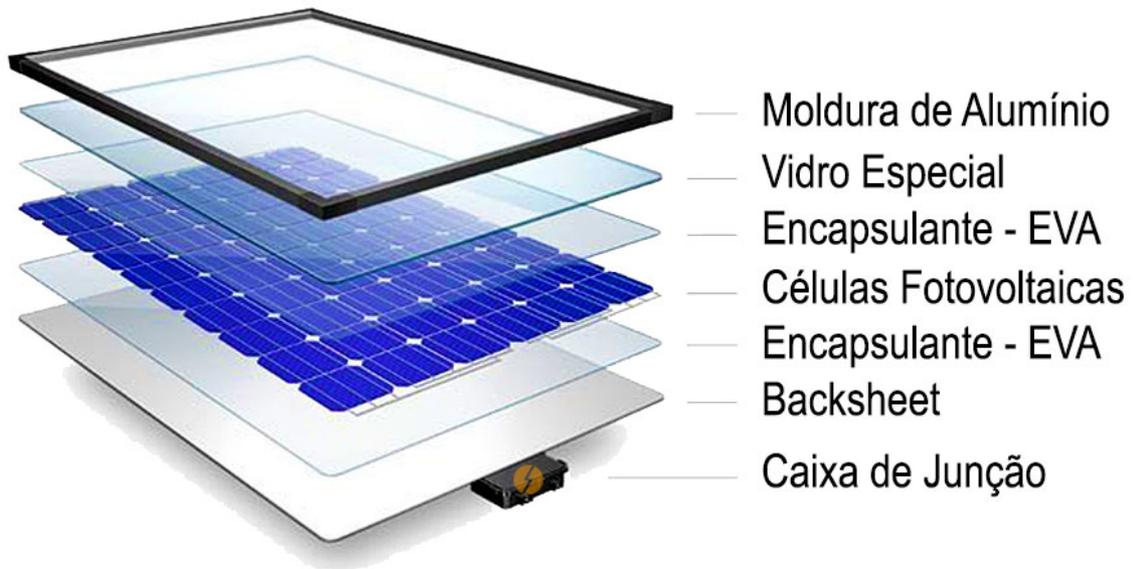
As células e suas conexões elétricas são prensadas dentro de lâminas de plásticas. O módulo é recoberto por uma lâmina de vidro e por último recebe uma moldura de alumínio. Na parte traseira o módulo recebe uma caixa de conexões elétricas às quais são conectados os cabos que normalmente são fornecidos junto

¹⁹ Tensão Elétrica: a diferença de potencial elétrico entre dois pontos é denominada tensão elétrica, podendo ser simbolizada pelas letras V, cuja a unidade de medida é volt [V]

²⁰ É definido em termos de unidade de corrente o ampère (A) como carga que passa em um determinado ponto em um segundo de um ampère que passa no condutor

com o módulo. Os cabos possuem conectores padronizados, que permitem a rápida conexão de módulos em série (VILLALVA 2010).

Figura 16 – Modulo Fotovoltaico



Fonte: Portal Solar

2.2.7.6 Tipos de sistemas de geração

Sistemas (*on grid*) ligados à rede são sistemas conectados à rede da concessionária, com a aprovação da resolução normativa 482 da Aneel, permite-se que consumidores que gerem a sua própria energia possam conectar os seus sistemas à rede da concessionária, e, quando a energia gerada for superior ao consumo próprio, estes consumidores possam receber em forma de créditos da concessionária a energia extra gerada e injetada na rede da mesma, tendo a possibilidade de resgatar estes créditos em qualquer lugar na área de concessão desta concessionária.

Sistemas (*off grid*), são sistemas conhecidos por funcionar de forma isolada, estes são utilizados em locais de pouco acesso ou nenhum acesso, um sistema *off gride*, se torna a solução estes sistemas

2.2.8 Geração Distribuída

A geração distribuída pode ser definida como uma fonte de produção de energia elétrica no próprio local de consumo e conectada diretamente à rede de distribuição da concessionária (ANEEL 2017).

“Estabelecer as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL 2017)”.

2.2.7.1 Legislação

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012.

Art. 2º Para efeitos desta Resolução ficam adotadas as seguintes definições:

I –microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (Redação dada pela REN ANEEL 786, de 17.10.2017)

III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VI – empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagens aéreas ou subterrâneas e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VII – geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local

diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VIII – autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.).

Resumo da legislação:

1. As regras básicas definidas pela REN 482/2012, aperfeiçoada pela REN 687/2015 válidas desde 1º de março de 2016.
2. Definição das potências instaladas para micro (75 kW) e minigeração (5 MW).
3. Direito a utilização dos créditos por excedente de energia injetada na rede em até 60 meses.
4. Possibilidade de utilização da geração e distribuição em cotas de crédito para condomínios.
5. Foram estabelecidos prazos para processos, padronização de formulários para solicitação de conexão e definição de responsabilidades atribuídas aos clientes, à empresa responsável pela implantação do sistema e a distribuidora.
6. Foi possibilitada a forma de autoconsumo remoto onde existe a geração em uma unidade e o consumo em outra unidade de mesmo titular.
7. Foi possibilitada com a geração compartilhada onde um grupo de unidades consumidoras é responsável por uma única unidade de geração.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente estudo identificaram-se sete tipos de energias alternativas e providas de fontes renováveis no país, Biomassa, Eólica, Geotérmica, Hidráulica, Marítima ou Oceânica (energia do mar), Hidrogênio e a energia solar. Observa-se o enorme potencial e aproveitamento do uso da biomassa para gerar energia, os intensos trabalhos e pesquisas apontam para um cenário promissor, nota-se a crescente contribuição para matriz energética do país. Verificam-se grandes investimentos em tecnologias e projetos voltados para o potencial Eólico, nota-se um crescimento expressivo em parque eólicos no país, e sua crescente participação na matriz energética, em algumas regiões do país apresentam uma grande capacidade técnica e econômica. Observa-se que estudos iniciais na aquisição de energia obtida dos mares, a complexidade e execução de projetos voltados para essa finalidade, apesar do enorme potencial do hidrogênio, nota-se que ainda não se utiliza para aproveitamento de geração para consumo em grande escala, apesar de grandes investimentos em pesquisas e grande interesse da indústria privada. Apesar da grande abundância da energia provida por fontes hídricas e a sua expressiva contribuição para a matriz energética do país, percebe-se uma grande preocupação com esta dependência, nota-se intensos trabalhos voltados a observar outras fontes energia. Observa-se o grande potencial da energia convertida diretamente do sol, a energia solar fotovoltaica apresentando com enorme contribuição para a matriz energética, com um diferencial comparado as outras fontes apresentadas, a sua capacidade de gerar energia no próprio local de consumo torna o consumidor completamente independente do sistema de distribuição, com isso alivia todo o sistema energético do país, e, ainda, contribui com o excedente da energia gerada para a concessionária, com isso a energia solar fotovoltaica é a que mais se viabiliza aos mecanismos existentes no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil, Energia no Brasil e no Mundo Parte 1 a 3 2014 Disponível em:< http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf> acesso em :07 de out.2018

Assis, 2010. **Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade:** ED. Apeíron Montreal

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC.** Instalação de sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2012

BENÍCIO. **A Energia Elétrica no Brasil, da primeira lâmpada a Eletrobrás.** V.154, publ.474 Rio de Janeiro, Biblioteca do Exército 1977

BONFIM, R. Marés de sizígia podem atingir a orla de Santos. In: Apollo 11.com. 2014. Disponível em: <http://www.apolo11.com/minhanoticia.php?noticia=Mares_de_sizigia_podem_attingir_a_orla_de_Santos&posic=dat_20140525-192931.inc>. Acesso em: 20 de out.2018.

BRANCO, F.J.C. **Sistema de Aproveitamento da Energia das Ondas Oceânicas.** Tese (Especialização em Sistemas de Energia e Controlo). 2003. Universidade do Algarve. Portugal. Disponível em: https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/3691/1/Projeto-Fabio_BrancoSistema%20de%20Aproveitamento%20da%20Energia%20d.pdf. Acesso em 29 de out.2018

CRESESB 2006 Disponível em :< <http://www.cresesb.cepel.br/>> acesso em 15 de out.2018

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso futuro comum. 2a ed. Tradução de Our common future. 1a ed. 1988. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CRUZ, J. M.; SARMENTO, A. J. Energia das ondas: introdução aos aspectos, 2010

GAZETA DE FISICA VOL. 29 FSC.1-2 2006 ED. PAULA ALEXANDRA ALMEIDA

GONSALVES, W.M.; FEIJÓ, F.T.; ABDALLAH, P.R. Energia de ondas: aspectos tecnológicos e econômicos e perspectivas de aproveitamento no Brasil. Semengo, Rio Grande do Norte, III Semengo, 2008. Disponível em: <<http://www.semengo.furg.br/2008/17.pdf>>. Acesso em :10/10/2018.

ELETROBRAS 2017. Disponível <<http://eletrobras.com/pt/PublishingImages/Forms/DispForm.aspx?ID=117>>. Acesso em: 7 de out. 2018. 40

ENERGIZA 2017

Disponível em <<http://energisa.com.br>> acesso em 15/10/2018

LELLIS, Vera Lúcia Maia et al. Relatório final de atividades – Metas 4 e 5: Projeto UTILH2. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 2010.

LORA, GERAÇÃO TERMELÉTRICA - Planejamento, Projeto e Operação - 2 Volumes 2004 EDITORA INTERCIENCIA

MATOS M. B. de. Investimentos financeiros em projetos de células a combustível e hidrogênio no Brasil. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de, Campinas, SP, 2009.

MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA (MME) Disponível em: < <http://www.mme.gov.br>> acesso em 20 de out.2018

ORNELAS, A, 2006. A Energia dos Tempos Antigos aos dias Atuais. Maceió Alagoas: Editora ED UFLA

PROINFA-BIOMASSA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica MEE

SESMIL, E.L.F Energia Maremotriz: Impactos Ambientais E Viabilidade Econômica No Brasil. 2013. 61 f. Dissertação (Maremotriz). Universidade Federal de Lavras, MG 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4529/1/>/TCC_Energia%20maremotriz%3A%20impactos%20ambientais%20e%20viabilidade%20econ%C3%B4mica%20no%20Brasil>. Acesso em 15 de out.2018

VILLALVA, M.G. Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações. 1.ed.2013 São Paulo: Érica. 224.p

VILLALVA, M.G. Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações. 2.ed.2010 São Paulo: Érica. 224.p

IMHOFF, J. Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007. 146 f. acesso em: 10 out. 2018.