

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ENERGIAS RENOVÁVEIS

Caroline Karen Peixoto Rodrigues Veloso*

Jessica de Lourdes Almeida Magalhaes*

Matheus Martins Barra*

Thales Santos Rocha*

Marco Aurelio Piccinini**

Linha de Pesquisa: Eficiência Energética

RESUMO

O desenvolvimento tecnológico nos últimos 50 anos se tornou o grande desafio para o mercado energético. A cada novo dia novas tecnologias totalmente dependentes de energia surgem e colocam em cheque os operadores do setor elétrico das grandes nações. Como manter a continuidade no fornecimento levando em consideração que os recursos para gerar tal energia são finitos e as fontes de consumo são infinitas? Neste contexto se estabelece a proposta deste trabalho, ou seja, a análise de novas fontes energéticas dentro do setor industrial e um estudo de como ser mais eficiente no consumo de energia elétrica dentro do segmento industrial.

Palavras chave: Sustentabilidade; Energia; Geração; Eficiência energética.

ABSTRACT

The technological development in the last 50 years has become the great challenge for the energy market. Every new day, new technologies that are very dependent on energy emerge and check the electric sector operators of the great nations. How to keep the continuity in supply taking into account that the resources to generate such energy are finite and the sources of consumption are endless? In this context, the proposal of this work is established the analysis of new energy sources within the industrial sector and a study of how to be more efficient in electric energy consumption within the industrial segment.

Keywords: Sustainability; Energy; Generation; Energy efficiency.

*Graduando no curso de Engenharia Elétrica do CES-JF

** Mestrado em Gestão de Sistemas de Engenharia pela Universidade Católica de Petrópolis, Pós-graduação Latu sensu em redes de Computadores pelo CES-JF, Graduado em Engenharia Industrial Elétrica pela Universidade Federal de SJDR.

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios do uso da energia elétrica o homem foi capaz de perceber o quão essencial ela seria para melhorar sua qualidade de vida e possibilitar novas tecnologias. A criação da lâmpada, da pilha, da bateria, do sistema de iluminação pública, motores elétricos, eletrônica e várias outras áreas e produtos que dependem da corrente elétrica foram e ainda são essenciais para a sobrevivência do homem. Máquinas agrícolas, processamento de alimentos, estudos sobre doenças e suas possíveis curas e tratamentos, toda a interconectividade de pessoas e aparelhos existentes atualmente só são possíveis graças ao avanço tecnológico do setor elétrico.

A expansão no uso desses equipamentos gerou, e ainda gera, um aumento constante de demanda energética. Suprir essa demanda com eficácia e eficiência é um desafio diário. Durante muito tempo a alternativa para suprir essa demanda eram as usinas térmicas que utilizavam combustíveis fósseis ou madeira. A exploração intensa e constante desses produtos ao longo dos anos resultou em diversos problemas no meio ambiente que são percebidos mesmo nos dias atuais sendo que o mais conhecido deles é o aquecimento global. Porém outras consequências sérias podem ser notadas: a extinção de várias espécies da fauna e flora, poluição dos rios e do ar, além da natural redução da qualidade do ar já que milhares de quilômetros quadrados de florestas foram derrubados para gerar energia.

A partir do fim do século XX e início do século XXI foram adotadas medidas em vários setores produtivos a fim de minimizar a poluição e destruição do meio ambiente. Uma delas é o incentivo à produção de energia elétrica através fontes de energia renováveis. Essas fontes causam muito menos impacto e devastação ao ambiente do que as suas antecessoras. Em contrapartida não são tão eficientes, mas a queda da eficiência é um preço baixo a se pagar em troca de mais qualidade de vida para todo o planeta. Seguindo essa premissa vários estudos foram conduzidos e formas inovadoras de se gerar energia foram criadas.

Sustentabilidade é a palavra do momento para todos os setores da economia. Porém, para o setor elétrico essa é a direção a seguir, sempre focado no desenvolvimento processos e consumo com o intuito de preservar o meio ambiente para a população atual e das vindouras.

Ao longo do trabalho será mostrado os principais pontos que precisam ser analisados a fim de aplicar técnicas para a efetiva redução de desperdício e de possíveis perdas. Este trabalho tem como objetivo principal revelar esses pontos mostrando seus efeitos e impactos no consumo de energia e fornecendo soluções para tratá-los, especialmente no ambiente industrial por ser o maior consumidor de energia elétrica.

2 DESENVOLVIMENTO VERSUS SUSTENTABILIDADE

A incerteza quanto ao futuro da energia é grande, fatores como desenvolvimento econômico, demanda versus disponibilidade de recursos naturais, políticas climáticas e competição entre diferentes tipos de fontes de energia determinarão e moldarão o mercado nas próximas décadas. A grande questão é como tais fatores influenciarão e irão interagir com o mercado global de energia.

O clima mundial está mudando e continuará por todo o século 21. O crescimento em larga escala das atividades econômicas está provocando uma série de riscos ambientais globais para a saúde e bem-estar em uma escala sem precedentes. Aumento da temperatura da superfície da terra, aumento do nível médio dos mares, derretimento do mar do Ártico são exemplos de eventos climáticos

extremos observados. Outro aspecto está relacionado com a variação dos padrões climáticos (intensidade e frequência de eventos) afetando diretamente as águas em geral, qualidade e quantidade de alimentos, funções de ecossistemas e como consequência a economia como um todo.

2.1 O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Sustentabilidade é uma forma de gerir os recursos presentes buscando não comprometer o futuro. Sendo que o mesmo conceito é aplicado para eletricidade ou seja: Satisfazer as necessidades energéticas atuais sem comprometer a demanda por energia futura. Mas o que é desenvolvimento sustentável? Ao longo das últimas décadas foi introduzido vários conceitos sobre o tema, dentre eles dois são destacados abaixo:

“Um processo de transformação, no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação da evolução tecnológica e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender as necessidades e aspirações humanas”
MCCHESNEY (1991)

“Sustentabilidade também pode ser definida como a capacidade do ser humano interagir com o mundo, preservando o meio ambiente para não comprometer os recursos naturais das gerações futuras”
Gro Harlem Brundtland
KEINER (2006)

Nas definições acima, um ponto em comum está baseado na crescente preocupação com a exploração dos recursos naturais e com o desenvolvimento econômico às custas da qualidade do meio ambiente. As empresas têm buscado reconhecimento e cada vez mais se adaptando às novas políticas e tecnologias de sustentabilidade e meio ambiente como: produtos biodegradáveis, roupas com materiais reciclados, digitalização de documentos, geração de energias renováveis, cidades sustentáveis.

Podemos dizer que os recursos energéticos são formados por fontes renováveis e não renováveis de energia providas da natureza. O recurso energético finito mais utilizado atualmente é o petróleo e o recurso energético renovável mais utilizado atualmente é a água. Porém, como veremos no decorrer deste trabalho, existem outras alternativas de geração e utilização de energia.

Atualmente, existem políticas públicas e privadas que buscam promover planos e metas voltadas para a utilização racional e conservação de energia. Tem como objetivos desenvolver estudos e produzir informações para subsidiar planos e programas de desenvolvimento energético ambientalmente sustentáveis além de realizar projeções da matriz energética brasileira.

O desenvolvimento industrial elevou o consumo de energia e matéria-prima gerando mais resíduos e conseqüentemente aumentou a poluição. Diariamente excessivas quantidades de gases poluente são propagados na atmosfera resultando na destruição da camada de ozônio e contribuindo para o efeito estufa, chuvas ácidas e desequilíbrios climáticos. Além de desmatamentos e contaminação de resíduos industriais em rios, mares, lagos e solo.

Para que não tenhamos um grande impacto no meio ambiente, o desenvolvimento das energias renováveis deverá contribuir para um contexto energético diferente. Com uma contribuição relevante para a redução das dependências energética externa e para um maior equilíbrio econômico. Para este

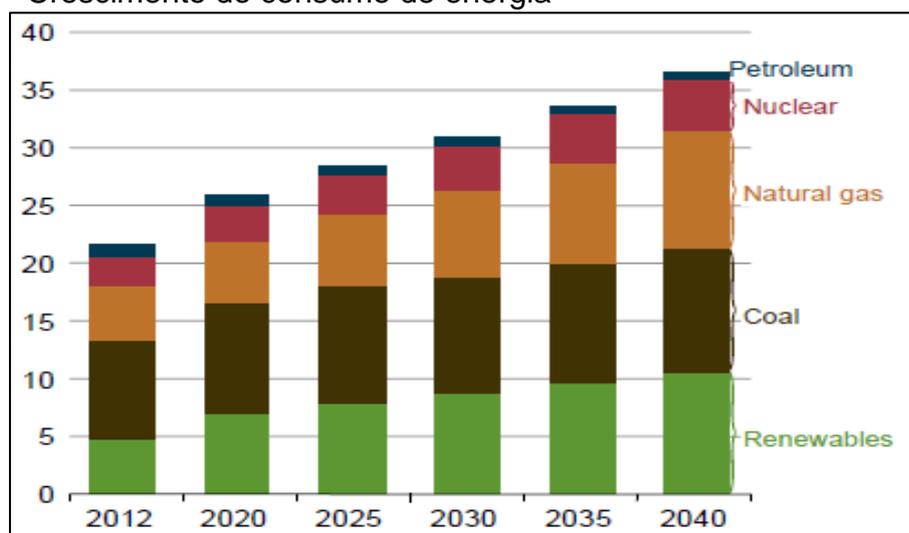
objetivo deverá ainda contribuir a introdução de uma maior concorrência no setor e o desenvolvimento das infraestruturas energéticas previstas.

3 MATRIZ ENERGÉTICA

Vivemos num estágio da civilização moderna em que a cada dia a demanda energética é maior e os recursos para proporcionar tal energia cada vez menores. O desenvolvimento da indústria e as novas tecnologias disponibilizadas para o consumidor residencial ao longo dos últimos anos criaram uma dependência muito grande por energia. Como pode ser observado na FIGURA 3.1, de acordo com USEIA (2016), o consumo de energia irá crescer em torno de 48% entre os anos de 2012 e 2040.

Grande parte deste crescimento será impulsionado por países que estão em um ritmo de desenvolvimento muito grande, particularmente localizado na Ásia. De acordo com pesquisas da USEIA (2016), países da Ásia tais como China e Índia vão ser responsáveis por metade do crescimento de energia mundial. Ainda segundo USEIA (2016), uma das razões deste aumento é o crescimento da população global que praticamente dobrou nos últimos 40 anos, passando de 3,7 bilhões para 7 bilhões nos dias de hoje. Estima-se que no ano de 2030 teremos mais que 8 bilhões.

FIGURA 3.1 – Crescimento do consumo de energia



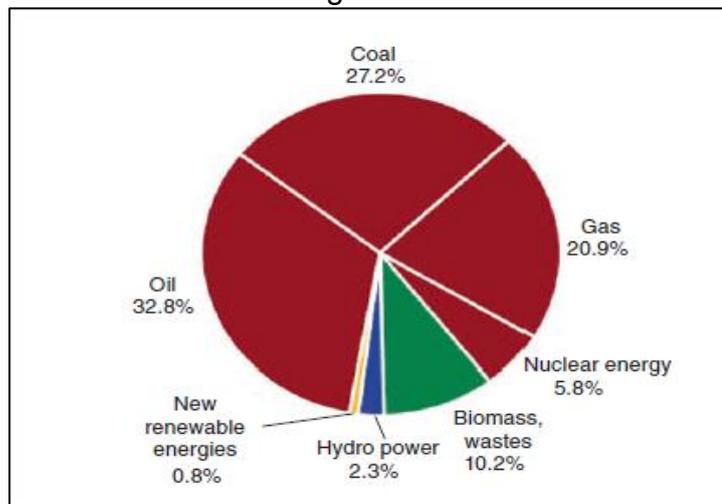
Fonte: USEIA (2016)

De acordo com a FIGURA 3.2, observa-se que 81% da energia produzida mundialmente possuem recursos finitos, ou seja, se não existir um consumo consciente e uma política eficaz de investimentos no setor de energia autossustentável, em um futuro próximo acontecerá uma crise energética grave e sem condições de reação imediata.

Porém não é recomendado concentrar toda a geração em um único tipo de fonte, visto que todas as fontes possuem vantagens e desvantagens. Portanto é de extrema importância analisar os pontos positivos e negativos de cada fonte para decidir qual delas será melhor aproveitada para cada situação. Um critério que ganha mais peso a cada ano é o nível de poluição inerente a cada tipo de fonte. Hoje sabemos que usinas que utilizam grandes quantidades de combustíveis fósseis são as mais poluentes. As usinas termelétricas, até alguns anos atrás, eram as mais poluentes justamente por utilizar, na maioria dos casos, derivados de petróleo e

carvão mineral para mover seu processo. Com a introdução da biomassa no mercado, o nível de poluição dessas usinas diminuiu drasticamente.

FIGURA 3.2 – Consumo de fontes de energia



Fonte: MERTENS (2014)

As usinas hidráulicas não são tão poluidoras, porém para sua construção geralmente é necessário realizar muitas mudanças no meio ambiente como desviar o curso de um ou mais rios e desmatar áreas de floresta. Não é uma poluição direta, mas impacta diretamente na sobrevivência dos seres vivos da região devido ao alagamento causado.

Temos ainda a geração nuclear, eólica, solar e maremotriz, que são as menos poluentes e que menos impactam na região em que são instaladas, mas por se tratarem de fontes que necessitam de uma localização adequada, na maioria dos casos, essas usinas são construídas em locais geralmente afastados dos centros consumidores.

3.1 VISÃO BRASIL E MUNDO

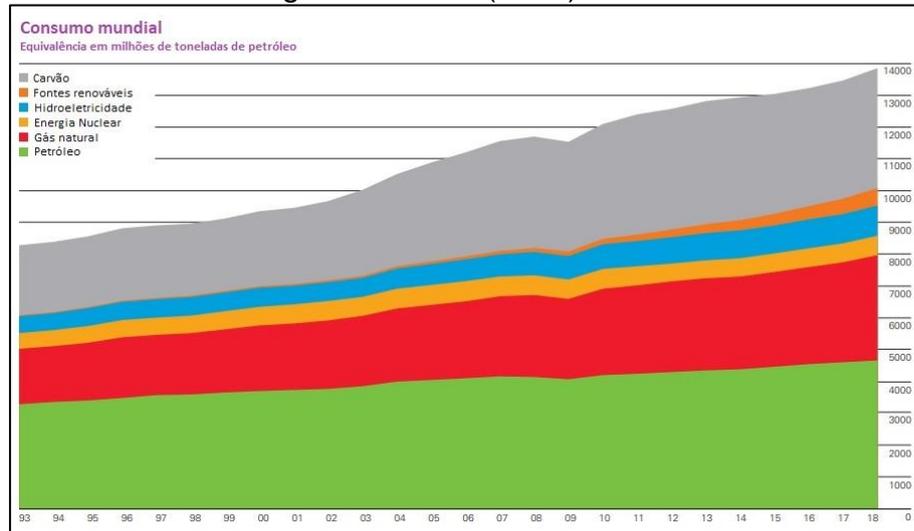
As seis fontes de energia mais utilizadas no mundo são carvão, energias renováveis, hidroeletricidade, energia nuclear, gás natural e petróleo como mostrado na FIGURA 3.3.

Pode ser observado que a utilização do petróleo se manteve estável durante o período analisado já o gás natural, hidroeletricidade e energia nuclear tiveram um crescimento considerável. Neste cenário destacamos as energias renováveis que se mostraram mais sólida a partir de 2010, logo após a queda na produção de energia no mundo em 2009, reflexo da crise econômica mundial na época. Na FIGURA 3.4 podemos ver a distribuição por continente.

Como mostrado na Figura 3.4, o petróleo e o gás natural ainda representam mais de 50% da produção de várias regiões com exceção da Ásia, em que essas duas fontes não chegam a representar 40% da geração. Porém o carvão nessa região é quase tão influente quanto as duas anteriores juntas. Nas Américas Central e do Sul, além do petróleo, as usinas hidrelétricas são referência de geração. Já no Oriente Médio e na Comunidade dos Estados Independentes (CEI), petróleo e gás natural são as fontes mais utilizadas. Na CEI podemos ver um pouco de hidroeletricidade e energia nuclear, porém fontes renováveis quase não aparecem. No Oriente Médio essas três fontes sequer aparecem no gráfico, o que significa que não chegam a

representar 1% da geração total da região. A distribuição da África é bem parecida com a da CEI, a diferença é que o carvão tem mais influência, tomando parte do espaço do gás natural, e a energia nuclear é mais utilizada. Entretanto, as fontes renováveis são menos utilizadas. Na América do Norte e Europa petróleo e gás ainda predominam, mas na Europa as fontes renováveis representam a maior porcentagem por região do mundo.

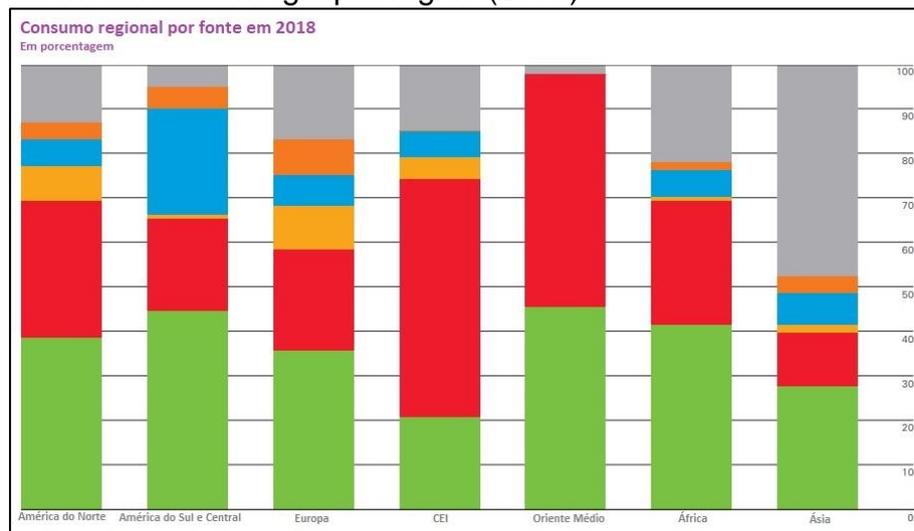
FIGURA 3.3 – Consumo de energia no mundo (2018)



Fonte: BP Global (adaptado)

Como mostrado na Figura 3.4, o petróleo e o gás natural ainda representam mais de 50% da produção de várias regiões com exceção da Ásia, em que essas duas fontes não chegam a representar 40% da geração. Porém o carvão nessa região é quase tão influente quanto as duas anteriores juntas.

FIGURA 3.4 – Consumo de energia por região (2018)



Fonte: BP Global (adaptado)

Nas Américas Central e do Sul, além do petróleo, as usinas hidrelétricas são referência de geração. Já no Oriente Médio e na Comunidade dos Estados Independentes (CEI), petróleo e gás natural são as fontes mais utilizadas. Na CEI

podemos ver um pouco de hidroeletricidade e energia nuclear, porém fontes renováveis quase não aparecem. No Oriente Médio essas três fontes sequer aparecem no gráfico, o que significa que não chegam a representar 1% da geração total da região. A distribuição da África é bem parecida com a da CEI, a diferença é que o carvão tem mais influência, tomando parte do espaço do gás natural, e a energia nuclear é mais utilizada. Entretanto, as fontes renováveis são menos utilizadas. Na América do Norte e Europa petróleo e gás ainda predominam, mas na Europa as fontes renováveis representam a maior porcentagem por região do mundo.

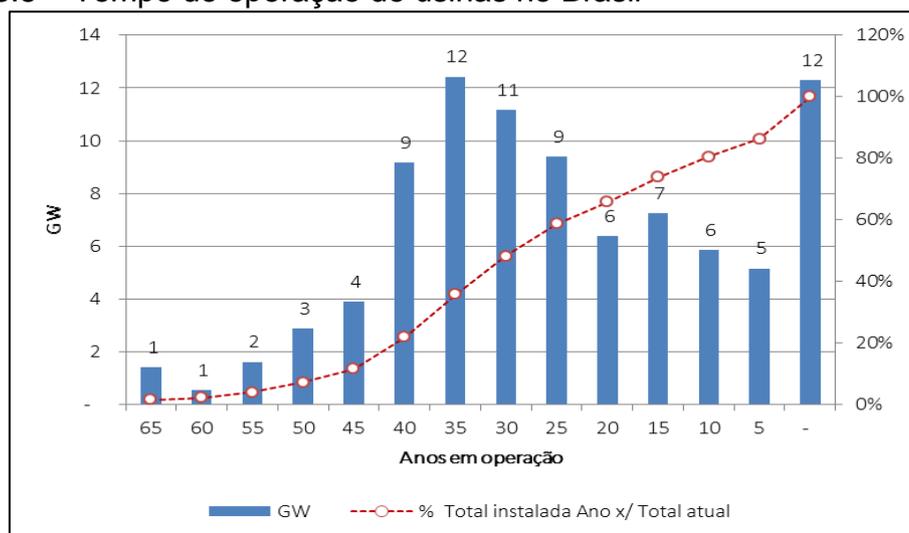
Através da FIGURA 3.1 podemos observar não só o aumento da demanda energética ao longo dos anos, mas também que as fontes renováveis ganham mais espaço a cada ano que passa. Novas tecnologias que possuem maior rendimento e baixa poluição são os pontos fortes dessas gerações, além de que algumas delas não possuem prazo de validade, por exemplo o Sol que não vai acabar sequer daqui a três mil anos. Porém o gás natural se tornará escasso em no máximo 100 anos (Ecotricity, 2018). Carvão e petróleo também acabarão um dia e até lá, é de extrema importância desenvolver as fontes renováveis para suprir a necessidade energética atual e futura além de aproveitarmos ao máximo o que é gerado atualmente e transformarmos essa atitude em hábito.

3.2 SETOR HIDRELÉTRICO

Desde a primeira usina hidrelétrica construída na Inglaterra no século XIX, o setor vem expandindo e aprimorando os conceitos de geração e tornando os processos mais seguros e confiáveis. Hoje, a geração hídrica está presente em cerca de 160 países, TOLMASQUIM (2016), sendo que em muitos deles este tipo de geração se tornou a base da matriz energética.

A expansão do parque instalado acirrou a partir da década de 80 do século passado, onde aconteceram as primeiras crises no setor de petróleo. Este cenário refletiu-se diretamente no Brasil, que, devido a uma rede hídrica favorável, apresentou uma expansão acelerada. Tal fato pode ser observado na FIGURA 3.5.

FIGURA 3.5 – Tempo de operação de usinas no Brasil



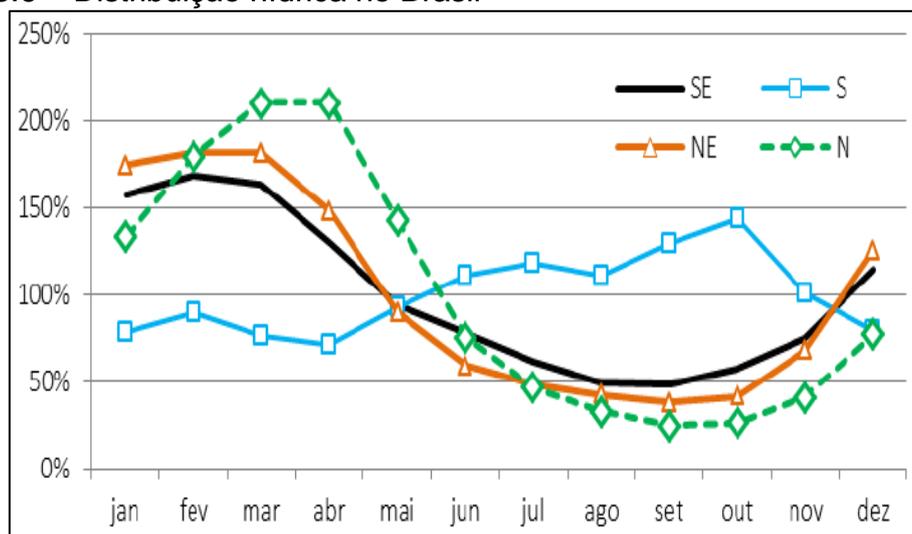
Fonte: TOLMASQUIM (2016)

Hoje, apesar de ser considerada uma energia limpa, o setor hidrelétrico vem enfrentando fortes resistências durante tentativas de expansão do parque instalado. Dentre elas temos os órgãos ambientais em defesa do meio ambiente, devido às

áreas que são alagadas durante o processo de formação do reservatório. Outro ponto é o aspecto financeiro, onde os elevados investimentos para a construção das barragens e um tempo de retorno muito dilatado, chegam a inviabilizar o investimento em algumas regiões.

A geração hidroelétrica está relacionada diretamente à sazonalidade das vazões dos rios que são variáveis de acordo com épocas do ano. Devido às dimensões continentais do Brasil este efeito, em alguns casos, pode ser minimizado, pois as oscilações climáticas incidem de maneira localizada nas regiões do Brasil. Assim, podem ocorrer momentos de seca no norte e chuva no Sul, como pode ser observado na FIGURA 3.6.

FIGURA 3.6 – Distribuição hídrica no Brasil



Fonte: TOLMASQUIM (2016)

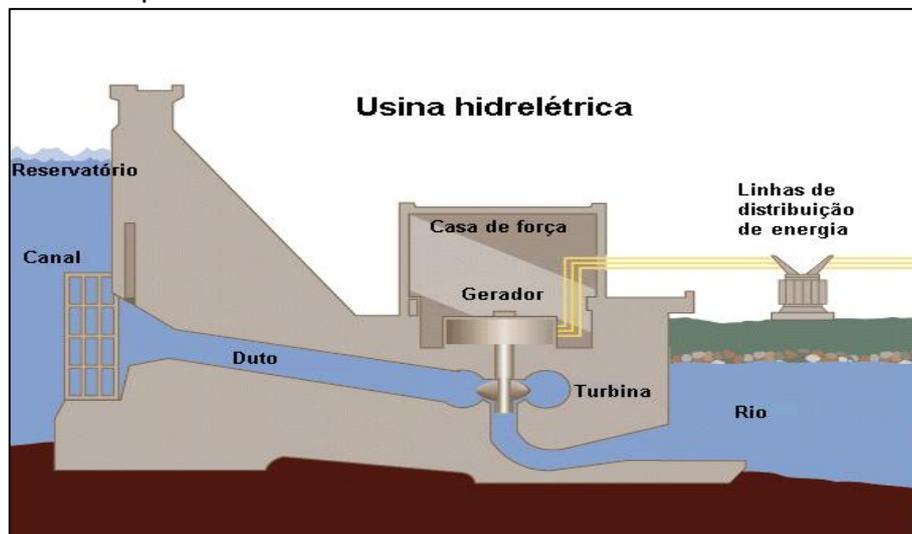
Segundo TOLMASQUIM (2016), uma das formas de tentar reduzir o efeito da falta de chuva é a construção de usinas com reservatório de acumulação, pois podem reter a água dos períodos de maiores incidências de chuva para serem aproveitadas posteriormente nos períodos de seca. A grande questão é que tais usinas são as que mais impactam o meio ambiente, o que em alguns casos, inviabiliza a construção. Desta forma, medidas paliativas deverão ser tomadas para que tais oscilações no ciclo das chuvas não impactem no fornecimento de energia.

De acordo com a FIGURA 3.7, seu processo de geração é estabelecido por meio da abertura da porta de controle que conduz a água até a turbina através de um o duto. A vazão desse duto está diretamente relacionada a capacidade de geração da usina, quanto maior a vazão maior a geração. A pressão da água que atinge as pás da turbina, promove o movimento que irá acionar o gerador de corrente alternada, acoplado à turbina, logo acima. O gerador, por sua vez, transforma a energia cinética da turbina em energia elétrica por meio de indução magnética. A energia gerada é transmitida até os transformadores que vão regular os valores de tensão e corrente a fim de viabilizar parte da energia para ser transmitida e parte para ser usada pela própria usina. Depois de passar pela turbina, a água retorna ao curso de seu rio.

Dependendo da região em que a usina é instalada, é necessário a construção de um vertedouro. Regiões em que os rios têm períodos de grandes cheias pode acontecer de o nível do reservatório da usina subir muito além do normal, o que traria sérios problemas. O vertedouro é um regulador de nível. Se o reservatório subir demais, esse excedente escoar para o curso normal do rio. A Agência Nacional de

Energia Elétrica (Aneel) adota três classificações para as gerações: Centrais Geradoras Hidrelétricas (com até 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, 2015).

FIGURA 3.7 – Componentes de uma usina hidrelétrica.



Fonte: UFPA

3.3 SETOR TERMOELÉTRICO

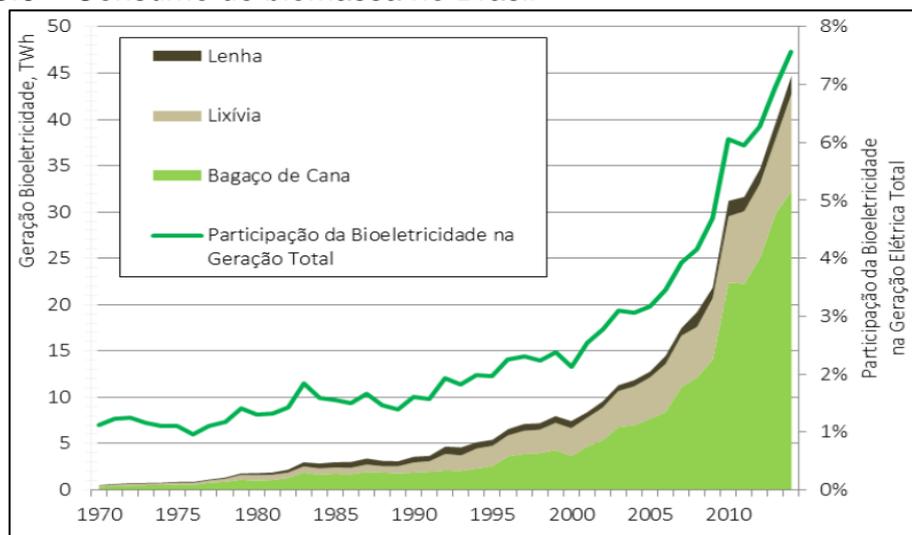
De acordo com a associação mundial de bioenergia, entre 2000 e 2014 a geração de energia elétrica com biomassa cresceu 138% chegando a 433 TWh. Segundo USEIA (2014), no ano de 2040, a geração mundial de bioenergia atingirá um crescimento na ordem de 1127% em relação aos dados de 2012.

No Brasil, a introdução no ano de 1975 do biocombustível (setor automobilístico) através do programa Pro-álcool, foi considerada a mola propulsora para o programa termoelétrico. Na sequência, o programa brasileiro foi implantado e expandido por meio da cogeração no segmento industrial, utilizando como matéria-prima a lixo. Inicialmente, o objetivo das indústrias era a geração de energia somente para a utilização interna, sem que existisse a comercialização do produto externamente. Com o desenvolvimento de novas tecnologias, a cogeração passou a ser mais eficiente, gerando cada vez mais excedentes de energia agregando assim à matriz energética brasileira. Além da lixo, existem participações significativas de outros combustíveis como o bagaço de cana e lenha de florestas plantadas especialmente para isso. Desta forma, a produção de energia elétrica a partir de biomassa passou a ter uma importância significativa na matriz energética brasileira. A FIGURA 3.8 apresenta a evolução destes combustíveis ao longo dos últimos anos.

Hoje no Brasil temos 517 usinas a base de biomassa em operação gerando uma energia aproximada de 14GW, sendo que destes 11GW é gerado a partir do bagaço de cana TOLMASQUIM (2016). Um ponto de preocupação é que o ciclo de maturação da cana restringe sua disponibilidade, gerando um ciclo de sazonalidade na oferta desta biomassa. Este ciclo varia ao longo do ano e das regiões do país, não tendo desta forma, um fluxo produtivo constante. Desta forma, o governo federal e os órgãos regulamentadores vêm praticando uma série de programas e investimentos no setor de energia sustentável e renovável, de tal forma que tais circunstâncias do

fornecimento de energia sejam supridas por outras fontes, tendo como exemplos eólicas e solares.

FIGURA 3.8 – Consumo de biomassa no Brasil



Fonte: TOLMASQUIM (2016)

3.3.1 Energia nuclear

As usinas nucleares, também chamadas de term nucleares, são uma variação especial das usinas termelétricas já que também utilizam um fluido de trabalho para produzir movimento no eixo de um gerador. Porém esse tipo de fonte merece uma caracterização própria devido aos riscos associados à sua utilização. Atualmente, o átomo de Urânio é o material empregado em mais de 400 centrais nucleares em todo o mundo. “Existem duas formas de aproveitar essa energia para a produção de eletricidade: A fissão nuclear, onde o núcleo atômico se divide em duas ou mais partículas, e a fusão nuclear, na qual dois ou mais núcleos se unem para produzir um novo elemento.” (Eletrobras Eletronuclear, 2010). A fissão nuclear é o método mais utilizado nessas usinas e se faz mais presente na América do Norte e Europa, especialmente na França, Alemanha, Suécia e Espanha. Também é muito empregada no Japão por ser um país muito escasso em recursos naturais. Entretanto, por duas vezes o país sofreu com os desastres oriundos desse sistema de geração de energia nas cidades de Tokaimura em 1999 e em Fukushima em 2011.

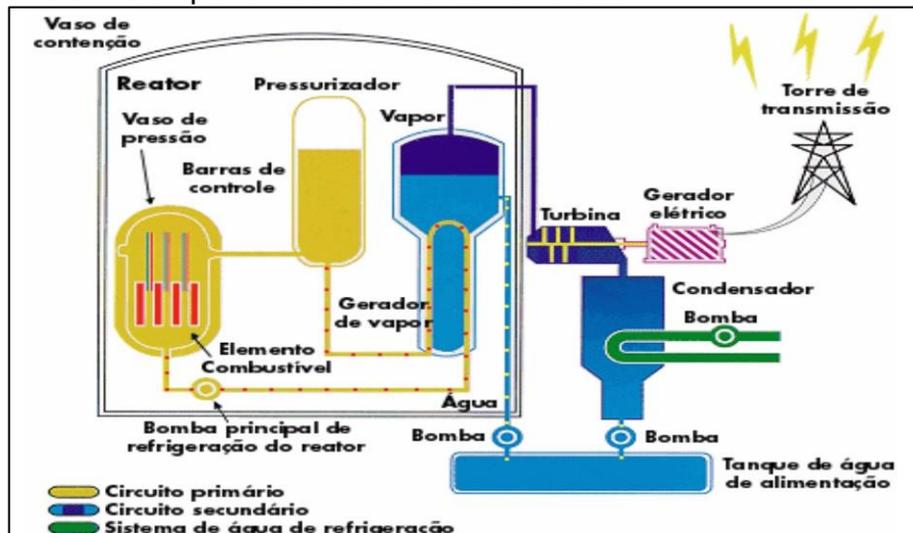
A geração de energia por meio de usinas nucleares não emite poluentes, na maioria das vezes são usinas pequenas se comparadas às demais fontes que produzem a mesma potência, não sofrem variações de eficiência de acordo com o clima ou qualquer tipo de sazonalidade, e podem ser instaladas facilmente próximas a centros urbanos.

De acordo com a FIGURA 3.9, o processo é executado por meio de duas fases:

Circuito primário: O elemento combustível é composto pelo urânio encapsulado em varetas que sofre o processo de fissão através do bombardeamento de elétrons. Esse processo cria uma reação exotérmica, liberando grande quantidade de energia térmica. Essa energia é transmitida para a água presente nesse recipiente. Essa água não evapora, pois é mantida sob altíssima pressão em todo o circuito primário, através do pressurizador. Por estar em seu estado líquido a troca de calor da água do circuito primário com a água do circuito secundário é facilitada e a volatilidade do sistema diminui. Para controlar a temperatura do circuito primário, temos uma bomba especificamente para esse fim.

Circuito secundário: A água extremamente aquecida do circuito primário tem como objetivo aquecer a água do circuito secundário para que essa, por sua vez, se transforme em vapor. Esse vapor será direcionado às pás de uma turbina acoplada a um gerador elétrico, semelhante ao processo das demais termoelétricas. Após passar pela turbina o vapor é direcionado ao condensador e será resfriado até se tornar líquido novamente e ser bombeado até o tanque de alimentação de água.

FIGURA 3.9 – Componentes de uma usina nuclear



Fonte: Eletrobras

A energia nuclear é uma excelente alternativa para gerar energia sem agredir o meio ambiente diretamente no processo, além de ser ideal para regiões em que os recursos naturais como água e vento são escassos a ponto de inviabilizar a construção de usinas eólicas e hidrelétricas. Porém, a falta de descarte definitivo do lixo radioativo e os impactos causados por problemas em usinas nucleares ao longo da história como Chernobyl e Fukushima, cuja radiação ainda é detectada até os dias atuais, tornam a expansão da energia nuclear uma alternativa questionável.

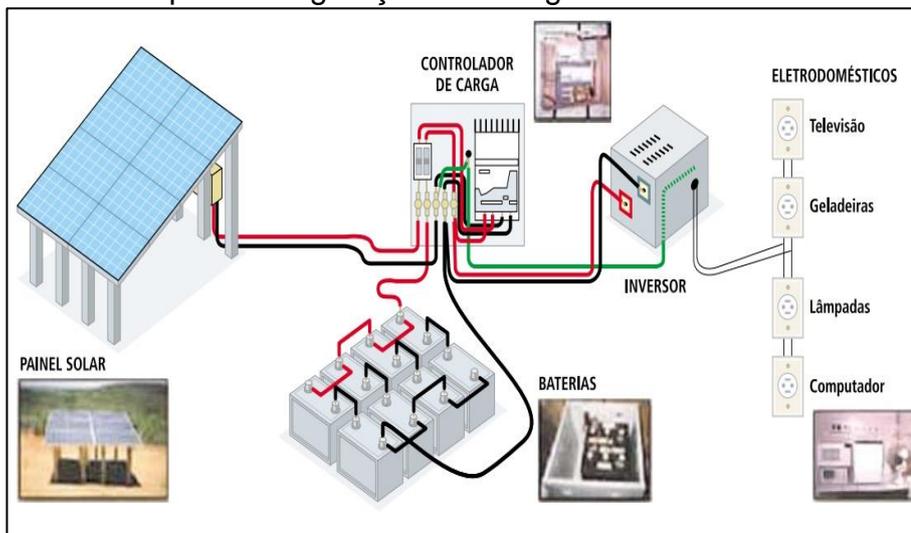
3.4 SETOR FOTOVOLTAICO

A geração de energia por meio da radiação Solar tem se tornado bastante popular nos últimos anos. A Alemanha por exemplo, pretende encerrar todas as atividades de suas usinas nucleares até 2022 (Época Negócios, 2016), e por isso, está investindo pesado em painéis fotovoltaicos para suprir as necessidades energéticas do país. Porém esse tipo de fonte de energia é muito caro e possui baixo rendimento tornando, em muitos casos, a sua implantação inviável.

O efeito fotovoltaico se dá por meio da excitação dos elétrons dos materiais que compõem o painel ao entrarem em contato com a luz, sendo a luz do Sol a mais utilizada por não ser necessário produzi-la. O principal material usado nos painéis é o silício, amplamente empregado em equipamentos eletrônicos em geral. Os principais tipos de célula são: Silício de cristal simples, Silício concentrado, Silício policristalino e Silício amorfo, sendo a célula de Silício concentrado a de maior eficiência dentre os modelos comerciais: 13% a 15% (ANEEL, 2006). A eficiência do painel depende de dois fatores: intensidade da radiação solar e a capacidade de geração de energia do próprio painel. Por exemplo, em dias nublados ou quando o painel está empoeirado, a eficiência diminui já que a incidência de radiação solar efetiva no painel diminui. Por outro lado, a eficiência por parte dos materiais que

compõem as células do painel são objeto de estudo constante a fim de aumentar ao máximo a capacidade de geração de energia (MERTENS, 2014).

FIGURA 3.9 – Esquema de geração de energia fotovoltaica.



Fonte: ANEEL

Na Figura 3.9 podemos ver de forma simplificada como funciona a geração de energia fotovoltaica residencial. A energia gerada pelo painel é contínua, portanto, parte da energia que não for utilizada pode ir diretamente para um banco de baterias para ser armazenada e utilizada posteriormente, por exemplo, à noite. Para gerenciar o funcionamento e evitar danos ao sistema existe um controlador de carga conectando diretamente os painéis ao banco de baterias e ao inversor. A energia que será utilizada, seja das baterias ou do painel, precisa ser transformada em tensão e corrente alternada. A instalação de painéis fotovoltaicos na indústria é semelhante à instalação residencial salvo alguns controladores que são adicionados ao sistema para dar mais confiabilidade e segurança ao processo.

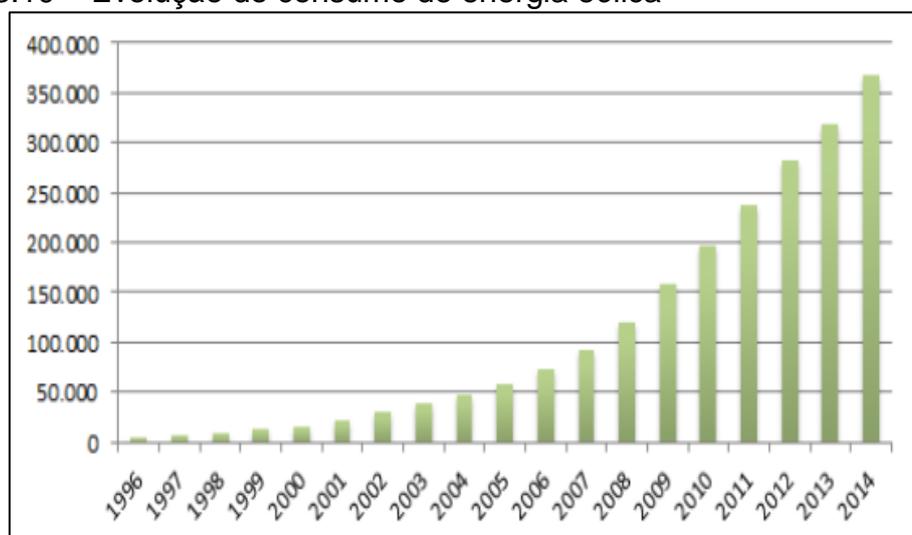
Em alguns casos, o excedente de energia gerada pode ser redirecionado à rede elétrica local, principalmente em áreas residenciais. Para isso, é necessária a instalação de um relógio elétrico específico que gira normalmente quando há consumo de energia da rede e gira na direção contrária quando a geração fotovoltaica é maior que o consumo, enviando o excedente para a rede. Essa prática, na maioria dos casos, pode ser convertida em descontos na fatura mensal de energia. As indústrias que aderirem a essa prática também podem receber incentivos fiscais ou descontos na fatura de energia elétrica.

3.5 SETOR EÓLICO

O setor eólico tem origem nos antigos moinhos utilizados para moagem de grãos que datam de 200 AC na antiga Pérsia. O primeiro grande avanço destes dispositivos aconteceu entre os séculos 1850 e 1930 nos Estados Unidos, onde eram utilizados para o bombeamento de água, quando se estima que existiam aproximadamente 6 milhões destes instalados. Já em 1973, em plena crise do petróleo, o governo dos Estados Unidos incentivou sua utilização para fins de geração de energia e entre os anos de 1981 e 1990, onde sua expansão apresentou um crescimento significativo chegando aos 1,8GW gerados. A partir de 2005, a geração por meio de aerogeradores já havia se espalhado por todo o mundo, chegando em 2010 com desenvolvimento tecnológico suficiente para competir e contribuir

diretamente com os combustíveis fósseis. Observa-se na FIGURA 3.10, que o seu crescimento foi rápido.

FIGURA 3.10 – Evolução do consumo de energia eólica



Fonte: TOLMASQUIM (2016)

Mas, segundo TOLMASQUIM (2016), apesar do crescimento expressivo, a energia gerada a partir dos ventos representou apenas 3% do total gerado no mundo no ano de 2014. Com destaque para a Dinamarca onde tal geração representou 39% de todo consumo do país em 2014. No mundo, do total gerado em 2014, 31% foi dentro do território Chinês, 18% nos Estados Unidos e 10% na Alemanha. Como reflexo deste cenário, estes países são hoje os maiores produtores de tecnologia neste campo, apresentando também as maiores demandas e instalações.

No Brasil, a primeira instalação de um aereo gerador ocorreu em 1992, fruto de uma parceria entre a Universidade Federal do Pernambuco e a Companhia Energética daquele estado, em que foi colocado em marcha um dispositivo de 75kW no arquipélago de Fernando de Noronha.

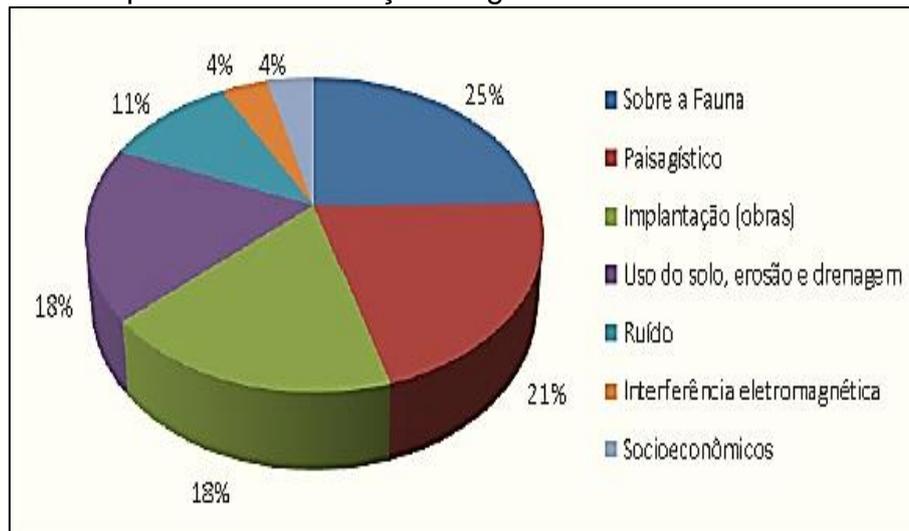
Em relação a sua localização, a geração eólica pode ser classificada em dois grandes grupos, o offshore (marítima) muito utilizado por países que possuem uma pequena extensão territorial e que na região marítima possuem condições predominantemente favoráveis de ventos para tal aproveitamento. O outro grupo é o onshore (em terra), onde instalações isoladas tem o objetivo de fornecer energia diretamente para pequenas propriedades e indústrias ou em instalações centralizadas, onde grandes aerogeradores organizados em conjunto, formam grandes parques eólicos interligados ao sistema elétrico.

As usinas do tipo onshore precisam de uma infraestrutura necessária para a transmissão de energia muito mais barata do que a o parque offshore. A possibilidade de um parque eólico ser instalado próximo à indústria que produz seus componentes é uma realidade tangível que por sua vez reduz a poluição gerada por todo o transporte dessas peças. Porém, os aerogeradores são otimizados de modo a funcionarem em uma determinada faixa de velocidade dos ventos, então se por algum motivo a velocidade do vento ou sua direção variar mais que o esperado a eficiência total dos aerogeradores cai drasticamente.

A velocidade e a direção do vento longe da costa são mais constantes do que em terra firme, trazendo o benefício de serem utilizados menos aerogeradores para produzir uma mesma quantidade de energia devido ao aumento de rendimento, se

comparado às usinas onshore. A burocracia para definir o terreno e a área ativa em que a usina será instalada é muitas vezes menor, já que a usina não limita, em nenhum sentido, a expansão urbana, agrícola e/ou agropecuária. O maior e mais expressivo “contra” desse tipo de usina, é o custo de transmissão da energia gerada que tem que viajar muitos quilômetros até seu destino final. Esse fator pode ser determinante para inviabilizar a construção da usina. Dentre as fontes de energia renováveis, a geração eólica é considerada uma das que menos geram problemas para o meio ambiente. De acordo com a FIGURA 3.11, podemos observar que seu maior impacto está relacionado com a fauna e com o paisagismo.

FIGURA 3.11 – Impactos da construção de geradores eólicos



Fonte: TOLMASQUIM (2016)

A fauna é impactada durante o processo de instalação dos parques eólicos onde são retiradas parte da cobertura vegetal. Outro ponto negativo, está no fato de tais torres formarem uma grande barreira física, gerando colisões de pássaros, principalmente nas regiões sul e nordeste, onde encontramos áreas de descanso de aves migratórias

No contexto do fornecimento de energia comercial, um dos grandes desafios que este tipo de geração enfrenta é a imprevisibilidade dos ventos pois, por maiores que sejam os estudos, não cobrem cem por cento das oscilações de direção e intensidade dos ventos, fazendo com que a energia eólica seja um recurso de baixa confiabilidade.

4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A energia está presente em todas as realizações humanas. Como na natureza não existe de forma direta, logo, só pode ser adquirida por meio de conversão de recursos naturais. Seu uso de forma apropriada se torna uma condição necessária para a formação de um sistema sustentável. Como medir seu consumo e seu progresso ao longo do tempo é uma dificuldade e uma instigação aos profissionais que se dedicam a área energética. (DE BARROS; BORELLI, GERDRA, 2015)

Desse modo, é muito importante criar indicadores energéticos que possam relacionar as muitas formas de energia com questões econômicas, ambientais, sociais e tecnológicas que possibilitam cada vez mais o direcionamento do homem pela sustentabilidade. (DE BARROS; BORELLI, GERDRA, 2015)

Conhecer o resultado final decorrente da aplicação da energia elétrica é fundamental para administrar e dimensionar o consumo de energia. Indicadores energéticos podem ser elaborados em escala global, regional e local. Com os indicadores pode-se controlar todos os processos a fim de combater os desperdícios, contribuindo tanto para o lado financeiro quanto para a preservação de recursos naturais. O rendimento energético é fundamental para o desenvolvimento sustentável, reduzindo consideravelmente os impactos ambientais como a frequente emissões de gases poluentes e o desmatamento.

Assim, de acordo com o Plano Nacional de energia 2030 do ministério de Minas e Energia 2007 a Eficiência Energética:

“[...] pode ser interpretada como a economia de energia gerada para executar a mesma atividade antes realizada, seja pelo uso de um equipamento mais eficiente (característica técnica), ou mesmo de uma nova tecnologia, ou apenas pelo uso racional da energia (característica comportamental). O mesmo estudo considera que a “substituição energética” de uma fonte por outra menos nobre, como é o caso da energia elétrica por energia solar para gerar energia térmica, gera uma eficiência energética no sentido da prioridade do uso de fontes mais econômicas ou menos competitivas (característica de substituição energética)”. (PESQUISA ENERGÉTICA, 2007)

4.1 PERDAS ELÉTRICAS

As perdas nos sistemas de energia elétrica estabelecem um importante indicador de eficiência para o setor elétrico. As perdas são medidas através da diferença entre o valor de energia injetado na rede e o valor usado pelo consumidor final. Conhecidas como perdas técnicas fazem parte do processo de geração, transmissão e consumo da eletricidade elas são perdas naturais atreladas a conceitos físicos. O processo vem da interação da corrente elétrica e de seus campos eletromagnéticos com o meio físico de transmissão.

As perdas por Histerese acontecem no núcleo magnético dos transformadores e é utilizada para fazer o redirecionamento dos domínios de cada ciclo de uma corrente alternada aplicada no núcleo. Assim como histerese, a perda por Foucault também acontece no núcleo, são correntes parasitas que circulam ao redor dele. São geradas quando o núcleo ferromagnético é percorrido por um fluxo que varia a frequência no decorrer do tempo. As perdas por efeito Joule acontecem na conversão de energia elétrica em térmica, ocorre quando os elétrons da corrente elétrica colidem com os átomos do condutor, uma parte da energia cinética gerada nesse processo é transmitida pelo átomo aumentando seu estado de agitação e como resultado a elevação da temperatura. As perdas por efeito joule estão presentes em diversos equipamentos que compõe o sistema elétrico.

As perdas não técnicas são também chamadas de perdas comerciais, nesses casos a estimativa de consumo não pode ser modelada matematicamente. Nos itens abaixo são listados alguns exemplos de perdas não técnicas.

- ✓ Podem ocorrer pelo furto de energia que são popularmente conhecidos como “gato”;
- ✓ Os medidores com o tempo vão se deteriorando causando medições erradas, abaixo ou acima do valor correto;
- ✓ Inexistência de medidores em alguns locais pelo consumo ser muito baixo e não compensar a instalação do mesmo;
- ✓ Falta de leitura de algumas regiões consideradas perigosas para os funcionários das companhias elétrica, que não conseguem ter acesso;
- ✓ Troca de cabos dos medidores ou a aferição de apenas uma fase;

- ✓ Erro na hora de processar o faturamento, acontece quando é feita medição equivocada realizada pelo leiturista.

Entre os valores das perdas não técnicas está incluso também a inadimplência dos consumidores no qual tem grande impactos nas faturas dos consumidores que pagam suas faturas corretamente.

4.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA

A competição e a sobrevivência obrigam as empresas a procurarem cada vez mais a redução dos custos. Uma das maneiras mais inteligentes para alcançar esse objetivo é a economia da energia pois o uso racional dos recursos energéticos proporciona, além da redução dos custos, grandes vantagens ambientais.

Dentro deste segmento devemos ter em mente que a necessidade energética depende do ramo em que a empresa atua, do produto que é gerado, sua localização, grandiosidade dos seus equipamentos já existentes, tempo de funcionamento. Ou seja, vários fatores que integram a indústria em sua funcionalidade e que são refletidos no consumo energético.

4.2.1 Eficiência na Iluminação

A iluminação é responsável por, aproximadamente, 23% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no setor comercial e serviços públicos e 1% no setor industrial (Santos, 2006). Vários trabalhos desenvolvidos mostram que a iluminação ineficiente é comum no Brasil. Uma combinação de lâmpadas, reatores e refletores eficientes, associados a hábitos saudáveis na sua utilização podem ser aplicados para reduzir o consumo de energia elétrica.

4.2.2 Redução das perdas em transformadores

Conforme citado, a perda nos enrolamentos de um transformador dada através do produto da resistência pelo quadrado da corrente de carga. Como a resistência elétrica do enrolamento não varia com o carregamento do transformador, a redução das perdas é obtida através de medidas de conservação de energia nas correntes da carga alimentadas pelo transformador, como a elevação do fator de potência e distribuição adequadas das cargas entre os transformadores. No caso das perdas no ferro, elas somente deixarão de existir quando retirado da rede elétrica.

Uma ação tecnicamente fácil e que existe baixos investimentos para redução das perdas nos enrolamentos de um transformador, é a elevação do fator de potência com o qual o conjunto das cargas alimentadas pelo transformador opera. A elevação do fator de potência reduz a componente indutiva da corrente, reduzindo o valor da corrente da carga.

4.2.3 Redução das perdas de energia no núcleo de um transformador

Como as perdas no núcleo praticamente independem do carregamento do transformador, elas ocorrem mesmo operando em vazio. Dessa forma, uma das maneiras de se reduzir é desligar o transformador quando este não estiver sendo utilizado. Sendo assim, empresas que não operam no período noturno e em finais de semana, com esses equipamentos desligados, reduzirão bem os seus consumos de energia elétrica.

4.2.4 Motores Elétricos de alto rendimento

Essenciais para o processo produtivo, os motores elétricos representam uma soma expressiva de custos à indústria nacional. Em dados gerais, eles são responsáveis por 68% do consumo de energia elétrica nas empresas, segundo a CNI (Confederação Nacional da Indústria).

Isso se deve ao fato de o parque fabril brasileiro ter, em média, 17 anos, conforme aponta a Abramam (Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos). Portanto, muitas vezes os motores elétricos acabam por ultrapassar décadas de uso, sendo que aproximadamente 20% deles chegam a 25 anos.

Esse cenário coloca a eficiência energética como determinante para otimização do consumo de energia elétrica nas empresas e a própria renovação do parque industrial, que se faz necessária para a competitividade do produto nacional.

A modernização da indústria, tendo o motor elétrico como um dos seus protagonistas, permite a redução de custos operacionais e uma economia de até 60% no consumo de energia elétrica. Isso sem contar os ganhos ambientais e sociais, segundo WEG.

Os motores de alto rendimento se apresentam como uma alternativa para a economia de energia em sistemas motrizes. A principal característica destes motores é a melhoria em pontos vitais onde se concentram a maioria das perdas. Como exemplo pode-se citar o aumento da quantidade de cobre nos enrolamentos do estator incluindo o projeto otimizado das ranhuras; o superdimensionamento das barras do rotor para diminuir as perdas por efeito Joule; diminuição da intensidade de campo magnético e utilização de chapas magnéticas de boa qualidade para reduzir as perdas no ferro e a corrente de magnetização; emprego de rolamentos adequados; otimização do projeto dos ventiladores para diminuir as perdas por atrito; regularidade do entre-ferro; melhoria no isolamento e tratamento térmico das chapas do estator e do rotor para reduzir as perdas adicionais. Estas medidas podem acarretar uma redução de grande parte das perdas, o que significa uma real economia de energia.

4.2.5 Reaproveitamento de calor em processos industriais

Em grande parte dos processos industriais acontece uma perda de calor referente à energia gerada que não é utilizada. Tais perdas estão relacionadas à transferência para a atmosfera de gases quentes provenientes de combustão, produtos de processos industriais a altas temperaturas e transferência de calor de superfícies aquecidas de máquinas e equipamentos. A quantidade exata que representa esta perda não é precisamente mensurada, mas estima-se algo em torno de 20 a 50% do consumo de energia. Enquanto que parte desta perda seja inevitável, uma parcela representativa pode ser recuperada através de alterações no processo produtivo de modo a canalizar este calor para gerar energia ou para aquecer a água para outros processos produtivos. E como produto da reutilização de parte desta energia na forma de calor uma redução direta nos custos produtivos.

4.2.6 Recuperadores de energia ou calor.

Nas grandes empresas, um produto necessário para uma boa parte dos processos produtivos é o ar comprimido. Para esta geração, são utilizadas grandes máquinas com o objetivo de suprir toda a demanda da produção. Durante o processo de compressão do ar, obtém-se como subproduto a geração de calor associado ao ar que, antes de ser distribuído para as linhas produtivas, precisa ser resfriado através de sistemas de arrefecimento de água. Segundo ATLAS (2015), a energia térmica trocada neste processo poderia ser reaproveitada, gerando uma possibilidade de

redução de custo para a empresa. O percentual de reaproveitamento é da ordem de 80% da energia consumida pelo compressor que poderia ser utilizada, por exemplo, para o aquecimento de água para o processo produtivo.

As leis da física indicam que quase toda a energia fornecida à instalação do compressor é convertida em calor, energia esta que poderia ser reaproveitada. Em muitos casos o percentual de recuperação pode atingir mais de 90%.

5 CONCLUSÃO

Como exposto, a eficiência energética tem se tornado uma questão de necessidade devido à elevação do consumo. Novos posicionamentos sobre comportamentos e abordagens estratégicas nos levam a questionamentos quanto ao desperdício e a não utilização dos recursos corretamente. Sustentabilidade tem se tornado referência para as indústrias se guiarem pensando nas projeções, desempenhando e instigando a melhoria que geram economia energética e financeira.

As buscas por novas fontes renováveis de energias para atender à crescente demanda energética estimulam estudos dos mais variados ramos, fotovoltaicos, eólicos, de biomassa. Este segmento vem crescendo no Brasil principalmente para complementar a produção energética das usinas hidrelétricas já existentes no território nacional.

Além do segmento de geração outra área com grande potencial para otimização é referente as perdas durante os processos de geração, transmissão e consumo. Essas perdas são grandes oportunidades para gerar mais valor à energia já produzida, buscando reduzir seu desperdício.

Na indústria, como a demanda por energia é maior e o Brasil possui um parque fabril ainda antigo, existe uma série de oportunidades para implantação dos conceitos anteriormente vistos. Assim, ser eficiente é buscar estratégias para aperfeiçoar processos de geração energética bem como tornar mais eficiente o seu consumo, buscando impactar a o mínimo possível o meio ambiente e a saúde financeira da indústria.

6 REFERÊNCIAS

ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil 3º edição. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 14 de junho de 2019.

ATLAS, Copco Airpower. Compressed Air Manual. 8a ed. Belgium: Atlas Copco Airpower NV, 2015.

DE BARROS, Benjamim Ferreira; **BORELLI,** Reinaldo; **GEDRA,** Ricardo Luis. Eficiência energética: técnicas de aproveitamento, gestão de recursos e fundamentos. Saraiva Educação SA, 2015.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional. Rio de Janeiro, Empresa de Pesquisa Energética, 2015.

ELETRONUCLEAR ELETRONUCLEAR. Energia Nuclear. Disponível em: <<https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Espaco-do-Conhecimento/Paginas/Energia-Nuclear.aspx>>. Acesso em: 4 de setembro de 2019.

ECOTRICITY. When will fossils fuel run out? Quando os combustíveis fósseis se esgotarão? Disponível em: <<https://www.ecotricity.co.uk/our-green-energy/energy-independence/the-end-of-fossil-fuels>>. Acesso em: 4 de setembro de 2019.

KEINER, Marco. The Future of Sustainability. Springer, 2006

MERTENS, Konrad. Photovoltaics: Fundamentals, technology and practice. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 2014.

MCCHESNEY, Ian G. The Brundtland Report and sustainable development in New Zealand. New Zealand: Centre for Resource Management, 1991

SANTOS, A. H. M., et. alli. Conservação de Energia Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações, 3ª. Edição, Eletrobras / PROCEL Educação, Universidade Federal de Itajubá, Fupai, Itajubá, 2006.

USEIA, Energy Information Administration. International Energy Outlook 2016. Washington: U.S. Energy Information Administration, 2016.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2016.