

## Energia

### *Uma exploração inicial do conceito*

*Energia*, substantivo feminino. Segundo Houaiss, é a *capacidade de trabalho de um corpo, de uma substância ou de um sistema físico*. Espere, não estamos diante de um novo dicionário, nem de um glossário tradicional de física. Este é um texto especialmente preparado para quem, ao final de um curso de física, gostaria de ampliar seus horizontes a respeito da física, de um mundo social que dela depende e da transcendência de um conhecimento que por ela é abrangido.

Antes de embarcar nesta leitura, tenha bem claro para si: a ampliação de seus horizontes não pode se limitar a esta leitura, ou a este tipo de leitura. Afinal, a ciência, apesar de possuir certa tentativa de ser universal, não é capaz (e nem será) de reunir, caracterizar, explicar e prever todos os fenômenos naturais e suas particularidades. Os modelos que a ciência construiu até hoje e continua construindo têm isto como objetivo, entretanto, *é impossível conhecermos todas as particularidades de todas as coisas*. Mesmo assim, pensar alto e fazer por onde conhecer mais a respeito do mundo nunca é demais, não é mesmo?

Onde estávamos? Ah, a *energia*...

A energia é um dos conceitos da física que mais nos causam confusão. Afinal, trata de algo que apesar de fazer parte de nossa linguagem cotidiana, possui, de maneira geral, muitos sentidos diferentes atrelados a si. Por exemplo, quando acordamos indispostos dizemos que “estamos sem energia”, e diante disto energia estaria associada à disposição, seja física ou mental. Ou ainda, costumeiramente afirmamos diante de uma pane na distribuição da rede elétrica de nossa casa, rua ou bairro que “a energia acabou”, ou até que “a luz acabou”; nesta situação, energia estaria associada à luz ou à eletricidade. Em quaisquer destes usos habituais da palavra, uma coisa fica clara: energia é aquilo que permite que aconteça movimento, ou aquilo que se manifesta quando ele acontece.

Esta ideia, mesmo parecendo estranha a uma primeira leitura – analogamente ao questionamento “*quem veio primeiro, o ovo ou a galinha?*” – mostra-se útil para os casos que apresentamos, tanto na situação de nos negarmos a fazer nossa corrida matinal por alegarmos estar sem energia (energia se manifestaria caso o movimento de nossos corpos acontecesse), quanto na ocasião de não conseguirmos preparar uma massa de bolo com o liquidificador ou com a batedeira por falta de energia, no caso, elétrica (energia permitiria, caso estivesse disponível, o movimento dos motores destes receptores elétricos, e, no caso, as estruturas girantes destes eletrodomésticos).

Mais que isto, mesmo sem uma definição formal, rígida e analítica, grosso modo podemos associar a energia ao movimento, de uma maneira bidirecional e interdependente: bidirecional no sentido de o movimento induzir a ideia da existência de energia e vice-versa, e interdependente justamente diante desta relação maluca, quase de mutualismo entre os conceitos!

### *Energia sob um olhar mecânico*

Um movimento é intrinsecamente dependente da existência de velocidade, ou seja, a velocidade faz parte da essência do movimento. Quando uma partícula, um corpo ou uma estrutura não possui velocidade, dizemos que se estabeleceu um estado de repouso: não há movimento. Entretanto, como já estudamos no curso de Mecânica Clássica, a velocidade é uma grandeza física vetorial que depende da adoção de um sistema de referências. Assim sendo, o movimento também depende de um sistema de referência, bem como a energia, uma vez sendo movimento e energia interdependentes. Então a energia depende do referencial, como assim?

Você não entendeu mal. Mesmo os tipos de energia que conhecemos do curso de mecânica (energia cinética, energia potencial gravitacional e energia potencial elástica, por exemplo) dependem totalmente do referencial escolhido para a descrição da situação. Afinal, a energia cinética depende explicitamente da velocidade, e as

energias potenciais, da posição. Posição e velocidade dependem do referencial escolhido, portanto, a energia também depende dele!

Podemos pensar que esta associação da energia com o referencial é um pouco mais geral que a energia com o movimento, afinal, é possível haver energia potencial sem que haja movimento de fato. Porém, a energia potencial representa uma energia disponível para ser convertida em movimento. Por exemplo, qualquer corpo abandonado nas redondezas da Terra está sujeito a ser acelerado pelo potencial gravitacional, assim como qualquer estrutura presa a uma mola contraída ou esticada está sujeita a oscilar. Logo, a associação do movimento com a energia não se perde sob uma visão mecânica da questão.

As situações que normalmente semeiam nossos estudos em mecânica tratam de sistemas isolados (sobre os quais não agem forças externas) e conservativos (as forças envolvidas não são dissipativas, como o atrito). Numa visão pragmática, independentemente da infinidade de nosso universo, como ele é absoluto e não há nada a ele externo, podemos considerá-lo um sistema mecanicamente isolado. Logo, todas as forças nele presentes são internas, o que implica numa conservação de sua quantidade de movimento total. Entretanto, sabemos que nem todas estas forças, mesmo pautando-se em pares ação e reação, têm natureza conservativa. Sob o ponto de vista da natureza das forças, nosso universo não é conservativo. Porém, se imaginarmos que qualquer dissipação ocorre do seu interior para seu interior, podemos imaginá-lo como uma estrutura onde há conservação de energia! E isto não é estranho, afinal, até então não detalhamos de que energia estávamos falando: poderia ser qualquer uma!

Chegou-se ao ponto na história em que a análise clássica da mecânica de certos sistemas apresentou impasses em diversos âmbitos, como no próprio conceito de energia; impasses que iam além da correlação energia-movimento. Estes impasses, que correspondiam a fenômenos que a Mecânica Clássica era e é incapaz de explicar, dizem respeito, por exemplo, à natureza e ao comportamento da luz. Neste cenário, aparecem no início do século XX, por exemplo, as teorias de Relatividade, de Albert Einstein. Além de entender movimento como energia, também começa-se a entender massa como energia, ambas contidas numa malha única de espaço e tempo. Uma ideia aparentemente simples, porém revolucionária. Mas adentremos depois às particularidades desta teoria. Nem a Mecânica Clássica e nem a Relatividade apresentam contradições a respeito da possibilidade de se transformar ou converter energia em diferentes tipos. Por ora, mantenhemo-nos com esta ideia! Que tal, agora, uma nova abordagem?

### ***Energia sob outros olhares***

Em nossos estudos de termodinâmica, testemunhamos sob um infinidade de olhares a ideia de energia. Por mais que estas novas noções potencializem o desejo de atribuir à energia mais dúvidas e mais conclusões confusas, nenhum destes olhares anula a correlação energia-movimento. Seja a energia correspondente a uma quantidade de calor sensível capaz de elevar a temperatura de diferentes substâncias, seja a energia relativa a uma quantidade de calor latente que altera o estado físico de tais substâncias: em um caso ou noutro vistos no curso de calorimetria, a quantidade de energia em trânsito, denotada a partir do termo calor, está estritamente relacionada à ideia de transferência: não há transferência de coisa nenhuma sem que haja movimento. No caso de transferência de energia térmica e das conseqüentes mudanças de temperatura que se evidenciam, uma vez sendo a temperatura uma medida da energia cinética média das moléculas de um corpo, novamente se estabelece a relação da energia com o movimento. Pode aparentar, por alguns instantes, que a energia cinética, dentro de nossas considerações, é a mais importante forma de energia. Então, que fique estabelecida esta aparência. Afinal, existe outra energia (que não a *cinética*) que, no próprio nome, carrega o sentido de movimento? Brincadeiras à parte...

Diferentemente de uma visão mecânica clássica, que só avalia e considera energias externas, no espectro termodinâmico das teorias físicas, os princípios são claros, simples, diretos e corroboram mais ainda tal correlação que estamos até então construindo. Seja a quantidade de calor cedida a um sistema, seja o trabalho que este sistema realiza, seja a sua própria energia interna variando ou não: todas estas grandezas inerentes às leis da

termodinâmica, grandezas macroscópicas dos entes físicos, ao serem interpretadas em seu nível microscópico mostram que não há energia sem a existência de algum movimento real ou iminente do sistema considerado.

Mesmo em nossos estudos a respeito dos fenômenos ondulatórios, ao atribuir o nome de onda a uma perturbação que se propaga (dependente ou não de um meio material para isto), esta perturbação tem como característica central a transferência de energia e quantidade de movimento. Oras, se ambas as coisas são transferidas simultaneamente, independente da onda em questão ser mecânica ou eletromagnética, por que não interpretar o movimento e a energia como tendo naturezas análogas? Consegue entender, em linhas gerais, o que estamos concluindo aqui? Independentemente de nossa abordagem de estudos em física, e mesmo em química, energia e movimento mostram-se associados de maneira bidirecional e interdependente.

Em muitas ocasiões, a energia apresenta-se definida, informalmente, como a capacidade de se realizar trabalho, entendendo trabalho como uma ação ou um movimento que pode modificar um sistema. Por exemplo, ao aproveitarmos a energia proveniente de um combustível, é possível movermos um automóvel; ao aproveitarmos o calor liberado por um resistor atravessado por uma corrente muito alta, conseguimos aquecer a água para tomarmos banho; ao aproveitarmos as calorias das comidas e bebidas em nossa alimentação, torna-se possível a manutenção da vida; ao aproveitarmos o calor liberado na queima de lenha, preparamos alimentos cozidos, fritos ou assados; ao aproveitarmos a energia cinética dos ventos, conseguimos mover um barco à vela. Em todos estes casos, a energia se relaciona a uma capacidade intrínseca de se reaproveitar algo para se converter a energia em algum outro tipo de energia ou em movimento. Dentro da ideia de aproveitamento, podemos nos deparar com diferentes situações, ao passo de, na complexidade das nossas atividades, se tornar cada vez mais necessário qualificar este aproveitamento da energia. E é aí que surge a ideia de potência.

### ***“Potência”lizando nossos horizontes de análise***

A ideia de *potência*, assim como a de energia, nutre em nosso cotidiano uma gama gigantesca de significados, nos mais variados contextos e das mais complexas naturezas. Desde Aristóteles, que interpretava as coisas do mundo a partir das noções de ato e potência até os usos mais contemporâneos da palavra, ambos carregam intrinsecamente em suas acepções abordagens análogas da palavra potência. No sentido aristotélico, entende-se potência como um aglomerado de influências e possibilidades latentes de se realizarem concretamente, como por exemplo, uma semente que, em potência, pode se tornar uma árvore diante de determinados estímulos. Já nos sentidos mais atuais, à potência cabe uma descrição prática e uma categorização de motores automotivos, sendo o motor mais potente aquele que confere ao carro melhor desempenho, ou seja, uma maior aceleração. Nesta analogia, a potência envolve possibilidades reais de se concretizar movimentos. E de uma forma que não contradiz nem os aristotélicos e nem os aficionados por carros, na Física, a ideia de potência está também totalmente atrelada a tais possibilidades de movimento. Vamos entender melhor como a potência adentra o mundo físico e em que dose ela se relaciona com as ideias de energia e movimento, tanto conceitualmente quanto formalmente?

No mundo físico, que ao seu bel-prazer pode ser entendido como uma totalidade bem definida de todas as coisas, todas mesmo!, a potência está diretamente relacionada com *taxas de energia*!

Taxas? De energia? Não entendi...

Pois bem! Não confundamos as taxas que precisamos pagar no dia-a-dia, em dinheiro, com as taxas de variação de grandezas em física! Em nosso contexto, taxa é o sucessivo acréscimo ou decréscimo de uma grandeza física com o tempo: assim como conhecemos a velocidade de um corpo como sendo a taxa de variação de sua posição (segundo a equação 1), e também a aceleração dele como a taxa de variação de sua velocidade (de acordo com a equação 2), a potência pode ser entendida como a taxa de variação da energia, como vemos na equação 3! *Não se atenha a formalismos: sabemos que as expressões a seguir são de velocidade e aceleração médias! Mas*

*independentemente de serem as médias ou as instantâneas, ambas transmitem a mesma ideia de taxa de variação, no caso, temporal:*

$$\square = \frac{\square\square}{\square\square} \quad (\text{eq. 1})$$

$$\square = \frac{\square\square}{\square\square} \quad (\text{eq. 2})$$

$$\square = \frac{\square\square}{\square\square} \quad (\text{eq. 3})$$

Mas como assim taxa de variação de energia? Relembramos até então de uma porção de tipos de energia, sem falar da tal da energia elétrica, que ainda nem aprendemos direito na escola... Mas de que energia que estamos falando ao estabelecer essa ideia de potência? À primeira vista tal ideia pode parecer bastante estranha, e não nos fornece de maneira clara, ainda, de que energia estamos falando. Retomemos então nossos exemplos...

No caso aristotélico de se entender a semente como sendo uma árvore em potência, como atrelar a esta ideia uma taxa de variação temporal de energia? Em primeira mão, uma taxa de variação de uma grandeza representa o quanto ela varia em função de outra grandeza. Logo, a taxa de variação temporal de energia corresponde ao quanto de energia a semente recebe num determinado tempo. Com esta noção, a expressão apresentada acima para a potência tem um novo sentido!

Em outras palavras, a potência representa a rapidez com a qual a planta recebe energia para crescer! Assim sendo, diante de certa quantidade de energia que a planta é capaz de absorver do solo, da atmosfera e da radiação solar, a rapidez desta absorção é, na conceituação física, a potência da planta. Associamos uma potência maior a uma semente que em certo intervalo de tempo é capaz de absorver mais energia que outras sementes, assim como associamos uma potência menor a uma semente que, para conseguir absorver certa quantidade de energia, leva mais tempo para fazê-lo que as outras plantas. Apesar da ideia, com este exemplo, parecer agora algo mais simples, não podemos deixar de admitir que estas sementes são bastante oportunistas e egocêntricas: toda a energia absorvida é utilizada para seu desenvolvimento próprio! Por outro lado, os motores automotivos não absorvem energia nenhuma, apenas a fornecem, numa iniciativa pura e altruísta, só para mover os automóveis e seus passageiros! Ah, estes motores... Quem dera fossem silenciosos e bem cheirosos como as plantas!

Diferentemente das plantas, os motores automotivos fornecem, doam, transmitem toda a energia que são capazes de sintetizar a partir de diversos processos. Um motor de um carro popular fornece energia para o sistema de tração dianteira, bem como o motor de um quadriciclo ou de um jipe, para ambos os seus sistemas de tração, dianteiro e traseiro. Apesar de tentar dispor toda a sua energia para concretizar a possibilidade de se mover os diferentes meios de transporte, os motores automotivos não são perfeitos. Por razões naturais de dissipação por atrito, às quais todos os sistemas mecânicos estão sujeitos, é impossível que toda a energia do motor seja utilizada para o movimento: certa quantidade de energia é perdida na forma de calor (afinal, o motor esquenta) e mais outra quantidade é perdida na forma de energia sonora (já que não existe motor totalmente silencioso). De maneira realista, podemos atribuir ao motor do carro a ideia de uma potência útil, referente à taxa de energia fornecida que, de fato, contribuiu para o movimento do automóvel, e de uma potência dissipada, ligada à taxa de energia que foi perdida. A soma de ambas estas potências corresponde à potência total do motor.

E como a potência infere a ideia de energia, assim como a energia útil somada à dissipada nos dá a energia total, o mesmo vale para a potência! Afinal, a potência não nos informa necessariamente o tempo de uso de um motor ou o tempo para uma planta crescer: ela diz respeito a uma quantidade de energia envolvida (por exemplo, em joules) numa unidade padrão de tempo em que ela é gasta (por exemplo, em segundos): para um joule (J) de energia

cedido por segundo (s) a um sistema, atribuímos a tal potência a unidade de 1 watt (W), ou seja,  $1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}$ . E não se esqueça que em joules medimos todas as formas de energia das quais já falamos aqui!

A física sempre tem homenageado em suas unidades grandes cientistas, que na ocasião de seus trabalhos abriram nossos horizontes no entendimento das questões que, por hora, nos estão parecendo simples. A relação aqui é tão bem estabelecida, que tanto o cientista de sobrenome Joule quanto o cientista com sobrenome Watt se chamavam James! E o que é que os separa tanto na análise dimensional quanto na realidade? Pois é... o danado do tempo! E por mais que pareça que a potência dependa da energia, tenhamos certo cuidado... Quando James Watt faleceu, James Joule tinha menos de um ano de idade! Mas calma lá, não faremos aqui nem uma biografia deles, muito menos uma análise etimológica destas unidades, e nem analisar que unidade veio primeiro e por que! Voltando às nossas sementes e aos nossos motores...

Não é só curioso, mas também injusto: por um lado, a semente utiliza tudo o que absorve visando tornar-se uma vistosa árvore, enquanto que por outro, o motor, mesmo querendo fornecer toda uma potência, acaba perdendo energia no decorrer deste fornecimento. Mundo injusto? Não... Trata-se apenas do mundo físico e de suas particularidades. Não cabe a nós aqui aceitar esta realidade, simplesmente, ao ponto de ficarmos cabisbaixos com o cenário de injustiça; mas como aspirantes da ciência, é nossa meta a partir de então entender como ocorrem estas perdas, estudar formas de diminuí-las, e mais, ter criatividade e inventividade para criar métodos mais rentáveis e muito senso crítico para estabelecer nossos posicionamentos a respeito do tema energético em caráter global, tema que hoje expande-se para um conjunto de nações que demandam por potências energéticas altíssimas, que, de longe, não se comparam nem de perto à coitada da potência total de nosso motor automotivo de exemplo.

### *As necessidades sociais por energia elétrica*

Energia elétrica? Pois é. Apesar de todas as benditas energias que vimos até então no curso de física, uma das modalidades de energia que ainda não vimos foi a danada da energia elétrica. Ou seria ela a bendita das energias? Enfim, pelo próprio nome dado a ela, ela diz respeito a uma energia dos elétrons. Sim, os mesmos elétrons que os modelos atômicos por nós estudados nas aulas de química descrevem! Mas se energia e movimento relacionam-se mesmo, então energia elétrica representa, em termos práticos, elétrons em movimento.

Grosso modo, elétrons em movimento nos incitam a ideia de corrente elétrica, a mesma corrente elétrica da tomada lá de casa, que aparece quando enfiamos dois dedos na tomada (não, nem tente testar isto, porque pode ser que nem este texto você tenha condições de continuar lendo depois). Não vamos aqui nos aprofundar a respeito dos conceitos e fenômenos físicos que norteiam a energia elétrica (muito menos a natureza da eletricidade como fenômeno ou grande área de estudo), porém, é fato que a energia elétrica representa a forma de energia mais fundamental para o funcionamento de nossas comunidades atualmente.

Do mesmo modo que o domínio da técnica e da tecnologia representou, historicamente, uma das bases para as estruturas de dominação e opressão (ou seja, as civilizações que maior domínio tinham das ciências naturais e engenharias melhor se saíram nas guerras e conquistas), a evolução temporal das diferentes sociedades, imersas nas diferentes culturas, tem mostrado que existe atualmente uma relação de dependência entre o desenvolvimento e a geração e transmissão de energia.

Sempre foi empenhado muito trabalho para se desenvolver novas técnicas de utilização e geração de energia, e constantemente estamos buscamos novas fontes e matérias-primas. A Revolução Industrial, que foi um marco na história da humanidade, influenciou massivamente a formação da sociedade moderna. Com o surgimento das máquinas que intensificaram a produção de bens e que, num movimento cíclico, realimentaram o próprio desenvolvimento tecnológico, a humanidade passou a consumir mais energia, mudar seus hábitos e complexificar seu estilo de vida. No que isto implicou? Justamente, numa demanda muito maior de energia para satisfazer as

necessidades da sociedade. Hoje, a energia elétrica se consolida como elemento de alavanque do desenvolvimento tecnológico.

A energia elétrica agora se tornou um bem público indispensável ao crescimento econômico dos países e ao desenvolvimento social. O consumo de eletricidade no Brasil tem aumentado ano após ano, atingindo em 2013 o valor de 296,2 Mtep de total de energia demandada no país, representando um crescimento de 4,5% em relação ao ano anterior. Mtep? Sim, a unidade “tep” quer dizer “tonelada equivalente de petróleo”, e 1 tep equivale a 11 630 kilo watts-hora, aproximadamente.

O consumo de energia elétrica tem uma influência direta na qualidade de vida das pessoas, já que indica a existência de aparelhos elétricos e bens de uso doméstico (seja urbano, seja rural), e nós sabemos o quanto uma geladeira ou mesmo a luz elétrica fazem diferença na nossa vida cotidiana! Além da imediata qualidade de vida, o aumento no consumo de energia elétrica, tanto para uso comercial e industrial quanto na infra-estrutura pública, pode significar benefícios para todo o país, com mais ofertas de emprego, além de um potencial maior de incentivos à pesquisa tecnológica.

Apesar dos benefícios, um maior uso de energia acarreta numa maior emissão de poluição. De acordo com o Balanço Energético Nacional relativo ao ano de 2013 divulgado em 2014, o total de emissões resultantes da ação humana, associadas à Matriz Energética Brasileira, atingiu o equivalente a 459 milhões de toneladas de dióxido de carbono, sendo 46,9% gerada no setor de transportes. Apesar do Brasil ter índices de emissão de poluição comparáveis (proporcionalmente) aos de países como China e EUA, é importante nos preocuparmos com a utilização dos recursos naturais, e também com as consequências de ampliarmos nossa matriz energética. Por exemplo, ampliar a matriz energética pode ser sinônimo de desmatamentos, inundações para a construção de hidrelétricas, ou mesmo isolamentos de grandes áreas para a construção de usinas nucleares, o que causa o desalojamento de milhares de pessoas. Há muito o que se pensar...

### ***As usinas de produção e os sistemas de transmissão de energia***

As usinas de energia elétrica são, geralmente, construídas longe dos centros consumidores (cidades e indústrias) e é por isso que a eletricidade produzida pelos geradores tem de viajar por longas distâncias, em um complexo sistema de transmissão. Ao sair dos geradores, a eletricidade começa a ser transportada através de cabos aéreos, revestidos por camadas isolantes e fixados em grandes torres de metal. Chamamos esse conjunto de cabos e torres de *rede de transmissão*. Outros elementos importantes das redes de transmissão são os isolantes de vidro ou porcelana, que sustentam os cabos e impedem descargas elétricas durante o trajeto.

No caminho, a eletricidade passa por diversas *subestações*, onde aparelhos transformadores aumentam ou diminuem sua voltagem, alterando o que chamamos de tensão elétrica. No início do percurso, os transformadores elevam a tensão, evitando a perda excessiva de energia. Quando a eletricidade chega perto dos centros de consumo, as subestações diminuem a tensão elétrica, para que ela possa chegar às residências, empresas e indústrias. A partir daí, os cabos prosseguem por via aérea ou subterrânea, formando as *redes de distribuição*.

Depois de percorrer o longo caminho entre as usinas e os centros consumidores nas redes de transmissão, a energia elétrica chega em subestações que abaixam a sua tensão, para que possa ser iniciado o *processo de distribuição*. Entretanto, apesar de mais baixa, a tensão ainda não é adequada para o consumo imediato e, por isso, transformadores menores são instalados nos postes de rua. Eles reduzem ainda mais a voltagem da energia que vai diretamente para as residências, o comércio, as empresas e indústrias.

As empresas responsáveis pela distribuição também instalam em cada local de consumo um pequeno aparelho que consegue medir a quantidade de energia por eles utilizada. A medição é feita por hora e chamamos de horário de pico o momento em que uma localidade utiliza maior quantidade de energia elétrica. Nos centros urbanos, o horário de pico se dá por volta das 18 horas, quando escurece e, normalmente, as pessoas chegam do trabalho acendendo as luzes, ligando os condicionadores de ar e a televisão e tomando banho com a água aquecida por chuveiros elétricos.

Podemos observar que o consumo de eletricidade varia de acordo com a estação do ano e com a região do país, dependendo do nível de luminosidade e do clima, entre outros fatores.

O sistema de transmissão brasileiro, considerado o maior do mundo, é controlado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), que conta com a participação de empresas de todo o país, trabalhando de forma interligada.

A Eletrobras possui mais da metade das linhas de transmissão do Brasil e tem participado ativamente da expansão do *Sistema Interligado Nacional (SIN)*. O SIN, formado basicamente por empresas de geração, transmissão e distribuição do país, permite o intercâmbio de energia elétrica entre as diversas regiões brasileiras.

Isso significa que a eletricidade que chega até a sua casa pode ter viajado centenas ou milhares de quilômetros em linhas de transmissão. Além disso, pode ter sido gerada por diferentes usinas ao longo do ano.

Apesar de o SIN abastecer a maior parte do país, alguns sistemas menores e isolados também são utilizados, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. Os *sistemas isolados* geram a energia que vai ser consumida apenas em uma determinada localidade ou até mesmo por uma só indústria.

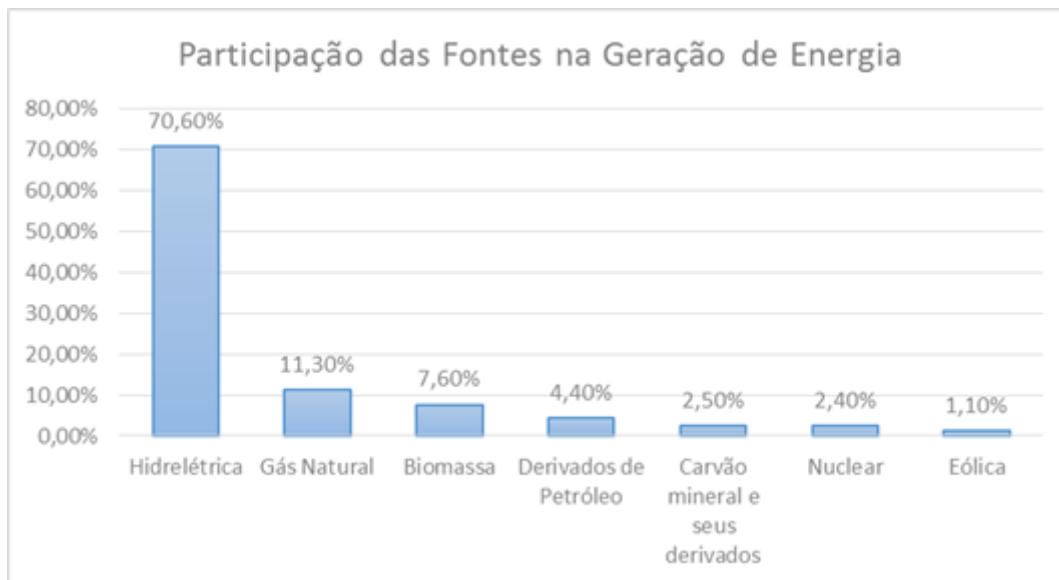
Fonte: Eletrobrás

## ***O Balanço Energético Nacional***

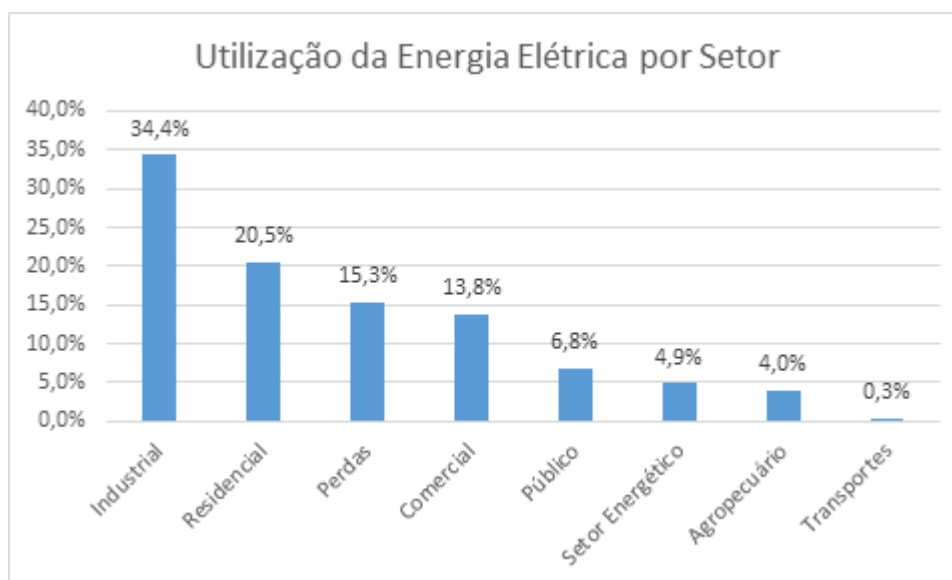
Agora que falamos um pouco mais sobre os vários significados de energia, e apresentamos informações oficiais sobre a energia elétrica, que tal olharmos como o nosso país depende da energia elétrica? Nos últimos dias, os meios de comunicação vem falando muito sobre crise energética, aumento na conta de luz entre outras coisas. O que será que pode causar uma crise energética? Aumento no consumo? Limitações nos meios de produção? Falta de matéria-prima para a produção ou encarecimento desta? Para analisarmos de forma mais crítica essa situação vamos conhecer um pouco sobre a produção de energia em nosso país.

A energia elétrica pode ser gerada de várias formas. Chamamos de *matriz energética* o conjunto de estruturas e mecanismos dispostos numa localidade para o fornecimento de energia. O termo matriz energética, na verdade é bem mais amplo, visto que também envolve o consumo e todos os materiais necessários para gerar energia, entre outros, mas por hora vamos nos concentrar em ver os grandes mecanismos que atuam para gerar eletricidade para o nosso país, este grande Brasil!

Para isso, consultemos o *Balanço Energético Nacional (BEN)*. Este balanço é divulgado anualmente, e é uma fonte rica de informações sobre a distribuição energética do país. Um balanço também é feito por estado, caso você tenha curiosidade, pode pesquisar na internet sobre o balanço energético de seu estado e dar uma olhadinha em como é distribuída a energia por aí! Estão reunidos no gráfico a seguir a porcentagem com a qual diferentes fontes de geração de energia contribuíram em 2013 para o abastecimento do Brasil.



Segundo o balanço divulgado em 2014, 70,6 % da energia elétrica no Brasil foi gerada através de hidrelétricas, 11,3 % de gás natural, 2,5 % de carvão mineral, 7,6 % de biomassa, 2,4 % de energia nuclear e 1,1 % de parques eólicos. Outro gráfico interessante, do percentual de utilização da energia elétrica nos diferentes setores, é disposto a seguir!



De acordo com BEN, 34,4 % da energia elétrica total gerada no Brasil foi destinada à Indústria, e apenas 20,5% ao uso residencial. Infelizmente, 15,5 % de toda esta energia é perdida na transmissão. Não tem ideia de como a situação está atualmente, quase dois anos depois? Veja a reportagem a seguir!

## ONS descarta necessidade de racionamento de energia em 2015

**De acordo com o diretor-geral do órgão, não deve ocorrer aumento no consumo de energia, que deverá crescer 0,2% contra 3,2% previstos anteriormente**

POR RAMONA ORDOÑEZ

27/03/2015 10:50 / ATUALIZADO 27/03/2015 17:00

RIO - O diretor-geral do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), Hermes Chipp, garantiu nesta sexta-feira que o racionamento de energia está descartado para este ano. O executivo, que participou de seminário na Firjan, no Rio, disse que a previsão é que o nível médio dos reservatórios



das regiões Sudeste e Centro-Oeste atinjam entre 32% a 35% em fins de abril, quando termina o período de chuvas. Para a região Nordeste, o nível dos reservatórios deverá ficar em 26,5%.

Segundo Chipp, esses níveis serão atingidos caso as chuvas em abril fiquem em 95% da média histórica para esse mês.

— Temos a responsabilidade de perseguir até a última gota a garantia do atendimento, porque o custo do déficit é o custo maior que existe para a sociedade — destacou Hermes Chipp.

Segundo ele, para melhorar e garantir o atendimento do mercado deverão entrar projetos novos de geração com um total de 5.200 megawatts de potência. Chipp lembrou também que neste ano praticamente não deverá ocorrer aumento no consumo de energia, que deverá ficar em zero ou crescer apenas 0,2% contra o crescimento de 3,2% previstos anteriormente.

No chamado período seco, de maio a novembro, as chuvas também deverão ficar abaixo da média histórica neste ano. Segundo Chipp, o ONS espera 65% da média história para o período. Ele informou ainda que o consumo de energia em março será inferior à março do ano passado, quando o carnaval ocorreu no mês.

— Estou esperando um crescimento zero no consumo de energia ou 0,2% como hipótese conservadora. Mas a redução (do consumo) pode ser maior ainda. Mas estamos trabalhando com zero – destacou Chipp.

De acordo o vice-presidente da Firjan, Carlos Mariani, a tarifa de energia elétrica da indústria no Brasil é a mais cara num ranking de 28 países, sendo cobrados R\$ 534 o megawatt/hora. A situação dos reservatórios baixos, tarifas elevadas e qualidade dos serviços pior foi discutida no seminário.

Também presente no evento, o ministro de Minas e Energia, Eduardo Braga, afirmou que as distribuidoras de energia que não cumprirem as metas de qualidade do serviço, que serão fixadas na renovação dos contratos, poderão perder a concessão.

— Quem não cumprir a meta, perde a concessão. O Ministério entende que a prioridade deve ser neste momento a melhoria da prestação dos serviços das distribuidoras. Aqui mesmo (no Rio) tanto a Light como a Ampla precisam melhorar a contra-prestação (serviços) para o consumidor. O realismo tarifário implica também um realismo na qualidade dos serviços das distribuidoras para a população — afirmou o ministro.

Eduardo Braga explicou que sua pasta está em entendimentos junto à Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) para estabelecer um plano quinquenal de investimentos, meta anuais e penalidades para o não cumprimento dessas metas.

*Leia mais sobre esse assunto em*

<http://oglobo.globo.com/economia/petroleo-e-energia/ons-descarta-necessidade-de-acionamento-de-energia-em-2015-15714129#ixzz3eDTIZ5w2>

*© 1996 - 2015. Todos direitos reservados a Infoglobo Comunicação e Participações S.A. Este material não pode ser publicado, transmitido por broadcast, reescrito ou redistribuído sem autorização.*

Como vimos na notícia, a seca na região sudeste vem prejudicando o fornecimento de energia na região, isso porque como vimos, quase 71% da energia elétrica no país é proveniente de hidrelétricas! Para aprofundar nossos conhecimentos e para esclarecer como a seca pode repercutir na produção de energia de uma hidrelétrica, vamos descobrir como as usinas funcionam.

## **Usinas Hidrelétricas**

As usinas hidrelétricas usam a força das águas de um rio para transformar energia mecânica em energia elétrica. A primeira usina hidrelétrica criada no mundo foi feita nas cataratas do Niágara, no século XIX.

No Brasil a primeira hidrelétrica foi construída em Diamantina, o rio utilizado foi o Ribeirão do inferno, a potência dessa hidrelétrica era de aproximadamente 0,5 MW. Embora as primeiras hidrelétricas tenham surgido no final do século XIX, o funcionamento básico dessas não se alterou, embora os mecanismos e equipamentos tenham evoluído. As hidrelétricas basicamente funcionam através da queda de água dos rios que movimentam turbinas,

gerando energia mecânica que é transformada em energia elétrica através de Dínamos. Segundo o balanço energético nacional de 2014 (BEN), 65% da energia elétrica no Brasil é proveniente de hidrelétricas.

As usinas podem ser classificadas como grande porte, médio porte ou pequenas centrais hidrelétrica (PCH). Essa classificação é feita através do potencial energético da usina. Segundo a classificação da Aneel até 1MW de potência são centrais geradoras hidrelétricas, de 1,1 MW à 30 MW são Pequenas centrais hidrelétricas e acima de 30 MW são usinas hidrelétricas de energia.

Outra divisão que se pode fazer é referente ao tipo de reservatório, sendo esse fio d'água ou acumulação. No primeiro caso a energia é gerada com o fluxo do rio o que em muitos casos não gera um acúmulo de água. Já no caso do reservatório de acumulação como o próprio nome diz, acumulam a água nas cabeceiras de rios onde há quedas d'água, assim a vazão é controlada e pode-se utilizar os estoques em períodos de estiagem.

As hidrelétricas são consideradas fontes de energia renovável mas mesmo assim causam impactos no ambiente. Dentre os impactos destacam-se a alteração da dinâmica aquática do rio, temperatura do rio modificada, isolamento das populações aquáticas devido as barragens e alagamento de regiões onde as barragens são feitas.

### **Hidrelétricas de pequeno porte**

As hidrelétricas de pequeno porte (ou PCH – Pequena central hidrelétrica), fornecem 1 % da energia no Brasil. As vantagens dessas usinas em relação as de grande porte é a menor área necessária para implantação, utiliza-se de rios de médio e pequeno porte e muitas operam sem necessidade de reservatório, o que não gera alagamento de uma área.

Embora, possam apresentar impactos menores no ambiente, as usinas de pequeno porte por não possuírem reservatório não conseguem ter sua vazão controlada, o que interfere na potência gerada, dessa forma a geração de energia pode ser comprometida em épocas de estiagem.

### **Usinas Termelétricas**

As usinas térmicas possuem um mecanismo parecido com o das usinas hidrelétricas onde há movimentação de turbinas e a energia mecânica é transformada em energia elétrica.

Através da queima de matérias a água é transformada em vapor que movimenta as turbinas, esses materiais são de origem fóssil como carvão, óleo ou gás. Algumas usinas utilizam de reações nucleares para o aquecimento da água, as chamadas usinas nucleares.

Após o vapor movimentar as turbinas, ele é resfriado de forma que volta na forma líquida para a caldeira e o ciclo é refeito. A grande vantagem das usinas térmicas é que sua produção independe de fatores climáticos como é o caso dos parques eólicos ou mesmo as hidrelétricas, além disso elas podem ser instaladas perto de centro urbanos o que diminui a linha de transmissão diminuindo as perdas de energia.

### **Energia Solar**

O Sol que derrete o nosso sorvete e faz com que suemos bicas nos dias de calor, também pode ser considerado como uma fonte inesgotável, já que esperamos que ele não pare de nos fornecer energia (pelo menos nos próximos milhões de anos), e podemos considerar que as várias das outras formas de energia que vimos acima são derivadas da radiação fornecida pela estrela mais próxima de nós, como a biomassa, os combustíveis fósseis e a energia eólica. A energia emitida pelo Sol num minuto equivale à energia liberada pela queima de aproximadamente  $10^{21}$  litros de gasolina.

Essa energia pode ser utilizada de diversas formas. Como iluminação e aquecimento de edificações, através do auxílio de técnicas arquitetônicas e de construção civil para melhor aproveitar a absorção da radiação solar pelos ambientes. Através de coletores, a energia solar é utilizada como forma de aquecer a água em ambientes residenciais e comerciais. Com concentradores solares, que funcionam como uma lupa, concentrando a energia solar incidente em uma área reduzida, pode-se utilizar a radiação emitida pelo Sol em aplicações que necessitam de temperaturas mais elevadas, como a secagem de grãos ou a produção de vapor para gerar energia mecânica.

Mas o foco aqui é a conversão da energia solar em energia elétrica, que ocorre pelos efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, especialmente os semicondutores. Entre os vários processos de aproveitamento da energia solar, os mais usados atualmente são o aquecimento de água e a geração fotovoltaica de energia elétrica. A geração fotovoltaica ocorre devido ao efeito fotoelétrico, onde os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso das células solares.

No Brasil, as utilizações da radiação solar para o aquecimento de água são mais encontradas nas regiões Sul e Sudeste, devido a características climáticas dessas regiões, e a geração fotovoltaica, nas regiões Norte e Nordeste, porque essas são as áreas que tem a maior incidência de radiação solar, dentro do Brasil, e é utilizada para fornecer energia elétrica para em sistemas isolados, fora das redes principais de distribuição.

## Energia Eólica

### O que é Energia Eólica?

Entende-se por energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). O aproveitamento dessa energia cinética contida nas massas de ar, ocorre fazendo-se a conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação por meio da utilização de turbinas eólicas, também chamada de **aerogeradores**, para a geração de eletricidade.

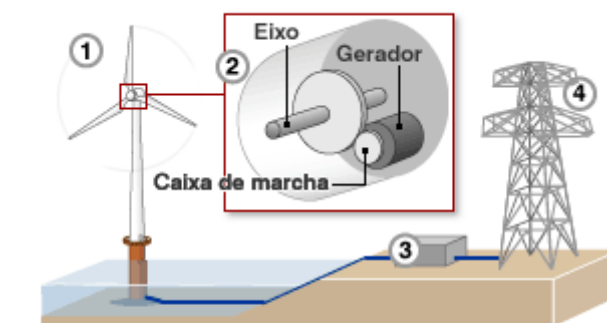


Aerogeradores em parque eólico no Rio Grande do Sul

Fonte: <http://exame.abril.com.br/mundo/noticias/regra-para-aerogerador-eleva-compromisso-do-fabricante-bndes>

### Como Funciona?

#### ENERGIA EÓLICA



- 1 Vento faz hélices girarem
- 2 Eixo movimenta gerador para produzir eletricidade
- 3 Um transformador converte a energia em alta voltagem
- 4 Eletricidade transmitida pela rede elétrica

Inicialmente, “o vento gira uma hélice gigante conectada a um gerador que produz eletricidade. Quando vários mecanismos como esse - conhecido como turbina de vento - são ligados a uma central de transmissão de energia, temos uma central eólica”<sup>2</sup>.

Fonte: <http://planetavento.blogspot.com.br/2011/06/como-funciona.html>

A energia gerada por uma turbina é uma quantidade que depende, basicamente, de dois fatores: do tamanho das hélices dessa turbina e do regime de ventos na região em que esta se

encontra presente. É preciso mencionar que além de ser importante a existência de ventos fortes na região em que se encontra as hélices, é fundamental que estes “sejam regulares, não sofram turbulências e nem estejam sujeitos a fenômenos climáticos como tufões”<sup>1</sup>.

Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a  $500 \text{ W/m}^2$ , a uma altura de 50 metros, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s (GRUBB; MEYER, 199). Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m, em apenas 13% da superfície terrestre. Essa proporção varia muito entre regiões e continentes, chegando a 32% na Europa Ocidental.

A energia eólica apresenta-se como uma fonte alternativa aos combustíveis fósseis por ser renovável, limpa, não produzir gases de efeito de estufa (durante sua produção), requerer menos terreno e estar constantemente disponível.

Um fator desfavorável a produção de energia eólica é a variação do comportamento do vento ao longo do tempo. Podendo, dessa maneira, comprometer a capacidade de geração de energia desse meio de produção. Com isso, se faz necessário a utilização de um sistema de armazenamento de energia que garanta o fornecimento nos períodos em que a dinâmica dos ventos não forem favoráveis à produção de energia.

No entanto, quando a energia eólica é utilizada para complementar a produção de energia convencional, a energia gerada é injetada diretamente na rede elétrica, não se observa a necessidade de um sistema de armazenamento de energia. Nesses casos, basta que o sistema elétrico convencional de base esteja montado de tal modo à suprir a demanda durante os períodos em que os ventos forem menos intensos na região onde se encontram as hélices. Em contraposição, quando a energia eólica é utilizada como fonte primária de energia, uma forma de armazenamento se faz necessária para suprir a demanda energética gerada pelo regime de baixa dinâmica do ventos. Com isso, tem-se o balanço entre o valor energético exigido pelo consumo e aquele produzido pela energia dos ventos. Assim, o aumento da produção da energia eólica, numa dada região, deve ser acompanhado de um aumento na capacidade da rede de armazenar energia (absorver os picos de produção) e de recorrer à importação/exportação de eletricidade para regiões adjacentes quando há menos procura ou a produção eólica é insuficiente.

As formas mais conhecidas de armazenamento de energia eólica são através de baterias e sob a forma de energia potencial gravitacional.

## **História da Energia Eólica**

A energia eólica já era utilizada a milhares de anos para fazer mover os barcos, ao longo da água, durante as expedições marítimas. Além disso, também já era utilizada pelos babilônios e persas para fazer com que moinhos<sup>1</sup> de vento moessem grãos. Contudo, só no final do século XIX, com a crise internacional do petróleo, é que surgiu as primeiras tentativas de se aproveitar essa fonte de energia para a geração de eletricidade.

A primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública foi instalada em 1976, na Dinamarca. Hoje, existem mais de 30 mil turbinas eólicas em operação no mundo. Em 1991, a Associação Européia de Energia Eólica estabeleceu como meta a instalação de 4.000 megawatts (MW) de energia eólica na Europa até o ano 2000 e 11.500 MW até 2005. Essas e outras metas estão sendo cumpridas muito antes do previsto (4.000 MW em 96 e 11.500 MW em 2001). A estimativa é que em 2020 o mundo tenha 12% da energia gerada pelo vento com uma capacidade instalada de mais de 1.200GW (WINDPOWER; EWEA; GREENPEACE, 2003; WIND FORCE, 2003).

---

<sup>1</sup>*Dispositivo constituídos em uma ou mais vigas de madeira montadas verticalmente, cuja base era portadora de uma pedra de reboło fixada com o eixo rotativo que girava com o vento.*

## **Impactos Ambientais**

Como qualquer outra tecnologia de geração de energia, a utilização dos ventos como meio de produzir energia elétrica também provoca alguns impactos negativos tais como interferências eletromagnéticas, impacto visual, ruído, ou danos a fauna. Contudo, esses impactos podem ser minimizados ou, até mesmo eliminados por meio de um planejamento adequado, treinamento e capacitação de técnicos, e emprego de inovações tecnológicas.

**Poluição visual** - A reação visual às estruturas eólicas é um efeito que varia de pessoa para pessoa. Esse é um efeito que deve ser levado em consideração na medida em que o rendimento das turbinas eólicas vem acompanhado pelo aumento em suas dimensões e na altura das torres. Dessa forma, o espaço requerido entre as turbinas torna-se maior, possibilitando um melhor aproveitamento do solo para uso alternativo ao entorno do empreendimento.

É preciso destacar ainda que entre as diferentes percepções que podem aparecer em relação a esse empreendimento, estão, por exemplo, a visão negativa de uma alteração da paisagem e a visão positiva de ver a turbina eólica como símbolo de energia positiva, limpa e bem-vinda. Além disso, os benefícios econômicos gerados pela implantação das fazendas eólicas, muitas vezes, são de extrema importância para amenizar potenciais atitudes ou percepções negativas em relação a tecnologia.

A paisagem modificada pela fazenda eólica traz a possibilidade de atrair turistas, o que abre oportunidade para geração de emprego e renda.

**Impacto Sobre a Fauna** - Um outro impacto ambiental a ser enfatizado, diz respeito a localização dos parques eólicos em áreas situadas em rotas de migração de aves. Sendo que comportamento das aves e as taxas de mortalidade tendem a mudar conforme a região e a espécie.

Os estudos referentes a impactos sobre a fauna alada apontam que os parques eólicos trazem danos a sobrevivência desses animais. Contudo, esses impactos podem ser reduzidos a um nível tolerável por meio do planejamento do futuro da geração eólica, considerando aspectos de conservação da natureza como "evitar a instalação de parques eólicos em áreas importantes de habitat; evitar áreas de corredor de migração; adotar arranjo adequado das turbinas no parque eólico; usar torres de tipos apropriados (tubulares); e utilizar sistemas de transmissão subterrâneos"<sup>3</sup>. Além desse fator já mencionado, há ainda o ruído causado pelas turbinas eólicas que gera uma certa perturbação aos habitantes que moram nas proximidades de parques eólicos. Esse ruído também pode interferir na vida da fauna local, como por exemplo no processo reprodutivo das tartarugas.

**Outros impactos ambientais** - Outro possível impacto ambiental provocado pela produção da energia eólica, seria o impacto sobre o solo. Este ocorre de forma pontual à área de instalação da base de cada turbina. Pelo fato de não haver uso de combustíveis fósseis, o risco de contaminação do solo, por resíduo líquido devido a operação e manutenção, é quase nulo. Assim, o risco de contaminação do lençol freático também é reduzido.

## **O Brasil e a Produção de Energia Eólica**

O valor do potencial eólico brasileiro é algo que causa divergência entre especialistas e instituições que se propõe a estimá-lo. É fato que a maioria dos estudos apontam valores consideráveis para esse potencial. Hoje em dia, esses valores são maiores que 60.000 MW. Essas divergências surgem em função das diferentes metodologias empregadas e da falta de informações (dados de superfície).

Só para se ter ideia, de acordo com a agência nacional de energia elétrica (ANEEL), o Brasil possui 248 megawatts (MW) de capacidade instalada de energia eólica, derivados de dezesseis empreendimentos em operação. Além disso, o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (uma das principais referências no que diz respeito às estimativas do potencial eólico), elaborado pelo Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL), mostra um potencial bruto de 143,5 GW, o que faz da energia eólica um importante componente para a diversificação da produção de eletricidade no país.

No Brasil, as aplicações mais favoráveis desta fonte energética estão “na integração ao sistema interligado de grandes blocos de geração nos sítios de maior potencial. Em certas regiões, como por exemplo, a região Nordeste, no vale do Rio São Francisco, pode ser observada uma situação de conveniente complementaridade da geração eólica com o regime hídrico, seja no período estacional ou na geração de ponta do sistema ou seja, o perfil de ventos observado no período seco do sistema elétrico brasileiro mostra maior capacidade de geração de eletricidade justamente no momento em que a afluência hidrológica nos reservatórios hidrelétricos se reduz. Por outro lado, no período úmido do sistema elétrico brasileiro, caracterizado pelo maior enchimento destes reservatórios, o potencial de geração eólica de eletricidade se mostra menor”<sup>4</sup>. Com isso, é possível ver que a energia eólica se apresenta como interessante alternativa de complementaridade no sistema elétrico nacional.

Abaixo, são apresentadas duas tabelas sobre a produção de energia eólica no Brasil em 2003 (por município) e em 2015 (por estado).

### Centrais eólicas em operação no Brasil - situação em setembro de 2003

Nome da Usina	Potência (kW)	Município - UF	Destino da Energia	Proprietário
Eólica	75	Fernando de Noronha - PE	SP	Companhia Energética de Pernambuco
Eólica de Bom Jardim	600	Bom Jardim da Serra - SC	PIE	Parque Eólico de Santa Catarina Ltda.
Eólica de Fernando de Noronha	225	Fernando de Noronha - PE	PIE	Centro Brasileiro de Energia Eólica - FADE/UFPE
Eólica de Prainha	10.000	Aquiraz - CE	PIE	Wobben Wind Power Indústria e Comércio Ltda.
Eólica de Taiba	5.000	São Gonçalo do Amarante - CE	PIE	Wobben Wind Power Indústria e Comércio Ltda.
Eólica Olinda	225	Olinda - PE	PIE	Centro Brasileiro de Energia Eólica - FADE/UFPE
Eólica-Elétrica Experimental do Morro do Camelinho	1.000	Gouveia - MG	SP	Companhia Energética de Minas Gerais
Eólico - Elétrica de Palmas	2.500	Palmas - PR	PIE	Centrais Eólicas do Paraná Ltda.
Mucuripe	2.400	Fortaleza - CE	PIE	Wobben Wind Power Indústria e Comércio Ltda.

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEL. Banco de informações gerais – BIG. 2003. Disponível em: [WWW.anell.gov.br/15.htm](http://WWW.anell.gov.br/15.htm).



Usinas Eólicas do Brasil - Valores em MW em 15/maio/2015				
Estado	Operando	Construção	A Iniciar	Até 2018
RN	2.030,54	734,80	1.990,70	4.756,04
CE	1.231,17	290,70	1.150,90	2.672,77
RS	1.174,38	405,00	523,70	2.103,08
BA	959,29	830,01	2.677,70	4.467,00
SC	242,50	0,00	3,00	245,50
PE	106,65	228,30	637,60	972,55
PI	88,00	510,00	811,80	1.409,80
PB	69,00	0,00	0,00	69,00
SE	34,50	0,00	0,00	34,50
RJ	28,05	0,00	0,00	28,05
PR	2,50	0,00	0,00	2,50
MA	0,03	0,00	432,50	432,53
<b>Brasil</b>	<b>5.966,60</b>	<b>2.998,81</b>	<b>8.227,90</b>	<b>17.193,31</b>
<b>Usinas</b>	<b>266</b>	<b>114</b>	<b>330</b>	<b>710</b>

Fonte: <http://energiamapeada.com.br/evolucao/>

Em maio de 2015, o país alcançou a marca de 6 mil megawatts de energia eólica instalada e operando, quantidade que equivale a cinco vezes a capacidade máxima da Hidrelétrica de Furnas, em Minas Gerais, e é suficiente para abastecer cerca de 35 milhões de pessoas. Estado líder, o Rio grande do Norte atingiu sozinho 2 mil MW em abril.

Assim, a energia eólica aparece com um grande potencial de crescimento e ao que tudo indica, será uma fonte alternativa de grande importância nos próximos anos, algo que é facilmente percebido nos números apresentados.

#### Balanco energético nacional e de alguns estados:

<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal.aspx?anoColeta=2014&anoFimColeta=2013>

<https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final%202014%20Web.pdf>

[http://www.forumdeenergia.com.br/nukleo/pub/beece\\_2008\\_ano\\_base\\_2007.pdf](http://www.forumdeenergia.com.br/nukleo/pub/beece_2008_ano_base_2007.pdf)

[http://www.sicme.mt.gov.br/arquivos/A\\_9f2846703277619Balanco%20Energetico%20-%20BEEMT%202008%20.pdf](http://www.sicme.mt.gov.br/arquivos/A_9f2846703277619Balanco%20Energetico%20-%20BEEMT%202008%20.pdf)

[http://www.cee.com.br/pportal/cee/archives/BERS2012/Balanco\\_Energetico\\_RS\\_2011-base\\_2010.pdf](http://www.cee.com.br/pportal/cee/archives/BERS2012/Balanco_Energetico_RS_2011-base_2010.pdf)

<http://www.riocapitaldaenergia.rj.gov.br/Publico/MostrarArquivo.aspx?C=ScrpLIdJ7Q%3D>

#### Bibliografia Básica:

[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia\\_eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)

[http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_par2\\_cap3.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf)

[http://www.researchgate.net/profile/Marcos\\_Cesaretti/publication/277020130\\_Analise\\_comparativa\\_entre\\_fontes\\_de\\_gerao\\_eltrica\\_segundo\\_critrios\\_socioambientais\\_e\\_economicos/links/555f5f5708ae86c06b636c7f.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Marcos_Cesaretti/publication/277020130_Analise_comparativa_entre_fontes_de_gerao_eltrica_segundo_critrios_socioambientais_e_economicos/links/555f5f5708ae86c06b636c7f.pdf)

[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia\\_Solar\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)

[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142014000300003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142014000300003&script=sci_arttext)

<http://www.eletrabras.com/elb/natrilhadaenergia/energia-eletrica/main.asp?View=%7B05778C21-A140-415D-A91F-1757B393FF92%7D>

#### Energia Eólica:

<sup>2</sup>Disponível em: <<http://planetavento.blogspot.com.br/2011/06/como-funciona.html>>

*Disponível em [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia\\_eolica%283%29.pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica%283%29.pdf)*

<sup>4,3</sup>*Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/energia-eolica>>, acesso dia 26/06/2015*

*Disponível em: <<http://www.brasil247.com/pt/247/economia/181132/Brasil-atinge-recorde-na-produ%C3%A7%C3%A3o-de-energia-e%C3%B3lica.htm>>*

*Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/Dorindasilva/histria-da-energia-elica>>*