

## RECURSOS PARA A ENERGIA

**William Francisconi Taufemback**

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Campus Araranguá

**Reginaldo Geremias**

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Campus Araranguá

### Resumo

Este artigo se propôs a realizar uma revisão teórica dos principais recursos naturais utilizados na geração de energia. Para tanto, são apresentadas algumas definições básicas relacionadas à energia e aos recursos energéticos renováveis e não renováveis, além da descrição das principais características desses recursos e considerações sobre a perspectiva de utilização dos mesmos na matriz energética. A expectativa é que este trabalho possa contribuir para um melhor conhecimento do estado da arte da temática em estudo.

**Palavras-chave:** Energia. Recursos naturais. Perspectivas.

### Abstract

This paper proposes to develop a theoretical review of the main natural resources used in energy generation. For this purpose, are presented some basic definitions related to the energy and renewable and non-renewable energy resources, besides the description of the main characteristics about these resources and considerations about the prospect of utilizing them in energy matrix. It is expected that this paper may be able to contribute to improve the knowledge about the state of the art in the thematic in study.

**Keywords:** Energy. Natural resources. Prospects.

## 1 Introdução

O termo energia deriva de vocabulário grego, significando “em trabalho”, e pode ser encontrado nas obras de metafísica de Aristóteles, porém só foi definido cientificamente em 1805, por Thomas Young, como a “habilidade de fazer trabalho” (TESTER *et al.*, 2005; SMIL, 2006). Miller (2008) a descreve como “(...) o trabalho necessário para mover matéria e o calor que flui de amostras de matéria quentes para mais frias”. Já Hinrichs, Kleibach e Reis (2011) sugerem que a melhor descrição de energia é pelo que ela pode fazer, isto é, seus efeitos e o que pode ser feito com ela, já que não pode ser vista, utilizada, criada e nem destruída. Para Tester e colaboradores

(2005), energia engloba qualquer atividade física ou mental, independente de ser produtiva ou não. Natowitz e Ngô (2009) a definem como uma medida termodinâmica da capacidade de um sistema físico produzir trabalho ou calor.

De acordo com sua origem, a energia pode ser dividida em primária, quando provida diretamente pela natureza (ex. petróleo), ou secundária, quando resulta de transformação de algum produto energético primário (ex. derivados do petróleo). Quando a energia está disponível na natureza, em qualquer material ou em quantidade que possa ser útil às necessidades humanas, é denominada de “recurso natural”, podendo ser classificada em não renovável ou renovável (MILLER, 2008; REIS, 2011).

Conforme Reis (2011), cada recurso para geração de energia pode ser considerado um “mundo” a ser estudado, dadas todas as suas particularidades, que vão desde o estudo de suas propriedades físico-químicas, ao conjunto de atividades englobadas na sua cadeia de produção e transporte, aos impactos econômicos, sociais e ambientais, além de outros inúmeros fatores. Por sua vez, entende-se por “cadeia energética” “(...) o conjunto de atividades associado à produção e ao transporte de energia vinculada a certo recurso natural até os diversos pontos onde se dá o consumo final” (REIS, 2011).

Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo geral apresentar os pressupostos teóricos básicos sobre os principais recursos energéticos, com vistas a se obter um melhor conhecimento do estado da arte da temática em estudo.

## **2 Recursos energéticos não renováveis**

Os recursos não renováveis estão presentes em quantidades limitadas na natureza, diminuindo com a sua utilização, já que a regeneração dessas fontes requer muito tempo. Os mesmos podem derivar de combustíveis fósseis, tais como o carvão, gás natural, petróleo, areias betuminosas e xisto, ou de rochas portadoras de elementos radioativos (TESTER *et al.*, 2005; REIS, 2011).

Um combustível fóssil, de forma geral, é uma substância que libera energia devido a uma reação química com algum agente oxidante, que pode ser parte ou não da substância. Por isso, pode-se afirmar que tais combustíveis armazenam energia potencial química. Quando a oxidação é rápida e produz calor primariamente, o processo é chamado de “combustão”. Tais combustíveis provêm de transformações

físicas e químicas de plantas e animais no decorrer das eras geológicas, podendo ser encontrados na natureza em diferentes estados físicos (TESTER *et al.*, 2005).

## 2.1 Carvão

O carvão se origina da decomposição de diversas formas de vida vegetal em ambientes soterrados, originados de ecossistemas existentes há milhares de anos, os quais eram caracterizados por clima úmido e tropical. Ele pode ser considerado uma forma alterada de biomassa ou como um meio de armazenamento da energia solar ao longo do tempo. Tal recurso é classificado, principalmente, de acordo com o seu estágio de carbonização, do maior para o menor: antracito, betuminoso, sub-betuminoso ou lignito (REIS, 2011; CAHEN; GINLEY, 2012).

A turfa é um precursor de carvão, formada por ações bacterianas e reações químicas sobre restos vegetais. Eventos posteriores, que influenciaram no calor e na pressão, entre outros fatores, modificaram a turfa para os diferentes tipos de carvão encontrados atualmente. Essa variedade de fenômenos é a responsável pela ausência de uniformidade visível. Apesar de o carvão ser referido, muitas vezes, como uma "rocha orgânica", também pode conter certas quantidades de substâncias inorgânicas, como enxofre, nitrogênio e mercúrio radioativo (TESTER *et al.*, 2005).

O carvão é o combustível fóssil mais utilizado no mundo para geração de energia, e seu uso já é documentado há mais de 2000 anos. Sua exploração se dá, principalmente, através da combustão direta para geração de calor em forma de vapor ou pela gaseificação, que produz combustíveis gasosos ou líquidos e compostos químicos pela liquefação (REIS, 2011; CAHEN; GINLEY, 2012).

Seu beneficiamento vem trazendo inúmeros prejuízos à qualidade da água, do solo e do ar, sendo que os gases que libera podem prejudicar a saúde humana. Apesar disso, é considerado um combustível estável, de baixo custo, disponível em grandes quantidades, e a tecnologia para sua exploração é bem desenvolvida, inclusive no sentido da redução dos seus impactos ambientais (MILLER, 2008).

O carvão ainda continuará sendo importante na matriz energética mundial, pelo menos no decorrer deste século. Tecnologias estão em desenvolvimento, para tornar a conversão do recurso mais eficiente, com melhor custo/benefício e sem tantos impactos ambientais, em especial no que concerne aos materiais utilizados no processo, no

sentido de suportarem as condições de temperatura, pressão e escala requerida, sem causar danos ambientais ou perderem eficiência (CAHEN; GINLEY, 2012).

## 2.2 Gás natural

Gás natural é uma denominação dada a uma mistura de hidrocarbonetos e impurezas, no estado gasoso, tendo o metano como principal constituinte, além de etano, propano, butano, entre outros, além de contaminantes como  $H_2S$ ,  $N_2$  e  $CO_2$ . É encontrado em reservatórios subterrâneos de rochas porosas, isolado ou misturado com o petróleo. A formação desse recurso advém de um processo de milhares de anos de decomposição de matéria orgânica, em um meio com baixa oxigenação e em condições de alta temperatura e pressão (TESTER *et al.*, 2005; REIS, 2011).

A exploração do gás natural passa por uma etapa de estudos, para justificar a perfuração de algum poço. Na produção, processos de filtração retiram as impurezas e, após, uma parte do gás é aproveitada na própria produção, enquanto que a restante é transformada em produtos específicos. Já o transporte, se estiver no estado gasoso, ocorre por meio de dutos ou cilindros de alta pressão, enquanto que, no estado líquido, pode se dar por meio de navios ou caminhões especiais (REIS, 2011).

Após o beneficiamento do gás natural, ele pode ser utilizado industrialmente para fornecimento de combustível e matéria-prima. Além disso, pode ser empregado na climatização de residências, no preparo de alimentos, proporcionando calor para aquecimento de água e cozimento, em veículos, como combustível principal ou complementar, na geração de energia e em outras aplicações (MILLER, 2008; REIS, 2011).

Tal recurso é encontrado em grandes quantidades na natureza, geralmente, em bacias sedimentares, sob a forma de gás livre ou dissolvido em óleo. Apresenta baixos custos, facilidade de transporte e, apesar de contribuir na emissão de poluentes, lesa menos o meio ambiente em comparação com outras fontes não renováveis. O transporte é considerado bastante eficiente em comparação a outros recursos, já que pouca energia é perdida no trajeto (TESTER *et al.*, 2005; MILLER 2008; REIS, 2011).

O gás natural deverá ocupar crescente papel na matriz energética mundial nas próximas décadas, de acordo com Santos e colaboradores (2007), representando não somente um recurso de transição entre uma matriz energética dominada pela exploração

de carvão e petróleo para uma de maior diversificação, mas também como a principal fonte dentre as que liderarão os desenvolvimentos tecnológicos, voltados à maior eficiência energética. Nesse contexto, os autores apresentam a expressão “civilização do gás”, em alusão às “civilizações” do carvão e petróleo, como uma nova etapa, na qual estamos adentrando e que deverá se estender ao longo do próximo século, com os gases combustíveis se destacando na matriz energética mundial.

## **2.3 Petróleo**

### **2.3.1 Convencional**

O petróleo significa, literalmente, “pedra óleo” e refere-se a depósitos de material oleoso encontrados em porções superiores da crosta terrestre. Consiste, em maior parte, de uma complexa mistura de hidrocarbonetos, sendo formado por diversas séries de reações químicas entre materiais orgânicos depositados em períodos geológicos precedentes. O carbono e o hidrogênio são os principais elementos químicos do petróleo, porém também pode conter enxofre, nitrogênio, oxigênio, níquel e vanádio (TESTER *et al.*, 2005).

No beneficiamento de petróleo, inicialmente, são realizadas atividades de pesquisa e prospecção, as quais justifiquem a perfuração, de acordo com a ocorrência do petróleo (na terra ou no mar), e indiquem o melhor meio de extração. No refino, há uma série de processos visando à obtenção de produtos específicos, como a destilação, o craqueamento, a reforma e o tratamento, entre outros. O transporte pode ser realizado através de oleodutos (terrestres ou marinhos) ou de petroleiros, que consistem em transporte a granel, por meio de navios especiais (REIS, 2011).

Dentre os principais derivados do petróleo, destacam-se o gás liquefeito de petróleo, gasolina, querosene, óleos diesel e combustível, lubrificantes, parafinas e asfaltos. É o combustível fóssil mais utilizado do mundo, se forem consideradas as aplicações industriais, além das energéticas (REIS, 2011).

Apesar de ainda se apresentar em vasta quantidade na natureza, já existem discussões a respeito da necessidade de se encontrar um substituto no futuro, porém o seu baixo custo, devido principalmente a subsídios, não torna atraente tal busca no

presente. Tal combustível apresenta ainda vantagens de fácil transporte, pouca ocupação de terra, e de possuir tecnologia e sistema logísticos bem avançados (MILLER, 2008).

Segundo o relatório *Oil Outlook*, as perspectivas para o petróleo convencional ainda são incertas num cenário de constante mudança, dependendo de como evoluirão a demanda e a produção, considerando que a demanda é proporcional ao crescimento econômico. Há também questões como a concorrência de outras fontes de energia, bem como o impacto de políticas econômicas e ambientais. Nesse cenário, o desenvolvimento tecnológico terá cada vez mais importância para manter o petróleo competitivo, com maior capacidade produtiva, menores custos e impactos ambientais, bem como para a identificação de novas oportunidades de aplicação em diversos setores (OPEC, 2014).

### **2.3.2 Não convencional**

O óleo extraído a partir das areias betuminosas e do gás de xisto é considerado uma fonte "não convencional" de petróleo. Tais óleos são caracterizados pelo seu estado físico em reservatórios, e ocorrem em dezenas de países do mundo, totalizando, pelo menos, 4 trilhões de barris, excedendo até mesmo as reservas de petróleo convencional, as quais não constituem mais que 2 trilhões. Tais materiais apresentam composição extremamente variável, porém têm, como principais elementos, o carbono e o hidrogênio, sendo capaz de produzir compostos semelhantes ao petróleo, como o óleo extraído de folhetos betuminosos, denominado de querogênio (TESTER *et al.*, 2005; NATOWITZ; NGÔ, 2009; CAHEN; GINLEY, 2012; CRPM, 2014).

Os altos custos, a regulamentação crescente e os impactos ambientais vêm comprometendo a utilização das fontes de óleos não-convencionais. Há também preocupação acerca dos impactos que a exploração de tais recursos possa trazer ao solo, água e ar, como a acidificação hídrica, contaminação dos solos, emissão de compostos poluentes e até mesmo tóxicos, além da preocupação de que os métodos de exploração possam ocasionar tremores de terra. O uso de tais métodos também é questionado por requerer grande uso de água e energia (MILLER, 2008; ATKINS; JONES, 2011; CRPM, 2014).

Devido a tais entraves, as indústrias que lidam com tais recursos vêm procurando métodos cada vez mais eficientes e menos poluentes. Por outro lado, devido à grande

disponibilidade de recursos, elas poderão garantir a produção por décadas, trazendo benefícios sociais e econômicos duradouros, e estabilizando o suprimento energético mundial (CAHEN; GINLEY, 2012).

### **2.3.2.1 Xisto**

O xisto é um gás natural extraído de uma rocha de origem sedimentar, chamada de folhelho. No Brasil, há uma tradição equivocada de denominar folhelho como sendo xisto, que é outra rocha, de origem metamórfica. Por isso o termo “gás xisto” (CRPM, 2014). De acordo com o Balanço Energético Nacional, tal recurso é conceituado como “(...) uma concentração de materiais sólidos, líquidos ou gasosos que ocorre naturalmente no interior ou na superfície da crosta terrestre, de tal forma que a extração econômica é usual ou potencialmente viável” (MME, 2013).

Há relatos de tentativas de exploração de gás e óleo de folhelho desde os anos de 1820. A extração do gás, atualmente, pode ser dada através da perfuração horizontal da camada de folhelho ou pela fratura hidráulica, que é um processo no qual as camadas de folhelho são fraturadas por meio de jatos d'água, sendo que tais fraturas são mantidas abertas pela adição de areia e compostos químicos (CRPM, 2014).

### **2.3.2.2 Areias betuminosas**

As areias betuminosas são caracterizadas como uma forma de arenito impregnado com betume, possuindo também água, argila, sais e areia em sua composição. As origens geoquímicas de areias betuminosas consistem em restos de vida pré-histórica soterrados, principalmente algas e sedimentos. Com o decorrer do tempo, sob certas condições de temperatura e pressão, processos químicos desintegram as proteínas e os carboidratos, sendo submetidos a atividades biológicas e hidrólise. Das gorduras resistentes a tal processo, a fração mais leve do óleo é separada e a fração restante é parcialmente degradada por bactérias, originando um hidrocarboneto altamente pesado (TESTER *et al.*, 2005; NATOWITZ; NGÔ, 2009; CAHEN; GINLEY, 2012).

Várias podem ser as técnicas de extração das areias betuminosas, dependendo da sua natureza. Se o depósito for próximo à superfície, pode ser extraído por técnicas de mineração a céu aberto, por meio das quais o betume é separado da areia através de água quente. Caso o depósito esteja longe da superfície, podem ser usadas técnicas de

injeção de vapor, solventes e oxigênio, porém tais técnicas requerem grande quantidade de água e energia, embora possuam maior viabilidade econômica (NATOWITZ; NGÔ, 2009).

## 2.4 Energia nuclear

A energia dita nuclear é a que mantém a ligação entre prótons e nêutrons no núcleo de um átomo, mesmo com a repulsão entre cargas iguais. Pode ser considerada de origem fóssil, pois os elementos utilizados para sua geração possuem cerca de oito bilhões de anos. Tais elementos possuem grande massa atômica, como urânio, plutônio, rádio, tório, entre outros (ATKINS; JONES, 2011; REIS, 2011).

Essa energia pode ser liberada pelo processo de fissão nuclear, que consiste na divisão em duas partes do núcleo de um isótopo, através da colisão entre o núcleo e partículas, como nêutrons. Nesse processo, além da divisão em núcleos menores, também ocorre a emissão de nêutrons, os quais podem colidir com outros núcleos, havendo a repetição de fissão nuclear inúmeras vezes, em um processo denominado reação em cadeia (ATKINS; JONES, 2011).

A fissão nuclear utiliza a propriedade de fragmentação, com grande liberação de energia (principalmente cinética) de certos isótopos de urânio. Tal processo ocorre em reatores, nos quais o calor é liberado, de forma controlada, por um composto denominado moderador, para vaporizar água, que movimentará uma turbina para geração de eletricidade. Outra forma de liberação é a fusão nuclear, no qual dois isótopos leves são pressionados um contra o outro a altas temperaturas para formarem um só núcleo. Porém, esse processo ainda se encontra em estágio de pesquisas (MILLER, 2008; REIS, 2011).

A utilização de energia nuclear apresenta, como vantagens, a grande quantidade de matéria-prima disponível, baixo teor de emissões de poluentes, baixo risco de acidentes e um menor impacto ambiental, quando comparada a outras fontes não renováveis. Porém apresenta, como desvantagens, os altos custos, a possibilidade de um grande impacto ambiental em caso de acidente ou erro técnico, dúvidas quanto ao descarte de resíduos, e a sua utilização para fins bélicos (MILLER, 2008).

O aperfeiçoamento da tecnologia de execução e controle da fissão nuclear está intimamente ligado ao desenvolvimento da ciência de materiais, principalmente, àqueles



utilizados em reatores nucleares, nos quais há exposição a condições extremas de radiação. O entendimento das propriedades dos materiais pode ser útil, não só no aperfeiçoamento da eficiência, mas também em situações de acidentes, em que se pode prever como a estrutura desses materiais será afetada. Há também a necessidade do desenvolvimento de materiais que possam armazenar, de forma segura, os resíduos nucleares por milhares de anos, e que também levem em conta os possíveis fenômenos geológicos aos quais possam estar suscetíveis no decorrer dos anos (CAHEN; GINLEY, 2012).

### **3 Recursos energéticos renováveis**

Basicamente, as energias ditas renováveis dependem de três fontes primárias: radiação solar, forças gravitacionais e calor gerado pelo decaimento radioativo. Tais fontes já vêm sendo aproveitadas há séculos. Atualmente, são utilizadas em menor escala que as fontes não renováveis, por apresentarem menor competitividade econômica e maior instabilidade, o que vem sendo alterado com o aperfeiçoamento da tecnologia na área, e devido aos impactos ambientais e à escassez dos recursos fósseis frente a uma demanda crescente (TESTER *et al.*, 2005).

A classificação de um tipo de energia como “renovável” ainda suscita questões relacionadas a ciclos naturais, impactos ambientais e socioeconômicos, enquanto que questões como captura, utilização e armazenamento são cruciais para determinação de sua viabilidade. Mesmo com o seu uso apresentando um futuro promissor, barreiras econômicas, regulamentárias e a falta de investimento em tecnologia são gargalos que ainda impedem o desenvolvimento do setor. Dentre os principais recursos renováveis para geração de energia destacam-se a biomassa, geotérmica, hidroelétrica, solar, oceânica, eólica e o hidrogênio (TESTER *et al.*, 2005).

#### **3.1 Biomassa**

Biomassa pode ser considerada como qualquer material biológico, vivo ou morto, que pode ser usado como fonte de energia, através da sua combustão. Até a revolução industrial, quando foi gradualmente substituída pelo carvão, era a principal fonte de energia utilizada no mundo, o que resultou numa grave depredação das florestas (TESTER *et al.*, 2005; NATOWITZ; NGÔ, 2009).

Além da queima direta para fornecimento de energia, a matéria orgânica pode ser convertida diretamente para biocombustíveis gasosos ou líquidos, através de processos químicos, como a ação de bactérias. Basicamente, a biomassa é um conversor natural da energia solar para uma forma que pode ser armazenada, transportada e utilizada, como ocorre no processo de fotossíntese (CAHEN; GINLEY, 2012; TESTER *et al.*, 2005; FIORI, 2013).

A biomassa pode ser considerada uma forma de manifestação da energia solar, devido ao processo de fotossíntese realizado por plantas, com a absorção de luz solar, água e CO<sub>2</sub>, para geração de energia química. Essa energia pode ser liberada por combustão ou conversão, formando derivados, como o carvão vegetal, etanol e os biocombustíveis, sendo esses últimos classificados de acordo com a sua origem, podendo ser de florestas, da agroindústria ou de resíduos urbanos. A fotossíntese pode também ser induzida por meio de iluminação artificial (CAHEN; GINLEY, 2012; REIS, 2011).

Em ordem de complexidade, a extração da energia da biomassa pode ser ordenada em combustão direta, combustão após transformações físicas e processos biológicos, como digestão anaeróbia e fermentação, com antecedência de processos químicos, em alguns casos, facilitando as atividades metabólicas (CAHEN; GINLEY, 2012; REIS, 2011).

A utilização desse recurso apresenta, como vantagens, a baixa emissão de poluentes, recuperação de terras degradadas, utilização de resíduos agrícolas e a possibilidade de cultivo em terras menos férteis. Entretanto a mesma pode se apresentar como um recurso não renovável se cultivada, colhida e beneficiada de maneira irresponsável, aumentando emissões, erodindo o solo, prejudicando a fauna e competindo com terras para cultivo de alimentos (MILLER, 2008).

Segundo Goldemberg (2009), o recente crescimento na exploração da biomassa tem se dado, principalmente, na obtenção de biocombustíveis para uso no setor dos transportes. Entretanto tal interesse ainda está fortemente atrelado a subsídios e regulamentações governamentais. As projeções futuras indicam uma importância crescente na matriz energética global, porém, para expansão em larga escala do uso da biomassa, devem ser analisadas questões, como a diversificação de matérias-primas e o gerenciamento das demandas por alimentos e proteção ambiental, tendo-se em conta o

potencial disponível de terras. A solução de tais questões pode ser apoiada por avanços biotecnológicos, no sentido de redução de custos e impactos ambientais, no manejo da água e do solo, na preservação da biodiversidade e na aplicação de produtos químicos.

### 3.2 Geotérmica

Em termos gerais, o calor geotérmico pode ser considerado uma forma de energia térmica armazenada na crosta terrestre, onde é encontrado sob elevadas temperaturas entre as rochas e os fluidos naturais contidos em seus poros e fraturas, que são, em maior parte, água e sais dissolvidos, na forma de líquido, fluido supercrítico ou de vapor saturado ou superaquecido. As características que permitem um recurso ser nomeado de geotérmico são a necessidade de um reservatório de água que possa ser perfurado, uma rocha que retenha o fluido geotérmico e uma fonte de calor. A utilização de calor subterrâneo para aquecimento data de, pelo menos, 10 mil anos (TESTER *et al.*, 2005; REIS, 2011; CAHEN; GINLEY, 2012).

Os recursos geotérmicos utilizados na geração de energia provêm, principalmente, da intrusão do magma através de fendas na crosta terrestre, do decaimento de isótopos radioativos e do calor original restante do processo de formação do planeta. Essa fonte pode ser utilizada, principalmente, no uso direto da água quente e do vapor para aquecimento, em bombas de calor para climatização, nas quais o calor pode ser retirado de baixo da terra ou levado a ela, e na produção de eletricidade (TESTER *et al.*, 2005; REIS, 2011; CAHEN; GINLEY, 2012).

O uso da energia geotérmica na produção de eletricidade data de 1904. Tal processo requer temperaturas mais elevadas, geralmente, utilizando o calor para a vaporização de algum líquido ou o vapor de forma direta, para movimentação de uma turbina (REIS, 2011; CAHEN; GINLEY, 2012).

A utilização dessa fonte de energia apresenta, como vantagens, um baixo teor de emissões, o pouco uso de terras e baixo impacto ambiental. Porém possui desvantagens de não ser encontrada em diversos lugares, e poder ter o esgotamento rápido, além de poluição sonora, maus odores e os altos custos em lugares onde é mais escassa. Entretanto não possui potencial para indução de atividades sísmicas. Uma possível limitação do uso dessa energia é a atividade de extração de água quente a partir de reservatórios, na qual os equipamentos utilizados podem estar suscetíveis à corrosão (MILLER, 2008; CAHEN; GINLEY, 2012).

A exploração da energia geotérmica vem apresentando rápida expansão nos últimos anos. As futuras tecnologias deverão se focar em soluções para exploração profunda, em locais de difícil acesso, com baixas permeabilidade e viabilidade fluídica. Para tal, devem ser exploradas técnicas de fratura hidráulica, injeção de fluidos e perfuração, além do uso de diferentes fluidos de trabalho, como o CO<sub>2</sub> supercrítico. Tal recurso possui potencial de prover uma energia estável e segura em longo prazo, dependendo do adequado gerenciamento e o aperfeiçoamento de tecnologias na sua exploração (CAHEN; GINLEY, 2012; IPCC, 2012).

### 3.3 Hidráulica

A energia hidráulica aproveita o potencial do movimento das águas. Muitas civilizações antigas utilizavam engenhos, que contavam com o auxílio da água em atividades, como a irrigação, moagem de grãos e o controle do nível das águas. A primeira referência do uso de rodas hidráulicas, que aproveitavam o trabalho realizado pelas correntes de água, data de, aproximadamente, 80 a.C. Porém a difusão do uso do potencial hidráulico se deu, com maior intensidade, a partir do século XVIII, por meio de moinhos hidráulicos, utilizados em atividades agrícolas e bombeamento de água (FILHO, 2007; REIS, 2011).

Quando o potencial hidráulico é utilizado para geração de energia elétrica, o processo é denominado hidroeletricidade, sendo realizado em usinas hidrelétricas. Nesse processo, as águas são armazenadas em reservatórios ou barragens, sendo extraídas por sistemas denominados tomadas d'água, e conduzidas por meio de tubulações ou dutos. A energia potencial, sob certa altura, é convertida em cinética à medida que se dá a queda das águas, as quais serão utilizadas para movimentar uma turbina, na qual será realizada a conversão da energia mecânica das águas em elétrica, por meio de um gerador acoplado ao seu eixo. A classificação dos sistemas hidráulicos varia de acordo com o tipo de projeto, sistema, ideia, propósito ou de acordo com o local de instalação (REIS, 2011; IPCC, 2012).

Tal recurso é o que mais participa da geração de energia elétrica, dentre os renováveis. Além de apresentar um grande potencial de aproveitamento disponível, essa fonte de energia tem, como vantagens, uma alta eficiência, baixas emissões e o auxílio no controle de enchentes, na irrigação de terras e no abastecimento de água, além de

prover segurança em tempos de escassez hídrica e a disponibilidade de reservatórios para a pesca. Ainda que os investimentos iniciais possam ser elevados, os custos de operação e manutenção, geralmente, são baixos. Porém há uma série de impactos relacionados à hidroeletricidade, como o alagamento de áreas antes férteis, habitadas ou potencialmente habitáveis, e prejuízos à fauna terrestre, que, antes, tinha o local como seu habitat, bem como à fauna aquática, principalmente peixes migratórios (TESTER *et al.*, 2005; MILLER, 2008; NATOWITZ; NGÔ, 2009; IPCC, 2012).

As oportunidades de desenvolvimento na exploração de tal recurso, em âmbito global, não se restringem à expansão, mas também à modernização da infraestrutura já existente. A inovação tecnológica pode auxiliar na maximização da competitividade e minoração dos impactos. Podem ser aprimoradas as técnicas de instalação e gestão integrada de bacias hídricas. Há a necessidade de desenvolvimento de materiais mais resistentes à erosão e menos impactantes à fauna aquática. Em um cenário em que as preocupações com a emissão de poluentes e segurança hídrica sejam crescentes, espera-se que o uso da energia hidráulica continue sendo cada vez mais atrativa (IPCC, 2012).

### 3.4 Solar

O uso do potencial solar como recurso energético engloba qualquer energia, térmica ou luminosa, proveniente do Sol e capturada para utilização humana. O seu uso como fonte de energia é documentado há mais de 2000 mil anos, mas somente no século XVIII é que foram introduzidas as primeiras tecnologias (TESTER *et al.*, 2005).

De todo potencial solar disponível, somente uma pequena fração é aproveitada na geração de energia, devido a limitações na praticidade de conversão em uma forma que possa ser usada diretamente pelo homem. Tal aproveitamento pode ser dado através da captação da energia térmica do Sol ou pela conversão direta em eletricidade (TESTER *et al.*, 2005; MILLER, 2008; REIS, 2011).

O aproveitamento térmico ou indireto do Sol é dividido em três tipos: ativo, quando a captação da energia solar é feita através de equipamentos coletores; passivo, quando há absorção direta de calor favorecida pela arquitetura de uma edificação; termossolar, quando há equipamentos que concentram o calor coletado de modo a vaporizar algum líquido para movimentação de uma turbina. Há ainda tecnologias em desenvolvimento para a síntese de combustíveis, como hidrogênio e hidrocarbonetos,

com auxílio da energia solar, denominados "combustíveis solares" (REIS, 2011; IPCC, 2012).

No aproveitamento térmico, a energia é de livre acesso, há pouco impacto ambiental e a instalação é rápida. Porém há a necessidade de sistema de armazenamento de calor, e pode haver altos custos, além da necessidade de manutenção constante em sistemas ativos e termossolares. Também pode haver influência de questões estéticas em sistemas ativos e passivos, enquanto que em sistemas termossolares, pode haver interferência em ecossistemas desérticos (MILLER, 2008).

A energia solar também pode ser convertida diretamente em eletricidade, através de painéis fotovoltaicos, que consistem em materiais com características semicondutoras, tratados com impurezas. Esse tipo apresenta vantagens de baixo impacto ambiental, rápida instalação, possibilidade de uso mesmo em dias nublados, bom rendimento líquido, e facilidade de mobilidade e expansão, além de pouco uso do solo (se instalado em telhados ou janelas). Porém necessita do acesso regular ao Sol, de um sistema reserva de eletricidade e da conversão da corrente contínua em alternada. Pode também impactar ecossistemas desérticos, e apresenta custos bastante elevados e baixa eficiência (MILLER, 2008; REIS, 2011).

Os custos das principais tecnologias para exploração do potencial energético solar ainda são pouco competitivos em relação aos combustíveis fósseis e à energia nuclear, bem como em relação a outros recursos renováveis, como a energia eólica e biomassa. Entretanto, considerando a abundância da energia solar, o potencial de tal recurso é significativo. Há um grande esforço no sentido do desenvolvimento tecnológico e da redução de custos. Existem diferentes estimativas para o futuro da energia solar no mundo, desde ela continuar a ser uma fonte secundária, até passar a constituir um dos principais recursos da matriz energética global. O futuro no uso da energia solar dependerá da capacidade de redução de custos e das políticas públicas de apoio e, principalmente, da inovação contínua em termo de materiais, transmissão e infraestrutura (CAHEN; GINLEY, 2012; IPCC, 2012).

### **3.5 Oceânica**

Na energia oceânica, dentre os principais processos inseridos no seu aproveitamento energético, há as tecnologias que utilizam a energia cinética das ondas

do mar, das correntes oceânicas e do movimento das marés para geração de energia elétrica. A influência da força gravitacional entre a Terra e Lua e, em menor parte da influência do Sol, são importantes em tais movimentos. Há também sistemas que aproveitam as diferenças térmicas entre as águas ou então as diferenças entre concentrações salinas (CAHEN; GINLEY, 2012).

No aproveitamento da energia das ondas, leva-se em conta a energia transportada no movimento ondulatório. Nas marés, é aproveitada a diferença de energia potencial entre marés altas e baixas, sendo possível a utilização de barragens. Já nas correntes oceânicas, geradas devido ao fluxo das águas, a energia cinética pode ser capturada por meio de turbinas submersas. Os sistemas termais utilizam o princípio da absorção do calor pelas águas, no qual há exploração da diferença de temperatura entre a superfície e áreas profundas. Também existe a energia osmótica, que se baseia nas diferenças de concentrações salinas, podendo ser utilizada uma membrana específica (REIS, 2011; CAHEN; GINLEY, 2012).

A utilização das marés ou das correntes oceânicas pode ser mais estável devido a fluxos regulares em seus movimentos. A utilização das diferenças térmicas das águas é favorecida em países equatoriais, enquanto que o uso das correntes térmicas possui maior aplicabilidade em países costeiros (CAHEN; GINLEY, 2012).

As tecnologias para aproveitamento da energia oceânica ainda são recentes ou estão em fase de desenvolvimento, por isso os impactos ambientais ainda são pouco conhecidos, embora se estime que sejam pequenos. Nos últimos anos, vêm sendo desenvolvidos vários projetos, tanto demonstrativos como comerciais, mas os custos ainda são muitos elevados, embora não apresentem emissões de poluentes e haja um vasto potencial a ser explorado (CAHEN; GINLEY, 2012).

O estágio ainda experimental de muitas tecnologias de exploração da energia oceânica torna dificultoso estimar cenários futuros, porém é possível que tal recurso venha a ter maior relevância em longo prazo, considerando o enorme potencial disponível. Entretanto, ainda urge a necessidade de redução de custos (IPCC, 2012).

### **3.6 Eólica**

A energia eólica consiste no aproveitamento da energia derivada dos ventos. Seu uso já é antigo, datando de, pelo menos, 3500 a.C., tendo se destacado na utilização de



barcos a vela e moinhos. Os ventos correspondem ao movimento de massas de ar, produzidas devido ao movimento translacional do planeta e ao aquecimento irregular da superfície terrestre pelo Sol, o que faz com que a energia eólica possa ser considerada também uma forma de energia solar (NATOWITZ; NGÔ, 2009; REIS, 2012).

Para a geração de eletricidade, a energia cinética das massas de ar é convertida em mecânica, por meio de um componente denominado rotor, para então haver a conversão em energia elétrica através de um gerador. As turbinas eólicas que realizam tal conversão são comumente chamadas de aerogeradores. Há também rotores empregados em outras atividades, como no bombeamento de água realizado em moinhos de vento (CAHEN; GINLEY, 2012; REIS, 2011).

As turbinas podem ser horizontais ou verticais, dependendo da orientação do rotor em relação ao solo. As horizontais são as mais comuns, por serem mais eficientes, principalmente, na geração de energia elétrica; elas necessitam de ventos de alta velocidade para funcionar. Já as verticais são mais utilizadas em aplicações que requeiram uma menor potência; captam energia sem a necessidade de alteração na posição do rotor, podendo ser movidas por forças de sustentação ou arrasto (REIS, 2011).

A energia eólica possui alta eficiência, baixos custos, ausência de emissões, e facilidade de instalação e expansão. Entretanto poucos são os lugares em que o uso da força eólica possui condições ambientais acessíveis. Também há obstáculos, tais como possíveis irregularidades no fluxo dos ventos, poluição sonora e o impacto que pode trazer às aves (MILLER, 2008).

Atualmente, é possível desenvolver turbinas eólicas de grande viabilidade e alta eficiência na extração, com custos que rivalizam com os combustíveis fósseis. Estima-se que tal energia terá importância crescente na matriz global, considerando que ainda há muitos lugares com vasto potencial de exploração. Os avanços tecnológicos, nos próximos anos, deverão se focar em operações *in situ*, com turbinas operando conjuntamente em fazendas eólicas, dotadas com facilidade de instalação em terrenos irregulares, sejam eles terrestres ou aquáticos. É esperado que tais sistemas integrados otimizem a performance das plantas eólicas e aumentem sua vida útil, apresentando também custos mais competitivos (CAHEN; GINLEY, 2012; IPCC, 2012).



### **3.7 Hidrogênio**

O uso de hidrogênio como forma de geração de energia pode ser através do uso do gás enquanto combustível ou pela utilização de seus isótopos para o processo de fusão nuclear.

#### **3.7.1 Combustível**

O gás hidrogênio é considerado, por muitos analistas, como o combustível do futuro. Sua utilização como fonte de energia reduziria, consideravelmente, a poluição do ar, desde que não seja advindo de compostos de carbono. O hidrogênio pode ser obtido a partir da água ou da reciclagem de certos combustíveis, dejetos urbanos ou agrícolas. Sua utilização pode se dar por meio de células a combustível, processo que gera eletricidade a partir da reação química entre hidrogênio e oxigênio (MILLER, 2008; REIS, 2011).

Para produção de hidrogênio, pode ser usada uma grande variedade de métodos biotecnológicos e físico-químicos. A síntese biotecnológica pode se dar a partir de dois processos principais, os fotobiológicos e os fermentativos. Já a síntese físico-química se dá, principalmente, pelo processo de reforma com o vapor do gás natural, pela oxidação parcial de óleos residuais e pela gaseificação do carvão. Grande parte desses métodos ainda apresenta custos elevados e alto requerimento energético. Há ainda outros métodos, que se encontram em fase experimental. Atualmente, 95% da produção mundial de gás hidrogênio é obtido por intermédio de combustíveis fósseis, porém estima-se que a obtenção, a partir de recursos renováveis, deva se expandir com o aperfeiçoamento das tecnologias existentes e a criação de novas alternativas (DRAPCHO; NHUAN; WALKER, 2008; NATOWITZ; NGÔ, 2009).

#### **3.7.2 Fusão nuclear**

Outro meio de geração de energia através do hidrogênio é pelo processo de fusão de seus isótopos, o qual também pode ser considerado como uma forma de energia nuclear. Tal processo é realizado por estrelas, como o Sol, na produção de energia. Atualmente, há dois meios principais para o controle da fusão, que são a utilização de campos magnéticos e o confinamento inercial pela compressão. Em ambos os meios, os isótopos de hidrogênio devem alcançar temperaturas altas o suficiente para superar as

forças repulsivas e formar o elemento hélio, havendo liberação de energia (CAHEN; GINLEY, 2012).

Apesar de já existirem projetos, iniciativas e aplicações no desenvolvimento do uso energético de tal fonte, ainda existem limitações para a sua expansão em decorrência dos altos custos, baixos investimentos e da alta demanda de energia no processo, que, em alguns casos, podem ser maiores do que a energia gerada. Há também preocupação quanto à utilização da energia liberada para fins bélicos. Um maior avanço na tecnologia dos materiais utilizados no processo ainda parece ser necessário (MILLER, 2008; CAHEN; GINLEY, 2012).

Alguns analistas creem que sua introdução como fonte viável de energia ainda levará de 25 a 50 anos. Porém, no início de 2014, pesquisadores do *National Ignition Facility* (NIF), na Califórnia, EUA, anunciaram a construção de um reator de fusão que produz mais energia do que consome, através de dois isótopos de hidrogênio. Tal feito, se confirmado, será inédito e abrirá novas perspectivas sobre a utilização da fusão nuclear para a geração de energia (MILLER, 2008; HURRICANE *et al.*, 2014).

#### **4 Considerações finais**

A contínua exploração do potencial energético de recursos encontrados na natureza tem acompanhado a história da humanidade. Nesse contexto, a exploração, o beneficiamento e consumo de alguma fonte de energia devem levar em consideração as questões relacionadas aos impactos e custos da fonte escolhida, bem como a necessidade de planejamento e aperfeiçoamento constantes, de modo a garantir que a continuidade no usufruto de tal recurso seja sustentável não só em curto, mas também em longo prazo.

Felizmente, os avanços tecnológicos recentes vêm atuando no sentido de minorar as consequências negativas da utilização dos recursos não renováveis e de otimizar o aproveitamento energético dos renováveis. Porém, há muitos entraves que ainda necessitam de soluções tecnológicas para aperfeiçoar a competitividade e o desenvolvimento sustentável do setor energético, além de obstáculos dependentes de políticas públicas e soluções gerenciais, tais como a falta de subsídios, de regulamentações, de investimentos em tecnologia, bem como de informações ao público leigo.

Em um contexto de convivência mútua de inúmeras variáveis, a tarefa de se apontar uma direção futura para o setor energético pode se tornar árdua e, até mesmo, subjetiva. Dentre tais variáveis, podem-se destacar o desenvolvimento tecnológico, no sentido de melhorar a utilização dos recursos naturais, e a construção de políticas públicas, que sirvam como guias no planejamento de rumos mais sustentáveis.

## Referências

ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

CAHEN, D.; GINLEY, D. S. (org.). **Fundamentals of Materials for Energy and Environmental Sustainability**. Nova York, EUA: Cambridge University Press, 2012.

CRPM - Serviço geológico do Brasil. **O gás do “xisto”**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=2618&sid=129>> . Acesso em 13 fev. 2014.

DRAPCHO, C. M.; NHUAN, N. P.; WALKER, T. H. **Biofuels Engineering Process Technology**. EUA: McGraw-Hill, 2008.

FILHO, G. L. T. (org.). **Hidráulica**. Itajubá: Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas - CERPCH, 2007. (Energias Renováveis).

FIORI, J.J. Análise e simulação de um reator tubular para produção contínua de biodiesel. **Revista Engenho**, v. 7, p. 46-59, 2013.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 582-587, 2009.

HINRICHS, R. A.; KLEIBACH, M.; REIS, L. B. **Energia e Meio Ambiente**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

HURRICANE, O. A.; *et al.* Fuel gain exceeding unity in an inertially confined fusion implosion. **Nature**, v. 506, n. 7488, p. 343-348, 2014

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. Nova York, EUA: Cambridge University Press, 2012.

MILLER, G. T. **Ciência ambiental**. 11. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional 2013**. Brasília: EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2013.

NATOWITZ, J. B.; NGÔ, C. **Our Energy Future**: resources, alternatives and the environment. Nova Jersey, EUA: Wiley & Sons, 2009.

OPEC - Organization of the Petroleum Exporting Countries. **World Oil Outlook**. Viena, Áustria: OPEC Secretariat, 2014.

REIS, L. B. **Matrizes energéticas**: conceitos e usos em gestão e planejamento. Barueri-SP: Manole, 2011.

SANTOS, E. M.; *et al.* Gás natural: a construção de uma nova civilização. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 67-90, 2007.

SMIL, V. **Energy**: a beginner's guide. Oxford, Inglaterra: Oneworld publications, 2006.

TESTER, J. W.; *et al.* **Sustainable Energy**: Choosing Among Options. Londres, Inglaterra: The MIT Press, 2005.