

Conservação de energia

Leidiane Mariani
Pâmela Rugoni Belin

© 2017 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Alberto S. Santana
Ana Lucia Jankovic Barduchi
Camila Cardoso Rotella
Cristiane Lisandra Danna
Danielly Nunes Andrade Noé
Emanuel Santana
Grasiele Aparecida Lourenço
Lidiane Cristina Vivaldini Olo
Paulo Heraldo Costa do Valle
Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Carolina Belei Saldanha
Natali Nunes dos Reis

Editorial

Adilson Braga Fontes
André Augusto de Andrade Ramos
Cristiane Lisandra Danna
Diogo Ribeiro Garcia
Emanuel Santana
Erick Silva Griep
Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Mariani, Leidiane
M333c Conservação de energia / Leidiane Mariani, Pâmela
Rugoni Belin. – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional
S.A., 2017.
208 p.

ISBN 978-85-522-0169-4

1. Energia elétrica – Conversação. I. Belin, Pâmela
Rugoni. II. Título.

CDD 333.7932

2017
Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 – Londrina – PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1 Fundamentos de energia	7
Seção 1.1 - Conceitos e tipos de energia	9
Seção 1.2 - Fontes de energias renováveis e não renováveis	22
Seção 1.3 - A relação entre os recursos energéticos e a economia, a sociedade e o meio ambiente	38
Unidade 2 Setor elétrico e uso racional de energia	59
Seção 2.1 - Características dos sistemas elétricos	61
Seção 2.2 - Setor energético do Brasil	75
Seção 2.3 - Tarificação e uso racional de energia elétrica	90
Unidade 3 Conservação de energia em diferentes setores	107
Seção 3.1 - Uso de energia em diferentes setores	109
Seção 3.2 - Eficiência energética aplicada a equipamentos I	124
Seção 3.3 - Eficiência energética aplicada a equipamentos II	138
Unidade 4 Análise e perspectivas sobre conservação de energia	155
Seção 4.1 - Auditoria energética e análise de viabilidade econômica em conservação de energia	157
Seção 4.2 - Políticas e programas de conservação de energia	171
Seção 4.3 - Desenvolvimento de tecnologias e perspectivas para a conservação de energia	185



Palavras do autor

A população mundial vem crescendo a altas taxas nas últimas décadas e, junto a isso, vem aumentando a demanda por recursos naturais, inclusive os recursos energéticos. Porém, os cientistas vêm indicando que os impactos locais e globais desse crescimento podem afetar muito a humanidade. Assim, as medidas de conservação de energia são uma alternativa para continuar atendendo à demanda mundial de energia, mas a utilizando de forma mais racional.

Nesse contexto, a disciplina de Conservação de Energia vai muito além da abordagem sobre equipamentos e soluções tecnológicas, devendo ser estudada e entendida em toda a sua aplicabilidade e importância. Por isso, é muito importante que você se dedique a estudar o conteúdo desta disciplina e aproveite para compreender melhor os conceitos e se aprofundar na prática. Isso contribuirá para que você seja um profissional mais preparado para o mercado de trabalho e para as demandas da sociedade.

Assim, ao final desta disciplina, espera-se que você tenha mais conhecimento sobre a conservação de energia e seja capaz de aplicá-lo em projetos e estudos na sua vida profissional. Nesse sentido, esperamos que você conheça e seja capaz de elaborar ações relacionadas à conservação de energia em diferentes setores de consumo. Além disso, você desenvolverá competências como avaliar os recursos energéticos disponíveis e compreender sua relação com a economia, a sociedade e o meio ambiente; compreender o funcionamento do setor elétrico nacional e da tarifação de energia elétrica; conhecer as formas de utilização de energia elétrica e as medidas de conservação nos diversos setores da economia; além de avaliar a viabilidade econômica da conservação de energia e conhecer as políticas e os programas de incentivo e as perspectivas.

Para que você alcance esses objetivos, a disciplina foi estruturada em quatro unidades. Na Unidade 1, estudaremos os fundamentos da energia, como seu conceito e seus tipos, as fontes disponíveis e os princípios de conversão energética. Na segunda unidade, apresentaremos características dos sistemas elétricos para que você entenda como funciona o setor energético brasileiro, principalmente o elétrico. Ainda nessa unidade, estudaremos como é feita a

tarifação da energia elétrica no país e iniciaremos o estudo do uso racional de energia. Na Unidade 3, compreenderemos como é o uso de energia em diversos setores da economia e como podem ser implantadas medidas de eficiência energética em alguns equipamentos mais utilizados nas empresas e indústrias. Na quarta e última unidade, faremos uma análise mais geral da conservação de energia, entendendo como é feita a auditoria energética e a análise de viabilidade econômica e quais são as políticas e os programas de conservação de energia. Enfim, analisaremos como está se dando o desenvolvimento de tecnologias para a conservação de energia e quais são as perspectivas para esse setor.

Caro aluno, esperamos que você esteja motivado a estudar e a aprender os conceitos e as aplicações da conservação de energia! Bons estudos e ótimo aprendizado!

Fundamentos de energia

Convite ao estudo

Caro aluno, nesta unidade, estudaremos os fundamentos da energia, apresentando os conceitos e tipos de energia, quais são as fontes renováveis e não renováveis e a relação entre os recursos energéticos e a economia, a sociedade e o meio ambiente.

Na primeira seção, apresentaremos o conceito de energia e, logo em seguida, quais são os tipos de energia existentes. Com base nisso, entenderemos os princípios que regem os processos de conversão de um tipo de energia para outro. Por fim, iniciaremos o estudo das fontes renováveis e não renováveis de energia. Na segunda seção, estudaremos as fontes renováveis e não renováveis de energia mais detalhadamente. Também nos aprofundaremos em duas fontes renováveis que vêm sendo muito utilizadas nos últimos anos: a energia solar fotovoltaica e a eólica. Na última seção, o objetivo será compreender a relação que a energia tem com a economia, com a sociedade e o meio ambiente, demonstrando como essas relações definem o futuro da humanidade. Além disso, analisaremos os impactos da geração e do consumo de energia no aquecimento global.

Portanto, o objetivo desta unidade é que você, aluno, seja capaz de distinguir os diferentes tipos de fontes de energia e conhecer seus prós e contras do ponto de vista econômico, social e ambiental. Assim, você terá embasamento para analisar projetos de geração de energia e o planejamento energético de um país ou região.

Agora considere o seguinte contexto: o governo de um estado brasileiro, preocupado com os impactos da questão energética no desenvolvimento sustentável do estado, decidiu promulgar

uma política energética para os próximos 30 anos. Essa política será composta por diversos programas, e um deles tratará de incentivos às fontes renováveis de energia nesse estado. Para isso, será necessário avaliar as fontes de energia disponíveis na região e como o uso dessas fontes pode influenciar na economia, na sociedade e no meio ambiente de forma positiva e negativa. Dentro desse cenário, você será o coordenador de uma equipe responsável pelo planejamento desse programa e terá de fazer três grandes entregas iniciais: uma palestra sobre conceitos de energia para sua equipe; um relatório de avaliação das fontes de energia disponíveis no estado; e um relatório de avaliação da relação entre energia, sociedade, meio ambiente e economia.

Assim, o que você, como coordenador, deverá entregar para seu cliente, no caso, o governo? O que você deverá considerar para cada entrega? Como dividir essas entregas? É importante que sua equipe saiba dos conceitos de energia e das fontes de energia disponíveis na natureza? Quais as fontes de energia disponíveis nesse estado? Você sabe explicar qual é a relação entre energia, sociedade, economia e meio ambiente?

Nesse sentido, com o andamento das seções, o nível do planejamento nessas entregas será aprofundado, abordando novas áreas do setor energético e demandando que você construa uma visão integrada do tema. Bons estudos e um ótimo trabalho nesta unidade!

Seção 1.1

Conceitos e tipos de energia

Diálogo aberto

Olá, aluno! A energia é um tema presente em nosso cotidiano, não é mesmo? Muitas das atividades desenvolvidas por nós são dependentes do uso de energia, entretanto, você já se questionou qual o conceito de energia? Nesta primeira seção, estudaremos o conceito e os tipos de energia e, com isso, será possível entender como ocorrem os processos de conversão energética. Também analisaremos quais são as fontes renováveis e não renováveis de energia.

Para entendermos melhor esses conceitos, consideraremos a situação em que você, como coordenador do planejamento de um programa estadual de incentivo às energias renováveis, identificou a primeira etapa a ser realizada, que é o treinamento da equipe que desenvolverá o trabalho com você. Para isso, você decidiu realizar uma palestra, possibilitando que os integrantes da sua equipe possam compreender conceitos fundamentais que os embasem em relação à avaliação dos recursos energéticos disponíveis no estado e dos impactos do seu uso para a economia local, para a população e também para o meio ambiente.

Dessa forma, quais os principais tópicos que você deverá apresentar na sua palestra para abordar os conceitos fundamentais relacionados à energia? Que exemplos você pode apresentar para facilitar a compreensão deles em relação aos tipos de energia?

Para chegar às possíveis resoluções da problemática apresentada, nesta seção, você estudará o conceito e os tipos de energia, os princípios da conversão energética e quais são as fontes de energia disponíveis.

Bons estudos e um ótimo trabalho!

Não pode faltar

A energia está presente em diversas atividades do nosso

cotidiano e é essencial para nossa sobrevivência. O funcionamento do corpo humano, o crescimento das plantas, a produção de alimentos, nossa locomoção e todo o setor industrial dependem da energia em suas várias formas. Sendo assim, diversos conceitos podem ser formulados para a palavra energia, porém, no âmbito da ciência, a energia pode ser vista como a capacidade de um corpo realizar trabalho. "Energia é como um número que associamos a um sistema de um ou mais objetos, sendo que se uma força afeta um dos objetivos, fazendo-o, por exemplo, entrar em movimento, o número que descreve a energia do sistema varia" (HALLIDAY, 2012, p. 145).

A unidade utilizada para representar esse tipo de energia, segundo o Sistema Internacional de Unidades (SI), é o Joule (J), sendo que 1 Joule é igual a $1J = 1kg \times m^2 \times s^{-2}$.

É importante entender que, além da quantidade de energia disponibilizada em um processo, a potência com que é fornecida também importa muito. Uma definição científica de potência é que se trata da velocidade com a qual a energia é transformada ou com que o trabalho é realizado. Por exemplo, a quantidade de combustível ou energia que um carro utiliza para se deslocar em uma curta distância e em um curto espaço de tempo pode ser a mesma usada para se deslocar em uma longa distância e em um tempo maior, o que as diferencia é a potência empregada na utilização da energia, ou seja, a velocidade com que a energia é utilizada para fazer o carro se deslocar. Assim, a quantidade de energia gasta pode ser a mesma, mas a potência empregada altera o resultado.

A energia pode existir em quatro formas segundo a classificação científica: cinética, potencial, massa e radiante. A **energia cinética** se refere ao movimento de um corpo e é proporcional a sua massa e velocidade. Assim, se o corpo estiver em repouso, a energia cinética será nula. Essa forma de energia está presente quando uma pessoa caminha, quando um carro está em movimento e quando um avião está voando.

A **energia potencial** tem relação com a configuração ou posição de um corpo em um sistema, no sentido da energia "armazenada" nesse objeto e que, com a realização de trabalho, será transformada em outros tipos de energia. Há três tipos de energia potencial:

- A potencial gravitacional é a energia armazenada em um objeto sujeito à força da gravidade, que faz com que a Terra e um corpo se atraiam mutuamente.



Exemplificando

Quando um objeto é solto de certa altura, a energia potencial gravitacional contida nele pela sua distância em relação à Terra se transforma em energia cinética, que o movimentará até o solo. Um exemplo disso é quando puxamos um balanço de criança até certa altura para que, soltando-o, a energia potencial seja convertida em energia cinética, e o balanço se movimente.

- A potencial elástica é a energia armazenada na elasticidade de um corpo, fazendo com que ele se deforme com a aplicação de uma força e retorne a sua forma inicial quando essa força é interrompida.



Exemplificando

Quando esticamos ou comprimimos uma mola, ela armazena energia potencial elástica e, quando volta ao seu estado inicial, essa energia é convertida em energia cinética ou outro tipo de energia que pode empurrar ou puxar um objeto, por exemplo. Um bom exemplo dessa força pode ser visto em um salto de bungee jumping, em que uma pessoa se joga de uma ponte amarrada por uma corda elástica. O peso da pessoa que se jogou estica a corda elástica até o ponto em que a força potencial elástica dessa corda faz com que volte ao estado inicial, puxando a pessoa para cima.

- A potencial elétrica é energia que há em duas partículas com carga elétrica e distantes entre si.

Outro tipo de energia é a **massa**, conceito que surgiu no âmbito da física moderna (física quântica e relativística). Um corpo em repouso pode ter sua massa convertida em energia por meio de processos físicos. Esse conceito de equivalência entre massa e energia é expresso na equação $E = m \times c^2$ do cientista Albert Einstein. O principal exemplo de energia da massa é a gerada por reações nucleares, como a fissão do urânio ou a fusão do hidrogênio, em que a soma das massas dos produtos formados é menor do que a soma das massas dos reagentes, com a diferença convertida em energia e liberada no processo.

O quarto tipo é a **energia radiante** que é transmitida por meio de ondas eletromagnéticas e não depende da existência de matéria entre um corpo e outro. Um exemplo de energia radiante é a que vem do sol, que é causada pela vibração de suas partículas,

gerando ondas que se propagam pelo espaço e geram calor quando encontram matéria na Terra.

Apesar de os cientistas classificarem a energia nos quatro tipos descritos anteriormente, algumas formas de energia acabam tendo nomes específicos no cotidiano conforme o meio de armazenamento ou o processo de transformação envolvido. Assim, outros tipos de energia podem ser descritos como:

- **Energia mecânica:** que é a soma da energia cinética e potencial;

- **Energia térmica:** é a soma das energias cinéticas de partículas microscópicas devido aos movimentos de translação, vibração ou rotação;

- **Energia elétrica:** forma mais comum de denominar a energia potencial elétrica, que se refere a duas partículas com carga elétrica e distantes entre si;

- **Energia química:** é a energia potencial das ligações químicas entre os átomos, liberada em reações químicas como a combustão.

- **Nuclear:** é a energia liberada na transformação de núcleos atômicos, estando ligada à energia da massa já apresentada anteriormente.



Assimile

Se analisarmos suas origens reais, os tipos de energia podem ser agrupados em apenas quatro tipos: energia cinética, energia potencial, massa e energia radiante. É muito importante que você grave isso para entender as fontes de energia que estudaremos nesta unidade.

Nem sempre as fontes energéticas disponíveis fornecem o tipo de energia que demandamos. Mesmo tendo uma barragem com água represada, sem uma turbina e um gerador, não seria possível obter energia elétrica a partir da energia potencial. Assim, os processos de conversão energética são essenciais para a humanidade, pois convertem um tipo de energia em outra. Esses processos são regidos por duas leis da termodinâmica muito conhecidas:

- A lei da conservação da energia (1ª lei da termodinâmica) indica que a energia não se cria e nem se destrói, apenas se transforma. Exceções para essa lei são as reações atômicas ou nucleares que transformam massa em energia. Porém, a maioria dos processos de conversão é regida por essa lei. A equação que representa isso é

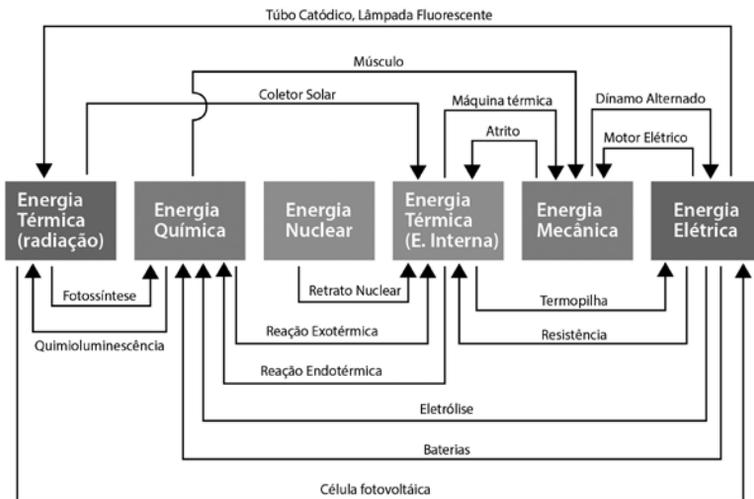
$$\Delta E_{\text{entra}} = \Delta E_{\text{sai}} + \Delta E_{\text{sistema}}$$
, significando que a energia que entra em

um dado sistema é igual à energia que sai ou que se perde mais a energia que se acumula no sistema. Ou seja, sempre que se analisa um processo de conversão de energia, deve-se ter em mente que a energia consumida pelo sistema se converte em outros tipos de energia, podendo ser feito um balanço energético entre a entrada e a saída.

- A lei da dissipação da energia indica que, nos processos reais de conversão energética, sempre ocorrem perdas de energia, como térmicas, atrito, perdas de carga e inércias, entre outras. As perdas que ocorrem em cada processo de conversão podem ser reduzidas com medidas de conservação de energia, tema que será muito discutido nesta disciplina. De qualquer forma, sempre haverá perdas, pois é algo inerente aos processos de conversão energética.

Na Figura 1.1, é possível observar exemplos de processos de conversão dos seis tipos de energia que vimos anteriormente. Processos bastante conhecidos são os realizados por motores elétricos, em que a energia elétrica é convertida em energia mecânica para movimentar um equipamento, ou em coletores solares, em que a energia térmica da radiação solar é convertida em energia térmica para aquecimento de água. Outro exemplo muito importante é a conversão de energia mecânica em energia elétrica por meio de um dínamo alternado, ou um motogerador.

Figura 1.1 | Exemplos de processos de conversão energética

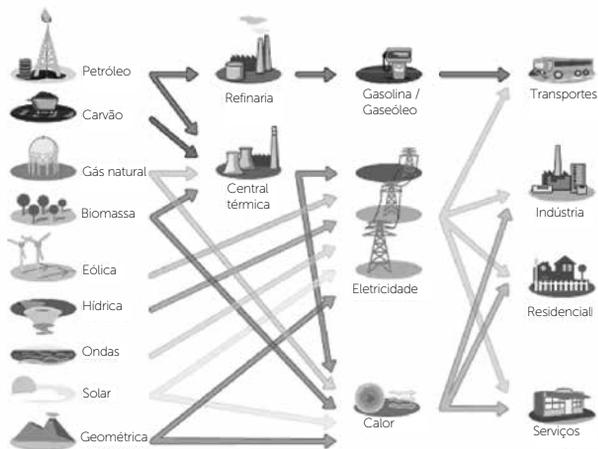


Fonte: Viana et al. (2012, p. 20).

É importante entender que, quando se utiliza o termo energia, o objetivo é indicar todos os tipos de energia existentes, não devendo ser confundido com o termo energia elétrica. O setor energético de um país é composto por duas grandes áreas: setor elétrico e setor de combustíveis. Da mesma forma, as ações de conservação de energia compreendem ações para redução do consumo de energia elétrica e de combustíveis, incluindo, é claro, de energia térmica.

Denominam-se recursos ou fontes energéticas as reservas acessíveis de energia contidas na natureza, podendo ser utilizadas diretamente ou através de processos de transformação na geração de energia elétrica ou térmica ou na produção de combustíveis para aplicação nos setores de transportes, industrial, residencial e de serviços. É importante saber que uma fonte pode gerar diversos tipos de energia, por exemplo, a biomassa florestal que pode gerar energia elétrica por sua queima ou apenas energia térmica para aquecimento. Na Figura 1.2, podemos ver um diagrama com a maioria das fontes de energia disponíveis no planeta.

Figura 1.2 | Fontes de energia e processos de transformação



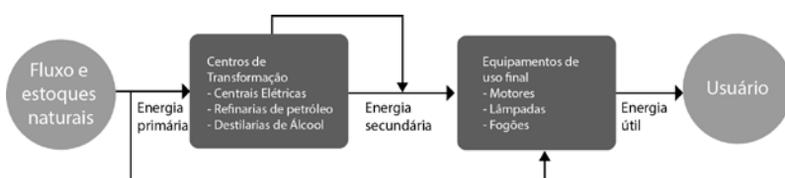
Fonte: <<https://goo.gl/KYNQtV>>. Acesso em: 30 out. 2016.

As fontes de energia podem ser primárias ou secundárias, dependendo da origem. As fontes primárias provêm diretamente da natureza e são passíveis de utilização imediata, como a água, o sol, o vento, o petróleo, o gás natural, o carvão e o urânio. Já as fontes secundárias são as fontes de energia após uma transformação ou

um processamento, como a energia elétrica, que é proveniente da energia potencial da água ou da queima de combustível em termelétricas, o etanol, que é produzido a partir da cana-de-açúcar, e a gasolina ou o óleo diesel, que são produzidos no refino do petróleo.

Há também a energia útil, que é a energia primária ou secundária que realmente chega ao consumidor, ou seja, após as conversões e perdas nos equipamentos de uso final. Essa classificação pode ser observada na Figura 1.3.

Figura 1.3 | Sistema energético

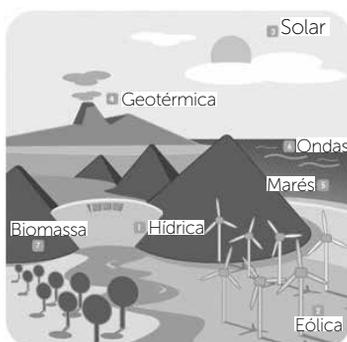


Fonte: Viana et al. (2012, p. 25).

A energia também pode ser classificada em renovável ou não renovável, dependendo da capacidade de renovação ou restauração de sua fonte, ou seja, da possibilidade de ser utilizada ao longo do tempo sem que se esgote.

Exemplos de fontes renováveis de energia são: sol, água, biomassa vegetal (florestas, cana-de-açúcar, soja, entre outros), biomassa residual, biomassa, vento, ondas, marés, correntes marítimas e geotérmica (Figura 1.4).

Figura 1.4 | Fontes de energia renováveis



Fonte: <<https://goo.gl/AMLzLW>> Acesso em: 30 out. 2016

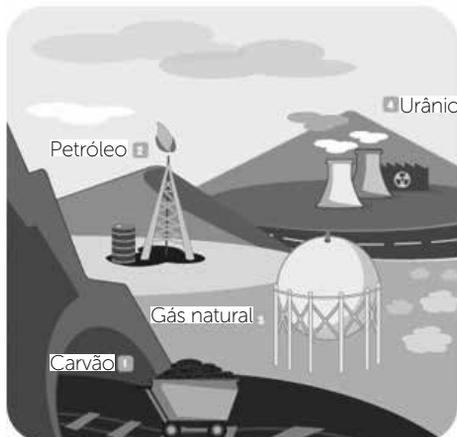


Reflita

As energias não renováveis são ainda muito utilizadas pela humanidade apesar dos impactos ambientais que causam. Quais são os principais impactos que essas fontes causam no meio ambiente? Por que a humanidade continua utilizando essas fontes? As energias renováveis poderiam substituir em curto prazo todas as fontes não renováveis? Quais seriam os custos dessa substituição? Você acha que a economia mundial tem como absorver esses custos? Mas, ao mesmo tempo, você acha que o planeta tem como suportar os impactos que o uso de fontes de energia não renováveis estão causando?

Já as fontes de energia não renováveis foram originadas há milhares de anos e dependem dessa escala de tempo para serem renovadas, ou seja, considera-se que, na escala de tempo da humanidade, essas fontes não se renovam. Observe, na Figura 1.5 os exemplos dessas fontes, que são: o petróleo, o gás natural, o carvão mineral e os combustíveis nucleares como o urânio.

Figura 1.5 | Fontes de energia não renováveis



Fonte: <<https://goo.gl/AMLzLW>>. Acesso em: 30 out. 2016.



Pesquise mais

Busque mais informações sobre as fontes de energia renovável e sua importância para a humanidade na publicação a seguir: GREENPEACE. Revolução energética. Disponível em: <<http://greenpeace.org.br/revolucao/>>. Acesso em: 12 mar. 2017.

Sem medo de errar

Retomando a situação-problema proposta no *Diálogo aberto*, percebemos que é muito importante iniciar a palestra explicando o desafio que sua equipe tem pela frente, ou seja, o planejamento de um importante programa de incentivo às energias renováveis em um estado brasileiro.

Sendo assim, você deverá explicar que energia é a capacidade de um corpo realizar trabalho e fazer referência à conceituação de Halliday (2012, p. 145), que diz que “a energia é como um número que associamos a um sistema de um ou mais objetos, sendo que se uma força afeta um dos objetos, fazendo-o, por exemplo, entrar em movimento, o número que descreve a energia do sistema varia”. Apesar de não ser tão fácil entender esse conceito, a energia manifesta-se de diversas formas no nosso cotidiano e, por isso, você poderá apresentar alguns exemplos, como:

- Quando chegamos à nossa casa e ligamos as luzes, a **energia elétrica** é utilizada, que é a energia potencial entre duas partículas com carga elétrica, mas que estão distantes entre si. Ou seja, aí podemos identificar a **energia potencial**, um dos quatro tipos de energia identificados pelos cientistas. A energia potencial pode ser vista como a energia armazenada em um corpo devido a sua configuração ou posição no espaço e pode ser gravitacional (presente em uma fruta que cai do alto de uma árvore), elástica (presente em uma mola que estica e retorna ao seu estado inicial) ou elétrica (presente na energia elétrica utilizada para acender uma lâmpada). A energia elétrica está presente na maioria das atividades do nosso cotidiano, mas, na maioria das vezes, é gerada em locais muito distantes e chega por cabos que a transmitem.

- Quando cozinhamos um alimento, utilizamos **energia térmica** proveniente da queima de um combustível como gás natural ou lenha. A energia térmica é a soma da **energia cinética** (mais um dos quatro tipos básicos de energia definidos pelos cientistas) de partículas microscópicas devido aos movimentos de translação, vibração ou rotação. A energia cinética se refere ao movimento de um corpo e é proporcional à massa e à velocidade do corpo que se movimenta e também está presente quando uma pessoa caminha ou um carro está em movimento.

- Quando dirigimos um automóvel, é a **energia mecânica** que faz as rodas girarem, e essa energia é a soma da energia cinética e potencial. Nesse caso, podemos ver um processo de

conversão de **energia química** do combustível em energia térmica na combustão e, em seguida, em energia mecânica, o que ocorre dentro do motor do automóvel. A energia química é a energia potencial das ligações químicas entre os átomos, sendo liberada em reações químicas.

- Quando sentimos o calor do sol, a **energia radiante** proveniente dele está se convertendo em energia térmica quando atinge sua pele. A energia radiante, o terceiro tipo de energia definido pelos cientistas, é a energia transmitida por meio de ondas eletromagnéticas e não depende da existência de matéria entre um corpo e outro.

- Quando vamos fazer um exame médico, como uma radiografia, estamos utilizando a **massa**, o quarto tipo de energia definida pelos cientistas. O conceito de energia proveniente da massa define que um corpo em repouso pode ter sua massa convertida em energia por meio de processos físicos. Esse tipo de energia também é utilizado para gerar a **energia nuclear**, que pode ser aplicada na geração de energia elétrica.

Com esses exemplos, você aproveitou para apresentar o conceito de processos de conversão energética, ou seja, a conversão de um tipo de energia em outro. Outro ponto que você pode concluir é que o termo energia não deve ser confundido com energia elétrica, pois, como puderam ver, existem vários tipos de energia. Além disso, o setor energético normalmente é dividido em energia elétrica e combustível ou petróleo e gás, ficando claro que, quando se fala em energia, está sendo englobado bem mais do que apenas energia elétrica.

Outro ponto importante que você deve esclarecer para a equipe é que fontes de energia são as reservas acessíveis de energia contidas na natureza e que podem ser utilizadas nos diversos processos de transformação. As fontes de energia podem ser classificadas em primária ou secundária, conforme a origem. A fonte primária vem diretamente da natureza e a secundária depende de um processo de transformação para estar disponível. Exemplos de fonte primária são o petróleo ou a energia radiante que vem do sol, e de fonte secundária são a energia elétrica gerada em uma usina hidrelétrica ou o etanol produzido em uma usina.

Por fim, você explicará que as fontes de energia podem ser renováveis ou não renováveis, dependendo da capacidade de renovação ou restauração. As fontes não renováveis até poderiam ser renovadas, mas dependeriam de uma escala de tempo de

milhões de anos e condições bem específicas de temperatura e pressão. Assim, você poderá falar quais são as fontes renováveis e quais são as não renováveis com o auxílio de figuras e vídeos didáticos.

As fontes renováveis de energia são: sol, água, biomassa vegetal (florestas, cana-de-açúcar, soja, entre outros), biomassa residual, biomassa, vento, ondas, marés, correntes marítimas e geotérmica. As fontes de energia não renováveis são o petróleo, o gás natural, o carvão mineral e os combustíveis nucleares, como o urânio.

Dessa forma, você terá apresentado os conceitos básicos de energia para sua equipe e, assim, poderá dar continuidade ao planejamento do programa de incentivo às energias renováveis.

Avançando na prática

Exemplificando a conceituação de energia

Descrição da situação-problema

Uma indústria do setor alimentício está interessada em implantar um programa de eficiência energética. Para isso, contratou uma empresa especializada no tema e pediu que entregassem um relatório das fontes de energia que são utilizadas, descrevendo o tipo e se são renováveis ou não. Esse relatório será utilizado como fonte de informação para o planejamento do programa de eficiência energética.

Nesse contexto, você, como responsável por elaborar esse relatório, realizou uma visita à indústria e levantou os seguintes dados acerca da demanda de energia:

- Há diversas lâmpadas para iluminação dos ambientes produtivos.
- Há uma caldeira para aquecimento de água e geração de vapor para uso em diversos processos de cocção ou secagem. Essa caldeira é abastecida com lenha.
- A indústria possui geradores elétricos a óleo combustível para o caso de falha no fornecimento de energia elétrica pela rede.

Sendo assim, quais são os tipos de energia utilizados na indústria? E quais são as fontes para geração desses tipos de energia no caso da indústria? Essas fontes são renováveis ou não renováveis?

Resolução da situação-problema

A energia é classificada pelos cientistas em quatro tipos: cinética,

potencial, massa e radiante, mas, no cotidiano é denominada de outras formas, conforme o processo de conversão pelo qual passou, sendo: energia mecânica; energia térmica; energia elétrica; energia química; e nuclear.

Nesse sentido, conclui-se que a indústria visitada consome energia elétrica para a iluminação. Essa energia, em sua origem, é energia potencial elétrica, que é a energia de duas partículas com carga elétrica e distantes entre si.

Outra fonte de energia consumida na indústria é a lenha para a queima em uma caldeira. Nesse processo, a energia química contida na lenha é convertida em energia térmica por meio da combustão.

Os geradores elétricos existentes na indústria também utilizam o processo de combustão para converter a energia química do óleo combustível em energia térmica. Essa energia térmica é convertida em energia mecânica e, em seguida, em energia elétrica no gerador.

Entre essas fontes, a lenha é uma fonte renovável, e o óleo combustível é uma fonte não renovável de energia. A energia elétrica utilizada na iluminação, como é proveniente da rede de distribuição que compõe um sistema interligado, no caso do Brasil, pode ter sido gerada por fontes renováveis, como a hidráulica em usinas hidrelétricas, ou por fontes não renováveis, como gás natural em usinas termelétricas.

Com essas informações, já será possível iniciar o planejamento na indústria alimentícia visitada.

Faça valer a pena

1. A energia radiante é a energia proveniente do sol e é essencial para a vida da Terra, pois é utilizada pelas plantas para a fotossíntese e seu crescimento, atua no ciclo hidrológico e mantém a temperatura da Terra.

Assinale a alternativa correta dentre as afirmativas a seguir.

- a) A energia radiante se refere ao movimento de um corpo e é proporcional a sua massa e velocidade.
- b) A energia radiante é transmitida por meio de ondas eletromagnéticas e não depende da existência de matéria entre um corpo e outro.
- c) A energia radiante é transmitida por meio de ondas eletromagnéticas e depende da existência de matéria entre um corpo e outro.
- d) A energia radiante é transmitida por meio de cabos eletromagnéticos e depende da existência de matéria entre um corpo e outro.

e) A energia radiante é transmitida por meio de cabos eletromagnéticos e não depende da existência de matéria entre um corpo e outro.

2. Os processos de conversão de energia podem transformar um tipo de energia em outra, possibilitando, assim, seu uso de formas mais diversas.

Sobre a conversão de energia, assinale a alternativa correta entre as afirmativas a seguir.

- a) A lei da conservação da energia (1ª lei da termodinâmica) indica que a energia não se cria, mas se destrói, e não se transforma.
- b) A lei da dissipação da energia indica que, nos processos reais de conversão energética, nunca ocorrem perdas de energia, como térmicas, atrito, perdas de carga e inércias, entre outras.
- c) A lei da dissipação da energia indica que, nos processos reais de conversão energética, apenas algumas vezes ocorrem perdas de energia, como térmicas, atrito, perdas de carga e inércias, entre outras.
- d) A lei da conservação da energia (1ª lei da termodinâmica) indica que a energia não se cria e nem se destrói, apenas se transforma.
- e) Existem processos que podem converter energia térmica em energia elétrica, porém não existe para a situação oposta.

3. As fontes primárias são originadas diretamente dos recursos naturais, e as fontes secundárias são as fontes de energia após uma transformação ou processamento.

Sobre as fontes de energia, assinale a alternativa que indica apenas as de fontes primárias.

- a) Gás natural, gasolina, vento.
- b) Vento, etanol, sol.
- c) Vento, urânio, etanol.
- d) Sol, petróleo, gasolina.
- e) Sol, petróleo, carvão mineral.

Seção 1.2

Fontes de energias renováveis e não renováveis

Diálogo aberto

Nesta segunda seção, estudaremos as fontes de energia renováveis e não renováveis e, entre essas, vamos nos aprofundar nas fontes solar fotovoltaica e eólica para geração de energia elétrica. Compreender e conhecer essas duas fontes é necessário, pois elas vêm se destacando no cenário nacional e internacional em relação ao desenvolvimento tecnológico e ao crescimento da capacidade instalada.

Para aplicarmos o conhecimento que obteremos nesta seção, consideraremos que você é o coordenador de uma equipe responsável pelo planejamento de um programa de incentivo às fontes renováveis de um estado brasileiro, programa que será parte de uma política energética do governo estadual. Após finalizar a palestra que você realizou na primeira seção e depois de os componentes da equipe possuírem conhecimento sobre os conceitos fundamentais de energia, a próxima etapa a ser realizada para o planejamento desse programa será a elaboração de uma avaliação das fontes de energia disponíveis no estado. Para isso, você e sua equipe levantaram as seguintes características econômicas, sociais e geográficas do estado e de seus vizinhos:

- Sua economia é baseada na atividade florestal, agropecuária e industrial, com grande produção de eucalipto, cana-de-açúcar, suínos e soja. A expectativa é que a demanda por energia elétrica e combustível aumente nos próximos anos, e os custos com compra de combustíveis fósseis dos vizinhos para suprir essa demanda pode encarecer muito o setor energético.
- Possui uma rede hidrográfica pouco explorada para geração de energia elétrica e possui reservas de gás natural. Não possui costa marítima, mas tem índices de insolação altos por se localizar na região dos trópicos. Também possui um regime de ventos regular e intenso.
- Tem como vizinho um estado que possui vastas reservas de petróleo e gera mais energia elétrica do que consome. O outro estado vizinho possui uma extensa área agrícola onde se cultiva soja.

Considerando isso, como você pode apresentar os resultados ao cliente? Responda as seguintes perguntas ao longo da entrega para seu cliente: quais fontes de energia estão disponíveis no estado (energia elétrica e combustível)? Quais delas são renováveis e quais são não renováveis? E quais fontes de energia estão disponíveis para compra dos estados vizinhos? Em uma avaliação inicial e sem considerar os custos, quais seriam as melhores fontes se os governantes e a sociedade optassem por reduzir o uso de fontes não renováveis?

Ao estudarmos nesta seção todas as fontes renováveis e não renováveis de energia e suas características, você conseguirá resolver esse problema.

Bons estudos e um ótimo trabalho!

Não pode faltar

A energia pode ser gerada a partir de recursos renováveis e não renováveis. As fontes renováveis são provenientes de recursos naturais que se renovam ou se restauram em uma escala de tempo muito curta em comparação com a escala de tempo para produção das não renováveis, que são provenientes de recursos naturais que demoram milhares de anos para serem produzidos.

Algumas das fontes renováveis de energia são os biocombustíveis, como o biodiesel, o etanol, o biogás, e há também o bagaço de cana-de-açúcar e a lenha e resíduos de processamento da madeira. Há ainda as fontes geotérmica, hidráulica, solar, maremotriz e eólica.

Os **biocombustíveis** são produzidos pelo processamento de biomassa vegetal ou gorduras animais e possuem como vantagens a diminuição da dependência externa de petróleo dos países; redução dos impactos das emissões veiculares e redução da emissão de gases de efeito estufa (GEEs) na atmosfera. Alguns dos biocombustíveis mais utilizados são:

- O **biodiesel**, que é produzido pelo processo de transesterificação de óleos vegetais (óleo de soja, mamona, canola, babaçu), gorduras animais (sebo, banha de porco, gordura de frango), algas ou resíduo gorduroso de estações de tratamento de esgoto. É um combustível líquido utilizado em motores de combustão interna, e no Brasil há a obrigação de mistura de 7% de biodiesel no diesel, proporção que veio aumentando nos últimos anos. Essa fonte de energia faz parte da matriz energética de diversos países, sendo que os maiores produtores mundiais são EUA, Brasil, Alemanha, Argentina e Colômbia (MME, 2016).

- O **etanol**, que é produzido a partir da fermentação dos açúcares contidos no caldo de matérias-primas como cana-de-açúcar, beterraba, mandioca e milho ou pela quebra das moléculas de celulose contidas na palha e no bagaço de vegetais pelo processo de hidrólise (etanol de 2ª geração). É um combustível líquido comumente utilizado em motores de combustão interna de veículos. Entre os benefícios do seu uso estão a redução de emissão de GEE em relação à gasolina e a capacidade de geração de energia elétrica pelas próprias usinas de produção de etanol, por cogeração, para consumo próprio e injeção no sistema elétrico nacional. EUA e Brasil são os países onde o etanol é produzido em larga escala, sendo que a diferença entre os dois é que nos EUA a matéria-prima é o milho, que tem uma eficiência menor na conversão para etanol do que a cana-de-açúcar, matéria-prima utilizada no Brasil. O Brasil é famoso por ter veículos movidos a etanol ou pela mistura de etanol com gasolina.

- O **biogás**, que é um gás produzido a partir da degradação de matéria orgânica em condições anaeróbias (sem oxigênio) e é composto por cerca de 60% de metano, gás com alto poder calorífico, que permite seu uso na geração de calor e energia elétrica e para a produção de biometano, gás similar ao gás natural. Uma das grandes vantagens é a possibilidade de uso de resíduos e efluentes para sua produção, como de aterros sanitários, estações de tratamento de esgoto, produção de animais estabulados e de indústrias. O Brasil tem uma produção pouco expressiva, mas o setor vem se organizando no sentido de aproveitar o potencial dos resíduos agropecuários, industriais e das cidades.



Refleta

Nos aterros sanitários, é possível ver tubulações verticais que saem da montanha de resíduos e uma chama queimando constantemente. Você sabe qual é o combustível que mantém essa chama acesa? Como é produzido?

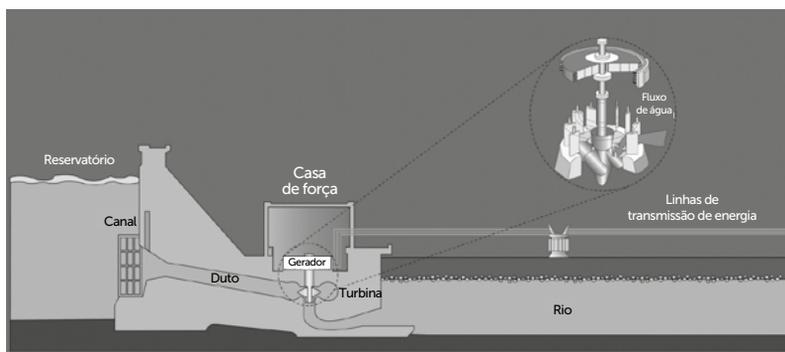
Outra fonte de energia proveniente de biomassa vegetal é o **bagaço de cana-de-açúcar**, que é originado do processamento da cana-de-açúcar e é utilizado como combustível nas caldeiras que produzem calor para a produção de álcool e açúcar e energia elétrica. Além desse, há a **lenha** e resíduos de processamento da madeira, que são energias renováveis mais antigo utilizado pela humanidade e, apesar de seu uso ter reduzido bastante pela baixa eficiência, ainda

é muito utilizado em regiões onde não há outras fontes de energia; há abundância de resíduos de indústrias madeireiras; ou quando é a fonte mais barata. Além disso, a lenha ainda é muito utilizada em usinas termelétricas.

Em alguns locais do globo terrestre, o calor do interior do planeta está mais perto da superfície e, assim, pode ser captado como vapor de água ou água quente. Essa energia é denominada de **energia geotérmica** e é utilizada no aquecimento de residências, processos produtivos em indústrias e geração de energia elétrica. É uma energia vantajosa por ser renovável e permitir geração contínua ao longo do dia. No mundo, há 13,2 GWe de capacidade instalada, sendo os EUA os líderes (REN21, 2016).

A **energia hidrelétrica** é gerada a partir da energia potencial e cinética dos rios convertidas em energia mecânica em turbinas, em seguida, em energia elétrica no gerador. Uma usina hidrelétrica é composta, basicamente, pelo duto ou canal de tomada de água, também denominado de conduto forçado, por uma turbina e um gerador e pela casa de força, havendo outras estruturas conforme o tipo de usina hidrelétrica (Figura 1.6). As usinas hidrelétricas são classificadas pelo tipo de reservatório, podendo ser fio de água ou acumulação. A vantagem de ter um reservatório para acumulação é a possibilidade de armazenar água para períodos de estiagem ou para horários de alto consumo. No mundo há 1.064 GWe de capacidade instalada, e a China é o país líder (REN21, 2016). A capacidade instalada de energia hidrelétrica do Brasil é de 91,6 GW, o que representa 65% do sistema interligado nacional (EPE, 2016).

Figura 1.6 | Perfil esquemático de usina hidrelétrica



Fonte: ANEEL (2008, p. 50).



A energia hidrelétrica é a principal fonte de energia do Brasil e, por ser renovável, torna nossa matriz energética mais limpa se comparada com a maioria dos países do mundo.

A **energia maremotriz** aproveita a energia do movimento das marés, e a **energia das ondas** aproveita a energia do movimento das ondas. Em ambos os casos, converte-se a energia em energia mecânica e, posteriormente, em elétrica. Mas esses sistemas ainda estão em desenvolvimento em busca de maior viabilidade econômica, e a maioria dos projetos é piloto, tendo apenas 530 MW de capacidade elétrica instalada em 2015 em usinas localizadas na França, na Coreia do Sul e no Reino Unido (REN21, 2016).

A **energia solar** pode ser aplicada na geração de energia elétrica em sistemas fotovoltaicos, que serão descritos ainda nesta seção, ou em sistemas térmicos e heliotérmicos. A energia heliotérmica é gerada a partir do aquecimento de um fluido pela energia solar. Espelhos são instalados de forma que direcionem a irradiação solar para um ponto ou tubulação e aqueçam o fluido. Com isso, pode-se armazenar a energia solar térmica para produzir vapor de água e gerar energia elétrica em turbinas mesmo em horários sem luz solar. O Brasil ainda não possui usinas heliotérmicas, mas, no mundo, há 4,8 GWe de capacidade instalada, sendo que a Espanha tem 2,3 GW e os EUA 1,7 GW (REN21, 2016). A energia térmica é utilizada para aquecimento de água ou cocção de alimentos em aplicações residenciais.

Ainda nesta seção, estudaremos com mais detalhes duas fontes de energia renovável que vêm sendo muito utilizadas no Brasil, uma delas é a energia solar fotovoltaica, já citada, e a outra é a **energia eólica**, que é proveniente do aproveitamento da energia cinética do vento.

Por outro lado, as principais fontes não renováveis de energia são as fósseis e a nuclear. As fontes fósseis são o petróleo, o gás natural e o carvão mineral e têm origem na degradação de matéria orgânica, ao longo de milhões de anos, em condições específicas de pressão e temperatura em grandes profundidades no solo. Seus derivados energéticos são constituídos por carbono e outros compostos que, quando queimados, geram diversos poluentes atmosféricos, como dióxido de enxofre (SO₂) ou dióxido de nitrogênio (NO₂) e gases causadores de efeito estufa (GEE), como dióxido de carbono

(CO₂). Por isso, apesar de ainda serem a principal fonte energética mundial, são muito combatidos. Os tipos de combustíveis fósseis mais utilizados são o petróleo, o gás natural e o carvão mineral, descritos a seguir.

- **Petróleo:** é uma mistura de compostos orgânicos que passa por um processo de refino para a produção de derivados que são utilizados energeticamente (gasolina, óleo diesel, querosene, GLP) ou como matéria-prima (asfalto, ceras de parafinas, coque e plásticos). O Brasil tem uma produção considerável e muitas reservas.

- **Gás natural:** é uma mistura de hidrocarbonetos leves, principalmente metano, que é encontrado associado ou não ao petróleo. Além da oferta interna de gás natural, o Brasil importa gás natural da Bolívia para uso em indústrias, residências e termelétricas. É considerado um combustível mais “limpo” que os derivados de petróleo, mas também emite GEEs.

- **Carvão mineral:** foi o primeiro combustível fóssil explorado pelo homem e, apesar dos impactos ambientais e sociais na sua exploração e queima, ainda é o segundo energético mais consumido no mundo, principalmente por China e EUA, perdendo apenas para o petróleo. As poucas reservas do Brasil são de baixa qualidade e localizam-se na região sul, sendo utilizadas em termelétricas e na indústria siderúrgica.

A **energia nuclear** é gerada a partir de reações de transformação dos núcleos atômicos do urânio, as quais liberam energia térmica para a produção de vapor de água para a movimentação de uma turbina e do gerador. No mundo, há 442 reatores nucleares em operação, com capacidade elétrica instalada de 384 GW, sendo os líderes França, Japão e Rússia (ELETROBRAS, 2016). O Brasil tem duas plantas em operação (Angra 1 e 2) e uma em construção (Angra 3). Depois do acidente na Usina de Fukushima em 2011, muitos países cancelaram investimentos e fecharam suas usinas. Apesar dos riscos, a energia nuclear é considerada “limpa” por especialistas por não gerar poluentes atmosféricos e GEEs.

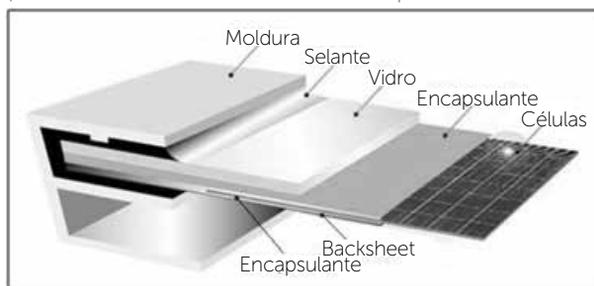
Voltando ao tema das fontes renováveis, a **energia solar fotovoltaica** tem se destacado por seu crescimento mundialmente. Isso fez com que o preço das tecnologias fosse reduzido, tornando essa fonte mais viável e atrativa. No mundo, há 227 GWe de capacidade instalada, e a China é líder, seguida por Alemanha (REN21, 2016). No Brasil, o uso de energia solar fotovoltaica vem crescendo, principalmente para microgeração, e os leilões de energia do governo já contemplam essa fonte. A previsão é que, até

2018, o Brasil terá 2,6 GW instalados (Brasil, 2016).

Como explicado na Seção 1.1, a energia solar fotovoltaica é gerada pela aplicação do princípio de que um material semicondutor, quando exposto à radiação solar, transfere elétrons da banda de valência de uma partícula para a banda de condução (efeito fotovoltaico). Os módulos são fabricados para que aproveitem o movimento de emissão e retorno do elétron e criem uma diferença de potencial e, portanto, tensão, para que, assim, seja gerada energia elétrica.

Os módulos fotovoltaicos são formados por células solares conectadas em série ou em paralelo, montadas em um quadro geralmente de alumínio e cobertas por um encapsulamento que as protege da ação do tempo e de impactos. Há também uma camada de vidro e um material selante que une todas as camadas (Figura 1.7).

Figura 1.7 | Camadas de um módulo fotovoltaico típico



Fonte: Tolmasquin (2016, p. 334).

Uma das vantagens dos sistemas fotovoltaicos é a geração de energia elétrica diretamente pelas placas fotovoltaicas, enquanto que os heliotérmicos armazenam energia térmica para, posteriormente, transformar em energia elétrica. Além disso, os equipamentos não possuem muitas peças mecânicas móveis que demandem manutenção periódica, apenas sendo necessária a limpeza periódica das placas para garantir a passagem dos raios solares. Outra vantagem é serem moduláveis, facilitando a adaptação à área disponível para instalação.

Os principais tipos de células fotovoltaicas disponíveis são de silício cristalino (monocristalino e policristalino), o mais utilizado atualmente pela sua eficiência e domínio da tecnologia, apesar de ter custos mais elevados. Também podem ser fabricadas em filmes finos [silício amorfo hidrogenado, telureto de cádmio e disseleneto de cobre (gálio) e índio (CIS e CIGS)]. A eficiência do silício monocristalino é de

17 a 21,5% e a do policristalino é de 14 a 17%, para silício amorfo é de 4 a 8%, para telureto de cádmio é de 10 a 16,3% e de disseleneto de cobre é 12 a 14,7% (TOLMASQUIN, 2016).

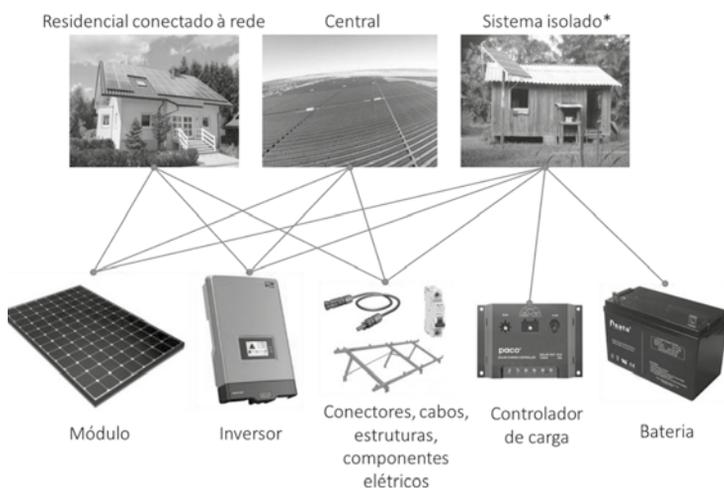
É possível gerar em grandes ou pequenas centrais e de forma isolada ou com conexão com a rede de distribuição para compensação do consumo de energia elétrica na fatura.

Pesquise mais

Como é possível que uma residência tenha uma central geradora de energia solar fotovoltaica e se conecte na rede de distribuição para injetar a energia excedente e compensar seu consumo de energia? Busque mais informações em: ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica. 2.ed. Brasília: ANEEL, 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/6YpwTL>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

Um sistema fotovoltaico é composto por: módulos fotovoltaicos, inversor (converte a energia elétrica de corrente contínua para corrente alternada), conectores, cabos, estruturas e componentes elétricos (Figura 1.8). Em sistemas isolados, além desses componentes, também há um controlador de carga e uma bateria para armazenar a energia.

Figura 1.8 | Componentes dos sistemas de geração de energia fotovoltaica



Fonte: Tolmasquin (2016, p. 336).



Exemplificando

Um exemplo disso é que, em Florianópolis, foi inaugurado, em 2014, o primeiro edifício público brasileiro com uma planta solar fotovoltaica integrada a sua edificação e conectada à rede – o projeto Megawatt Solar da Eletrobrás Eletrosul. Com capacidade de 1 MWp, os mais de 4 mil módulos solares instalados no telhado do prédio e sobre a cobertura dos estacionamentos geram, em média, 1,1 GWh por ano, o que equivale ao consumo anual de cerca de 680 residências. Busque mais informações em: América do Sol. Projeto Megawatt Solar. Disponível em: <<http://americadosol.org/megawatt-solar/>> Acesso em: 20 mar. 2017.

Outra fonte renovável de energia que teve um crescimento considerável nos últimos anos é a **eólica**. No Brasil, há 410 usinas com capacidade instalada de 10,26 GWe (ABEEólica, 2016). No mundo, há 433 GWe, e a China é líder, seguida por EUA, Alemanha e Índia (REN21, 2016).

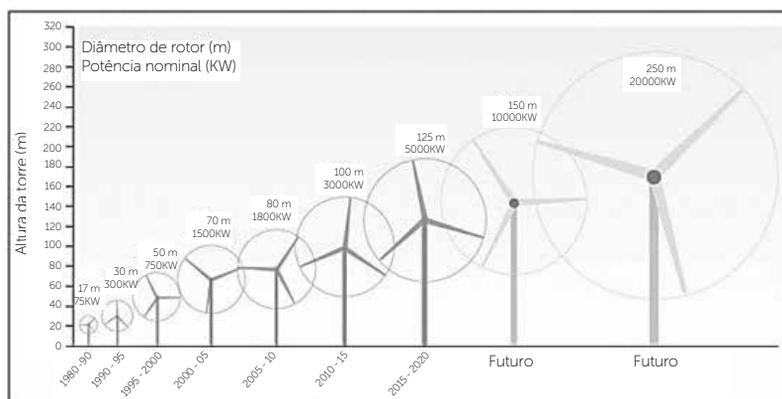
O vento é utilizado há milhares de anos pelo homem para bombear água, moer grãos, mover barcos, entre outros. Porém, o uso para a geração de energia elétrica cresceu nas últimas décadas devido aos aumentos no preço do petróleo e à busca por tecnologias menos poluentes.

A energia eólica é gerada a partir da conversão da energia cinética dos ventos em energia mecânica nas pás e em energia elétrica no gerador. Há ventos que sopram em escala global (gerados por diferença de pressão entre o Equador e os polos, que é consequência das diferenças de irradiação solar no globo terrestre), e há ventos que se manifestam em escala local (gerados por diferenças de temperatura entre mar e terra e em regiões de montanha).

Os ventos são influenciados por aspectos como altitude, rugosidade do solo, presença de obstáculos e relevo. Nesse sentido, em regiões com construções baixas ou sem construções, a velocidade do vento aumenta rapidamente com a altitude, enquanto que, em regiões com construções altas, o vento só atinge velocidades mais altas em maiores altitudes. Por isso, as centrais eólicas são instaladas em regiões de maior altitude, com torres altas, em terrenos planos e com poucos obstáculos ou no mar (offshore). A área de varredura também é um fator importante,

e, por isso, as pás dos aerogeradores são cada vez maiores, para aumentar a eficiência da conversão. Na Figura 1.9, é possível ver a evolução dos aerogeradores em relação ao diâmetro do rotor, altura da torre e potência nominal desde 1980 até uma previsão do futuro.

Figura 1.9 | Evolução dos aerogeradores: diâmetro do rotor, altura de torre e potência nominal



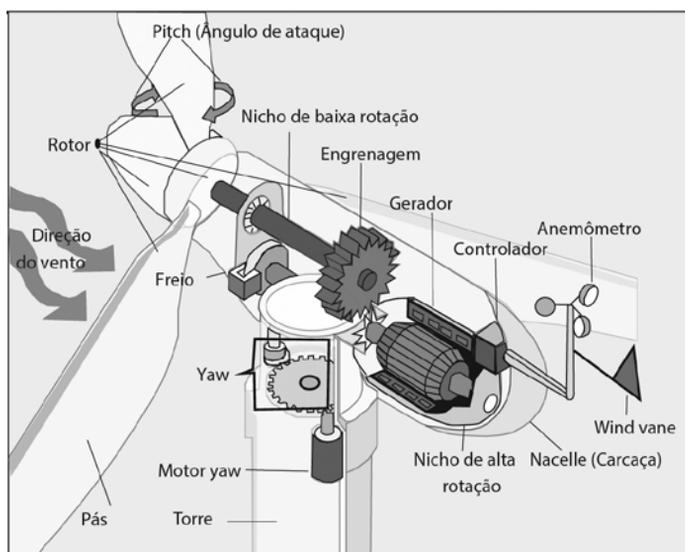
Fonte: CGEE (2015, p. 25).

Os aerogeradores são compostos por:

- Rotor: conjunto das pás e cubo do aerogerador, responsável por capturar a energia no vento.
- Eixo: elo que transfere a energia captada no rotor para o gerador.
- Gerador: responsável pela conversão de energia mecânica em elétrica.
- Elementos secundários: variam de acordo com o tipo e projeto do aerogerador.

Existem dois tipos básicos de rotores, os de eixo vertical e os de eixo horizontal, que são os mais utilizados. Os rotores de eixo horizontal têm o eixo de rotação paralelo à direção do vento, e isso demanda um mecanismo para posicioná-lo em relação à direção do vento e ter um melhor aproveitamento, especialmente onde ocorrem muitas mudanças na sua direção. Os modelos diferem pela quantidade de pás (multipás), podendo ser de três, duas ou uma pá apenas. O rotor com três pás é o mais comum, principalmente devido a maior eficiência aerodinâmica, custo, velocidade de rotação, peso, estabilidade e ruído (Figura 1.10).

Figura 1.10 | Componentes de um aerogerador



Fonte: <http://www.neosun.com.br/?page_id=988>. Acesso em: 5 jun. 2017.

Os rotores de eixo vertical têm seu eixo de rotação perpendicular à direção do vento e funcionam com ventos de qualquer direção. Podem ser interessantes em parques offshore (no mar), pois o sistema de transmissão e o gerador (componentes mais pesados) ficam na parte inferior, demandando menor investimento na estrutura. Outra oportunidade é a geração distribuída ou microgeração, por operarem bem com mudanças de direção dos ventos e com a turbulência que ocorre em alturas entre 10 e 20 m em áreas urbanas.

Um parque eólico é o conjunto de aerogeradores e equipamentos auxiliares (os centros de transformação, os inversores e sistemas de proteção). Como visto anteriormente, para definir a localização dos aerogeradores, são analisadas diversas características, como a direção dos ventos e a distância mínima entre cada aerogerador para a melhor eficiência.

Os parques eólicos podem ser offshore (no mar) ou onshore (em terra), sendo os últimos os mais utilizados por ter uma instalação mais fácil. Os offshore são interessantes em países pequenos, regiões com poucas áreas disponíveis para instalação ou com maior potencial no mar.

Sem medo de errar

Retomando a situação-problema proposta, uma forma de apresentar o resultado para o cliente é pessoalmente em uma apresentação, entregando um relatório. Então, vamos iniciar a elaboração desse relatório do planejamento do programa de incentivo às fontes renováveis de um estado brasileiro, analisando quais são as fontes de energia disponíveis.

Nesse sentido, como a economia é baseada nas atividades florestal, agropecuária e industrial, com grande produção de eucalipto, cana-de-açúcar, suínos e soja, podemos concluir que há as seguintes fontes de energia:

- Biomassa florestal: lenha e resíduos da atividade florestal.
- Biomassa residual da produção de cana-de-açúcar e do processamento em usinas sucroenergéticas (bagaço, vinhaça e torta de filtro): que podem ser aproveitadas para a queima nas usinas e produção de energia elétrica em turbinas, no caso do bagaço, e para a produção de biogás por biodigestão anaeróbia da vinhaça e da torta de filtro.
 - Biomassa residual da agropecuária, especificamente da produção de suínos: o efluente líquido pode ser utilizado para a produção de biogás por biodigestão anaeróbia.
 - Etanol e biodiesel: a cana-de-açúcar pode ser utilizada para a produção de etanol, e a soja para a produção de biodiesel.
 - Energia hidrelétrica: a rede hidrográfica pouco explorada no estado pode ter grande potencial de uso para geração de energia elétrica por barramento ou a fio de água.
 - Gás natural: o estado tem reservas que podem ser exploradas.
 - Energia solar fotovoltaica, térmica ou heliotérmica: os altos índices de insolação podem ser aproveitados para gerar energia térmica e elétrica.
 - Energia eólica: o regime regular e intenso de ventos pode ser explorado para a geração de energia elétrica.

Dessas fontes de energia listadas, as fontes renováveis são: biomassa florestal, biomassa residual, etanol e biodiesel, energia hidrelétrica, energia solar fotovoltaica e energia eólica. A única fonte não renovável de energia que está disponível no estado é o gás natural.

Os estados vizinhos têm potencial de produção de biodiesel (a partir da soja), de energia elétrica e de petróleo ou seus derivados. Caso o estado demande, poderia ser negociada com os vizinhos

a compra de energia elétrica ou combustível, o que garantiria o atendimento à demanda crescente. Porém, seria necessário analisar a viabilidade dessa compra, pois os custos não podem inviabilizar as atividades produtivas do estado. Deve-se destacar que os setores elétricos e de combustíveis do Brasil são controlados por empresas nacionais que garantem a oferta de energia em todo o país. Para a energia elétrica, há o Sistema Interligado Nacional, que o Operador Nacional do Sistema (ONS) opera e garante o equilíbrio entre oferta e demanda, mesmo que um estado consuma mais do que produz.

Em uma avaliação inicial de um cenário para o planejamento em que os governantes e a sociedade optassem por reduzir o uso de fontes não renováveis, deveria se optar pelas fontes renováveis existentes no estado. Relembrando, essas fontes seriam: biomassa florestal, biomassa residual, etanol e biodiesel, energia hidrelétrica, energia solar fotovoltaica e energia eólica. Seria necessário planejar um arranjo que garantisse, por exemplo, a oferta de energia mesmo em épocas de estiagem que afetariam a geração de energia elétrica. Também se deve levar em conta que a energia eólica e a energia solar fotovoltaica são intermitentes, dependendo da disponibilidade e regularidade do vento e do sol. Outro ponto a ser analisado é que a energia proveniente de biomassa de cana-de-açúcar depende da época de safra e produção de açúcar e etanol, o que ocorre normalmente por 6 meses do ano.

No caso dos combustíveis, as alternativas renováveis seriam o biodiesel e o etanol, mas deve ser analisado se os preços ficariam muito variáveis em relação à safra de cana-de-açúcar e soja.

Ou seja, as fontes renováveis são melhores ambientalmente, mas é necessário sempre analisar se serão mais caras que as não renováveis e, assim, se a população está disposta a pagar por isso. Além disso, é imprescindível que se analisem diversos cenários e se planeje como as fontes seriam integradas para garantir a oferta apesar das intermitências.

Avançando na prática

Analizando as fontes de energia de uma fazenda

Descrição da situação-problema

Você trabalha em uma empresa de engenharia e deve levantar as oportunidades de geração de energia elétrica e produção de combustíveis de uma fazenda com as seguintes características:

- Cultiva soja e milho para produção de ração para animais da fazenda e tem suinocultura.

- Possui: tratores a diesel para a colheita, caminhões a diesel para o transporte dos grãos e suínos e carros a gasolina para os funcionários; um secador de grãos com lenha; aquecedores dos suínos e de água para limpeza com GLP (gás liquefeito de petróleo); equipamentos elétricos para iluminação, alimentação dos animais e produção da ração; secagem dos grãos com lenha.

- Há bombeamento (elétrico) de água de irrigação de um rio existente na fazenda com vazão de $20 \text{ m}^3/\text{s}$ e de água de poços artesianos para dessedentação dos animais. O efluente líquido da suinocultura, depois de tratado, é bombeado para aplicação na lavoura como fertilizante.

- Está localizada em uma região com muita insolação e com ventos intensos e regulares.

Considerando isso, elabore um relatório respondendo às seguintes perguntas: quais são os tipos de energia demandados na propriedade? Há demanda de energia elétrica e combustíveis? Quais fontes de energia estão disponíveis na fazenda? Em uma avaliação inicial e sem considerar os custos, quais fontes de energia você sugeriria que a fazenda aproveitasse?

Resolução da situação-problema

Analisando a fazenda visitada, é possível perceber que há uma grande demanda por energia elétrica para os processos produtivos e de combustível para os tratores e caminhões, especificamente óleo diesel. Além disso, há uma grande demanda de energia térmica, principalmente lenha e GLP. Ou seja, a fazenda utiliza os seguintes energéticos: energia elétrica, diesel, gasolina e lenha. Porém, não há indícios de que haja atividade de produção de energia ou combustíveis no local, concluindo-se que é feita a compra de todos os recursos energéticos.

Porém, observa-se que as seguintes fontes estão disponíveis no local: **energia hidrelétrica** — poderia ser instalada uma pequena central hidrelétrica no rio para aproveitar a vazão e gerar energia elétrica; **energia eólica** — poderiam ser instalados alguns aerogeradores para aproveitar o regime de ventos da região e gerar energia elétrica; **energia solar fotovoltaica** — poderiam ser instalados módulos solares nos telhados das instalações produtivas para gerar energia

elétrica; **energia solar térmica** — poderiam ser instalados sistemas de aquecimento de água por energia solar nos telhados das instalações produtivas para aquecer a água da limpeza das instalações; **biodiesel** — seria possível instalar uma unidade para processamento dos grãos de soja para a produção de biodiesel; **biogás** — o efluente da suinocultura poderia ser destinado a um biodigestor para a produção de biogás, que poderia ser utilizado para a geração de energia elétrica, para aquecimento e secagem de grãos e, inclusive, poderia ser purificado para biometano e ser utilizado em veículos.

Sendo assim, em uma avaliação inicial, as fontes de energia que parecem ser mais viáveis em curto prazo por questões de escala, investimentos e modularidade seriam: energia solar fotovoltaica, energia solar térmica, biogás. Porém, a longo prazo, todas as outras fontes poderiam ser viáveis com um planejamento detalhado para integração das fontes segundo a oferta e a demanda.

Faça valer a pena

1. A geração de energia eólica teve um crescimento considerável no Brasil nos últimos anos, havendo 410 usinas com capacidade instalada de 10,26 GWe. (ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica. Números do setor. Disponível em: <<http://www.portalabeeolica.org.br/>> Acesso em: 30 de outubro de 2016.)

A respeito da geração eólica, assinale a alternativa que classifica corretamente as opções a seguir em verdadeiro e falso.

I – Em um aerogerador, o rotor é o conjunto das pás e do cubo do aerogerador responsável por capturar a energia no vento.

II – Altitude, rugosidade do solo e presença de obstáculos interferem na velocidade do vento e, conseqüentemente, no potencial de geração de energia eólica.

III – Os rotores de eixo horizontal têm o eixo de rotação perpendicular à direção do vento.

Qual alternativa a seguir apresenta a correta classificação das afirmativas em verdadeiro (V) ou falso (F)?

- a) F, V, F.
- b) F, V, V.
- c) V, F, V.
- d) F, F, V.
- e) V, V, F.

2. A energia solar fotovoltaica é uma alternativa interessante para a geração de energia elétrica para pequenas demandas, pois é modulável, ou seja, podem ser instalados um ou mais módulos para atender à demanda.

Analise as seguintes afirmativas:

I – A energia solar fotovoltaica é gerada a partir da energia térmica proveniente do sol.

II – O silício é o material semicondutor mais utilizado atualmente para a produção de módulos fotovoltaicos.

III – O inversor converte a energia elétrica de corrente contínua gerada no módulo fotovoltaico para corrente alternada.

Qual alternativa a seguir apresenta a correta classificação das afirmativas em verdadeiro (V) ou falso (F)?

- a) V, V, F.
- b) V, F, V.
- c) F, V, V.
- d) F, F, V.
- e) F, V, F.

3. Apesar da importância ambiental das fontes de energia renováveis, as fontes não renováveis ainda são muito utilizadas mundialmente, e a previsão é que ainda serão importantes por um longo período. Leia as definições a seguir:

1 - Gás renovável produzido a partir da decomposição anaeróbia de matéria orgânica e composto por cerca de 60% de gás metano (m^3/s).

2 – Gerada a partir do calor do interior da Terra.

3 – Combustível renovável produzido pelo processo de transesterificação, a partir de óleos vegetais, gorduras animais, algas ou resíduo gorduroso de estações de tratamento de esgoto.

4 – Gás formado por uma mistura de hidrocarbonetos leves, principalmente metano, encontrada isoladamente ou próxima ao petróleo.

- () Gás natural.
- () Biogás.
- () Biodiesel.
- () Energia geotérmica.

Assinale a alternativa que relaciona corretamente as fontes de energia às suas definições nas colunas a seguir.

- a) 1, 4, 2, 3.
- b) 1, 4, 3, 2.
- c) 4, 1, 2, 3.
- d) 4, 1, 3, 2.
- e) 3, 4, 1, 2.

Seção 1.3

A relação entre os recursos energéticos e a economia, a sociedade e o meio ambiente

Diálogo aberto

Olá, aluno! Apesar dos recursos energéticos serem essenciais para o desenvolvimento da humanidade, não podemos explorá-los de forma irresponsável, concordam? A produção e o uso da energia podem gerar impactos na economia, na sociedade e no meio ambiente. Você já parou para pensar quais são esses impactos e como eles afetam cada um desses setores? Na terceira seção desta unidade, temos como objetivo entender essas relações e os impactos que algumas fontes de energia podem gerar.

Assim, consideraremos a situação em que você, como coordenador do planejamento de um programa estadual de incentivo às energias renováveis, deve avaliar os impactos sobre a sociedade, a economia e o meio ambiente de fontes renováveis e não renováveis disponíveis no estado em estudo na seção anterior.

Retomando as características econômicas, sociais e geográficas desse estado, sabemos que:

- Sua economia é baseada na atividade florestal, agropecuária e industrial, com grande produção de eucalipto, cana-de-açúcar, suínos e soja. A expectativa é que a demanda por energia elétrica e combustível aumente nos próximos anos, e os custos com compra de combustíveis fósseis dos vizinhos para suprir essa demanda podem encarecer muito o setor energético.

- Possui uma rede hidrográfica pouco explorada para geração de energia elétrica e possui reservas de gás natural e poucas reservas de petróleo. Não possui costa marítima, mas tem índices de insolação altos por se localizar na região dos trópicos. Também possui um regime de ventos regulares e intensos.

Para executar essa tarefa, avalie uma fonte renovável para geração de energia elétrica e uma para combustível, e uma fonte não renovável para geração de energia elétrica e uma para combustível. Assim, você deverá identificar quais são os impactos positivos e negativos

sobre a sociedade, a economia e o meio ambiente de cada uma dessas fontes. Quais dessas fontes você incentivaria e em quais você reduziria o consumo? Por quê? E como você apresentará o resultado dessa avaliação para o cliente?

Para executar essa tarefa, nesta seção você estudará alguns aspectos da relação da energia com a economia, com a sociedade e com o meio ambiente e utilizará, principalmente, os conhecimentos sobre os impactos que algumas fontes de energia podem gerar.

Bons estudos e um ótimo trabalho!

Não pode faltar

Além de analisar aspectos mais técnicos da energia, é necessário considerar sua relação com a economia, a sociedade e o meio ambiente. Há uma grande interdependência entre a forma como os recursos energéticos são utilizados e as consequências no desenvolvimento econômico e social de um país ou região. Além disso, por ser proveniente de recursos naturais, a exploração, a produção e o uso da energia causam impactos no meio ambiente, diferindo conforme a fonte.

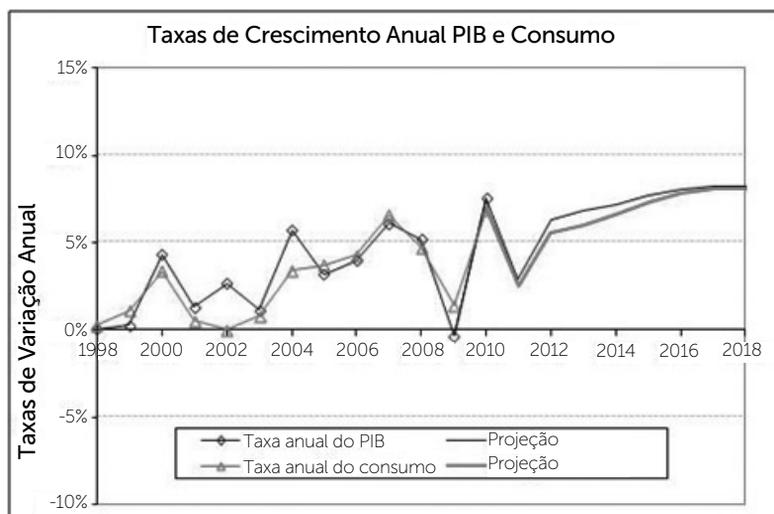
O consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade, pois reflete tanto o ritmo de atividade dos setores industrial, comercial e de serviços quanto a capacidade da população para adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados (EPE, 2015).

Assim, para garantir o atendimento da demanda de energia da população, o planejamento energético de um país deve considerar aspectos relacionados à economia, à população, às tecnologias e ao meio ambiente, como: crescimento populacional, fluxos migratórios, crescimento econômico, escolaridade, inovação e tecnologia, infraestrutura de transportes, taxa de investimento, geopolítica, meio ambiente, evolução dos preços dos energéticos.

Analisando a relação entre energia e economia, percebe-se que o setor energético pode influenciar a economia e ser influenciado por ela. O aumento dos preços da energia elétrica e dos combustíveis interfere na economia, pois aumenta os custos de produção industrial e transporte de mercadorias, aumentando o

custo dos alimentos e de todos os produtos. Além disso, impactam no orçamento das famílias, pois aumentam os gastos com energia elétrica e combustível. De um lado o fornecedor dessa energia terá maiores ganhos, possibilitando maiores investimentos e distribuição de lucros, mas, por outro, os consumidores terão de pagar mais caro por diversos produtos, o que reduzirá o consumo e impactará negativamente os indicadores econômicos. A redução dos preços também interfere na economia, pois os fornecedores de energia elétrica ou combustível passam a ter menos lucro ou até prejuízo, reduzindo investimentos e a geração de empregos, prejudicando a economia. Ao mesmo tempo, os consumidores poderão consumir mais, o que poderá impactar positivamente a economia. Exemplo dessa relação pode ser visto na Figura 1.11.

Figura 1.11 | Evolução do PIB e do consumo de energia no Brasil



Fonte: Alvim e Fantine (2011).

Se esses impactos ocorressem apenas dentro de um mesmo país, já seria difícil para um governo manter a estabilidade econômica. Então imagine como essa situação se torna complexa em um mundo globalizado onde, por exemplo, o petróleo muitas vezes é produzido em um país e consumido em outros, e os bens produzidos em um país são consumidos em outros. Isso faz com que as interferências da energia sejam vivenciadas em diferentes locais, podendo gerar grandes desigualdades econômicas e sociais.



Exemplificando

A redução do preço do petróleo no mercado internacional entre 2016 e 2017 impactou fortemente a economia de alguns países, principalmente dos que tem essa fonte de energia como principal produto de exportação e geração de riqueza. Um exemplo é a Venezuela, que vem enfrentando uma crise econômica e política há alguns anos, a qual foi agravada com a queda do preço do petróleo.

O oposto também ocorre, ou seja, a economia pode afetar os preços e a demanda pelos recursos energéticos. O crescimento do PIB normalmente gera aumento do consumo, o que causa aumento da demanda por energia, pois as indústrias produzem mais e compram novas máquinas, as pessoas compram carros e novos eletrodomésticos, mais produtos são transportados até os consumidores. No modelo econômico e social dos países em desenvolvimento, como o Brasil ou a China, ou mesmo dos Estados Unidos, isso gera aumento no consumo de energia elétrica e de combustíveis, o que, muitas vezes, acaba gerando aumento nos preços do combustível por questões de oferta e demanda. Ou seja, pode haver uma nova interferência na economia.

É importante destacar que, em países mais desenvolvidos e com um modelo de busca por redução do consumo e dos impactos ambientais, como os europeus, a melhoria dos indicadores econômicos acabam interferindo na implantação de medidas de eficiência energética e na autoprodução de energia. Isso pode ser feito por meio de uso de iluminação mais eficiente, isolamento térmico, uso de carros elétricos, geração de energia solar térmica e fotovoltaica nas residências, entre outras.

O que se conclui é que o setor energético e a economia estão intimamente ligados, principalmente no sentido de oferta e demanda, pois atualmente vivemos em uma sociedade energointensiva, ou seja, uma sociedade que demanda grande quantidade de energia no seu cotidiano. Há indicadores que são utilizados para analisar essa relação entre energia e economia, como: a intensidade energética, que relaciona o consumo de energia com o produto interno bruto (PIB) de um país; consumo de energia por setor da economia; ou consumo de energia para produzir uma unidade de determinado produto ou commodity.

As questões sociais também têm relação com o setor energético,

pois o acesso à energia tem relação com o desenvolvimento e a qualidade de vida de uma sociedade, garantindo serviços como educação, saneamento, saúde pessoal, lazer e oportunidades de emprego e renda. Na história da humanidade, a energia sempre foi importante e possibilitou o seu desenvolvimento, inclusive definindo novos rumos na medida em que novos recursos energéticos eram descobertos. O uso da energia foi realizado desde a pré-história com o uso da força humana, do fogo, da força da água, da tração animal e, nos últimos séculos, em diversos locais com o uso do carvão, do petróleo, da energia elétrica e todas as fontes que conhecemos.

Nesse sentido, a primeira análise a ser feita é se uma população tem acesso à energia elétrica e aos combustíveis, pois isso possibilita condições mínimas de qualidade de vida, como: a possibilidade de ter uma geladeira e preservar o alimento por mais tempo; ter iluminação durante a noite para que as pessoas estudem; ter energia para uma televisão ou computador para acesso à informação e cultura; cozinhar o alimento com gás sem estar exposto à fumaça da queima da lenha; ter iluminação pública para aumentar a segurança da população, entre outros.



Refleta

Vivemos em uma sociedade em que a energia é imprescindível. Mas você já pensou como seria a sua vida e a de sua família sem energia elétrica, sem combustível para os automóveis e sem gás para cozinhar? Ou se esses energéticos estivessem disponíveis, mas tivessem preços totalmente inacessíveis para a maioria da população? Como você faria para ir ao trabalho ou à universidade? E sua comunicação com a família e os amigos, como seria? Quais seriam as dificuldades para você e sua família se alimentarem? Você acha que o desenvolvimento da nossa sociedade seria diferente?

Outro aspecto importante é a quantidade de energia consumida por uma sociedade, que está ligada com a condição econômica dessa população, como vimos anteriormente. As condições econômicas permitem que se tenha acesso à energia e a equipamentos que demandam energia, o que pode melhorar a qualidade de vida daquela população, por exemplo: uma pessoa que compra um carro e pode conseguir um emprego melhor e mais longe de sua casa por ter um transporte melhor e mais rápido e uma família que compra um notebook e pode fazer cursos e buscar conhecimento

pela internet. Esses exemplos são possibilitados pela melhoria da condição econômica e pelo acesso à energia, mas também causam aumento da demanda por energia, ficando clara a interdependência entre energia, economia e sociedade.

Tipicamente, sociedades com pouco acesso aos recursos energéticos são as menos desenvolvidas no sentido de saúde, educação e renda, e há indicadores que são utilizados para analisar essa relação, como o consumo de energia per capita (por habitante), o consumo de energia elétrica per capita, a relação entre o índice de desenvolvimento humano (IDH) e o consumo de energia per capita, entre outros.

Nesse sentido, segundo dados da EPE (2015), o crescimento do consumo de energia elétrica per capita do Brasil aumentou em 2,5% ao ano entre 2010 e 2014, e a população cresceu apenas 0,9% ao ano. Isso pode indicar uma melhoria da condição econômica do país durante esse período, o que causou aumento do uso de eletrodomésticos pelas famílias e do consumo de energia pelas indústrias eletrointensivas, como indústrias de cimento, ferro-gusa e aço, ferroligas, não ferrosos e outros da metalurgia, química, papel e celulose. Ainda segundo a EPE, parte do crescimento observado no setor residencial ao longo do tempo se deve à inclusão de consumidores de baixa renda no âmbito de um programa do governo federal que, ao longo de seus 10 anos de existência, acumulou mais de 3 milhões de ligações, representando 5% do total de consumidores residenciais do país e totalizando cerca de 15 milhões de pessoas beneficiadas pelo acesso à energia elétrica.

Porém, quando analisamos alguns indicadores socioeconômicos e de energia elétrica das cinco regiões geográficas do Brasil, é possível observar a diferença do consumo de energia per capita da região sudeste para a região nordeste, respectivamente 2.846 kWh/hab. ano e 1.432 kWh/hab. ano. No entanto, o IDH e o PIB da região sudeste são maiores que os do nordeste, o que permite concluir que o acesso à energia elétrica pode ser uma consequência do pouco desenvolvimento da região nordeste, mas também uma causa disso. Ou seja, fica nítida a relação entre energia, economia e sociedade e a importância de dar acesso à energia a toda a população para o desenvolvimento de uma região.

Analisando agora a relação entre a energia e o meio ambiente, percebe-se que, até algumas décadas atrás, a questão energética

era ligada apenas à necessidade de suprimento para manter o crescimento das atividades produtivas. Porém, quando começaram a surgir às discussões em torno do conceito de desenvolvimento sustentável na década de 1990, o modelo energético de uso dos recursos naturais como se fossem infinitos passou a ser questionado.



Assimile

Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades atuais da população sem colocar em risco a capacidade de atender às necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.

A relação entre energia e meio ambiente é a mais facilmente observada, pois toda a energia é gerada a partir de recursos naturais. Quanto mais energia a humanidade demanda, mais o meio ambiente é pressionado e mais os impactos são sentidos e vistos. Algumas fontes de energia causam mais impactos durante sua produção, como a energia elétrica, e outras mais durante seu uso, como os combustíveis. Porém, mesmo as fontes renováveis de energia causam impactos ao ambiente e não podem ser consideradas totalmente limpas.

Nesse sentido, a energia é um dos grandes causadores do aquecimento global, por emitir grandes quantidades de gases de efeito estufa (GEEs) durante sua produção ou uso. Os principais GEEs são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), e o setor energético é um dos grandes responsáveis por essas emissões, principalmente pela queima de combustíveis fósseis. O efeito estufa é um processo que sempre ocorreu no planeta e garante a vida na terra, pois os gases existentes na atmosfera mantêm a temperatura global estável. Porém, a concentração desses gases aumentou muito desde a revolução industrial, o que está causando um aumento da temperatura global, denominado de aquecimento global.

Há estimativas de que a temperatura global poderá aumentar entre 2 e 6 °C, o que causaria: aumento do nível do mar, pelo derretimento das calotas polares; aumento da ocorrência de eventos climáticos extremos; mudanças no regime de chuvas e no clima em regiões de produção de alimentos; extinção de espécies animais e vegetais; impactos no regime de rios e ventos, interferindo

na geração de energia elétrica; redução da produtividade de soja e cana-de-açúcar, interferindo na produção de biodiesel e etanol etc. Para comparação, 2 °C a mais nos níveis atuais corresponderia ao aumento que a Terra experimentou nos últimos dez mil anos, e 5 °C seria mais do que a Terra experimentou nos últimos três milhões de anos (REIS, 2014).



Pesquise mais

Com as pesquisas indicando que o aquecimento global realmente estava ocorrendo, os países começaram a se organizar em busca de alternativas para reduzir as emissões e o aumento da temperatura global e de evitar ou reduzir os impactos das mudanças climáticas. Busque mais informações sobre os compromissos assumidos pelo Brasil e por outros países para as mudanças climáticas em: Brasil. Ministério de Meio Ambiente. Mudança do clima. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima>> Acesso em: 8 abr. 2017.

Assim, com base no que foi descrito sobre a relação que há entre os recursos energéticos e a economia, a sociedade e o meio ambiente, apresentaremos a seguir alguns impactos causados pelas principais fontes de energia.

Combustíveis fósseis:

- A exploração dos combustíveis fósseis pode causar impactos locais, como a produção de poeira, degradação da área explorada e contaminação do solo e da água por vazamentos ou pela mineração, no caso do carvão mineral. Planos de segurança e monitoramento reduzem o risco de acidentes, e planos de contingência podem reduzir os impactos de um vazamento.

- Usinas termelétricas normalmente são instaladas próximas a rios ou ao mar, pois demandam grandes quantidades de água para o processo de condensação do vapor de água. Se a devolução da água ocorrer a uma temperatura maior do que a do rio ou do mar, situações que ocorrem quando não há fiscalização do poder público, pode haver impactos na fauna e na flora da região e aumento da temperatura do ar localmente. O controle do processo e a construção de tanques para redução de temperatura da água podem reduzir os impactos.

- A queima de combustíveis fósseis em termelétricas ou veículos emite grandes quantidades de poluentes atmosféricos

que afetam a qualidade do ar da região, e, conseqüentemente, a saúde da população. Esses poluentes também podem causar chuva ácida, o que prejudicaria as plantas e construções atingidas. A instalação de equipamentos para sua retenção é uma forma de mitigar esse impacto, porém, os custos são elevados e nem todos os poluentes são retidos.

- Outra consequência da queima de combustíveis fósseis é a emissão de grandes quantidades de GEEs, já citados, e o conseqüente aquecimento global. Nesse caso, a medida mitigatória seria a redução do consumo de combustíveis fósseis, porém, há diversas questões técnicas, políticas e econômicas envolvidas. No caso de veículos, a redução de emissões poderia ocorrer com o aumento do uso de transporte coletivo ou de veículos menos poluentes, como os movidos a biocombustíveis, os elétricos ou mesmo as bicicletas.

Nuclear

- O urânio, combustível da energia nuclear, é um minério e precisa ser explorado tal como o carvão mineral. Assim, os impactos podem ser os mesmos: geração de poeira, contaminação do solo e da água e degradação da área de mineração pelo revolvimento do solo e corte de árvores.

- Apesar de não emitir GEEs, as usinas nucleares têm o risco de acidentes nucleares e a necessidade de armazenar os resíduos radioativos. O vazamento de elementos radioativos, que são tóxicos e cancerígenos, pode resultar em ferimentos ou mortes de humanos e contaminação ambiental séria. As áreas atingidas precisam ser isoladas por muitos anos, causando um grande impacto na vida das pessoas da região. Como alguns resíduos radioativos mantêm sua radioatividade por muitos anos, até décadas, é necessário que sejam armazenados em grandes profundidades por muito tempo.

Hidráulica

- Apesar de utilizarem uma fonte renovável, as usinas hidrelétricas geram diversos impactos, principalmente devido ao alagamento de grandes áreas de terra. Alguns deles têm relação com a alteração na paisagem, desmatamento, a retirada da população que vive na área da barragem e a perda de sítios históricos e turísticos. Como medida compensatória, os moradores são indenizados e há casos em que uma nova cidade é construída para realocar a população afetada, como em Itá, Santa Catarina. Os municípios que perdem

área recebem royalties por um período para compensar a perda de receita com as atividades produtivas.

- Durante a construção de uma usina, a economia da região é afetada, pois muitas pessoas se deslocam para a região em busca de empregos e oportunidades de ganho, mas quase sempre a região não está preparada para receber grande quantidade de moradores. Por isso, a empresa responsável pela construção deve arcar com a construção de infraestrutura de educação, saúde, saneamento, transporte etc., além da criação de programas sociais.

- Afeta o regime hidrológico, alterando velocidade, profundidade, regime de cheias do rio, elevando o nível do lençol freático e criando pântanos. A maioria desses impactos não pode ser mitigada, apenas compensada por outras medidas ambientais e sociais.

- Afeta a fauna terrestre pela perda da biodiversidade, pois apenas os grandes animais acabam sendo resgatados. Na fauna aquática, o impacto é na migração de espécies de peixes de rio e sobrevivência apenas dos que se adaptam com o regime de lago.

- Pode haver alterações no microclima da região pelo aumento da evaporação, interferindo no regime de ventos e chuvas em regiões muito próximas ao lago. Porém, é difícil garantir que as mudanças estejam ocorrendo pela usina ou por fenômenos regionais ou globais.

- Durante a construção, existe a obrigação de cortar todas as árvores e retirar o máximo de matéria orgânica da região que será alagada, pois, após o alagamento, essa matéria entra em decomposição e emite metano e outros GEEs e substâncias que prejudicam a fauna aquática.

Biomassa

- A biomassa vegetal, como a lenha, a soja e a cana-de-açúcar, normalmente é proveniente de grandes áreas de cultivo com monocultura, o que impacta na biodiversidade. Porém, tem a grande vantagem de capturar dióxido de carbono para seu crescimento, podendo compensar as emissões para a produção. Contudo, a produção de biocombustíveis com a biomassa vegetal tem impactos intrínsecos a processos industriais, como a geração de efluentes e resíduos.

- A biomassa residual utilizada para a produção de biogás tem

a vantagem de ser um resíduo e, assim, o seu uso se torna uma forma de redução de impactos ambientais. Além disso, o metano, que tem potencial causador de efeito estufa 21 vezes maior que o dióxido de carbono e poderia ser emitido se esses resíduos fossem dispostos em condições anaeróbicas (sem oxigênio), passa a ser capturado. A queima de metano emite dióxido de carbono, mas, por ter menor potencial de efeito estufa, o impacto é muito menor do que se não fosse utilizado.

Solar fotovoltaica

- Os impactos estão mais relacionados à produção dos módulos fotovoltaicos que demandam grande quantidade de energia. Atualmente, o Brasil e os Estados Unidos são os grandes produtores de silício, porém a China é a maior produtora de placas fotovoltaicas. Então, além dos impactos da mineração do silício, consome-se combustível para transportá-lo até a China. Para a produção dos módulos, a demanda de energia elétrica é grande, e no caso da China, a matriz energética ainda é muito dependente de fontes fósseis, como o carvão mineral. Assim, a produção dos módulos também gera impactos ambientais locais e globais pelo consumo de energia. Após a produção, os módulos são transportados por navios para os locais que serão instalados, demandando mais combustível fóssil.

- Há também uma preocupação com a destinação dos módulos e das baterias ao fim da vida útil, que pode variar entre 20 e 30 anos. Se não houver um local para recepção e desmontagem, haverá impactos ambientais na disposição em aterros.

Eólica

- Durante a construção de uma usina eólica, pode haver degradação da área para a passagem de máquinas e transporte de equipamentos pesados. A alteração da paisagem é um impacto importante, além dos ruídos gerados pelas pás e pelos aerogeradores. Há o risco de ocorrerem alterações no microclima pela interferência do movimento das pás na circulação do ar.

- Outro impacto é sobre a fauna, devido às colisões dos pássaros com as estruturas, principalmente se forem instaladas em rotas de migração. Para evitar isso, é preciso analisar as rotas de migração de pássaros para a decisão da localização da usina.

O uso futuro da energia dependerá: da composição das fontes

de energia que serão utilizadas; da eficiência das tecnologias de suprimento e uso final de energia; e da forma como será utilizada (REIS, 2012). Esses três aspectos estão ligados a três temas de estudo do setor energético que trataremos nesta disciplina: as fontes renováveis de energia; a eficiência energética e conservação de energia; e a centralização e descentralização – enfoques locais e globais.

Sem medo de errar

Voltando à situação-problema proposta no *Diálogo aberto*, escolhamos quatro fontes de energia que seriam as prioritárias para o plano estadual de energias renováveis. Porém, o estado tem diversas fontes renováveis disponíveis e será muito importante que incentive todas as fontes para alcançar uma matriz energética mais diversificada e, assim, maior segurança energética, melhores preços de energia e mais qualidade.

- **Energia eólica como fonte renovável para energia elétrica**

É uma fonte de energia que causa poucos impactos ambientais na geração de energia, sendo mais na instalação das usinas. Durante a construção, ocorre a degradação da área, pois há muito deslocamento de máquinas e caminhões para a preparação das estruturas e instalação das torres e aerogeradores. Pode ocorrer cortes de árvores, erosão e compactação do solo. Porém, ao finalizar a instalação, deve haver um trabalho de recuperação da área degradada. Outro impacto da energia eólica é sobre a paisagem da região, pois a população da região pode ser contra a instalação de uma estrutura que não tem relação com a paisagem natural. Além disso, os ruídos causados pela rotação das pás podem ser muito elevados e causarem incômodo a população próxima. Por isso, devem-se buscar áreas distantes de centros urbanos ou vilarejos rurais, mantendo distância de residências mesmo em áreas rurais. Para a economia, os impactos podem ser positivos, pois estaria gerando empregos locais na produção dos aerogeradores e na instalação das usinas.

Essa fonte de energia é muito interessante para um país que busca aumentar o uso de fontes renováveis e disponíveis localmente. Porém, é uma fonte intermitente, ou seja, só é gerada quando há vento. Para atender à demanda nos momentos que não está gerando é possível instalar baterias, o que ainda é inviável

economicamente, apesar das pesquisas que vêm sendo feitas mundialmente. Outra forma é utilizar fontes complementares que possam ter sua geração acionada a qualquer momento, como hidrelétrica com reservatório e termelétricas.

- **Gás natural como fonte não renovável de energia elétrica**

Essa fonte de energia não renovável causa impactos ambientais na exploração no mar ou em terra, pois há instalação de equipamentos para exploração e há riscos de acidentes ou vazamentos. Outro impacto importante do uso do gás natural é a emissão de GEEs na queima, o que deve ser analisado mesmo considerando que se emite menos do que na queima de outros combustíveis fósseis.

Como o país tem reservas de gás natural, uma opção seria utilizá-lo como combustível em termelétricas complementando a geração das fontes intermitentes como a eólica e solar fotovoltaica. Porém, considerando os impactos ambientais, seria interessante considerar a redução do uso de gás natural e o aumento da geração de energia hidrelétrica.

- **Etanol de cana-de-açúcar como a fonte renovável de combustível**

O etanol produzido a partir de cana-de-açúcar é considerado um combustível que causa poucos impactos ambientais, pois, a princípio, sua produção captura o carbono que sua queima emite. Apesar disso, deve-se considerar que a monocultura da cana-de-açúcar pode afetar a biodiversidade da região de produção e reduzir a qualidade do solo pelos diversos ciclos de plantio. Além disso, o cultivo demanda água, podendo competir com outros usos de água, e também demanda fertilizantes químicos, que causam impactos durante sua produção.

O maquinário para o corte da cana e os caminhões para o transporte até a usina utilizam combustíveis fósseis. No processamento da cana e na produção do etanol, a grande vantagem é o uso do bagaço que resta da moagem da cana como combustível para a produção de vapor e energia elétrica. As usinas poderiam vender energia elétrica para o sistema nacional, além de produzir o etanol.

O processo produz torta de filtro e vinhaça, efluentes que precisam ser tratados antes de serem destinados para fertilizar

o solo em uso para o cultivo de cana. Esses resíduos poderiam ser utilizados para a produção de biogás por biodigestão, não perdendo o potencial de fertilização do solo e gerando outra fonte de energia para o país.

A produção de etanol pode ser favorável para economia por gerar empregos locais e de forma distribuída no território, porém é importante criar mecanismos para evitar que apenas grandes latifúndios tenham viabilidade para a produção de cana-de-açúcar, o que causaria o êxodo rural e impactos sociais.

- **Gasolina como a fonte não renovável de combustível**

A gasolina é um combustível derivado do petróleo, e sua queima emite poluentes atmosféricos e GEEs. Além disso, assim como a exploração do gás natural, há risco de acidentes e vazamento de petróleo no mar, o que afetaria todo o ecossistema local.

De qualquer forma, atualmente, o uso dos combustíveis fósseis está muito consolidado na sociedade, havendo grande infraestrutura para esse fim. Porém, a médio e longo prazo, a tendência é de redução do seu uso, sendo substituídos por fontes renováveis como o etanol ou o óleo diesel ou mesmo por veículos elétricos ou a hidrogênio.

Avançando na prática

Estudo de impacto ambiental de uma usina hidrelétrica

Descrição da situação-problema

Uma grande construtora construirá uma usina hidrelétrica e precisa apresentar o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) ao órgão ambiental responsável pelo licenciamento ambiental da usina. Para elaboração do EIA, será contratada uma empresa especializada e você será o responsável técnico por esse contrato. Nesse contexto, foi solicitado que você elabore uma especificação técnica apresentando os impactos que, minimamente, a empresa deve analisar. Para isso, você viajou para a região e levantou as seguintes informações:

- A região a ser alagada é de floresta e tem um regime hidrológico de cheias em um período do ano e vazante no outro. Há uma grande diversidade de espécies de fauna e flora aquática.
- A população que habita a região é composta por habitantes

ribeirinhos que vivem na beira do rio e dependem do rio e da floresta para a alimentação e sobrevivência. A região não tem estrutura urbana adequada para receber operários ou novos moradores.

Dessa forma, quais impactos essa usina hidrelétrica pode causar ao meio ambiente? E aos moradores da região? E à economia da região?

Resolução da situação-problema

Os impactos que minimamente a empresa especializada deverá considerar e aos quais deve propor medidas mitigatórias e compensatórias no EIA são:

- Impactos do corte da floresta para reduzir a decomposição de matéria orgânica na área que será alagada: a biodiversidade da região poderá ser afetada, e os animais perderão seu habitat.

- Impactos sobre a fauna e a flora pela alteração do regime hidrológico (cheia e vazante): os peixes e outros animais aquáticos podem sofrer muito com a mudança do ambiente de um rio para um lago, sendo que algumas das espécies não se adaptarão e há a possibilidade de chegada de novas espécies de peixes mais adaptados ao ambiente lacustre, o que pode afetar o equilíbrio e causar a redução da quantidade e variedade de peixes na região. A construção de uma barragem bloqueia a passagem da fauna aquática e pode prejudicar a reprodução dos peixes. A flora aquática também será afetada pela mudança do ambiente para lacustre.

- Impactos pela necessidade de mudança dos ribeirinhos para outros locais: além dos custos de realocação dos moradores, devem-se considerar os impactos na cultura e história das comunidades.

- Impactos sobre a economia e infraestrutura urbana da região com o aumento da população de trabalhadores: a economia da região será dinamizada pelo aumento de consumidores e crescimento das oportunidades de negócios, porém isso também poderá impactar na falta de produtos e aumento dos preços. Outro ponto a ser analisado é a necessidade de melhoria de infraestrutura de serviços públicos na região, como escolas, creches, postos de saúde, hospitais, estradas, ruas, centros comunitários, saneamento etc. Como a construção da usina gerará essas demandas, o custo

dessa infraestrutura deve ser responsabilidade da construtora.

- Impactos sobre a saúde da população local devido à chegada de novos moradores com doenças diferentes: a chegada de novos moradores e operários pode aumentar a ocorrência de doenças sexualmente transmissíveis, sendo necessários programas de prevenção e conscientização.

Faça valer a pena

1. As fontes renováveis de energia são chamadas de fontes limpas por alguns leigos no assunto, porém essa denominação é incorreta, pois qualquer atividade que explore recursos naturais causa algum tipo de impacto, podendo ser maior ou menor. Porém, realmente as fontes renováveis de energia são menos impactantes que as fontes não renováveis.

Considerando isso, analise as seguintes afirmativas:

() A energia hidrelétrica por barramento pode causar impactos ambientais e sociais por alagar áreas urbanas e rurais e demandar relocação de habitantes.

() Na produção de petróleo no mar, podem ocorrer acidentes que causem derramamento de óleo, o que gera impactos muito sérios para a vida marinha.

() A geração de energia eólica pode causar impactos ambientais, por exemplo, pela morte de pássaros ao se chocarem com as pás dos aerogeradores.

Assinale a alternativa que classifica corretamente as afirmativas entre verdadeiro (V) e falso (F).

a) F, V, F.

d) V, V, V.

b) V, F, F.

e) V, V, F.

c) F, F, V.

2. O consumo de energia per capita de um país tem muita relação com seu nível de desenvolvimento, porém existem países desenvolvidos que estabilizaram esse indicador nos últimos anos, apesar de continuarem crescendo e de manterem a qualidade de vida de suas populações.

Sobre a relação entre energia e economia, assinale a alternativa correta.

a) A tendência vista mundialmente é que o consumo de energia per capita de uma população sempre cresça, independentemente de questões econômicas ou tecnológicas.

b) Alguns países da Europa vêm apresentando uma estabilização e, inclusive, redução do consumo de energia per capita, e um dos motivos é a implantação de medidas de eficiência energética.

c) Os Estados Unidos têm um baixo consumo de energia per capita comparado a países como o Brasil.

d) O consumo de energia per capita do Brasil aumentou nos últimos anos, e um dos motivos foi a redução do consumo de energia pela classe baixa após melhoria das condições econômicas do país no início dos anos 2000.

e) A porcentagem da população de um país que tem acesso à energia não é um indicador importante quando se trata da relação da energia com a sociedade.

3. Os impactos ambientais e sociais das fontes de energia são diversos e dependem muito da região, da tecnologia, do porte do empreendimento para exploração ou geração de energia e outros diversos fatores. Para garantir que ocorra o mínimo possível de impactos, uma das fases de projeto de um grande empreendimento energético é o estudo de impactos ambientais e a proposição de medidas de mitigação e compensação.

Considerando isso, associe as fontes de energia com um dos seus possíveis impactos nas colunas a seguir.

1. Energia hidrelétrica com barragem
2. Energia solar fotovoltaica
3. Energia termelétrica a gás natural
4. Energia nuclear

- () Fonte não renovável de energia que emite GEEs na queima.
- () Produção de resíduos radioativos.
- () A produção dos módulos demanda grande quantidade de energia.
- () O alagamento de áreas urbanas e rurais exige o deslocamento de população.

Assinale a alternativa que os ordena corretamente os itens nas colunas.

- a) 3, 2, 4, 1.
- b) 4, 3, 2, 1.
- c) 4, 3, 1, 2.
- d) 3, 4, 1, 2.
- e) 3, 4, 2, 1.

Referências

ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica. **Números do setor**. Disponível em: <<http://www.portalabeeolica.org.br/>>. Acesso em: 30 out. 2016.

ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Setor Elétrico**. Visão geral do setor. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>>. Acesso em: 30 out. 2016.

ALVIM, C. F.; FANTINE, J. **Possível crescimento** - Como voltar a crescer 7% ao ano. Texto para discussão. Dez. de 2011. Disponível em: <http://ecen.com/eee83/eee83p/possivel_crescimento.htm>. Acesso em: 16 abr. 2017.

AMÉRICA do Sol. **Projeto Megawatt Solar**. Disponível em: <<http://americadosol.org/megawatt-solar/>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008.

_____. Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuid.a++2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>>. Acesso em: 20 mar. 2017

Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte - **Relatório de Impacto Ambiental** (Rima). 2009. Disponível em: <http://norteenergiasa.com.br/site/wp-content/uploads/2011/04/NE.Rima_.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Mudança do clima. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima>>. Acesso em: 8 abr. 2017.

_____. Portal Brasil. **Brasil estará entre os 20 países com maior geração solar em 2018**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/01/brasil-estara-entre-os-20-paises-com-maior-geracao-solar-em-2018>>. Acesso em: 30 out. 2016.

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Onde atuamos. Com quem se relaciona**. Disponível em: <http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/com_quem_se_relaciona>. Acesso em: 20 nov. 2016.

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Onde atuamos. Fontes de energia**. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/fontes?_afLoop=998059138692321#%40%3F_afLoop%3D998059138692321%26_adf.ctrl-state%3Dtzy68o69u_4>. Acesso em: 23 out. 2016.

CENTRO DE ENERGIA EÓLICA. PUC-RS. **Links** - mapas e softwares. Softwares para análise de recursos eólicos. Disponível em: <http://www.pucrs.br/ce-eolica/links_mapas_e_softwares.php>. Acesso em: 3 jan. 2017.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Programa demonstrativo para inovação em cadeia produtiva selecionada**: energia eólica. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2015.

DUTRA, R. M. **Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro**. 272 f. Dissertação (Mestrado em ciências em planejamento energético)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

EDP - Energias de Portugal. Sustentabilidade. Ambiente. Alterações Climáticas. Impacte da Energia. Fontes de energia. Disponível em: <<https://www.edp.pt/pt/sustentabilidade/ambiente/alteracoesclimaticas/saibamais/Pages/FontesdeEnergia.aspx>>. Acesso em: 30 out. 2016.

ELETOBRAS – ELETRONUCLEAR. **Panorama da Energia Nuclear no Mundo – Edição 2016**. Disponível em: <http://www.eletronuclear.gov.br/LinkClick.aspx?fileticket=SG_9CnL80wM%3d&tabid=406>. Acesso em: 30 out. 2016.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário estatístico de energia elétrica 2015 – ano base 2014**. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

_____. **Balço energético nacional – ano base 2015**. Relatório síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

GREENPEACE. Revolução energética. Disponível em: <<http://greenpeace.org.br/revolucao/>>. Acesso em: 12 mar. 2017.

HALLIDAY, D. **Fundamentos de física**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

IEA – Agência Internacional de Energia. **Energy Atlas. Crude Oil Production**. Disponível em: <<http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/-1920537974>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira; LEAL, Manoel Régis L. V. **O biocombustível no Brasil**. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-330020070002_00003>. Acesso em: 30 out. 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Boletim mensal dos combustíveis renováveis**. Brasília, SPG, n. 102, ago. 2016.

NATURAL RESOURCES CANADA. Energy. Energy Resources. Data Analysis Software and Modelling Tools. **RETSscreen**. Disponível em: <<http://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465>>. Acesso em: 21 jan. 2017.

NEOSUN (NATURAL RESOURCES CANADA) - NEOSUN Soluções em Energia S.A. **Eólico – Concepção**. Disponível em: <http://www.neosun.com.br/?page_id=988>. Acesso em: 2 jan. 2017.

PROGRAMA AMÉRICA DO SOL. **Conhecimento em energia fotovoltaica**. Disponível em: <<http://americadosol.org/conhecimento-em-energia-fotovoltaica>>. Acesso em: 4 jan. 2017.

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

REIS, L. B.; FADIGAS, E. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2012.

REIS, L. B.; SANTOS, E. C. **Energia elétrica e sustentabilidade**: aspectos tecnológicos, socioambientais e legais. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2014

REN21 - Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. **Renewables 2016** – Global Status Report. Disponível em: < http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/05/GSR_2016_Full_Report_lowres.pdf>. Acesso em: 30 out. 2016.

SENTELHAS, P.; ANGELOCCI, L. **LCE 306 – Meteorologia agrícola**: radiação solar e balanço de energia. Piracicaba: ESALQ/USP, 2009. Disponível em: <<http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce306/Aula5.pdf>>. Acesso em: 2 jan. 2017.

TOLMASQUIM, M. T. **Energia renovável**: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. EPE: Rio de Janeiro, 2016.

VIANA, A. N. C. et al. **Eficiência energética**: fundamentos e aplicações. Campinas, SP: Elektro, 2012.



Setor elétrico e uso racional de energia

Convite ao estudo

Caro aluno, nesta unidade, vamos estudar o setor elétrico nacional, analisando os conceitos dos sistemas elétricos, as características específicas do setor energético nacional e o sistema de tarifação de energia elétrica praticado no Brasil.

Na primeira seção, vamos entender a diferença entre os três componentes de um sistema elétrico: a geração, a transmissão e a distribuição. Ainda nessa seção, serão apresentadas as características do Sistema Interligado Nacional (SIN) e dos sistemas isolados, ambos os quais garantem o atendimento da demanda de energia elétrica dos consumidores do Brasil. Na segunda seção, vamos analisar alguns dados da matriz energética nacional e da demanda de energia elétrica por setor. Também serão apresentadas a estrutura institucional do setor elétrico brasileiro e as perspectivas de crescimento e desenvolvimento tecnológico do setor. Na terceira seção, o objetivo será entender alguns aspectos do sistema de tarifação nacional e, para isso, vamos estudar a classificação dos consumidores, as modalidades tarifárias e a composição das tarifas de energia elétrica. Ainda nessa seção, vamos estudar os fundamentos do uso racional de energia elétrica.

Assim, o objetivo desta unidade é que você entenda como funciona o setor elétrico nacional do ponto de vista técnico e institucional e possa aplicar esse conhecimento em estudos de viabilidade de projetos de geração de energia elétrica, na análise da conjuntura do setor elétrico ou mesmo na análise do sistema de tarifação de consumidores.

Então, considere o seguinte contexto: uma indústria de pequeno porte que compra energia elétrica do mercado regulado, ou seja, da concessionária da região, está preocupada

com o custo da energia para sua atividade. Por isso, os diretores da empresa decidiram analisar a questão e precisam entender melhor o setor elétrico e o sistema de tarifação ao qual estão submetidos. Dentro desse cenário, você é o responsável da empresa pela área de eficiência energética e terá de fazer um relatório composto por três entregas para a diretoria: a primeira que explique para seus superiores alguns aspectos do setor energético do Brasil; a segunda com dados sobre oferta e demanda de energia no Brasil e sobre a estrutura institucional do setor elétrico brasileiro; e a terceira sobre o sistema tarifário de energia elétrica do Brasil e como a empresa é classificada.

Assim, como você fará essas entregas? O que você deve abordar para explicar o funcionamento do setor elétrico do Brasil? Quais são os componentes de um sistema elétrico? Quais fontes de energia compõem a matriz energética e a matriz elétrica brasileira? Quais são os setores que mais consomem energia? Como são classificados os consumidores de energia elétrica? Você sabe explicar como é calculada a tarifa a ser cobrada? Como é possível uma empresa reduzir a conta mensal de energia elétrica?

Nesse sentido, com o avanço do estudo desta unidade, vamos nos aprofundar na elaboração dessas entregas e ter uma visão integrada do setor elétrico brasileiro. Desse modo, bons estudos e um ótimo trabalho nesta unidade!

Seção 2.1

Características dos sistemas elétricos

Diálogo aberto

Olá, aluno! A energia elétrica realmente é muito importante para todas as atividades que desempenhamos no nosso cotidiano. Mas você já se perguntou como a energia elétrica chega até sua casa ou empresa? Nesta primeira seção, vamos estudar os sistemas elétricos, especificamente a geração, a transmissão e a distribuição de energia elétrica. Além disso, vamos entender como o Sistema Interligado Nacional (SIN) e os sistemas isolados operam.

Para colocarmos em prática esse conhecimento, vamos considerar a situação do Convite ao estudo da unidade, em que você é o responsável pela área de eficiência energética de uma indústria de pequeno porte preocupada com os custos de energia. Imagine agora que, para dar embasamento para seus diretores, você identificou que a primeira entrega do relatório a ser feita deve explicar para seus superiores alguns aspectos do setor energético do Brasil. Para isso, você decidiu apresentar os dados em um resumo com todas as informações disponíveis.

Assim, quais são os tópicos que você deverá abordar? Como você vai estruturar o resumo para que seus diretores compreendam rapidamente o tema? Como é dividido o sistema elétrico nacional e qual é a vantagem de ser quase que totalmente interligado? Por que a existência dos sistemas isolados aumenta o custo da energia em todo o Brasil? O que é geração distribuída e como se aplicaria à empresa? Seria possível reduzir custos utilizando a geração distribuída? Como funcionaria?

Para resolver isso, você vai estudar as características dos sistemas elétricos, do SIN e dos sistemas isolados do Brasil.

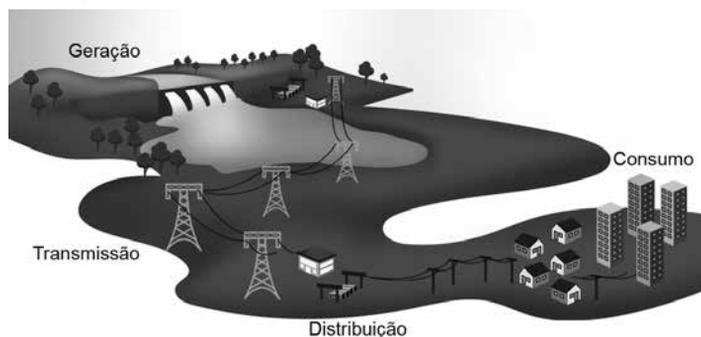
Bons estudos e ótimo trabalho!

Não pode faltar

Os sistemas elétricos, também denominados de sistemas elétricos de potência, são responsáveis por fornecer energia elétrica para uma

região ou país e são compostos basicamente por três áreas: geração, transmissão e distribuição (Figura 2.1).

Figura 2.1 | Agentes do setor elétrico brasileiro



Fonte: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

A geração é a parte em que a energia elétrica é gerada. Para isso, são utilizadas diversas fontes, as quais já foram apresentadas na Seção 1.2 da Unidade 1 desta disciplina. É possível gerar energia elétrica em grandes centrais, normalmente mais distantes dos centros consumidores, ou em pequenas centrais, geralmente mais próximas dos consumidores. A energia elétrica gerada nas usinas precisa ser transportada para ser entregue aos consumidores, e isso é feito por meio de linhas de transmissão e distribuição.

Os sistemas de transmissão incluem todos os elementos após as usinas de geração de energia elétrica até o ponto de conexão com as subestações de redução de tensão e, a partir daí, o sistema de transporte é denominado de distribuição, que é o que fica próximo aos consumidores. Os consumidores finais, tanto os pertencentes à classe de baixa tensão como os de média ou alta tensão, são definidos como cargas conectadas aos sistemas elétricos.

Como as distâncias entre as usinas e os consumidores do Brasil são grandes e a carga do sistema interligado é elevada, a transmissão da energia elétrica demandaria cabos de grande bitola (diâmetro) e, conseqüentemente, torres metálicas que suportassem o peso desses cabos. Assim, quanto maiores às cargas, maiores seriam os investimentos necessários na infraestrutura de transmissão. Para reduzir esses investimentos, são instaladas subestações de elevação da tensão na saída das usinas, que reduzem a corrente elétrica e

permitem o uso de cabos de menor bitola. Alguns dos níveis de tensão normalmente utilizados nas linhas de transmissão são: 230, 345, 440, 500, 600 e 750 kV (BARROS; BORELLI; GEDRA, 2014). Para o Brasil, padronizaram-se os seguintes níveis das tensões: transmissão: 750, 500, 230, 138 e 69 kV; e subtransmissão: 138, 69 e 34,5 kV. Sistemas de subtransmissão são usados para transmitir potência a grandes consumidores e, no Brasil, de modo geral, são as linhas de 69 kV (PINTO, 2014).

Na resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) nº 414/2010, são definidos seis subgrupos para transmissão: A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV; A2 – tensão de fornecimento de 88 a 138 kV; A3 – tensão de fornecimento de 69 kV; A3a – tensão de fornecimento de 30 a 44 kV; A4 – tensão de fornecimento de 2,3 a 25 kV; AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, atendida a partir de um sistema subterrâneo de distribuição e faturada nesse grupo em caráter opcional. Outra classificação possível é pela extensão da rede de transmissão como: longas, com mais de 294 km; médias, entre 80 e 249 km; e curtas, abaixo de 80 km (PINTO, 2014).

Os condutores (cabos) podem ser de cobre ou de alumínio, sendo que o alumínio é mais utilizado por seu menor preço. No Brasil, os cabos ACSR ou CAA (alumínio com alma de aço) são os mais usados nas linhas de transmissão (PINTO, 2014).



Refleta

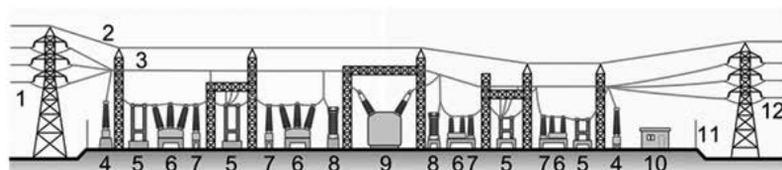
Considerando que as torres de transmissão podem ser muito altas e os cabos ficarem a mais de 30 metros de altura, como se faz para inspecionar os cabos e saber se precisam de reparos? E como é feita a manutenção dos cabos? A linha precisa estar sem energia elétrica para a manutenção? Qual a importância da manutenção do sistema?

Uma característica importante dos sistemas de transmissão de energia elétrica é o tipo de corrente utilizada, podendo ser alternada (CA) ou contínua (CC). No início do uso comercial da energia elétrica, utilizava-se a corrente contínua, mas devido às perdas de energia existentes, às necessidades de transmissão em longas distâncias, à praticidade do uso de transformadores e ao custo menor dos geradores e motores, desenvolveu-se a corrente alternada que, atualmente, é a mais utilizada para transmissão. Porém, o uso de corrente contínua

se mostra vantajoso em alguns casos de transmissão em longas distâncias, principalmente após o desenvolvimento de tecnologias de eletrônica de potência, ou seja, que usam eletrônica para controlar e monitorar o sistema. Uma das vantagens é que a quantidade de conjuntos de cabos para transmissão passa de 3, em CA, para 1, em CC, reduzindo bastante os custos com a linha de transmissão. No Brasil, parte da energia produzida na Usina Hidrelétrica de Itaipu é transmitida em corrente contínua, da mesma forma que uma linha de transmissão do Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira e da Usina Hidrelétrica de Belo Monte.

Além das linhas, um sistema de transmissão é composto também pelas subestações de transmissão que o conectam com geradores, consumidores e empresas distribuidoras. Após a geração de energia elétrica nas usinas, uma subestação eleva a tensão para a transmissão e, na conexão com consumidores ou distribuidoras, a função é reduzir a tensão para níveis demandados para a rede de distribuição ou para o consumidor. A subestação de transmissão é composta pelos seguintes itens, apresentados na Figura 2.2: (1) Rede primária; (2) Cabo de aterramento; (3) Linhas/Barramentos; (4) Para-raios; (5) Disjuntores; (6) Chaves seccionadoras; (7) Transformador de Corrente (TC); (8) Transformador de Potencial (TP); (9) Transformador de Potência; (10) Sala de controle; (11) Grade de segurança; (12) Rede secundária.

Figura 2.2 | Representação de uma subestação de transmissão



Fonte: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/redes-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

Depois de ser transportada por longas distâncias pelas linhas de transmissão, a energia elétrica chega a uma estação de transformação de distribuição que reduz o nível de tensão. A rede de distribuição é a rede que leva a energia dessas subestações para os consumidores finais e é composta por fios condutores, transformadores e equipamentos diversos de medição, controle e proteção das redes elétricas. É caracterizada por grande extensão e muitas ramificações,

pois seu intuito é chegar a todos os estabelecimentos comerciais e domicílios. A subestação de distribuição é composta pelos mesmos equipamentos de uma estação de transmissão, exceto que, no final, a rede secundária é substituída pela rede de distribuição.

O sistema de distribuição é composto pela rede elétrica e pelo conjunto de instalações e equipamentos elétricos, que operam em níveis de alta tensão (superior a 69 kV e inferior a 230 kV), média tensão (superior a 1 kV e inferior a 69 kV) e baixa tensão (igual ou inferior a 1 kV). No setor elétrico, é comum definir a média tensão como rede primária de distribuição e a baixa tensão como rede secundária de distribuição.

Existem quatro tipos de redes de distribuição de energia elétrica: aérea convencional, que tem condutores sem isolamento, o que a torna mais susceptível a curto-circuito devido ao contato com galhos de árvores; aérea compacta, que tem condutores com isolamento e são mais compactas, o que reduz a susceptibilidade a curto-circuito; aérea isolada, que tem condutores com isolamento mais eficiente, mas, por ser mais cara, é utilizada em casos bem específicos; subterrânea, que é a rede mais protegida e tem vantagens estéticas, mas, por ter custo elevado, é utilizada apenas em regiões populosas ou onde não é possível instalar uma rede aérea.

Apesar de o nível de tensão da rede de distribuição ser menor que a tensão de transmissão, ainda não é adequado para atender aos consumidores finais. Por isso, nos postes ao longo da rede, são instalados transformadores que reduzem a tensão elétrica de média para baixa, sendo que, em grande parte do país, essa redução é de 13,8 kV para 220 V ou 127 V (ABRADEE, 2016b).



Pesquise mais

No Brasil, há regiões com diferentes padrões de tensão na rede de distribuição de energia elétrica, e isso tem motivos históricos. Entenda como o início da geração e o uso de energia elétrica no Brasil interferem nos padrões até a atualidade. Sugerimos a seguinte leitura: O setor elétrico. Padrões brasileiros. Disponível em: <<http://www.osetoareletrico.com.br/padroes-brasileiros/>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

É importante saber que além da geração de energia elétrica em grandes centrais, desde 2012, quando entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 (revisada pela Resolução Normativa

nº 687/2015), o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada (qualificada segundo aspectos de racionalidade energética, para fins de participação nas políticas de incentivo à cogeração) e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade (ANEEL, 2017a). Essa normativa permite o uso do sistema de compensação de energia elétrica por meio da microgeração (capacidade elétrica instalada de até 75 kW) e da minigeração (capacidade elétrica instalada entre 75 e 5.000 kW ou de 75 a 3.000 kW para fonte hídrica). Também é conhecida por geração distribuída de pequeno porte, por estar conectada diretamente à rede de distribuição, ou seja, próxima às cargas.

Algumas das vantagens da geração distribuída são: a redução de perdas na rede de distribuição, a diversificação da matriz energética, a redução de custos para o consumidor, o aumento do uso de fontes renováveis, a possibilidade de adiar investimentos em transmissão, entre outros. Já as desvantagens estão mais associadas ao aumento da quantidade de pequenos geradores espalhados na rede de distribuição, como: o aumento da complexidade de operação da rede, a dificuldade na cobrança pelo uso do sistema elétrico, a eventual incidência de tributos e a necessidade de alteração dos procedimentos das distribuidoras para operar, controlar e proteger suas redes (ANEEL, 2017b).

O mecanismo criado por essa resolução permite que, quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fique com créditos que podem ser utilizados para abater da própria fatura ou do consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local na mesma distribuidora ou de outros consumidores por meio de cooperativas, consórcios ou múltiplas unidades consumidoras (Figura 2.3). Para todos os casos, o prazo para utilizar o crédito de energia gerado é de 60 meses. Destaca-se que a fatura não pode ser totalmente zerada, pois há um custo de disponibilidade ou demanda (conforme o caso) que deve ser pago mensalmente à concessionária.

Figura 2.3 | Sistema de compensação de energia elétrica



Fonte: ANEEL (2017b, p. 16).

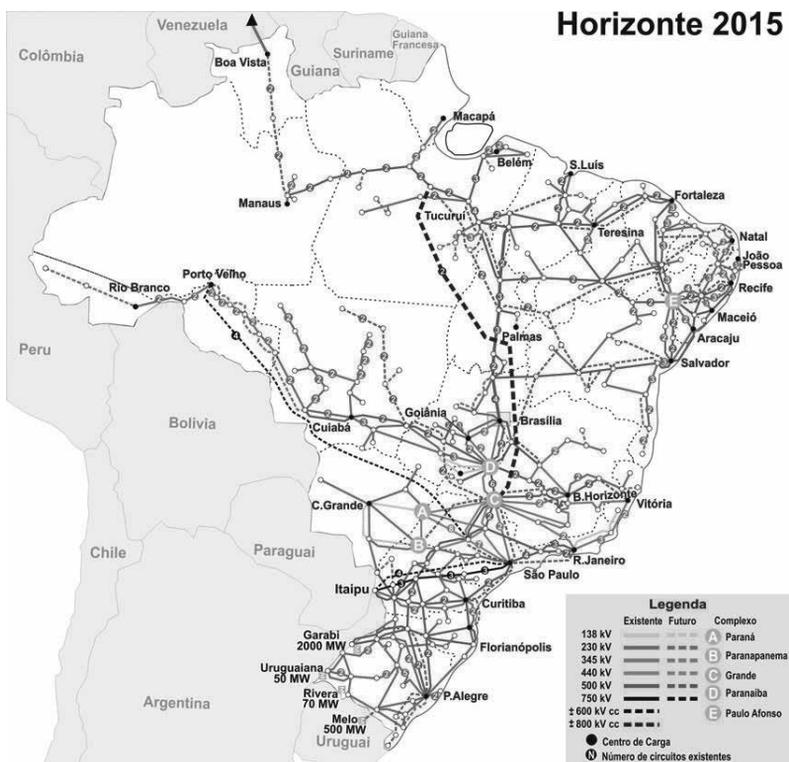
Além de entender quais são os componentes dos sistemas elétricos, é importante saber que existem sistemas interligados e sistemas isolados de energia elétrica. Sistemas interligados de energia elétrica conectam diversas usinas geradoras e uma extensa rede de transmissão, permitindo que trabalhem conjunta e complementarmente. A tendência de interligar sistemas elétricos, como no Brasil, tem justificativa nas seguintes vantagens: caso uma usina tenha um problema e pare de injetar energia elétrica na rede, o sistema será abastecido por outras usinas; e caso haja um problema em uma linha de transmissão, outra linha atenderá a essa demanda na maioria das vezes. Em linhas com grande fluxo de potência, nem sempre o sistema conseguirá contornar o problema e, assim, ocorrerá uma queda de energia.

O Brasil optou por ter um sistema elétrico interligado na década de 1970, considerando as vantagens já citadas, a possibilidade de diminuição dos custos globais de produção de energia elétrica e o aumento da confiabilidade do sistema. As principais funções do SIN são: a transmissão da energia gerada pelas usinas para os grandes centros de carga; a integração entre os diversos elementos do sistema elétrico para garantir estabilidade e confiabilidade da rede; a interligação entre as bacias hidrográficas e as regiões com características hidrológicas heterogêneas de modo a otimizar a geração hidrelétrica; e a integração energética com os países vizinhos

(Paraguai, Uruguai, Argentina e Venezuela) (BRASIL, 2015).

No mapa da Figura 2.4, é possível ver as redes de transmissão que compõem o SIN e as redes planejadas previstas no horizonte de 2015.

Figura 2.4 | Mapa do Sistema Interligado Nacional em 2015



Fonte: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx>. Acesso em: 12 jun. 2017.

O SIN é composto por mais de 100 mil quilômetros de linhas de transmissão e é predominantemente hidrelétrico, sendo que cerca de 65% da sua capacidade de armazenamento se localiza nos estados de Minas Gerais, Goiás e São Paulo, ao longo das bacias de quatro grandes rios: São Francisco, Grande, Tocantins e Paranaíba. Ter reservatórios de grande capacidade consequentemente faz com que o SIN tenha uma dependência das chuvas — onde, quando e quanto vai chover são as questões mais importantes —, e a administração desses fluxos de armazenamento dos reservatórios é o que leva ao atendimento de energia elétrica do SIN (PINTO, 2014).



Assimile

O SIN permite que as fontes de energia se complementem, por exemplo, em épocas típicas de estiagem na região sudeste, as usinas termelétricas à biomassa (bagaço de cana) estão operando por ser o período da safra da cana-de-açúcar. Casos de complementaridade como esses são importantes por reduzir o gasto com combustíveis para as termelétricas por levar em consideração o superávit hidrelétrico de outro ponto do sistema, caso haja.

O Operador Nacional do Sistema (ONS) é o responsável por operar o SIN de forma imparcial em relação a todos os agentes de geração e transmissão de energia elétrica conectados ao sistema. Além disso, há um sistema denominado Esquema Regional de Alívio de Carga (ERAC), que detecta variações de frequência da rede causadas por sobrecarga, e, assim, antes de o sistema de proteção atuar cortando a corrente, ocorre um desligamento parcial para restabelecer o sistema.



Exemplificando

Em 2009, ocorreu um episódio de queda de energia elétrica do SIN, quando uma falha em uma linha de transmissão da Usina de Itaipu provocou um grande desligamento que afetou o Brasil e o Paraguai, e cerca de 60 milhões de brasileiros ficaram algumas horas sem energia (BARROS; BORELLI; GEDRA, 2014).

Muitas vezes denominado como o maior sistema interligado de energia elétrica do mundo, o SIN perde para outros sistemas em quantidade de clientes e em potência de pico. Entretanto, pode ser considerado o maior sistema interligado de fontes renováveis do planeta, devido, em grande parte, às fontes de geração hídricas (PINTO, 2014).

O planejamento é de expansão do sistema ao longo dos próximos anos, principalmente no sentido de integração com sistemas isolados da região norte, que, segundo o ONS (2017), requerem apenas 1,7% da energia do país. Muitas vezes, a ligação desses sistemas é inviável pelas distâncias envolvidas e pela baixa demanda de energia. Assim, são sistemas importantes para garantir o acesso à energia por toda a população, mesmo que distante dos grandes centros urbanos.

Historicamente, os sistemas isolados do Brasil estão mais concentrados na região norte do país pela dificuldade de construção

de redes de transmissão em meio à floresta. Porém, as técnicas construtivas vêm evoluindo, permitindo a construção de torres mais altas e mais distantes e, assim, a integração de alguns sistemas com o SIN vem ocorrendo nos sistemas que atendem às capitais dos estados. O objetivo é aumentar a confiabilidade do sistema do Norte e reduzir custos de geração pela diminuição do consumo de óleo combustível nos geradores, principal fonte de energia dessa região.

A geração nesses sistemas é predominantemente térmica à base de óleo combustível, porém o uso de fontes renováveis vem crescendo, principalmente a solar fotovoltaica e a eólica em sistemas híbridos, como óleo diesel e solar fotovoltaica. Apesar disso, os custos de geração dos sistemas isolados ainda são maiores do que os do SIN, devido ao uso de combustíveis fósseis e pela necessidade de transporte desses combustíveis por longas distâncias. Dessa forma, o governo federal criou um encargo denominado CCC (conta de consumo de combustíveis), que é cobrado nas tarifas de distribuição e de uso do sistema de transmissão e distribuição (TUST e TUSD) em todo o Brasil. Esse encargo subsidia a compra do óleo diesel e do óleo combustível usados na geração de energia das termelétricas que fornecem eletricidade para os sistemas isolados, reduzindo o valor final da tarifa para aproximá-lo do valor de tarifa do SIN. Os recursos da CCC são administrados pela Eletrobrás, e os valores (recolhidos mensalmente nas contas de luz pelas distribuidoras de energia elétrica) são fixados pela ANEEL (PINTO, 2014).

Sem medo de errar

Retomando a situação-problema proposta no Diálogo aberto desta seção, concluiu-se que é importante que o relatório contenha dados sobre os sistemas elétricos, incluindo a geração, a transmissão e a distribuição de energia elétrica, além de dados sobre o SIN e os sistemas isolados. Outro ponto a ser abordado é a geração distribuída de energia elétrica.

Sendo assim, você pode começar o relatório explicando que os sistemas elétricos podem ser chamados também de sistemas elétricos de potência e são os responsáveis por fornecer a energia elétrica para uma região. Esses sistemas são divididos em três áreas: geração, transmissão e distribuição.

A geração de energia pode ser realizada em grandes ou pequenas

centrais. Os pequenos geradores podem ser enquadrados como microgeração ou minigeração, utilizando sistemas de compensação de energia elétrica, regulamentados pela Resolução Normativa da ANEEL nº 482/2012.

Quando a energia elétrica é gerada distante do centro consumidor, é necessário transportá-la, e isso é feito por meio do sistema de transmissão. Esse sistema inclui todos os elementos após as usinas de geração de energia elétrica até o ponto de conexão com as subestações de redução de tensão e, a partir daí, o sistema de transporte é denominado de sistema de distribuição de energia elétrica. Durante seu transporte até os consumidores, a energia elétrica passa por vários estágios de aumento e redução de tensão, com o objetivo de reduzir custos e tornar o processo mais eficiente.

Uma característica importante do sistema elétrico brasileiro é que ele é interligado pelo SIN, e 98% da energia ofertada passa por esse sistema. Ele garante, por exemplo, que em períodos de estiagem e redução do volume de reservatórios em usinas hidrelétricas em uma região, fontes de energia disponíveis em outras regiões abasteçam o sistema. Além disso, como o sistema todo é controlado por um órgão central chamado de Operador Nacional do Sistema (ONS), o sistema é mais estável e eficiente.

Porém, ainda há 2% da energia que é fornecida em sistemas isolados, principalmente no norte do país ou em ilhas, como a ilha de Fernando de Noronha. Como esses sistemas isolados muitas vezes utilizam apenas o óleo combustível ou o diesel para a geração, o custo dessa energia acaba sendo maior do que a gerada a partir de fontes renováveis, especialmente a hidrelétrica. Então, para que a população dos sistemas isolados não seja prejudicada com uma tarifa muito alta, esse custo elevado é dividido com todo o SIN. Esse é um dos fatores que eleva a tarifa de energia elétrica nacional.

Além disso, a disponibilidade de fontes mais baratas no SIN, como a hidrelétrica, também interfere na tarifa para o consumidor final. Quando a energia é gerada a partir de fontes fósseis, como óleo combustível, gás natural ou carvão, a tarifa fica mais cara.

Nesse sentido, analisando o funcionamento do sistema elétrico nacional, é possível observar que um dos mecanismos que podem reduzir os gastos do consumidor com energia é a geração distribuída de pequeno porte, por meio do sistema de compensação de energia

elétrica. Isso é feito por meio do investimento na instalação de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica, eólica ou biogás, por exemplo, e da conexão com a rede de distribuição. Assim, a indústria poderia gerar sua própria energia nos horários em que a fonte está disponível, consumir o necessário e injetar na rede o excedente. Nos momentos que não estiver gerando sua própria energia, a indústria consome da rede de distribuição e compensa seu consumo na fatura mensal.

Dessa forma, você terá apresentado os conceitos dos sistemas elétricos e algumas características do sistema brasileiro e, assim, poderá dar continuidade à elaboração do relatório para a diretoria da empresa.

Sem medo de errar

Diferenciando sistemas de transmissão e de distribuição

Descrição da situação-problema

Você é um especialista em eficiência energética e foi convidado a dar uma palestra para um grupo de estudantes da área de energia elétrica: o tema solicitado foi o sistema elétrico do Brasil. Um dos pontos que deve ser enfatizado é a diferenciação entre um sistema de transmissão e de distribuição de energia elétrica.

Assim, qual é a diferença entre esses dois sistemas? Como você vai apresentar os dados para facilitar a compreensão dos estudantes?

Resolução da situação-problema

A palestra será iniciada explicando alguns conceitos básicos sobre energia, os quais foram estudados na Unidade 1 desta disciplina. Depois disso, será explicado que os sistemas elétricos, que fazem com que a energia elétrica chegue aos pontos de consumo, são compostos pela geração, pela transmissão e pela distribuição.

○ sistema elétrico brasileiro é interligado em 98% dos casos e é denominado de Sistema Interligado Nacional (SIN). Os outros 2% dos consumidores são abastecidos por sistemas isolados, os quais se localizam principalmente na região norte e em ilhas.

○ sistema de transmissão transporta a energia elétrica dos

pontos de geração até os centros consumidores e pode operar nas seguintes tensões, no caso do Brasil: transmissão: 750, 500, 230, 138 e 69 kV; e subtransmissão: 138, 69 e 34,5 kV. Sistemas de subtransmissão são usados para transmitir potência a grandes consumidores e, no Brasil, de modo geral, são as linhas de 69 kV.

A tensão da energia elétrica é elevada em subestações de elevação na saída das usinas de geração com o objetivo de reduzir a bitola (diâmetro) dos cabos e, assim, reduzir custos. Quando a energia elétrica chega aos centros consumidores, uma subestação de redução faz a redução da tensão para os níveis de operação da rede de distribuição. A partir daí o sistema denomina-se sistema de distribuição.

O sistema de distribuição é composto pela rede elétrica e pelo conjunto de instalações e equipamentos elétricos que operam em níveis de alta tensão (superior a 69 kV e inferior a 230 kV), média tensão (superior a 1 kV e inferior a 69 kV) e baixa tensão (igual ou inferior a 1 kV). No setor elétrico é comum definir a média tensão como rede primária de distribuição e a baixa tensão como rede secundária de distribuição.

Apesar de o nível de tensão da rede de distribuição ser menor que o da rede de transmissão, ainda não é adequado para atender aos consumidores finais. Por isso, nos postes ao longo da rede são instalados transformadores que reduzem a tensão elétrica de média para baixa, sendo que, em grande parte do país, essa redução é de 13,8 kV para 220 V ou 127 V.

Desse modo, a tensão de operação é um dos itens que diferencia a rede de transmissão da rede de distribuição. Outros fatores que as diferenciam são o porte da rede e a extensão.

Sendo assim, na palestra, você terá apresentado para os estudantes as características dos sistemas elétricos e diferenciado o sistema de transmissão do de distribuição.

Faça valer a pena

1. Os sistemas elétricos de potência fornecem energia para uma região ou até para um país inteiro e podem ser interligados ou isolados. Assinale a alternativa que indica os três componentes dos sistemas elétricos.

- a) Microgeração, transmissão e consumo.
- b) Geração, transmissão e distribuição.
- c) Geração, transmissão e consumo.
- d) Geração, distribuição e microgeração.
- e) Microgeração, transmissão e distribuição.

2. O Sistema Interligado Nacional (SIN) do Brasil é composto por mais de 100 mil quilômetros de extensão e é responsável por atender a cerca de 98% da demanda nacional. Sobre o SIN do Brasil, analise as afirmativas a seguir:

I - O sistema interligado brasileiro é o maior do mundo em quantidade de clientes.

II - Seu estoque de energia é dependente do regime de chuvas.

III - A integração entre os sistemas das várias regiões do país garante estabilidade e confiabilidade ao SIN.

Assinale a alternativa que classifica corretamente as afirmativas entre verdadeiro e falso.

- a) V, F, F.
- b) F, F, V.
- c) V, F, V.
- d) F, V, V.
- e) V, V, F.

3. O transporte de energia elétrica é feito por meio dos sistemas de transmissão e de distribuição. Sobre isso, analise as afirmativas a seguir:

I – Para reduzir os investimentos na infraestrutura de transmissão, como cabos e torres, a tensão da energia elétrica é elevada entre a geração e a transmissão.

II – O sistema de distribuição de energia para o consumidor final é feito em tensão de 220 V no Brasil inteiro.

III – No sistema de transmissão, há as subestações de transmissão que conectam a rede com geradores, consumidores e empresas distribuidoras.

Assinale a alternativa que classifica corretamente as afirmativas entre verdadeiro e falso.

- a) V, F, V.
- b) F, V, F.
- c) V, F, F.
- d) F, V, V.
- e) V, V, F.

Seção 2.2

Setor energético do Brasil

Diálogo aberto

Olá, aluno! Para que a energia elétrica e os combustíveis estejam disponíveis para o nosso consumo, diversas empresas e órgãos do governo desempenham suas funções de forma coordenada. Você já se questionou sobre como é a estrutura do sistema energético do Brasil? Nesta seção, você terá a oportunidade de entender melhor quais fontes de energia compõem a matriz energética brasileira e como os setores consomem essa energia. Além disso, você entenderá como é a estrutura institucional do setor elétrico brasileiro e quais são as perspectivas de crescimento e desenvolvimento tecnológico desse setor.

Com o objetivo de aplicarmos o conhecimento desta seção, vamos considerar ainda a situação do Convite ao estudo, em que você é o responsável pela área de eficiência energética de uma indústria de pequeno porte preocupada com os custos de energia. Nesse sentido, na Seção 2.1, você já apresentou para seus diretores as características dos sistemas elétricos e agora vai apresentar alguns aspectos do setor energético do Brasil, como oferta e demanda de energia e a estrutura institucional. Para isso, leve em conta que você decidiu apresentar os dados em uma segunda etapa do relatório com todas as informações disponíveis.

Assim, para cumprir mais essa etapa, você deve responder: quais são os tópicos que você deverá abordar? Como você vai estruturar o relatório para que seus diretores compreendam rapidamente o tema? Qual é a fonte de energia mais importante para o país? É renovável? E no caso de energia elétrica? Quais órgãos de governo compõem a estrutura institucional do setor energético? Como a composição da matriz energética pode afetar os custos de energia do país?

Para executar essa tarefa, você vai estudar a matriz energética nacional e o uso de energia elétrica por setor, além da estrutura institucional do setor elétrico nacional e as perspectivas para o crescimento e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico.

Bons estudos e ótimo trabalho!

Não pode faltar

Para entendermos as características do setor energético brasileiro, o primeiro ponto que vamos estudar é a matriz energética do país. A matriz energética do mundo ou de um país em particular permite identificar as fontes primárias e secundárias de energia utilizadas, os diversos fluxos energéticos e o consumo final dos produtos resultantes dos centros de transformação dessas fontes nos diferentes setores da economia do mundo ou do país considerado (REIS, 2011). Essas informações da matriz são essenciais para o planejamento energético e, além disso, é importante que se analise a oferta e a demanda de energia para o futuro. Pelo lado da oferta, devem-se observar quais são as fontes disponíveis e viáveis economicamente para uso. E pelo lado da demanda, devem-se considerar os setores consumidores e suas tendências de crescimento. Assim, é possível garantir o suprimento energético para o desenvolvimento de toda a sociedade.

Analisando a oferta de energia (Tabela 2.1), podemos afirmar que, no Brasil, as fontes de energia utilizadas são basicamente: petróleo e derivados, gás natural, carvão mineral, urânio, outras não renováveis, biomassa de cana, hidráulica, lenha e carvão vegetal, eólica, solar, lixívia (efluente da indústria de papel e celulose), biodiesel, biogás e outras biomassas. Entre essas fontes, destacam-se o petróleo e seus derivados (37,3%), o gás natural (13,7%), a biomassa de cana (16,9%) e a hidráulica (11,3%) (EPE, 2016). Observa-se que mais de 58% da energia total do país é proveniente de petróleo e seus derivados e outras fontes não renováveis, revelando a grande dependência dessas fontes pelo setor energético do Brasil. Outro ponto interessante é que a biomassa de cana (16,9%) teve maior participação que a fonte hidráulica (11,3%) na oferta primária de energia do país em 2015.

Tabela 2.1 | Oferta primária de energia do Brasil por fontes em 2015*

Fonte	Participação na oferta de energia total	Total	
Não renováveis	Petróleo e derivados	37,30%	58,8 %
	Gás natural	13,70%	
	Carvão mineral	5,90%	
	Urânio	1,30%	
	Outras não renováveis	0,60%	
Renováveis	Biomassa de cana	16,90%	41,2 %
	Hidráulica	11,30%	
	Lenha e carvão vegetal	8,20%	
	Lixívia	2,62%	
	Biodiesel	1,03%	
	Eólica	0,62%	
	Outras biomassas	0,38%	
	Biogás	0,03%	
Gás industrial de carvão vegetal	0,01%		

Fonte: EPE (2016, p. 23). *Inclui importação de eletricidade

Devido ao crescimento da economia e da população do país e ao aumento do consumo de energia, a oferta vem crescendo nos últimos anos de forma acentuada, como pode ser visto na Figura 2.5. É possível observar que o uso do petróleo, do gás natural e dos produtos da cana-de-açúcar como fonte de energia aumentou e, ao mesmo tempo, o uso de lenha reduziu. A participação de outras fontes também cresceu, como a eólica, a solar fotovoltaica e a biomassa.

Figura 2.5 | Evolução da oferta primária de energia por fonte no Brasil em 2015, sendo que eixo x se refere ao ano e eixo y se refere à quantidade de energia em 106 tep (toneladas equivalentes de petróleo)

Gráfico 1.3.a – Oferta Interna de Energia
Chart 1.3.a – Domestic Energy Supply

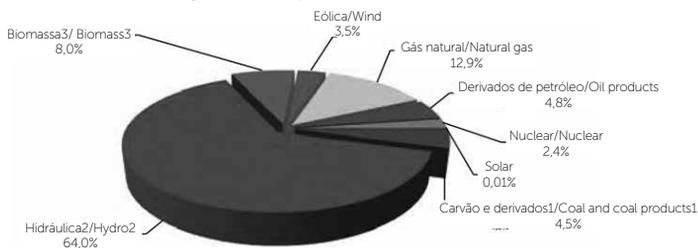


Fonte: EPE (2016, p. 23).

Quando se analisa o setor energético, normalmente se apresentam dados para todo o setor e depois apenas para o setor elétrico por ser um setor muito importante para toda a sociedade. Dessa forma, observa-se que há uma divisão em duas grandes áreas, a área elétrica e a área dos combustíveis. Apesar de essas áreas serem tratadas separadamente, elas se inter-relacionam, já que combustíveis são utilizados para gerar energia elétrica nas termelétricas, por exemplo.

Analisando apenas a oferta de energia elétrica (Figura 2.6) gerada a partir da transformação de algumas das fontes primárias listadas anteriormente, é possível observar que a fonte hidráulica gerou 64% do total da energia elétrica gerada. O gás natural foi a segunda fonte mais utilizada, com 12,9%, e a biomassa apresenta 8%.

Figura 2.6 | Oferta de energia elétrica por fonte no Brasil em 2015

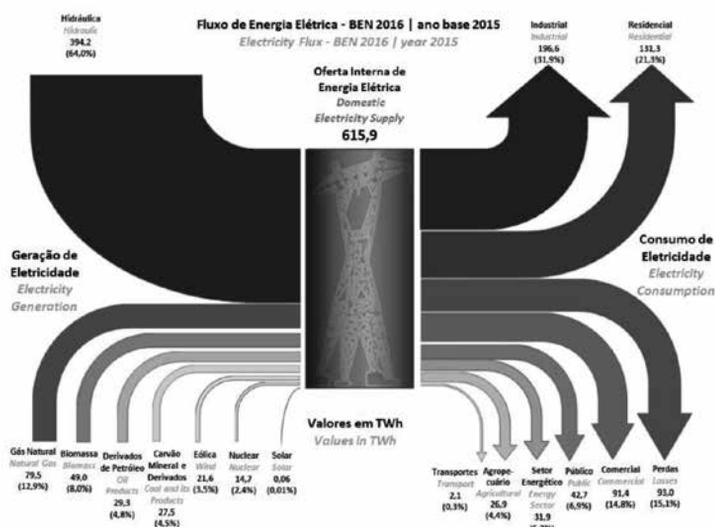


1 Inclui gás de coquearia. 2 Inclui importação de eletricidade. 3 Inclui lenha, bagaço de cana, lúxiva e outras recuperações.
Fonte: EPE (2016, p. 16).

Analisando agora os dados de oferta de energia por setor do país, ou seja, a demanda, o setor industrial foi responsável por 28,3% e o de transportes por 28,1%, totalizando cerca de 56,4% da oferta total de energia em 2015. Para o setor energético, foi ofertada 9,3%; para residências, 8,3%; para o setor comercial, 2,9%; para o setor agropecuário, 3,8%; para o público, 1,5%; e para o comercial, 3,3%. Além disso, 5,1% foram utilizados para usos não energéticos, ou seja, como matéria-prima para produção de outros bens, caso do gás natural. Soma-se a isso as perdas de 12,8% da oferta total de energia. No caso da energia elétrica (Figura 2.6), a oferta interna de energia foi de 31,9% para o setor industrial e 21,3% para o residencial, totalizando 53,2%, segundo dados da EPE (2016).

Reunindo os dados de oferta e demanda de energia elétrica do país, é possível obter a matriz elétrica, que, nesse caso, é representada por seu fluxo na Figura 2.7.

Figura 2.7 | Fluxo de energia elétrica no Brasil por setor em 2015



* Inclui importação e autoprodução.
 Fonte: EPE (2016, p. 40).

É importante entender que as fontes utilizadas se complementam para garantir o suprimento de toda a demanda do país. Porém, algumas fontes geram a energia da linha de base, ou seja, têm reservas para

gerar a qualquer momento que forem demandadas pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), assegurando, assim, a estabilidade do sistema. Essas fontes são a hidrelétrica, a térmica e a nuclear. As fontes solar e eólica são fontes complementares ao sistema, pois são intermitentes.

Outro ponto a ser destacado é a grande participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira, principalmente hidrelétrica. Em 2015, a oferta de renováveis no Brasil foi de 41,2%; em 2014, de 39,4%; e em 2013, de 40,4%. Para efeito de comparação, em 2013, a participação de fontes renováveis na matriz energética mundial foi de apenas 13,5%, e nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), de 9,4%. A OCDE é composta por 34 países com produto interno bruto (PIB) e índice de desenvolvimento humano (IDH) elevados, sendo considerados países desenvolvidos.

Além de conhecer a matriz energética do Brasil, precisamos entender como o setor elétrico é estruturado e qual é o papel de cada órgão ou empresa. O modelo atual do setor elétrico brasileiro foi instituído em 2004 e tem os seguintes objetivos: promover a modicidade tarifária (tarifas baixas); garantir a segurança do suprimento de energia elétrica; assegurar a estabilidade do marco regulatório; promover a inserção social por meio do setor elétrico (programas de universalização do atendimento).

Dessa forma, foram criados dois ambientes para comercialização de energia no Brasil: o regulado, que atende aos consumidores cativos, ou seja, obrigados a utilizar a energia da distribuidora da sua região; e o ambiente livre, o qual permite que consumidores que estejam conectados em tensão superior ou igual a 3 MW e tensão mínima de 69 kV, para data de conexão elétrica anterior a julho/1995, ou 2,3 kV, para ligação após julho/1995, façam contratos diretamente com os geradores, tendo garantia de preço sem as variações do ambiente regulado.



Assimile

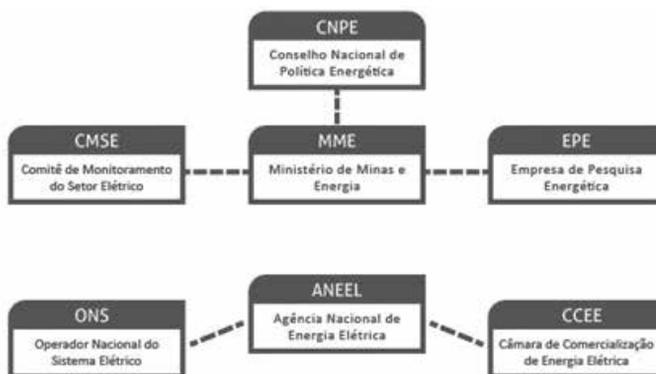
Um consumidor de energia elétrica que tenha demanda contratada elevada, ou seja, superior a 3 MW e esteja conectado em tensão superior ou igual a 69 kV, para data de conexão elétrica anterior a julho/1995, ou 2,3 kV, para ligação após julho/1995, pode optar por comprar energia

no mercado livre. Assim, esse consumidor poderá negociar tarifas mais baixas que as do mercado regulado por meio de contratos de longo prazo, podendo reduzir seus custos com energia elétrica.

A seguir, destacamos mais algumas características do setor elétrico do país que garantem dinamismo e sustentabilidade para o setor: planejamento e operação centralizados e desverticalização do setor, com segregação das atividades de geração, transmissão e distribuição; coexistência de empresas públicas e privadas e de consumidores cativos e livres; regulação da transmissão e distribuição pelo regime de incentivos, em vez do “custo do serviço”, e regulação da geração para empreendimentos antigos; concorrência na atividade de geração para empreendimentos novos; livres negociações entre geradores, comercializadores e consumidores livres; leilões regulados para contratação de energia para as distribuidoras, que fornecem energia aos consumidores cativos; preço da energia elétrica (*commodity*) separado dos preços do seu transporte (uso das linhas de transmissão e distribuição); preços distintos para cada área de concessão, em substituição à equalização tarifária de outrora; e mecanismos de regulação contratuais para compartilhamento de ganhos de produtividade nos setores de transmissão e distribuição (ABRADEE, 2016).

Para entender melhor quais são os agentes da estrutura do setor elétrico brasileiro, observe a Figura 2.8. Destaca-se que o CNPE, o MME e o CMSE realizam atividades de governo, a ANEEL regula e fiscaliza, a EPE planeja, a ONS opera e a CCEE contabiliza.

Figura 2.8 | Agentes do setor elétrico brasileiro



Fonte: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/com_quem_se_relaciona?_adf.ctrl-state=hm2gvu0f_4>. Acesso em: 16 jun. 2017.



Pesquise mais

Acesse o site da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para ter mais informações sobre o papel desse importante órgão no setor elétrico brasileiro.

ANEEL. A ANEEL. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/a-aneel>>. Acesso em: 8 maio 2017.

Agora vamos analisar as perspectivas de crescimento e desenvolvimento tecnológico do setor energético, iniciando pelas fontes de energia. A participação das fontes renováveis de energia na matriz energética mundial vem crescendo devido, principalmente, à necessidade de redução de emissões de gases de efeito estufa e de poluentes atmosféricos. Esse movimento está ocorrendo com mais força em alguns países da Europa, que definiram metas de uso de energias renováveis e, para alcançá-las, ofereceram subsídios financeiros à energia gerada a partir dessas fontes. Isso, somado ao aumento da demanda energética mundial pelo crescimento populacional e aumento do consumo por habitante, gerou um movimento mundial de desenvolvimento e inovação tecnológica em busca de mais eficiência e menor custo na geração de energia a partir de fontes renováveis.

Além do desenvolvimento da tecnologia para geração de energia renovável em si, é imprescindível que ela exista para inserção das energias renováveis no sistema elétrico nacional. No caso das fontes renováveis intermitentes e não despacháveis, como eólica, solar e das ondas, é necessário haver meios de solucionar problemas técnicos relacionados à estabilidade e à garantia de abastecimento.



Exemplificando

Alguns exemplos das soluções para estabilizar o abastecimento de energia elétrica com o aumento da geração por fontes intermitentes são: a ampliação do sistema de transmissão, o armazenamento de energia elétrica, a mudança de operação das atuais usinas, a gestão e a flexibilização da carga (incentivo ao consumo em horários fora de ponta), a geração distribuída, entre outras.

Uma das tecnologias em desenvolvimento mundial é o conceito de cidades inteligentes, também denominado de *smart cities*, que, basicamente, é o uso de tecnologias avançadas de informação e comunicação que melhorem a infraestrutura dos centros urbanos

e criem condições de sustentabilidade. Essas tecnologias também podem ser aplicadas ao setor elétrico por meio de monitoramento e automação para que a energia seja mais bem aproveitada, o que se denomina de redes inteligentes ou *smart grids*.



Refleta

Como as cidades inteligentes podem ser mais eficientes no uso da energia elétrica? Já existem tecnologias relacionadas a cidades inteligentes disponíveis no mercado e sendo utilizadas? Como esse conceito em desenvolvimento no mundo interfere na sua formação técnica e na sua atuação profissional?

Uma das áreas de estudo das cidades inteligentes é a integração de fontes de energias renováveis, tecnologias de armazenamento e tecnologias de comunicação que tornem o sistema elétrico mais eficiente e dinâmico, pois, com a tendência de crescimento do uso de energias renováveis intermitentes, como a solar e a eólica, surgem desafios de integração e gerenciamento. Por isso, tornou-se importante armazenar a energia elétrica gerada de forma irregular ao longo do dia para ser utilizada nos horários de maior demanda para complementar a matriz energética. Alguns dos tipos de armazenamento de energia elétrica são: hídrico convencional ou por bombeamento; por ar comprimido; térmico; eletroquímico; células de hidrogênio; hidráulico em pistão rochoso; magnético por supercondução; os capacitores e supercapacitores e os volantes de inércia.

Além dos avanços tecnológicos, conhecer e analisar o potencial das fontes de energia de um país são etapas prioritárias do planejamento energético de um país e para a tomada de decisão de investidores e empresas. Nesse sentido, o potencial de cada fonte precisa ser analisado do ponto de vista da quantidade e da distribuição no território.

Sobre o potencial hidrelétrico do Brasil, estima-se que haja 67,7 GW de capacidade elétrica ainda disponíveis para exploração, e 104,6 GW já foram explorados, totalizando 172 GW (TOLMASQUIM, 2016). O maior potencial de hidroeletricidade a ser explorado no Brasil está localizado na região amazônica, com 35,4 GW a explorar dos 57,3 GW total da região. Porém seu aproveitamento é dificultado pelos impactos ambientais de grandes empreendimentos e pelas distâncias

dos grandes centros consumidores, o que encarece o transporte da energia elétrica produzida. Destaca-se que o potencial hidrelétrico a ser aproveitado não pode ser considerado estático, principalmente num estudo de planejamento de longo prazo, podendo haver alguns aproveitamentos superdimensionados e outros subdimensionados, dependendo da evolução das hipóteses consideradas na concepção dos projetos (TOLMASQUIM, 2016).

Outra fonte renovável importante para o Brasil é a biomassa, que tem grande potencial para geração de energia elétrica, denominada aqui de bioeletricidade. Para a biomassa proveniente da cana-de-açúcar, de florestas energéticas e dos resíduos (agrícola, pecuária e urbanos), a oferta potencial de bioeletricidade gerada de forma centralizada foi de cerca de 127 TWh em 2014, e a estimativa do Plano Nacional de Energia para 2050 é de que o potencial pode chegar a cerca de 380 TWh.

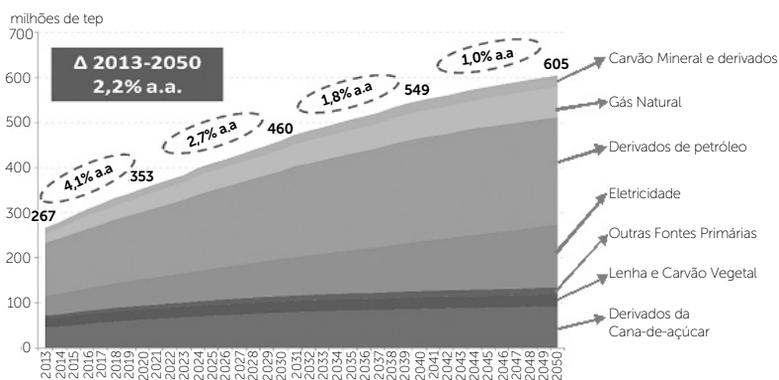
Em relação à fonte eólica, o potencial de geração de energia elétrica aumenta conforme as tecnologias evoluem e permitem que os geradores sejam instalados em alturas maiores. Estudos indicam que o potencial de geração de energia eólica do Brasil a 150 m de altura é de 440 GW (TOLMASQUIM, 2016). Desse potencial, 10,34 GW já estão sendo explorados, principalmente na região nordeste do país (ABEEÓLICA, 2016).

No caso da fonte solar, a localização do Brasil na região dos trópicos possibilita que haja uma incidência mais vertical dos raios solares inclusive durante o inverno, ou seja, maior radiação solar e, conseqüentemente, maiores níveis de produção de energia por painéis fotovoltaicos, tornando essa fonte vantajosa. Há regiões com maior irradiação diária, como o oeste da Bahia e o Vale do São Francisco, porém, praticamente todo o território brasileiro está na faixa de irradiação global horizontal anual de **1.500 a 2.200 kWh/m²**, tornando-o elegível à geração solar fotovoltaica. Como referência, a Alemanha, um dos países com maior capacidade instalada fotovoltaica, possui irradiação entre **900 a 1.250 kWh/m²** (PEREIRA et al., 2006). Ao considerar apenas a faixa de melhor irradiação do Brasil (**6.000 a 6.200 Wh/m²**) e as áreas antropizadas (áreas onde há ocupação/modificação humana), estima-se o potencial de instalação de 307 GWp em centrais fotovoltaicas, com geração de 506 TWh/ano (TOLMASQUIM, 2016).

Além dessas fontes de energia elétrica, estima-se que o potencial de geração a partir das ondas no Brasil seja de 87 GW, e a partir das marés seja de 27 GW (TOLMASQUIM, 2016). A extensa costa brasileira e as vastas áreas de mar territorial são condições naturais para o aproveitamento energético dos recursos do mar.

Sendo assim, as projeções indicam que, até 2050, o Brasil terá um crescimento de 2,2% ao ano na demanda de energia. Essa demanda será atendida principalmente pelo uso de derivados do petróleo, eletricidade, derivados de cana-de-açúcar e eletricidade. Na Figura 2.9, é possível observar a projeção de evolução da demanda de energia no Brasil até 2050.

Figura 2.9 | Evolução da demanda total de energia por fonte



Fonte: EPE (2014, p. 39).

Sem medo de errar

Retomando a situação-problema proposta no Diálogo aberto desta seção, concluiu-se que é importante que essa etapa do relatório contenha dados sobre a oferta e demanda de energia no Brasil, sobre a estrutura institucional do setor elétrico brasileiro e sobre as perspectivas de crescimento do setor.

Assim, é importante explicar que a matriz energética brasileira é considerada "limpa" se comparada à matriz mundial, pois tem grande participação de fontes renováveis. Em 2015, a oferta de renováveis no Brasil foi de 41,2%; em 2014, foi de 39,4%; e em 2013, foi de 40,4%. Para efeito de comparação, em 2013, a participação de fontes renováveis na matriz energética mundial foi de apenas 13,5%, e nos países da

OCDE, foi de 9,4%. Isso fica mais visível na matriz elétrica, em que as fontes renováveis foram cerca de 75% da oferta total em 2015.

A matriz de energia primária é composta pelos combustíveis, além das fontes de energia elétrica, e, por isso, tem uma participação de 58,8% de fontes não renováveis, sendo o petróleo e seus derivados a maioria. Assim, é possível observar o crescimento da oferta primária de energia no Brasil dividido por fonte, conforme a Figura 2.5.

Uma fonte que vem crescendo muito é a de produtos da cana-de-açúcar, da qual o etanol faz parte. A fonte hidráulica é muito importante no Brasil por garantir valores mais baixos de tarifa, porém é dependente do regime de chuvas das regiões onde estão as maiores usinas hidrelétricas. Assim, em alguns anos, a geração de energia elétrica por fontes hídricas é menor por haver estiagem, o que demanda o uso de combustíveis fósseis para garantir a oferta, aumentando o custo da energia.

É importante analisar o fluxo de energia elétrica do país (Figura 2.7), em que é possível ver quais são as fontes utilizadas para gerar eletricidade e quais setores utilizam essa energia. O que se observa é que a fonte hidráulica é responsável por 64% da geração elétrica e, em segundo lugar, vem o gás natural, com 12,9%, e depois a biomassa, com 8%. A fonte eólica vem sendo cada vez mais utilizada no Brasil, sendo que, em 2015, teve a participação de 3,5% na matriz elétrica.

O setor industrial é o principal consumidor de energia elétrica do país, com 31,9%, e o setor residencial é o segundo consumidor, com 21,3%.

Outro ponto importante para entender o setor energético brasileiro é entender sua estrutura institucional. Existem diversos órgãos desempenhando suas funções no sistema, sendo: o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), o Ministério de Minas e Energia (MME), a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e o Operador Nacional do Sistema (ONS).

É importante analisar como a matriz energética pode afetar os custos de geração de energia elétrica e, conseqüentemente, as tarifas para os consumidores finais. Nesse sentido, com a demanda mundial por redução das emissões de gases de efeito estufa (GEEs), o uso de fontes renováveis, como eólica e solar fotovoltaica, vem crescendo

no país. Ao mesmo tempo, com o crescimento pela demanda de energia, é necessário combinar diversas fontes para garantir o atendimento. Em momentos que as fontes mais baratas não estão disponíveis, como a hidráulica em épocas de estiagem, fontes mais caras precisam ser utilizadas, o que aumenta o custo da energia do sistema.

No entanto, o desenvolvimento de tecnologias pode ajudar na redução de custos de energia, apoiando o sistema a ser mais estável mesmo utilizando fontes baratas, mas intermitentes, como eólica e solar. Também estão sendo desenvolvidas tecnologias de armazenamento de energia e de geração distribuída para que os consumidores possam gerar sua energia, o que pode reduzir os gastos com ela.

O ponto chave é o planejamento do setor para garantir a segurança energética do país e, ao mesmo tempo, com custos que não prejudiquem o seu desenvolvimento econômico.

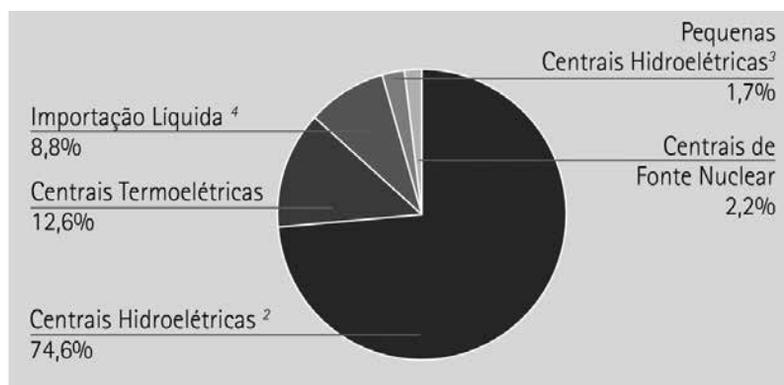
Avançando na prática

Comparação entre as fontes de energia do Brasil em 2005 e 2015

Descrição da situação-problema

Você é um especialista em planejamento energético e foi solicitado que você faça uma comparação entre a matriz elétrica do Brasil entre 2005 e 2015, focando as fontes utilizadas. Para isso, você decidiu usar como base o gráfico da Figura 2.10, comparando-o com os dados da Figura 2.6, e elaborar um pequeno parecer técnico sobre esse tema.

Figura 2.10 | Oferta de energia elétrica por fonte no Brasil em 2005¹



¹Inclui centrais elétricas autoprodutoras. ²Centrais hidroelétricas são aquelas com potência superior a 30 MW. ³Pequenas centrais hidroelétricas são aquelas com potência igual ou inferior a 30 MW. ⁴A importação inclui a parcela paraguaia de Itaipu.

Fonte: EPE (2006, p. 15).

Resolução da situação-problema

A composição de fontes na matriz elétrica brasileira em 2005 era bastante diferente da de 2015, devendo ser levado em conta que o consumo energético era menor 10 anos atrás.

Em 2005, o uso da fonte hidráulica para gerar energia elétrica era de 76,3% (74,6% das centrais e 1,7% das pequenas centrais) e, em 2015, foi de 64%. Isso provavelmente ocorreu porque o potencial de instalação de novas usinas hidrelétricas do país já foi quase que totalmente explorado, restando basicamente o potencial na região norte, muito distante dos centros consumidores e com dificuldades de licenciamento ambiental.

Em 2005, a geração termelétrica foi de 12,6% e, em 2015, o uso de fontes para termelétricas foi de 30,2%, considerando a soma de biomassa, gás natural, derivados de petróleo e carvão e derivados. Isso indica que, com a redução do ritmo de crescimento da fonte hidráulica, o sistema teve de ser abastecido com usinas termelétricas. Essas usinas termelétricas geralmente utilizam fontes fósseis, o que não é interessante economicamente e ambientalmente para o país.

Assim, é possível observar como a matriz energética de um país muda e evolui conforme o crescimento de sua população e sua economia e conforme as fontes disponíveis e os investimentos realizados para aproveitá-las.

Faça valer a pena

1. A matriz energética brasileira destaca-se por ter uma grande participação das fontes renováveis. Sobre isso, analise as afirmativas a seguir:

I – Em 2015, não houve uso da fonte solar para geração de energia elétrica.

II – Em 2015, a segunda fonte mais importante para geração de energia elétrica foi a biomassa, com 8%.

III – Em 2015, a oferta de energia hidrelétrica utilizando a fonte hidráulica foi de 64%.

Assinale a alternativa que classifica corretamente as afirmativas I, II e III em verdadeiro e falso, respectivamente.

- a) F, F, V.
- b) V, F, V.
- c) F, V, V.
- d) V, V, F.
- e) F, V, F.

2. O setor elétrico brasileiro é composto por diversos órgãos com distintas responsabilidades, que trabalham para garantir a operação do sistema.

Assinale a alternativa que indica o órgão responsável pela regulação e fiscalização do setor elétrico no Brasil.

- a) CMSE – Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico.
- b) ONS – Operador Nacional do Sistema.
- c) EPE – Empresa de Pesquisa Energética.
- d) ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.
- e) CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.

3. Sobre as características do setor elétrico brasileiro, analise as afirmativas:

I – Planejamento e operação centralizados e desverticalização do setor, com segregação das atividades de geração, transmissão e distribuição.

II – Existência apenas de empresas públicas no setor elétrico.

III – Leilões regulados para contratação de energia para as distribuidoras, que fornecem energia aos consumidores cativos.

Assinale a alternativa que classifica corretamente as afirmativas I, II e III em verdadeiro e falso, respectivamente.

- a) V, V, F.
- b) V, F, F.
- c) V, F, V.
- d) F, V, V.
- e) F, F, V.

Seção 2.3

Tarifação e uso racional de energia elétrica

Diálogo aberto

Olá, aluno! Ao final desta seção, concluiremos a Unidade 2 e esperamos que, ao concluí-la, você possa compreender os aspectos gerais do setor elétrico nacional e obter conhecimentos referentes ao sistema de tarifação de energia elétrica do país.

Os consumidores de energia elétrica podem ser classificados em diversas modalidades tarifárias, o que interfere no método de cobrança pela energia consumida. Mas você já se perguntou como é calculada a tarifa de energia elétrica? Para entender isso, vamos estudar como os consumidores são classificados e, assim, como a tarifa a ser paga por cada classe é calculada. Além disso, você terá o primeiro contato com os conceitos de uso racional de energia.

Com o objetivo de aplicarmos os conhecimentos desta seção, vamos considerar a situação em que você é o responsável pela área de eficiência energética de uma indústria de pequeno porte preocupada com os custos de energia. Nesse sentido, você tem a tarefa de elaborar um relatório sobre eficiência energética para seus diretores e já apresentou duas partes: uma sobre as características dos sistemas elétricos e outra sobre os aspectos do setor energético do Brasil, como a oferta e demanda de energia e a estrutura institucional. Nessa última etapa do relatório, você precisa apresentar como é o sistema tarifário de energia elétrica do Brasil e como a empresa se classifica nesse caso.

Essa etapa do seu trabalho será muito importante, pois você deverá explicar como a empresa é classificada entre as classes de consumidores e como são calculadas as tarifas de energia elétrica. Considere a empresa conectada com tensão de 88 kV na rede de energia elétrica (rede aérea).

Assim, quais são as classes de consumidores e em qual categoria a empresa se enquadra? Quais são os principais itens da tarifa de energia elétrica no Brasil? E quais são aplicáveis à empresa?

Para executar essa tarefa, nesta seção, você vai estudar a classificação dos consumidores, as modalidades tarifárias e a estrutura das tarifas cobradas.

Bons estudos e ótimo trabalho!

Não pode faltar

Para entender como funciona o sistema de tarifação de energia elétrica no Brasil, o primeiro passo é compreender a classificação dos consumidores. A Resolução nº 414/2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica no Brasil, como os termos e parâmetros envolvidos nas faturas de energia, as modalidades de faturamento, a divisão dos consumidores em classes e faixas em função da tensão de fornecimento, instruções para a solicitação de novas ligações, instruções para levantamento dos dados e emissão das faturas de energia, entre outros.

Com base na Resolução 414/2010 da ANEEL, os consumidores são identificados por classes e subclasses de consumo, como segue:

- **Residencial:** na qual são enquadrados também os consumidores residenciais de baixa renda, baixa renda indígena, baixa renda quilombola e baixa renda multifamiliar, cujas tarifas são estabelecidas de acordo com critérios específicos.

- **Industrial:** na qual são enquadradas as unidades consumidoras que realizam atividade industrial, incluindo-se o transporte de matéria-prima, insumo ou produto resultante do seu processamento.

- **Comercial:** enquadram-se os serviços de transporte (exceto tração elétrica), comunicação e telecomunicação, templos religiosos, iluminação de rodovias, semáforos, radares e câmeras, e outros afins.

- **Rural:** na qual se enquadram as atividades de agropecuária, cooperativa de eletrificação rural, indústria rural, coletividade rural e serviço público de irrigação rural, escola agrotécnica e aquicultura.

- **Poder público:** enquadram-se as atividades dos poderes públicos federal, estadual ou distrital e municipal.

- **Iluminação pública:** na qual se enquadra a iluminação de ruas, praças, jardins, estradas e outros logradouros de domínio público, de uso comum e livre acesso, em responsabilidade de pessoa jurídica de direito público.

- **Serviço público:** na qual se enquadram os serviços de água, esgoto e saneamento, tração elétrica e ferroviária.

- **Consumo próprio:** que se refere ao fornecimento destinado ao consumo de energia elétrica da própria empresa de distribuição.

Além disso, os consumidores são classificados em dois grupos tarifários: Grupo A e Grupo B. O agrupamento é definido em função do nível de tensão em que são atendidos e, também, como

consequência, em função da demanda (kW).

O Grupo A é composto pelos consumidores atendidos em alta tensão, acima de 2,3 kV, como indústrias, *shopping centers* e alguns edifícios comerciais. É classificado em subgrupos, conforme a tensão de atendimento, sendo os seguintes: A1 para o nível de tensão igual ou superior a 230 kV; A2 para o nível de tensão de 88 a 138 kV; A3 para o nível de tensão de 69 kV; A3a para o nível de tensão de 30 a 44 kV; A4 para o nível de tensão inferior a 2,3 kV; AS para sistema subterrâneo: qualquer tensão.

O Grupo B é composto por unidades consumidoras atendidas em tensão abaixo de 2,3 kV, ou seja, em baixa tensão. Nessa classe, estão incluídas residências, comércio, bancos e grande parte dos edifícios comerciais etc. Esse grupo é dividido em subgrupos, de acordo com a atividade do consumidor, sendo: B1 – residencial e residencial baixa renda; B2 – rural e cooperativa de eletrificação rural; B3 – demais classes; B4 – iluminação pública.

A tarifa de energia cobrada desses grupos contempla os custos desde a geração até a disponibilização aos consumidores. Esse valor remunera os custos operativos e aqueles relacionados com a expansão do sistema. O custo total da energia consumida resulta dos valores de energia acrescidos de encargos e impostos destinados aos governos federal, estadual e municipal (BARROS; BORELLI; GEDRA, 2014).

Assim, basicamente o valor da tarifa de energia elétrica dos consumidores cativos, ou seja, do mercado regulado, considera no geral:

- **Custos com a aquisição de energia elétrica:** são realizados leilões regulados pela ANEEL para comprar a energia elétrica que é necessária para atender a seu mercado cativo, e esses custos são repassados integralmente e sem lucros aos consumidores, o que é denominado de tarifa de energia (TE).

- **Custos do sistema de distribuição e transmissão:** são provenientes da operação e manutenção das redes de distribuição ou de transmissão e das despesas de capital, ou seja, dos investimentos. Quando o consumidor está conectado à rede de distribuição, esses custos são cobrados como a tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD) e a tarifa de uso do sistema de transmissão (TUST), mas quando está conectado ao sistema por linhas de transmissão, é cobrada apenas a tarifa de uso do sistema de transmissão (TUST).

- **Perdas técnicas e não técnicas:** as perdas técnicas são intrínsecas à operação do sistema, e as não técnicas são causadas pelos furtos

e fraudes, ou seja, quando a energia elétrica é utilizada, mas não há um medidor para registrar o uso ou o consumo não é registrado corretamente pelo medidor. Em função da área de concessão em que a distribuidora está inserida, a ANEEL determina o valor máximo de perdas não técnicas a ser repassado às tarifas.

• **Encargos setoriais e impostos:** os encargos setoriais têm o intuito de financiar necessidades específicas do setor elétrico, e os impostos são pagamentos compulsórios devidos ao poder público a partir de determinação legal e que asseguram recursos para que o governo desenvolva suas atividades. As distribuidoras recolhem e repassam esses tributos às autoridades competentes pela sua cobrança.

Assim, para o cálculo tarifário, os custos da distribuidora são classificados em dois tipos:

- **Parcela A:** compra de energia, transmissão e encargos setoriais.
- **Parcela B:** distribuição de energia (composta por custos operacionais, cota de depreciação, remuneração do investimento, outras receitas).

Conforme ANEEL (2017c), os custos de energia representam, atualmente, a maior parcela de gastos (53,5%), seguidos dos custos com tributos (29,5%). A parcela referente aos custos com distribuição, ou seja, o custo para manter os ativos e operar todo o sistema de distribuição, representa apenas 17% dos custos das tarifas.



Exemplificando

Alguns dos impostos cobrados na tarifa de energia elétrica são: Programas de Integração Social (PIS) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (Cofins). Esses tributos são cobrados pela União para manter programas voltados ao trabalhador e para atender a programas sociais do Governo Federal. O Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) é regulamentado pelo código tributário de cada estado.

Um dos encargos setoriais é a taxa de iluminação pública.

Agora vamos entender como é a estrutura tarifária do mercado regulado do Brasil, ou seja, as tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativa, de acordo com a modalidade de fornecimento. As tarifas e as grandezas que integram a fatura de energia elétrica são diferentes para os consumidores dos grupos A e B vistos anteriormente.

A fatura do consumidor do Grupo A é constituída pelo sistema de tarifação binômia, que cobra pela energia elétrica consumida (R\$/MWh) e pela demanda de potência (R\$/kW).

O valor da demanda deve ser estabelecido no contrato firmado entre consumidor e distribuidora. O sistema de medição da distribuidora realiza uma média da potência solicitada da rede a cada 15 minutos. O valor da demanda que será cobrado na fatura corresponde ao maior valor, considerando as demandas contratada e registrada ocorridas dentro do ciclo de medição. Vale lembrar que a cada hora, quatro valores médios são registrados pelo sistema de medição da distribuidora, totalizando 96 valores ao longo do dia e cerca de 2.880 valores para o ciclo de medição de 30 dias.

Caso a demanda registrada seja inferior ao valor contratado, é faturado o valor de demanda contratado. Conforme a Resolução 414/2010 da ANEEL, é permitida a ultrapassagem do valor de demanda em até 5% sem a cobrança de encargos de ultrapassagem. Caso o valor ultrapassado exceda 5%, o valor faturado da demanda corresponde ao valor total registrado acrescido da ultrapassagem multiplicada pelo dobro do valor normal da demanda.

Dentro dessa tarifa para o Grupo A, existem três modalidades de fornecimento: convencional, horo-sazonal azul e horo-sazonal verde. Mas, antes de apresentar essas modalidades, é importante entender os seguintes conceitos:

- **Posto tarifário ponta ou fora de ponta:** o “horário de ponta” corresponde ao período de maior consumo de energia elétrica (18h às 21h), e o “horário fora de ponta” corresponde às demais horas úteis do dia e às 24 horas de sábado, domingo e feriados. O valor das tarifas no horário de “ponta” é mais elevado do que no horário “fora de ponta”.

- **Período seco e úmido:** para o ano, são estabelecidos dois períodos: “período seco” e “período úmido”. O “período seco” tem valor de tarifa mais elevado, pois corresponde ao período de custo mais elevado da energia elétrica (quantidade menor de água nos reservatórios de usinas hidrelétricas), e corresponde aos meses de maio a novembro. O “período úmido” compreende os meses de dezembro a abril.



Pesquise mais

O horário de verão é uma forma de reduzir o consumo de energia elétrica no posto tarifário ponta. Então busque mais informações sobre esse mecanismo em: MME. Destaques do setor de energia. Horário

brasileiro de verão. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/destaques-do-setor-de-energia/horario-brasileiro-de-verao>>. Acesso em: 21 maio 2017.

A estrutura tarifária convencional prevê a cobrança de tarifas de consumo de energia e/ou demanda de potência independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta) ou período do ano (seco ou úmido). Os subgrupos A3a, A4 e AS podem optar por essa tarifa.

Tabela 2.2 | Exemplo de tarifas praticadas por uma concessionária de energia elétrica para um cliente convencional do grupo A em fevereiro de 2014

Nível de tensão	Demanda R\$/kW			Consumo R\$/MWh		
	TUSD + TE	TUSD	TE	TUSD + TE	TUSD	TE
A3a (30 a 44 kV)	26,78	26,78	0	182,52	36,31	146,21
A4 (2,3 a 25 kV)	26,78	26,78	0	186,61	40,4	146,21
AS (Subterrâneo)	41,47	41,47	0	217,21	71	146,21

* Tarifas sem incidência de ICMS, PIS e COFINS.

** Para a classe rural, desconto de 10%.

Fonte: Barros, Borelli e Gedra (2014, p. 96).

No caso da estrutura tarifária horo-sazonal, são aplicadas tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia (ponta ou fora de ponta) e dos períodos do ano (seco ou úmido), podendo ser de dois tipos:

- **Tarifária horo-sazonal azul:** aplicada aos consumidores ligados ao Sistema Interligado Nacional (SIN) e com tensão de fornecimento igual ou maior que 69 kV. Aos consumidores dos subgrupos A1, A2 ou A3, é obrigatório o enquadramento na estrutura tarifária horo-sazonal azul, sendo opcional para os consumidores dos subgrupos A3a, A4 e AS (PROCEL, 2011). As parcelas de consumo e demanda, de acordo com a tolerância de ultrapassagem, variam de acordo com o posto horário e são calculadas conforme a Figura 2.11 e 2.12, respectivamente, sendo que a ultrapassagem é cobrada somente

quando a demanda registrada ou medida ultrapassa em 5% o valor da demanda contratada.

Figura 2.11 | Expressão para cálculo da parcela de consumo de tarifa horo-sazonal azul

$$\text{Consumo} = \text{Tarifa de consumo ponta} \times \text{consumo registrado na ponta} + \text{tarifa de consumo fora de ponta} \times \text{consumo registrado fora de ponta}$$

Fonte: Barros, Borelli, Gedra (2014, p. 94).

Figura 2.12 | Expressão para cálculo da parcela de demanda de tarifa horo-sazonal azul

$$\text{Demanda} = \text{Tarifa de demanda ponta} \times \text{demanda contratada na ponta} + \text{tarifa de demanda fora de ponta} \times \text{demanda contratada fora de ponta}$$

Fonte: Barros, Borelli, Gedra (2014, p. 95).

Tabela 2.3 | Exemplo de tarifas praticadas por uma concessionária de energia elétrica para um cliente horo-sazonal verde, grupo A, em fevereiro de 2014

Nível de tensão	Demanda R\$/Kw					
	Ponta			Fora de ponta		
	TUSD + TE	TUSD	TE	TUSD + TE	TUSD	TE
A2 (88 a 138kV)	8,39	8,39	0	4,68	4,68	0
A3a (30 a 44kV)	21,54	21,54	0	11,27	11,27	0
A4 - (2,3 a 25kV)	21,54	21,54	0	11,27	11,27	0
AS (Subterrâneo)	33,65	33,65	0	17,24	17,24	0

Nível de tensão	Consumo R\$/MWh					
	Ponta			Fora de ponta		
	TUSD + TE	TUSD	TE	TUSD + TE	TUSD	TE
A2 (88 a 138kV)	249,3	20,85	228,46	159,58	20,85	138,73
A3a (30 a 44kV)	264,77	299,46	228,46	175,04	36,31	138,73
A4 - (2,3 a 25kV)	268,86	40,4	228,46	179,13	40,4	138,73
AS (Subterrâneo)	299,46	71	228,46	209,73	71	138,73

Nível de tensão	Demanda de ultrapassagem R\$/kW					
	Ponta			Fora de ponta		
	TUSD + TE	TUSD	TE	TUSD + TE	TUSD	TE
A2 (88 a 138kV)	16,78	16,78	0	9,36	9,36	0
A3a (30 a 44kV)	43,08	43,08	0	22,54	22,54	0
A4 - (2,3 a 25kV)	43,08	43,08	0	22,54	22,54	0
AS (Subterrâneo)	67,3	67,35	0	34,48	34,48	0

Fonte: Barros, Borelli, Gedra (2014, p. 96).

• **Tarifa horo-sazonal verde:** aplicada aos consumidores com tensão de fornecimento menor que 69 kV e demanda contratada igual ou maior a 300 kW. A opção de enquadramento na estrutura tarifária verde somente é possível para as unidades consumidoras do Grupo A, subgrupos A3a, A4 e AS (PROCEL, 2011). O consumidor com enquadramento nessa estrutura tarifária possui contrato específico com a concessionária, cujo valor da demanda contratada é único, independentemente da hora do dia ou período do ano. A parcela de consumo é calculada pela expressão da Figura 2.13, observando-se, nas tarifas, o período do ano: no período seco (maio a novembro), as tarifas de consumo na ponta e fora de ponta podem ser mais caras que no úmido.

Figura 2.13 | Expressão para cálculo da parcela de consumo de tarifa horo-sazonal verde

$$\text{Consumo} = \text{Tarifa consumo na ponta} \times \text{consumo medido na ponta} + \text{tarifa de consumo fora de ponta} \times \text{consumo registrado fora de ponta}$$

Fonte: Barros, Borelli, Gedra (2014, p. 95).

Tabela 2.4 | Exemplo de tarifas praticadas por uma concessionária de energia elétrica para um cliente horo-sazonal verde, grupo A, em fevereiro de 2014

Subgrupo/Classe/ Subclasse	TUSD		
	Ponta	Fora de ponta	R\$/kW
	R\$/MWh	R\$/MWh	
A3a - (30 a 44 kV)	416,82	19,44	5,41
A4 - (2,3 a 25 kV)	417,17	19,78	5,41

Subgrupo/ Classe/ Subclasse	TE							
	Ponta				Fora de ponta			
	TE	Bandeira verde	Bandeira amarela	Bandeira vermelha	TE	Bandeira Verde	Bandeira amarela	Bandeira vermelha
	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/MWh
A3a - (30 a 44 kV)	261,13	261,13	276,13	291,13	157,74	157,74	172,74	187,74
A4 - (2,3 a 25 kV)	261,13	261,13	276,13	291,13	157,74	157,74	172,74	187,74

Subgrupo/Classe/ Subclasse	Valor TUSD + TE	
	Ponta	Fora de ponta
	R\$/MWh	R\$/MWh
A3a - (30 a 44 kV)	677,96	177,18
A4 - (2,3 a 25 kV)	678,30	177,52

Fonte: Barros, Borelli, Gedra (2014, p. 96).

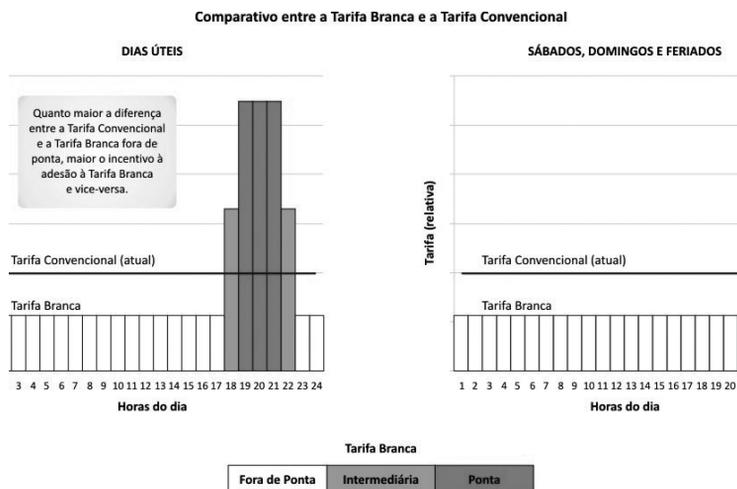
As faturas de energia dos consumidores do Grupo B são estabelecidas somente para o componente de consumo de energia (R\$/MWh) acrescidas de impostos e encargos setoriais.

Nesse grupo, todos os consumidores que têm consumo mensal menor que 80 kWh ou entre 80 e 220 kWh/mês e que estejam no Cadastro Único de programas sociais do governo federal podem obter o benefício da subclasse residencial baixa renda.

Além disso, há a tarifa branca, que incentiva os clientes a deslocarem o consumo dos períodos de ponta para aqueles em que a distribuição de energia elétrica tem capacidade ociosa, nos quais a tarifa é mais barata, reduzindo o valor da fatura no fim do mês e a necessidade de ampliação da rede da distribuidora para atendimento do horário de pico. A tarifa branca será facultativa, e caso o cliente não pretenda modificar seus hábitos de consumo, a tarifa convencional continuará disponível (BARROS; BORELLI; GEDRA, 2014).

A tarifa branca funciona considerando que, nos dias úteis, o valor varia em três horários: ponta, intermediário e fora de ponta. Na ponta e no intermediário (das 17h às 18h e das 22h às 23h), a energia é mais cara. Fora de ponta, é mais barata. Nos finais de semana e feriados nacionais, o valor é sempre fora de ponta. Na Figura 2.14, é possível entender melhor o funcionamento da tarifa branca.

Figura 2.14 | Comparativo entre a tarifa branca e a tarifa convencional para o Grupo B



Fonte: <<http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

Outra questão importante do Grupo B de consumidores, mas que se aplica também ao Grupo A, é em relação às bandeiras tarifárias, que refletem o custo de geração de energia do período. A bandeira verde indica que os custos para gerar a energia estão baixos. A amarela indica que os custos de geração de energia elétrica estão subindo. A bandeira vermelha indica que os custos estão subindo além dos do nível da bandeira amarela, provavelmente pelo acionamento de grande quantidade de termelétricas, o que representa uma fonte mais cara se comparada às usinas hidrelétricas.



Assimile

As bandeiras tarifárias garantem que os custos de geração de energia elétrica sejam repassados para os consumidores, variando conforme a disponibilidade de fontes mais baratas. Porém, o principal diferencial é permitir que o consumidor saiba que vai pagar uma tarifa mais cara no mês e possa reduzir seu consumo.

Para encerrarmos esta seção, vamos iniciar o estudo dos conceitos do uso racional de energia, tema que será detalhado nas próximas duas unidades desta disciplina.

O uso racional de energia, usualmente denominado de eficiência energética, é a utilização mais eficiente da energia para realização de

um trabalho. A eficiência energética, por definição, é um indicador que relaciona a quantidade de energia empregada com a quantidade de energia realmente disponibilizada para a atividade que está sendo realizada.

A eficiência energética é tão importante quanto o incremento do uso de energias renováveis em um setor energético mais sustentável. Ou seja, além de usar fontes de energia menos impactantes, é importante reduzir a quantidade de energia que se utiliza para realizar as atividades da sociedade. Isso evita a demanda de energia sem necessidade, seja ela renovável ou não, sendo a melhor forma de buscar a sustentabilidade.

É possível implantar medidas de uso racional de energia nos pontos de geração em busca de gerar mais com a mesma quantidade de fonte energética. Além disso, podem-se implantar medidas de eficiência energética nas residências, nas indústrias, nos meios de transporte, na iluminação pública, no saneamento e até nos edifícios.

A eficiência energética pode ser aplicada principalmente nos seguintes equipamentos, o que será aprofundado na Unidade 3 desta disciplina: iluminação, bombas de fluxo e ventiladores, caldeiras e fornos, acionamentos com motores de indução trifásica, compressores e ar comprimido, transformadores, refrigeração e ar condicionado.

Para a implantação de medidas de uso racional de energia, é importante que se faça um diagnóstico energético na indústria, residência ou qualquer outro consumidor de energia em busca dos pontos que podem ser trabalhados. Além disso, é importante que se acompanhe o consumo rotineiramente para que se tome medidas no caso de um grande aumento do consumo. Esses temas serão tratados mais detalhadamente na Unidade 4.



Refleta

Você acha que o sistema de tarifação de energia elétrica tem relação com o uso racional de energia? Algumas modalidades tarifárias buscam incentivar o consumo de energia? Você acha que isso seria suficiente para alcançar um bom nível de eficiência energética em um país? Quais medidas além dessas você implantaria?

Sem medo de errar

Retomando a situação-problema, vamos estruturar agora a última etapa do relatório a ser entregue para sua empresa sobre a tarifação.

Nesse momento, você deve apresentar a classificação das unidades consumidoras e as modalidades tarifárias, além de deixar claro quais itens compõem a tarifa de energia do Brasil.

As tarifas de energia no mercado regulado do Brasil são compostas pelo custo de geração e transporte da energia, pelos encargos setoriais e pelos impostos.

Como vimos no Não pode faltar, existem dois grupos de consumidores no Brasil:

- Grupo A: composto pelos consumidores atendidos em alta tensão (acima de 2,3 kV), como indústrias, *shopping centers* e alguns edifícios comerciais. Esse grupo é dividido em subgrupos, de acordo com a tensão de atendimento: A1 para o nível de tensão igual ou superior a 230 kV; A2 para o nível de tensão de 88 a 138 kV; A3 para o nível de tensão de 69 kV; A3a para o nível de tensão de 30 a 44 kV; A4 para o nível de tensão igual ou inferior a 2,3 kV; AS para sistema subterrâneo: qualquer tensão.

- Grupo B: composto por unidades consumidoras atendidas em tensão abaixo de 2,3 kV ou baixa tensão. Em geral, estão nessa classe: residências, lojas, agências bancárias, pequenas oficinas, edifícios residenciais e grande parte dos edifícios comerciais, entre outros. Esse grupo é dividido em subgrupos, de acordo com a atividade do consumidor, como segue: B1 – residencial e residencial baixa renda; B2 – rural e cooperativa de eletrificação rural; B3 – demais classes; B4 – iluminação pública.

Nesse sentido, a indústria em que você trabalha é enquadrada na classe industrial de consumidores e, como tem tensão de 88 kV por sistema aéreo, é classificada no Grupo A, mais especificamente no subgrupo A2, que é para o nível de tensão de 88 kV a 138 kV.

No Grupo A, conforme seu subgrupo, o consumidor pode ser classificado na estrutura tarifária convencional ou na horo-sazonal, sendo que essa é dividida entre azul (que considera horário de ponta e fora de ponta para definir a tarifa de consumo e de demanda) e a verde (que considera horário de ponta e fora de ponta apenas para a tarifa de consumo e a tarifa de demanda é fixa).

Sendo assim, por ser do subgrupo A2, sua indústria é obrigatoriamente enquadrada na classe tarifária horo-sazonal azul. Se fosse do subgrupo A3a, A4 e AS, a indústria poderia optar entre tarifa convencional ou horo-sazonal verde.

A tarifa horo-sazonal azul faz com que a indústria tenha diferentes tarifas conforme o horário do dia, ou seja, conforme o posto tarifário. Além disso, a empresa paga pelo consumo, pela demanda e pela

ultrapassagem da demanda contratada, sendo assim composta a fatura.

Dessa forma, a empresa precisa estar atenta aos horários de uso de energia, reduzindo o consumo em horário de ponta.

Adicionalmente, medidas de eficiência energética seriam uma forma importante de reduzir o consumo de energia elétrica da indústria. Outra forma seria buscar o mercado livre de energia e negociar uma tarifa diretamente com o gerador, o que poderia reduzir bastante os custos e a variabilidade da tarifa conforme o período do ano.

Avançando na prática

Medidas de redução de gastos com energia elétrica em uma residência

Descrição da situação-problema

Considere que você é especialista na área de energia elétrica e, buscando aplicar seus conhecimentos na sua própria casa, está analisando as possibilidades de redução dos gastos com energia elétrica. Na sua casa, moram você e mais duas pessoas, e todos passam o dia inteiro no trabalho e vão direto do trabalho para a universidade. Dessa forma, os momentos de maior demanda de energia elétrica na casa são no final da noite e no início da manhã nos dias úteis e também durante o final de semana e feriados. Considerando isso, o que você acha que seria possível fazer para reduzir os gastos com energia elétrica? Vocês conseguiriam reduzir o consumo? Ou gerar sua própria energia? Ou poderiam alterar algo em relação à tarifação?

Analise a questão e elabore um resumo para apresentar para os outros moradores da sua casa e, com base nisso, tomarem alguma decisão.

Resolução da situação-problema

Analisando o perfil de consumo da residência, é possível ver que não há grande demanda de energia no horário de ponta, ou seja, no final da tarde e início da noite. Assim, uma primeira alternativa seria alterar a tarifação para a tarifa branca, na qual é possível pagar uma tarifa mais baixa, contanto que não se supere um máximo de consumo no horário de ponta.

Outra forma, seria implantar algumas medidas de eficiência energética na residência, como substituição de lâmpadas e eletrodomésticos por modelos mais econômicos. Além disso, vocês poderiam tentar reduzir o consumo de energia elétrica por meio de redução do tempo de banho no chuveiro elétrico ou redução do uso do ar-condicionado, entre outras ações.

Outra possibilidade seria fazer um investimento na instalação de módulos solares fotovoltaicos para microgeração de energia elétrica com conexão com a rede. Assim, durante os horários de sol, o sistema gera energia elétrica e injeta o excedente (não consumido) na rede de distribuição, gerando créditos que podem ser utilizados em outro momento.

É importante que se analise a viabilidade técnica e econômica da implantação dessas medidas em busca de uma solução que seja viável e acessível aos moradores.

Faça valer a pena

1. Os postos tarifários “ponta” ou “fora de ponta” são uma das formas de incentivar a redução do consumo de energia elétrica em horários de grande demanda e, assim, evitar que o sistema elétrico seja sobrecarregado. Considerando isso, analise as afirmativas a seguir.

I – O horário de ponta é o período de maior consumo de energia elétrica do sistema e fica, normalmente, entre 18h e 21h de todos os sete dias da semana, sendo cobrada uma tarifa de energia mais alta para os consumidores do Grupo A.

II – O horário de fora de ponta é composto pelas horas restantes em relação ao horário de ponta nos dias úteis e as 24h de sábado, domingo e feriado.

III – Esse posto tarifário é aplicável a todos os grupos tarifários de consumidores.

Assinale a alternativa que classifica corretamente as afirmativas em verdadeiro e falso.

- a) F, V, V
- b) V, F, V
- c) F, F, V
- d) F, V, F
- e) V, V, F

2. As tarifas de energia elétrica para o Grupo A podem ser diferentes conforme o período do ano e o horário de ponta ou fora de ponta. No período seco (maio a novembro), as tarifas de energia elétrica podem ser mais _____ que no período úmido. Isso se deve ao fato de no período seco ocorrer a redução da disponibilidade da fonte _____. Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas a afirmativa.

- a) baixas, solar.
- b) baixas, eólica.
- c) altas, eólica.
- d) altas, hidráulica.
- e) baixas, hidráulica.

3. As bandeiras tarifárias são um mecanismo que permite que todos os consumidores do país, inclusive do Grupo B, paguem tarifas diferenciadas conforme o custo de geração de energia do período.

Sobre as bandeiras tarifárias, relacione as classes e suas definições nas colunas a seguir:

Coluna 1:

- 1. Bandeira verde
- 2. Bandeira amarela
- 3. Bandeira vermelha

Coluna 2:

- () indica que os custos de geração para atender à demanda dos consumidores aumentaram muito.
- () reflete custos baixos para gerar a energia.
- () custos de geração estão aumentando.

Assinale a alternativa que indica a ordem correta da associação dos itens com as colunas.

- a) 2, 3, 1.
- b) 2, 1, 3.
- c) 3, 1, 2.
- d) 1, 2, 3.
- e) 3, 2, 1.

Referências

ABEEÓLICA – Associação Brasileira de Energia Eólica. **Boletim anual de geração eólica 2016**. Disponível em: <http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2017/05/424_Boletim-Anual_de_Geracao_Eolica_2016_Alta.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2016.

ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. Setor Elétrico. **Visão Geral do Setor**. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>>. Acesso em: 30 out. 2016a.

ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Redes de energia elétrica**. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/redes-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 16 nov. 2016b.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **A ANEEL**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/a-aneel>>. Acesso em: 8 maio 2017.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2017.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2017.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Informações técnicas. **Geração distribuída**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introduc-1/656827?inheritRedirect=false>. Acesso em: 14 de janeiro de 2017a.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida++2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>>. Acesso em: 14 jan. 2017b.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Tarifas. **Entendendo a tarifa. Como é composta a tarifa**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa>>. Acesso em: 17 jun. 2017c.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifa branca**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>>. Acesso em: 20 maio 2017d.

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Onde atuamos**. Com quem se relaciona. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/com-quem_se_relaciona?_adf.ctrl-state=hrn2gvu0f_4>. Acesso em: 16 jun. 2017.

BARROS, B. F.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. **Geração, transmissão e consumo de energia elétrica**. São Paulo: Érica, 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano decenal de expansão de energia 2024**. Brasília: MME/EPE, 2015.

ELÉTRICO. **Padrões brasileiros**. Disponível em: <<http://www.osetoelettrico.com.br/padroes-brasileiros/>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco energético nacional 2006**: Ano base 2005. Relatório final. EPE: Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/BEN2006_Versao_Completa.pdf>. Acesso em: 29 maio 2017.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica DEA 13/2014** – Demanda de Energia 2050. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco energético nacional** – Ano base 2015. Relatório síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

MME. **Destques do setor de energia**. Horário brasileiro de verão. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/destaques-do-setor-de-energia/horario-brasileiro-de-verao>>. Acesso em: 21 maio 2017.

ONS – Operador Nacional do Sistema. **Conheça o sistema**. O que é o SIN – Sistema Interligado Nacional. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx>. Acesso em: 15 jan. 2017.

ONS – Operador Nacional do Sistema. SINDAT. **Mapa do SIN**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/dados_tecnicos.aspx>. Acesso em: 4 dez. 2016.

ONS – Operador Nacional do Sistema. SINDAT. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/dados_tecnicos.aspx>. Acesso em: 4 dez. 2016.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. SWERA. [S.l.], 2006.

PINTO, M. O. **Energia elétrica**: geração, transmissão e sistemas interligados. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

PROCEL. **Manual de tarifação da energia elétrica**. 2011. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20de%20Tarif%20En%20El%20-%20Procel_EPP%20-%20Agosto-2011.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2017.

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

TOLMASQUIM, M. T. **Energia renovável**: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. EPE: Rio de Janeiro, 2016.

Conservação de energia em diferentes setores

Convite ao estudo

Caro aluno, nesta unidade vamos estudar o uso da energia nos mais variados setores, analisando as medidas de incentivo à conservação de energia nesses segmentos e propondo ações de consumo consciente.

Na primeira seção, vamos entender como a energia é aplicada nos setores de comércio e serviço, residencial, de transporte, agropecuário e industrial. Verificaremos a finalidade do uso da energia nesses segmentos, analisaremos também como são compostas suas matrizes energéticas e quais medidas já são empregadas para incentivar práticas de eficiências e quais mecanismos ainda poderiam ser adotados. Na segunda e terceira seção, vamos nos dedicar a analisar a eficiência de equipamentos específicos e como cada um deles se relaciona com o tema da sustentabilidade. Na segunda seção, vamos nos aprofundar em lâmpadas, bombas de fluxo, ventiladores, caldeiras, fornos e acionamento de motores trifásicos. Por fim, na terceira seção, vamos explorar compressores, transformadores, ares-condicionados e medidas energéticas.

Assim, o objetivo desta unidade é que você entenda como cada setor do país aplica a energia em suas atividades e como eles abordam a temática da conservação e eficiência de energia nos principais equipamentos utilizados, conhecendo os programas e medidas para o incentivo da eficiência energética.

Medidas de conservação de energia vêm se tornando cada vez mais importantes com o crescimento da demanda

de energia, com o aumento das tarifas de energia elétrica e com a busca de maior competitividade das indústrias. Então, considere o seguinte contexto: você é o responsável pela implantação de medidas de conservação de energia na indústria em que trabalha e terá de elaborar um projeto técnico a ser apresentado para seu supervisor. Essa indústria é do ramo alimentício, produzindo vegetais congelados.

Nesse projeto, você deverá analisar como e onde ocorre o uso de energia elétrica e quais são seus desperdícios e, assim, propor medidas de conservação conforme às necessidades levantadas. As análises serão divididas em três etapas: a primeira consistirá na avaliação do uso da energia elétrica, indicando os equipamentos de maior consumo nos quais poderiam ser inseridas medidas para diminuir os desperdícios; a segunda será a proposta de medidas de conservação para iluminação, bombas de fluxo e ventiladores, caldeiras e fornos e/ou em motores elétricos; e a terceira, a introdução de medidas de conservação energética para compressores e sistemas de ar comprimido, transformadores, sistemas de refrigeração e condicionadores de ar. O compilado dessa abordagem específica em cada etapa vai compor o relatório final do projeto.

No decorrer dessa unidade, vamos nos aprofundar nos assuntos referentes a essa entrega e dar uma visão de como ela poderia ser replicada em setores distintos. Isso posto, esperamos que você tenha bons estudos e faça um ótimo trabalho nesta unidade!

Seção 3.1

Uso de energia em diferentes setores

Diálogo aberto

A análise do uso da energia elétrica em qualquer setor de aplicação é muito importante para que se possa implantar ações de conservação de energia. Para que você, aluno, compreenda esses mecanismos de eficiência energética, juntamente com a aplicabilidade dos equipamentos em cada segmento, é necessário se colocar dentro do cenário proposto no 'Convite ao estudo' desta unidade.

Ressaltando, vamos considerar que você é o responsável pela implantação de medidas de conservação de energia na indústria em que trabalha e deverá elaborar um projeto técnico prévio para apresentar para seu supervisor. Você precisa analisar o padrão de consumo de energia de sua empresa, identificando os principais focos de desperdícios que ela apresenta, para, então, propor ações que reduzam a ineficiência, gerando economia financeira e ambiental.

Na primeira parte desse projeto, que será realizada nesta seção, você vai analisar como a energia elétrica é utilizada dentro da indústria, destacando os equipamentos que mais consomem energia e que poderiam ser foco de medidas de conservação e redução de desperdícios. Sua análise vai compor a primeira etapa do relatório final, que deverá ser entregue ao término do projeto.

A indústria é do ramo alimentício e beneficia vegetais, sendo seu produto final vegetais congelados e embalados para o consumo. Considere que a indústria tem diversas lâmpadas para iluminação, ventiladores e ar-condicionados, alguns motores e transformadores e diversos refrigeradores para congelamento dos alimentos. Para elaborar essa parte do projeto, é importante responder alguns questionamentos: quais são os equipamentos que mais consomem energia nessa indústria? Onde e como ocorrem os grandes desperdícios energéticos? Quais são os equipamentos que apresentam maior desperdício? Qual equipamento você priorizaria para implantar medidas de eficiência energética e redução de desperdícios? Considere o que mais poderia ser feito para gerar economia com menores intervenções em uma análise inicial.

Para solucionar esse problema, você vai estudar, nesta seção, as características de consumo de cada setor, incluindo o setor industrial, e conhecerá alguns dos programas de eficiência energética já introduzidos no país.

Bom estudo e excelente trabalho!

Não pode faltar

O consumo crescente de energia é um reflexo na melhoria da qualidade de vida da população e indica desenvolvimento econômico. Quanto maior for o uso de energia em setores como indústria, comércio e serviço, maior é o ritmo de produção e de atividade desses segmentos. Da mesma forma, no setor residencial, essa elevação está diretamente relacionada à capacidade de se adquirir novos bens ou tecnologias mais modernas.

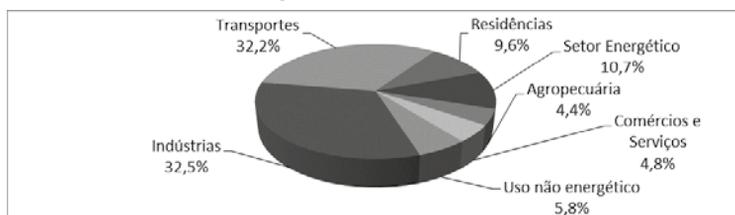


Assimile

O termo 'energia' costuma causar algumas interpretações equivocadas, principalmente quando utilizado em temáticas específicas, como 'conservação de energia' ou 'fonte de energia'. É normal que se associe o termo à eletricidade, entretanto, a energia elétrica é apenas uma das formas de energia existentes. Energia é o nome dado à capacidade de um corpo realizar trabalho, ou seja, qualquer ação que resulte em movimento, variação de temperatura ou transmissão de ondas. São exemplos de energia: energia mecânica, energia química, energia térmica, energia nuclear. As fontes de energia são divididas em duas categorias: as renováveis, nas quais as fontes primárias são oriundas de recursos naturais que se autorreestabelecem (chamadas fontes inesgotáveis); e as não renováveis, cujo recurso energético não apresenta regeneração em prazo útil.

No Brasil, de acordo com os dados do Balanço Energético Nacional de 2015 (BRASIL, 2016), a indústria e o setor de transportes correm lado a lado na disputa pelo maior consumo de energia elétrica. Estima-se que os dois setores juntos representem 64% de todo o uso de energia no país, restando 36%, que são distribuídos pelos demais segmentos, conforme demonstrado no Gráfico 3.1.

Gráfico 3.1 | Consumo de energia no Brasil (2015)



Fonte: adaptado de Brasil (2016, p. 23).

Esses índices, no entanto, vêm mudando. A variação do consumo tanto das indústrias quanto no setor de transporte apresentou queda do ano de 2014 para o ano de 2015, enquanto os demais segmentos continuaram com consumo em ascensão (BRASIL, 2016).

O **setor de comércio e serviços** é um bom exemplo de setor em constante crescimento de consumo no país, que se deve, principalmente, aos sistemas de iluminação, processos de refrigeração e sistemas de condicionamento de ar. Esse aumento, entretanto, gera maiores gastos e representa uma parcela significativa das despesas totais de uma empresa. A empresa, a fim de evitar a redução de sua lucratividade, repassa o valor ao consumidor, aumentando os preços de seu produto e/ou serviço (SEBRAE, 2015).

Os setores comerciais e de serviço possuem grande potencial de redução de consumo de energia. Essa redução pode ser feita por meio de medidas de gerenciamento de instalação, pela substituição de equipamentos "ultrapassados" por tecnologias mais eficientes e por meio de alterações de características arquitetônicas da estrutura física. Além disso, medidas instantâneas de melhores práticas dos usuários e rotinas de trabalho também contribuem (SEBRAE, 2015).

No **setor residencial**, o consumo tem valor significativo em relação à parcela total. Seu perfil de consumo está atrelado às variações do PIB per capita, ao número de domicílios e ao perfil de posse de equipamentos (ECONOMIA & ENERGIA, 2005). A quantidade de equipamentos no mercado buscando atender às mais variadas necessidades e exigências da população, juntamente com às facilidades de compra, fizeram com que os hábitos domésticos fossem alterados, elevando o uso de dispositivos elétricos e, conseqüentemente, o consumo de energia elétrica. Estima-se que o aumento nas últimas quatro décadas foi superior a 166% no setor (FURLANETTO; POSSAMAI, 2001).

O aumento exacerbado do consumo residencial demonstra a necessidade de intensificar as medidas de conscientização do uso da energia elétrica à população. No Brasil, há dois grandes programas que buscam realizar o levantamento de dados de padrão de consumo nesse segmento, a fim de traçar o perfil dos usuários e encontrar maneiras de facilitar o uso consciente da energia, são eles: o Programa Nacional de Combate ao Desperdício/Instituto Nacional de Metrologia (PROCEL/INMETRO) e o Centro de Pesquisa em Energia Elétrica (CEPEL).



Assimile

O PROCEL foi criado com o objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica por meio de dois principais mecanismos: Selo PROCEL de Economia de Energia e Programa Brasileiro de Etiquetagem. O Selo PROCEL de Economia de Energia premia anualmente os produtos nacionais com melhores índices de eficiência energética em cada categoria. O Programa Brasileiro de Etiquetagem é responsável por identificar equipamentos, nacionais ou não, que tenham características eficientes.

O uso de eletrodomésticos nesse setor é dividido em duas classes opostas: uso necessário e uso desperdiçado. Considera-se como uso necessário aquele no qual o equipamento é empregado em sua funcionalidade pelo período de tempo adequado, ou seja, o uso ocorre apenas quando é indispensável e de forma precisa. Já o uso desperdiçado ocorre quando o equipamento ultrapassa o tempo adequado de utilização ou é empregado em ações que não necessitariam de seu uso (FURLANETTO; POSSAMAI, 2001).



Exemplificando

Um exemplo de uso necessário de energia corresponde à utilização de iluminação durante a noite apenas no período no qual as pessoas se encontram no ambiente em questão. Já para o uso desperdiçado de energia, podemos citar a utilização dessa iluminação em ambientes sem a presença de indivíduos ou durante períodos de iluminação solar suficiente para atender às necessidades locais.

A forma como os equipamentos residenciais são utilizados interfere diretamente no perfil de consumo formado. É importante, então, conhecer os hábitos diários desse consumo, buscando

estratégias pontuais para gerar economia e eficiência energética. No Brasil, há um padrão de consumo residencial em relação ao uso dos eletrodomésticos, com pequenas variações de um estado para outro devido principalmente a fatores climáticos e socioculturais. Os principais vilões do consumo residencial, em ordem de grandeza, são: chuveiros elétricos, geladeiras e *freezers*, iluminação e sistema de refrigeração de ambiente. Esses itens juntos representam mais de 70% do consumo mensal de energia elétrica (FURLANETTO; POSSAMAI, 2001).

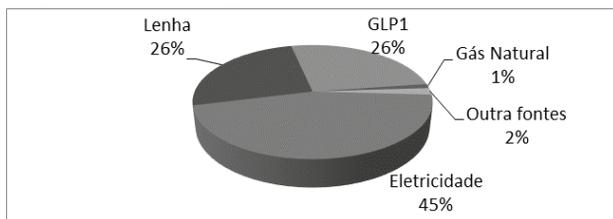


Refleta

Há diversas práticas sustentáveis e medidas simples de serem aplicadas que podem diminuir ou até mesmo evitar o desperdício de energia nas residências. Reflita! Como são seus hábitos domésticos? Você apresenta consumo necessário ou consumo desperdiçado? Quais medidas você poderia adotar para reduzir o consumo de sua residência? Que outras alterações poderiam deixar o padrão da sua casa mais eficiente?

O consumo de eletricidade é facilmente identificável por meio desses padrões de utilização de eletrodoméstico. Entretanto, outras formas de energia são frequentemente utilizadas no setor residencial, como ilustra o Gráfico 3.2.

Gráfico 3.2 | Consumo de energia no setor residencial (2015)



¹ Gás Liquefeito de Petróleo

Fonte: Brasil (2016, p. 30).

O consumo energético residencial ocorre majoritariamente de fontes renováveis (61%). Além disso, percebe-se que, mesmo com um elevado consumo de energia elétrica no setor, o uso de outras formas de energia (lenha e GLP) também apresenta grande relevância no segmento, em que são empregadas, principalmente, em processos de cocção e aquecimento de água (BRASIL, 2010).

O **setor de transporte**, como visto anteriormente, é o segundo maior consumidor de energia no Brasil (Gráfico 3.1). A fonte primária

mais consumida nesse segmento é o óleo diesel, seguido pela gasolina automotiva, etanol, querosene de aviação, gás natural e, por fim, o óleo combustível (BRASIL, 2014).

O tipo de combustível utilizado está diretamente relacionado à conjuntura dos transportes no país. O modal rodoviário é o mais empregado em todo território, sendo responsável por mais de 90% do consumo energético do setor (BRASIL, 2014).

No que se refere à eficiência de energia, esse setor apresenta dificuldade de monitoramento, isso porque envolve muitos parâmetros com análise evolutiva, entre eles, pode-se citar o consumo específico [km/L], que varia de acordo com o tipo de veículo e com a tecnologia empregada. Além disso, fatores como potência do motor, frequência de manutenção, tráfego das vias, tipo de estrada e forma de dirigir, também interferem no resultado final (BRASIL, 2014).

Pesquise mais

Em 2008, foi lançado o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV), um dos programas de eficiência energética introduzidos no setor de transporte e que tem por finalidade auxiliar o consumidor na escolha da opção mais eficiente. Entenda como funcionam esse e outros mecanismos de incentivo à eficiência energética com a leitura de: Programa de Eficiência Energética. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 1 jun. 2017.

O elevado consumo dessa categoria demonstra desenvolvimento econômico, mas requer cautela e melhorias nos sistemas de monitoramento e no estímulo de políticas energéticas eficientes. Na conjuntura atual, há alguns programas que impulsionam essas práticas eficientes, como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT).

O **setor agropecuário** é considerado como um dos segmentos que mais explora energias não renováveis. Seu consumo de energia é basicamente dividido em três fontes: óleo diesel (57%), lenha (26%) e eletricidade (16%), com a energia elétrica sendo a fonte com maior ritmo de crescimento de utilização nos últimos 10 anos (BRASIL, 2010).

O óleo diesel encontra-se como principal fonte desse segmento devido ao seu uso em frotas de máquinas agrícolas do setor. O consumo de lenha ocorre, em suma, para realizar a secagem de grãos

nas produções agrícolas e para aquecimento nas atividades pecuárias. A eletricidade, por sua vez, é utilizada nos sistemas de irrigação e nos sistemas de refrigeração (BRASIL, 2014).

A energia utilizada nesse setor pode ser dividida então em dois grandes grupos: a energia direta e a indireta. A energia direta trata do insumo necessário para produção (diesel, lubrificantes e eletricidade), e a indireta, por outro lado, refere-se à energia necessária para realizar o processo produtivo, mas que não é convertida em unidade de energia (máquinas, fertilizantes e pesticidas) (AZEVEDO; MALAFAIA; CAMARGO, 2007).

A grande necessidade de máquinas intensivas no setor faz com que o consumo de petróleo seja elevado. O afastamento dessa área dos grandes centros consumidores também acarreta dificuldade de suprimento de eletricidade pelas concessionárias de distribuição de energia, intensificando a aplicação de combustíveis fósseis para o seu suprimento.

As maiores dificuldades encontradas pelas concessionárias para atender ao setor estão vinculadas à sua dispersão geográfica. Isso faz com que seja necessário um grande investimento nas redes físicas para atender a uma parcela muito pequena de consumidores. Além disso, a construção de linhas de transmissão muito longas dificulta os processos de operação, manutenção e controle da qualidade da energia, gerando pouca atratividade financeira aos investidores.

Por muitos anos, a lenha foi a principal fonte de energia no meio rural, entretanto, percebe-se uma constante migração para fontes mais tecnológicas e modernas. Essa mudança da matriz energética intensificou o uso da eletricidade e do óleo diesel no setor, ocasionados, principalmente, pela automação de seus processos produtivos (AZEVEDO; MALAFAIA; CAMARGO, 2007).

Os equipamentos eletrorurais ainda carecem de estudos e precificações, há pouca informação sobre o consumo de energia elétrica e a produção específica desses maquinários, dificultando a caracterização da sua eficiência. O comércio desses equipamentos ocorre, muitas vezes, sem a apresentação de informações relevantes para seu bom funcionamento e operacionalização, gerando mau dimensionamento do conjunto máquina-motor e, por consequência, o desperdício de energia.

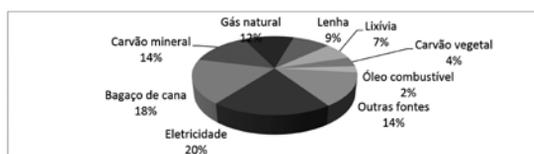
A Lei de Eficiência Energética busca que os fabricantes desses

maquinários forneçam todas as informações necessárias quanto ao seu funcionamento na tentativa de minimizar problemas como o superdimensionamento. Assim, ao atender a essas prerrogativas, espera-se que os equipamentos apresentem produção por unidade de energia consumida mais eficiente e otimizada (PEREIRA et al., 2002).

Por fim, **o setor industrial** é o consumidor mais significativo diante dos demais segmentos do Brasil e de boa parte do mundo, sendo responsável pelo uso de cerca de um terço de toda a energia gerada no país (BRASIL, 2016).

O consumo de energia no setor apresenta grande diversificação, entretanto, a eletricidade é o principal insumo da indústria; com isso, a matriz energética é composta majoritariamente por fontes renováveis. Outras fontes, como o bagaço de cana e o carvão mineral, apresentam grande relevância dentro desse segmento, conforme mostra o Gráfico 3.3.

Gráfico 3.3 | Fontes do consumo de energia no setor industrial (2015)



Fonte: Brasil (2016, p. 27).

Entre as subdivisões energointensivas, aquelas que demandam elevada quantidade de energia no setor, a categoria de maior impacto é a siderurgia, respondendo por quase 40% do consumo total, seguida pela categoria de papel e celulose (23%); não ferrosos (16%); cimento (12%); mineração (7%); e ferro-ligas (4%) (BRASIL, 2014).

O setor de alimentos e bebidas não faz parte dos energointensivos, entretanto, de acordo com a Nota Técnica DEA 10/14, ele apresenta uma taxa de crescimento expressiva, cerca de 32% entre o ano de 2000 e 2010, em relação a outros cinco subsetores: têxtil, papel e celulose, química, minerais não metálicos (majoritariamente cimento) e metais primários. Com exceção da categoria química, todas as demais subdivisões apresentaram crescimento de consumo energético (BRASIL, 2014).

As principais fontes de energia nesse subsetor (alimentos e bebidas) são: lenha (39,4%), eletricidade (30,8%), óleo combustível (13,5%), gás natural (10,9%), GLP (1,6%), óleo diesel (1,6%), carvão a vapor (1,1%) e

outras fontes (1%). A energia gerada por elas é aplicada a seus usos finais conforme mostra a Tabela 3.1 (ROCHA; BAJAY; GORLA, 2010).

Tabela 3.1 | Energia utilizada no setor de alimentos e bebidas (2005)

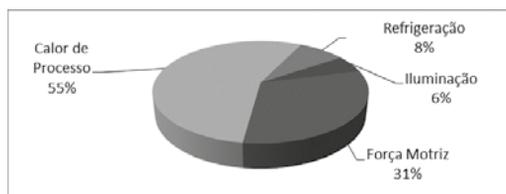
Usos finais	Alimentos e bebidas, excluindo a fabricação de açúcar			
	Energia final (Mil tep)	Energia útil (Mil tep)	Rendimento (%)	Percentual de utilização (%)
Força motriz	555,9	452,4	81,4	12,4
Calor de processo	1.944,7	1.598,2	82,2	43,3
Aquecimento direto	1.434,9	752,1	52,4	31,9
Refrigeração	484,7	362,6	74,8	10,8
Iluminação	58,5	14,0	24,0	1,3
Eletroquímica	9,7	0,0	0,0	0,2
Outros	4,4	4,4	100,0	0,1
Total	4.492,8	3.183,8	70,9	-

Fonte: adaptada de Rocha; Bajay; Gorla (2010, p. 38).

Na categoria 'força motriz', encaixam-se as operações de extrusão (pressurização mecânica), moagem, trituração, pulverização, mistura e separação. Em 'calor de processo', há os branqueamentos (imersão em vapor ou água para preservar ou descascar), cozimentos, destilação, evaporação, fritura, pasteurização, fermentação, aquecimento, esterilização e limpeza. Em 'aquecimento direto', encontram-se as atividades de assar, tostar, aquecer, secar e esterilizar. Em 'refrigeração', enquadram-se o resfriamento e congelamento por compressão mecânica de vapor, resfriamento sem refrigeração direta (usando convecção forçada de ar ou água), armazenamento refrigerado ou congelado e condicionamento de ar. Em 'iluminação', são elencadas as iluminações das instalações.

O uso final da energia varia dentro de cada subsetor, de acordo com sua destinação específica. Por exemplo, no caso do subsetor de alimentos e bebidas que beneficia alimentos congelados, o uso final é dado pelo Gráfico 3.4.

Gráfico 3.4 | Uso final de energia na indústria de alimentos congelados (2005)



Fonte: adaptado de Rocha; Bajay; Gorla (2010, p. 43).

Esses usos finais ainda podem ser classificados de acordo com suas fontes energéticas. O 'calor de processo' utiliza 16,8% de gás natural, 1,8% de carvão a vapor, 49,6% de lenha, 20,2% óleo combustível, 10,1% de eletricidade e 1,5 de outras fontes. A 'força motriz' utiliza 12% de óleo diesel, 4,3% de GLP, 83% de eletricidade. A refrigeração utiliza 4,3% de óleo combustível e 95,7% de eletricidade. E a iluminação utiliza 100% de eletricidade (ROCHA; BAJAY; GORLA, 2010).

Com relação à eficiência energética, a avaliação do setor representa um processo dispendioso, englobando análises separadas para cada subsetor e suas tecnologias empregadas. A avaliação de cada equipamento utilizado tem papel primordial para elevação do rendimento. Busca-se identificar os pontos que apresentam maior desperdício ou contenham alguma falha para poder corrigir o problema ou substituir o equipamento ou componente, deixando o processo mais otimizado. A substituição de tecnologias antigas por novas pode reduzir até 35% da energia consumida.

A refrigeração, além de contar com a energia elétrica como principal insumo, possui mais um ponto de atenção que diz respeito ao seu tempo de utilização. Na maioria das suas aplicações, ela é considerada como aplicação de consumo ininterrupto. Nesse tipo de consumo, não é possível incluir medidas de adequação de tempo de uso, dessa forma, as manutenções e os monitoramentos devem ser intensificados, verificando as pressões e as temperaturas de cada equipamento. Com isso, qualquer funcionamento inadequado pode ser detectado e corrigido precocemente, evitando maiores desperdícios de energia.

Há técnicas de abordagem geral que levam a resultados aceitáveis no que diz respeito às avaliações energéticas. Esse mecanismo considera dois parâmetros: o consumo específico para os subsectores considerados homogêneos e intensidade energética para os considerados não homogêneos (BRASIL, 2010).



Assimile

Considera-se um subsetor homogêneo quando não há grande variação dos produtos gerados, como indústrias de cimento, ferro, papel e celulose. No subsetor heterogêneo, incluem-se as demais categorias que geram diversos produtos dentro de um só segmento, como alimentos e bebidas, têxtil, indústrias químicas.

Assim, os processos de eficiência energética, além de conhecerem seus equipamentos e identificarem aqueles com potenciais de redução de consumo e tecnologias ultrapassadas, precisam realizar inspeções frequentes, visando a operações corretivas nos equipamentos, principalmente os que apresentam consumo elevado e são utilizados de forma contínua.

Em 2003, foi introduzido o PROCEL – Indústria, subprograma da PROCEL, destinado exclusivamente para fins de conservação de energia elétrica na indústria. O programa busca otimizar os sistemas produtivos, principalmente os que envolvem instalações elétricas, instalações mecânicas, motores, acoplamentos e cargas acionadas (tendo em vista que esses representam o maior potencial de redução de perdas no setor). Entre as atividades desenvolvidas pelo programa, encontram-se: ferramentas computacionais e auditorias energéticas. Outra iniciativa federal para fomentar a eficiência energética no setor é o PROESCO (Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética), que trata de uma linha de crédito específica disponibilizada pelo BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social). Nota-se que, no país, existe uma tendência de dividir as estratégias de conservação dos energéticos, abordando os combustíveis e a eletricidade de maneira separada.

Todos os incentivos existentes para impulsionar a eficiência energética nesse setor representam um avanço significativo em relação à sustentabilidade, mas ainda não atingiram resultados expressivos, necessitando de maior apoio governamental. Fica claro que o segmento industrial não é a prioridade dos programas de eficiência energética, pois ainda requerem grandes ajustes a fim de estimular mais projetos industriais na área, resultando em ganhos econômicos e ambientais para a empresa e para a sociedade.

Sem medo de errar

Para iniciar o projeto proposto pela situação-problema contida no “Diálogo aberto” desta seção, nota-se a importância de se conhecer os padrões de consumo da empresa em que você trabalha. Dessa forma, você pode começar o projeto listando os principais equipamentos utilizados na empresa, as características de eficiência de cada um deles e o período de utilização.

A empresa é responsável pela fabricação de vegetais congelados

e conta com sistema de iluminação, sistema de condicionamento do ambiente, motores, transformadores e diversos refrigeradores para congelamento dos alimentos. O próximo passo é listar todos os equipamentos envolvidos nos processos produtivos dessa indústria, identificando quanto tempo de uso é empregado diariamente em cada item e, por fim, verificar qual é o consumo médio do equipamento.

Assim, analisando as diversas áreas de consumo dessa indústria e fazendo os levantamentos pertinentes, é possível concluir que os equipamentos que mais consomem energia elétrica são os englobados em 'refrigeração', incluindo o resfriamento e congelamento por compressão mecânica de vapor, resfriamento sem refrigeração direta (usando convecção forçada de ar ou água), armazenamento refrigerado ou congelado e condicionamento de ar.

Identificados os principais vilões do consumo de eletricidade, faz-se necessário verificar como seu uso está sendo empregado, se a aplicação ocorre de forma necessária ou desperdiçada. Essa análise resultará na primeira medida de eficiência energética que pode ser adotada pela empresa, que seria regular o uso e a intensidade desses equipamentos para que sejam empregados em condições otimizadas.

Outro estudo importante diz respeito à substituição de tecnologia. Alguns equipamentos, principalmente os mais antigos, utilizam uma tecnologia ultrapassada, que geralmente consome muito mais energia do que os equipamentos modernos. Um estudo de viabilidade nesse sentido é relevante, visto que o gasto necessário para substituição de equipamentos antigos por novos, em muitos casos, acaba sendo economicamente viável, levando em consideração a economia de energia gerada, como é o caso dos sistemas de iluminação.

Um ponto que precisa de uma atenção ainda maior nesse projeto diz respeito aos equipamentos de consumo ininterruptos. Nesse projeto, as câmaras frias e os refrigeradores devem ser priorizados. Como esses maquinários não podem aderir a mecanismos de adequação ao tempo de utilização, uma vez que seu uso é contínuo, é importante que se recomende uma manutenção frequente, em que sejam verificadas as pressões e as temperaturas de cada equipamento. Assim, permite-se que qualquer mau funcionamento seja detectado e corrigido precocemente, evitando um desperdício de energia maior.

Dessa maneira, realizando o levantamento dos equipamentos e o consumo de cada um deles, identificando os potenciais usos

desperdiçados e readequando seu padrão de utilização, substituindo tecnologias antigas por novas mais eficientes (quando se apresentarem economicamente viáveis) e realizando manutenções e ações corretivas nos equipamentos, principalmente os de alto consumo e uso contínuo, tem-se a primeira entrega do projeto de eficiência energética dessa indústria.

Avançando na prática

Medidas de eficiência energética no setor residencial

Descrição da situação-problema

Você, como especialista em eficiência energética e conservação de energia, foi contratado agora para dar uma consultoria a um grupo de consumidores residenciais que moram em um mesmo condomínio horizontal. Eles estão insatisfeitos com os gastos mensais com energia elétrica e estão buscando mecanismos para reduzirem seu consumo e, conseqüentemente, diminuir seus gastos. Dessa forma, eles esperam que, nessa consultoria, você explique de que maneira eles poderiam tornar mais econômico o consumo de energia em suas residências, sem que, para isso, tenham de abrir mão do conforto e da qualidade de vida. Quais possíveis medidas você poderia propor a esses consumidores?

Assuma que os condôminos já responderam a um questionário preliminar, solicitado por você. As principais perguntas respondidas foram: (1) número de moradores na residência; (2) rotina de trabalho – quantas horas médias diária cada morador fica na residência; (3) número de cômodos; e (4) quantidade de equipamentos notórios, como: chuveiros, ares-condicionados, aquecedores, torneiras elétricas, máquinas de lavar e secar, ferro de passar roupa, televisores e fornos.

Resolução da situação-problema

Realizado o levantamento e conhecendo o padrão de consumo dos envolvidos na consultoria, podem-se propor medidas que reduzam o desperdício de energia ou tornem a residência mais eficiente. As primeiras coordenadas possíveis de serem dadas tratam-se de melhores práticas de consumo, que basicamente consistem em: desligar as luzes ao sair dos cômodos, utilizar

iluminação artificial apenas nos casos em que a iluminação natural não seja suficiente, evitar banhos longos, programar os equipamentos condicionadores de ambiente para opções de 'sleep', desligar qualquer eletrônico quando não for mais utilizá-lo e não deixar carregadores na tomada após o uso.

Outras medidas possíveis de serem propostas na consultoria incluem a troca de lâmpadas antigas por lâmpadas de alta eficiência, assim como a substituição de equipamentos de tecnologia ultrapassada e pouco eficientes, por novos que apresentem a etiqueta dada pelo PROCEL com índice A. Além de mudanças arquitetônicas na estrutura física do imóvel, permitindo maior aproveitamento da iluminação natural por meio de aberturas estratégicas e conservando a temperatura ambiente por mais tempo por meio de mantas térmicas ou estruturas similares.

Faça valer a pena

1. O consumo crescente e desenfreado é uma característica da sociedade moderna que retrata o desenvolvimento do país, entretanto, a exploração das fontes energéticas não acompanha essa curva de ascensão, exigindo cada vez mais medidas de conservação e conscientização do consumo. Qual das alternativas a seguir apresenta uma medida de conservação de energia?

- a) Uso de lâmpadas com alto consumo de energia, em períodos adequados.
- b) Substituição de fontes convencionais por fontes não renováveis.
- c) Troca de aparelhos antigos, pouco eficientes, por novos que apresentem etiquetagem PROCEL.
- d) Diminuição do uso de aparelhos eletrônicos, mesmo quando é considerado um caso de necessidade e conforto.
- e) Escolha de equipamentos sem preocupação com dimensionamento adequado.

2. Leia o trecho da notícia a seguir, publicada em 3 de março de 2017, pelo site G1 – Economia. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/consumo-de-energia-eletrica-cresce-28-em-janeiro.ghtml>>. Acesso em: 4 jun. 2017.

“O consumo de eletricidade na rede elétrica nacional totalizou 39.308 GWh (gigawatts-hora) em janeiro, correspondendo a 2,8% de aumento em relação a igual mês do ano anterior.”

Qual das alternativas apresenta uma das causas do aumento do consumo de energia?

- a) Uso consciente de energia nos mais variados setores.
- b) Introdução de programas de eficiência energética, a exemplo do PROCEL.
- c) Escolha de equipamentos mais modernos.
- d) Consumo de insumos necessários.
- e) Automação dos processos industriais.

3. Sobre o uso da energia nos diferentes setores, analise as afirmativas a seguir:

I – O setor residencial não corresponde à maior parcela de consumo do país, entretanto, a maior parte dos programas de eficiência implantados são destinados a esse setor.

II – O setor de transporte é caracterizado por um elevado crescimento de consumo, mas apresenta grande dificuldade de mensuração quanto à sua eficiência energética e ao monitoramento de suas grandezas.

III – O setor industrial corresponde à maior parcela de consumo no Brasil, mas os programas de eficiência nessa área são quase inexistentes, uma vez que o PROCEL – Indústria foi suficiente para conter o crescimento do uso de energia.

IV – O setor agropecuário é o segmento que menos requer medidas emergenciais para contenção do consumo, uma vez que sua matriz energética é majoritariamente não renovável.

Assinale a alternativa que apresenta apenas as afirmações verdadeiras.

- a) Apenas a I está correta.
- b) Apenas a II está correta.
- c) Apenas a I e II estão corretas.
- d) Apenas I, II e III estão corretas.
- e) Apenas I, II e IV estão corretas.

Seção 3.2

Eficiência energética aplicada a equipamentos I

Diálogo aberto

Os equipamentos elétricos possuem diversas oportunidades de melhoria no desempenho visando ao maior rendimento e conservação de energia, independentemente da sua finalidade ou do setor em que é empregado. Você já pensou como tornar os equipamentos que utiliza mais eficientes ou como escolhê-los? Nesta segunda seção, vamos nos dedicar ao estudo da eficiência energética de alguns equipamentos e de seus sistemas.

Para colocar em prática o conhecimento, vamos retomar a situação do 'Convite ao estudo', no qual você é o responsável pela implantação de medidas de conservação de energia na indústria em que trabalha. Sabe-se que tornar os equipamentos de uma indústria mais eficientes é um ponto-chave para o uso racional de energia e redução de custos. Assim, você deverá dar continuidade ao projeto técnico que iniciou na seção anterior e que precisa ser apresentado ao seu supervisor.

Nessa segunda parte, depois de finalizada a análise do uso de energia empregado na indústria, você precisa propor medidas de conservação para iluminação, bombas de fluxo e ventiladores e em motores, conforme os equipamentos existentes na empresa em que trabalha.

Lembre-se de que a indústria é do ramo de alimentação e beneficia vegetais, sendo seus produtos vegetais congelados e embalados para venda ao consumidor final. Ela conta com diversas lâmpadas para iluminação, ventiladores e ares-condicionados, alguns motores e transformadores, além de diversos refrigeradores para congelamento dos alimentos.

Assim, quais as medidas de eficiência energética que podem ser implantadas com relação à iluminação? Como é possível melhorar o rendimento de bombas de fluxo ou ventiladores? Como diminuir as perdas elétricas dos motores de indução trifásicos? Quais critérios deveriam ser aplicados?

Para solucionar essa etapa do problema, você vai estudar, nesta seção, as possibilidades de economia de energia nesses equipamentos.

Bom estudo e excelente trabalho!

Não pode faltar

Os equipamentos elétricos, nas suas mais variáveis aplicações de uso finais, possuem diversas oportunidades de economia de energia, utilizando materiais e técnicas eficientes. Vamos tratar de alguns desses sistemas, como: iluminação, bombas de fluxo, ventiladores, caldeiras, fornos e motores de indução.

Diz-se que um equipamento é eficiente quando transforma a menor quantidade de energia possível em máxima quantidade de trabalho. Nos sistemas de iluminação, essa eficiência diz respeito à quantidade de energia necessária para produzir luz visível, expressa em lúmen/watt (lm/W). A quantidade de iluminação gerada, entretanto, não deve ser inferior aos limites de conforto e qualidade para o desenvolvimento de tarefas visuais (ALVES, 2008).

Um **sistema de iluminação**, para ser eficiente energeticamente, precisa de um bom projeto luminotécnico, todavia, é muito comum encontrar projetos instalados que não obedecem às normativas vigentes, fazendo com que a carga instalada seja muito maior que a necessária, acarretando um consumo também maior. Outras características em desconformidade dizem respeito a práticas ruins de uso da iluminação e utilização de equipamentos de baixa eficiência. Quando há identificação de projetos luminotécnicos mal dimensionados, é importante que se refaça o projeto de iluminação com um dimensionamento adequado, a fim de corrigir as falhas nesse aspecto (VARGAS; MESTRIA, 2015).



Assimile

Projeto luminotécnico consiste na definição do sistema de iluminação mais adequado para cada ambiente e/ou setor de aplicação, abrangendo o tipo de material a ser empregado (lâmpadas e luminárias), quantidade de equipamentos para atingir as normas mínimas vigentes em relação ao fluxo luminoso e locais onde deverão ser instalados esses aparelhos. Há dois métodos para realizar essas definições: método do ponto a ponto e método dos lúmens.

Para se obter um sistema eficiente, é preciso, em suma, minimizar duas variáveis: o tempo de uso e a potência instalada. Para diminuir o tempo de uso de sistemas de iluminação, deve-se buscar o maior aproveitamento da iluminação natural e evitar o mau uso da iluminação artificial, por exemplo, não mantendo lâmpadas acesas em ambientes sem circulação de pessoas. Já a minimização da potência instalada é alcançada por meio de lâmpadas com tecnologias mais eficientes, assim como uma frequente manutenção dos equipamentos (ALVES, 2008).

Os projetos luminotécnicos eficientes buscam encontrar o tipo de lâmpada mais adequado ao padrão de consumo do usuário final. É preciso determinar a tensão de operação, a potência e o fator de potência adequado para cada consumidor, o que pode variar de acordo com o modelo da lâmpada, do reator e até da luminária. Além disso, é necessário considerar também o fluxo luminoso e o fator de eficácia (CAPELLI, 2013).



Exemplificando

O fator de fluxo luminoso (FFL) reflete a potência efetiva emitida em forma de luz pela lâmpada, e esse índice varia entre 0,8 e 1,2. Para compreender melhor, imagine que uma lâmpada qualquer tem potência nominal de 50 W e produza um fluxo luminoso de 2.700 lúmens; quando essa lâmpada for acoplada ao reator com FFL = 1,2, a totalidade luminosa emitida será equivalente ao produto desse fator pela luminosidade da lâmpada, ou seja, $1,2 \times 2.700 = 3.240$ lúmens. Note que, se a mesma lâmpada fosse ligada a um reator de baixo fator de fluxo luminoso, por exemplo, FFL = 0,8, a luminosidade total seria inferior à da lâmpada, uma vez que $0,8 \times 2.700 = 2.160$ lúmens.

Quanto maior o FFL, maior é a sua capacidade de iluminação, além disso, a vida útil da lâmpada é reduzida (CAPELLI, 2013).

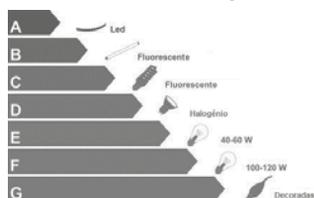
A escolha da lâmpada adequada, do ponto de vista da eficiência energética, é uma das tarefas mais importantes dentro do projeto luminotécnico. As lâmpadas incandescentes ilustram um bom exemplo de aplicação ineficiente. Elas foram, por muito tempo, as mais utilizadas em ambientes residenciais, porém, sua eficiência luminosa é tão baixa que foi preciso proibir sua venda no Brasil, no início de 2016, por meio da Portaria Interministerial 1.007/2010. Essa medida compõe uma das políticas públicas que busca diminuir o desperdício

de energia elétrica em todo país. A baixa eficiência desse modelo se deve a grande parte da energia consumida ser transformada em calor (cerca de 85%) e só o excedente em forma de luz (VARGAS; MESTRIA, 2015).

É possível utilizar os mais distintos tipos de lâmpadas em projetos luminotécnicos, desde que na proporção adequada para atingir os níveis mínimos de iluminância exigidos pelas normas de iluminação de cada setor. Deve-se, então, escolher, entre as opções, a que satisfaça as exigências com a melhor eficiência energética, como veremos a seguir.

As lâmpadas incandescentes comuns não exigem equipamentos auxiliares, apresentam excelente reprodução de cores, mas são pouco eficientes e têm baixa durabilidade (1.000 horas em média). As incandescentes halógenas possuem tamanhos variados, baixa eficiência (embora superior às incandescentes comuns) e durabilidade de cerca de 2.000 horas. As lâmpadas fluorescentes têm boa eficiência luminosa e vida útil moderada (entre 7.500 a 20.000 horas), entretanto, necessitam de reatores e *starters* (partidas convencionais) auxiliares. As fluorescentes compactas utilizam o mesmo bocal das lâmpadas incandescentes, mas com eficiência muito superior a elas, necessitando apenas de reator auxiliar, e possuem durabilidade entre 3.000 e 12.000 horas. As lâmpadas chamadas mistas apresentam desempenho moderado (reprodução de cores, durabilidade, eficiência luminosa) e não exigem equipamentos auxiliares. As lâmpadas de vapor de mercúrio exigem o uso de reatores, têm reprodução de cores em nível médio, média durabilidade (12.000 a 24.000 horas) e boa eficiência. A de vapor metálico possui grande variação em relação à sua vida útil (3.000 a 20.000 horas), exige o uso de reatores e tem bom desempenho na reprodução de cores e na eficiência luminosa. As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão exigem o uso de reatores e ignitores, entretanto, apresentam boa reprodução de cores, alta eficiência e elevada durabilidade (12.000 a 55.000 horas). Por fim, as lâmpadas LED, popularmente conhecidas pelo seu alto rendimento energético, possuem boa reprodução de cores e durabilidade (25.000 a 50.000 horas), todavia, o custo de investimento também é elevado (VIANA et al., 2012). A relação de eficiência entre algumas dessas lâmpadas é demonstrada pela Figura 3.1.

Figura 3.1 | Comparativo da eficiência energética entre as lâmpadas



Fonte: <<http://www.energia.pt/pt/iluminacao-led>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

Pesquise mais

Para conhecer mais características de cada um dos modelos de lâmpadas, leia o capítulo 6 do Livro de Viana et al. (2012).

VIANA, Augusto Nelson Carvalho et al. **Eficiência energética: fundamentos e aplicações**. Campinas: Elektro: Universidade Federal de Itajubá: Excen: Fupai, 2012. Disponível em: <https://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientiza%C3%A7%C3%A3o%20Energ%C3%A9tica/Livro_Eficiencia_Energetica.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2017.

Existem, no entanto, boas práticas que podem auxiliar na eficiência energética de sistemas de iluminação, independentemente da lâmpada escolhida para utilização. São elas: (1) instalar sensores de presença; (2) utilizar a quantidade de iluminância necessária para espaço de uso; (3) evitar o uso de difusores e grades de efeito decorativos que diminuem a iluminação; (4) setorizar ambientes, possibilitando manter as luzes de locais em desuso desligadas; (5) desligar as lâmpadas ao se retirar dos ambientes; (6) usar cores claras nas paredes e no teto; (7) limpar lâmpadas e luminárias com frequência; (8) aproveitar a iluminação natural; (9) utilizar telhas translúcidas; e (10) usar as luminárias na menor altura possível (CAPELLI, 2013).

O programa de eficiência de iluminação mais popular no Brasil é o Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes (PROCEL RELUZ), desenvolvido pela Eletrobrás e pelo Ministério de Minas e Energia, e implantado pelas concessionárias de energia e prefeituras. O objetivo é tornar mais eficiente os sistemas de iluminação pública e a sinalização de semáforos (BRASIL, 2017).

As **bombas de fluxo e os ventiladores**, por sua vez, compõem sistemas empregados principalmente no setor industrial. São máquinas tipicamente rotativas, de variação constante, em que

o grande desperdício energético está justamente nas artimanhas para realizar a variação de vazão nesses equipamentos, o que é normalmente vinculado à utilização de válvulas que aumentam a pressão nas bombas ou ventiladores, ocasionando perdas sistêmicas (VIANA et al., 2012).

As bombas de fluxo são compostas por um rotor de número de pás variado, determinado de acordo com a finalidade de cada máquina, responsável por movimentar os fluidos líquidos contidos nelas. Já os ventiladores se dedicam aos fluidos no estado gasoso. Os modelos de bombas de fluxo e ventiladores se diferenciam pela forma na qual o rotor cede energia ao fluido ou pela forma como este passa pelo rotor (VIANA et al., 2012).

A eficiência energética nesses equipamentos pode ser associada ao rendimento de seus motores (η_{el}), acoplamentos (η_{ac}), da própria bomba ou ventilador ($\eta_{b(v)}$) e do conjunto moto-bomba ou moto-ventilador ($\eta_{mb(v)}$), dado pelas equações a seguir, em que P_{em} é a potência do eixo do motor [kW], P_{el} é a potência elétrica [kW], $P_{eb(v)}$ é a potência do eixo da bomba ou ventilador [kW] e P_h é a potência hidráulica da bomba ou ventilador [kW].

$$\eta_{el} = \frac{P_{em}}{P_{el}}$$

$$\eta_{ac} = \frac{P_{eb(v)}}{P_{em}}$$

$$\eta_{b(v)} = \frac{P_h}{P_{eb(v)}}$$

$$\eta_{mb(v)} = \frac{P_h}{P_{el}}$$

Para obter uma maior conservação de energia, busca-se maximizar esses rendimentos. Uma das recomendações é que se utilize, sempre que possível, o acoplamento direto, uma vez que esse tipo de acoplamento apresenta 100% de rendimento e faz com que o grupo moto-bomba ou moto-ventilador também gere um rendimento superior. É importante também que o motor tenha seu dimensionamento feito de forma adequada, evitando que haja um consumo operacional superior ao necessário (VIANA et al., 2012).

Caldeiras e fornos são equipamentos muito comuns no setor industrial, sua eficiência está relacionada ao uso racional da energia

térmica. Sistemas térmicos apresentam perdas elevadas e alto índice de desperdício de energia, assim, requerem um bom dimensionamento, além de operação e manutenção criteriosos. Sendo \dot{Q}_u o calor útil [kW] e \dot{Q}_f o calor fornecido pelo combustível [kW], a eficiência térmica (η) é dada a pela seguinte equação (VIANA et al., 2012):

$$\eta = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_f}$$

As caldeiras, ou geradores de vapor, além de serem frequentemente utilizadas em indústrias, também são muito empregadas em centrais termelétricas para geração de energia elétrica. Sua principal finalidade consiste em produzir vapor de água ou aquecer fluidos térmicos por meio de energia elétrica ou combustíveis (ELEKTRO, 2009).

As caldeiras elétricas possuem construção simplista, constituída por um vaso de pressão responsável por aquecer a água por meio de eletrodos ou resistências. Sua eficiência energética é superior a 95%, entretanto, o custo de operação elevado desses modelos inviabiliza, na maioria dos casos, sua aplicação diante dos modelos que utilizam combustíveis (ELEKTRO, 2009).

As caldeiras a combustível, as mais utilizadas no cenário atual, geram vapor por meio da queima de combustível. Elas são formadas por três partes principais: (1) fornalha – na qual ocorre a queima do combustível; (2) câmara de água – na qual se localiza a água a ser aquecida; e (3) câmara de vapor – na qual o vapor formado é armazenado (ELEKTRO, 2009).

Quando a câmara de água é disposta no interior do corpo da caldeira, chamada de “fundo úmido”, tem-se uma maior eficiência, uma vez que o maior volume de água contido nesses modelos torna a partida mais lenta (ELEKTRO, 2009).

A maneira mais prática de reduzir as perdas nas caldeiras é por meio de instalação de isolantes térmicos e materiais refratários (VIANA et al., 2012). Todavia, há outras medidas que auxiliam na economia de energia e são facilmente executadas, a saber: regulagem da combustão; controle da fuligem e das incrustações; monitoramento da eficiência; redução das perdas de calor; e pontos de operação.

A regulagem da combustão diz respeito ao ajuste da menor quantidade de ar que seja possível para realizar a combustão, uma vez

que, quanto maior a quantidade de ar presente no processo, menor é a eficiência da caldeira. O controle da fuligem e das incrustações é importante porque seu acúmulo no percurso dos gases dificulta a troca de calor e reduz a eficiência. O monitoramento é importante para detectar as principais causas de perdas de energia – temperatura elevada das chaminés e combustão incompleta – por meio de inspeção dos indicadores de eficiência de caldeiras: quantidade de dióxido de carbono e temperatura nos gases de exaustão. A redução das perdas de calor pode ser obtida com a manutenção das aberturas do equipamento. E, por fim, o ponto de operação das caldeiras deve ser mantido entre 80% e 90% da sua capacidade nominal, o que garante maior eficiência (ELEKTRO, 2009).

Os fornos são equipamentos responsáveis por aquecer materiais, a fim de atender a um determinado objetivo, por meio da transferência de calor ao material empregado, com a máxima eficiência, de forma uniforme e com segurança (VIANA et al., 2012). O rendimento térmico dos fornos é obtido pela energia absorvida pelo material em razão da energia consumida pela instalação (ELEKTRO, 2009).

Os fornos possuem duas fontes de energia térmica distintas: elétrica (resistência, indução eletromagnética e a arco elétrico) e combustível fóssil (gás e óleo) (VIANA et al., 2012). O rendimento dos fornos varia de 30% a 80%, dependendo das suas características construtivas.

Algumas ações podem ser implantadas em fornos elétricos, resultando em maior eficiência energética, como: (1) reduzir as interrupções dos processos, melhorando o aproveitamento do calor; (2) garantir boas condições aos refratários; e (3) controlar os programas de potência, regulando gradativamente a temperatura.

Em relação aos fornos a combustível, os mais utilizados são compostos por diversos equipamentos que efetuam a combustão do gás ou óleo para gerar energia. Esses equipamentos são chamados de combustores ou queimadores. A economia nesses fornos se deve a bons isolamentos térmicos, vedação adequada nas portas de carga e descarga e diminuição da temperatura dos gases de exaustão na chaminé (ELEKTRO, 2009).



Refleta

Os fornos a combustão podem ser altamente poluentes, e os programas de eficiência energética buscam sempre valorizar fonte de energia limpa. Reflita! Qual combustível você poderia utilizar nesses fornos a fim de diminuir os danos ao meio ambiente? Esse tipo de fonte de energia apresenta bons rendimentos?

Os **motores de indução trifásicos** são, em suma, conversores eletromecânicos que convertem a energia elétrica em energia mecânica ou a energia mecânica em energia elétrica, passando a se chamar gerador. Esses motores são altamente eficientes, entretanto, mesmo com o bom rendimento intrínseco a esses equipamentos, eles possuem grande potencial de conservação de energia. Isso porque há uma vasta gama de motores instalados no cenário atual, e boa parte deles é utilizada de forma ineficiente (VIANA et al., 2012).

Uma das práticas mais comuns de ineficiência em motores de indução está vinculada ao mau dimensionamento dos equipamentos, uma vez que são destinados a acionar cargas muito menores do que sua capacidade nominal, e isso faz com que gere um baixo fator de potência e, conseqüentemente, um baixo rendimento (VIANA et al., 2012).

A conversão de um tipo de energia para outro (elétrica para mecânica ou vice-versa) gera, naturalmente, um conjunto de perdas no interior do motor, sendo elas: perdas pelo efeito Joule (no estator e no rotor), perdas no ferro, perdas por atrito e ventilação e perdas por dispersão.

As perdas pelo efeito Joule ocorrem devido ao fluxo de corrente elétrica pelos enrolamentos do estator e/ou do rotor. As perdas de ferro são formadas pelas perdas oriundas da reconfiguração constante do campo magnético — chamadas de perdas por histereses — e pelas perdas de calor geradas pela corrente induzida no interior do material magnético — conhecidas como perdas de Foucault. As perdas por atrito e ventilação são decorrentes do contato entre os rolamentos da máquina, da arquitetura irregular do rotor e do ventilador em si, quando instalado na ponta do eixo. Por fim, as perdas por dispersão correspondem a todas as demais perdas não englobadas nos itens anteriores, que, em geral, crescem com o carregamento da máquina de indução (VIANA et al., 2012).

O motor de indução eficiente busca minimizar essas perdas, entretanto, fica evidente que um bom rendimento do motor vai depender do resultado de cada um dos componentes, sistemas e processos intrínsecos ao motor como um todo. Para tanto, é importante que se explore, de forma racional, os recursos utilizados e se adotem boas práticas operativas e de manutenção, além de escolher equipamentos bem dimensionados e com bom rendimento no processo construtivo. O conjunto de todas essas medidas garante uma boa eficiência energética a esse tipo de máquina.

Sem medo de errar

Para iniciar a segunda parte do projeto proposto pela situação-problema, contida no 'Diálogo aberto' desta seção, nota-se a importância de se conhecer as características de cada um dos equipamentos aos quais se deseja implantar medidas de eficiência energética.

Dessa forma, você pode começar o projeto analisando o sistema de iluminação. Verifique a possibilidade de adicionar pontos que intensifiquem a iluminação natural, identifique se há locais em que seria apropriada a instalação de sensores de presença para acionamento automático das lâmpadas, verifique se os tons das paredes e tetos poderiam ser mais claros, analise se há qualquer tipo de adereço junto às luminárias que, de alguma forma, obstrua o nível luminoso. Transcreva as observações e o levantamento feitos para o documento do projeto, indicando as primeiras medidas de aproveitamento energético que poderiam ser empregadas.

Na sequência, constate se há mau dimensionamento do projeto luminotécnico. Em caso positivo, é importante a solicitação de um novo dimensionamento para que não se utilize uma potência superior à necessária. Verifique a tecnologia utilizada nas lâmpadas e proponha sempre o uso de tecnologias com maior rendimento. Por fim, instrua os funcionários da empresa a praticar uso consciente de energia, utilizando-a apenas quando necessário.

Parta agora para a análise de ventiladores. Como a empresa é caracterizada pelo uso de ventiladores, é necessário que você verifique se eles foram corretamente dimensionados e também analise os rendimentos do motor, do acoplamento, do ventilador e do conjunto moto-ventilador. É importante que os equipamentos

com baixo rendimento sejam reportados no relatório do projeto.

Por fim, para os motores de indução trifásicos, é importante, mais uma vez, conferir o dimensionamento das máquinas para que não utilizem motores de grande potência para cargas muito baixas, uma vez que o acionamento de cargas inferiores à capacidade nominal da máquina diminui seu rendimento. Além disso, deve-se verificar se a manutenção desses equipamentos está em dia e frisar a importância dessa ação para solucionar causas de perdas de energia decorrentes de alguma falha operacional.

Dessa maneira, identificando as características de cada um dos equipamentos citados, norteando as ações corretivas ou de prevenção ao mau uso da energia e introduzindo medidas de eficiência energética, tem-se a segunda entrega do projeto de eficiência energética dessa indústria.

Avançando na prática

Medidas eficientes em sistemas de iluminação

Descrição da situação-problema

Uma empresa do segmento financeiro realizou uma consultoria prévia e identificou um consumo elevado do seu sistema de iluminação decorrente de um mau dimensionamento realizado, resultando em uma potência instalada muito superior a necessária. Dessa forma, o diretor geral dessa empresa decidiu contratar você como consultor de conservação de energia para empregar medidas que ajudassem a empresa a economizar energia. O diretor deixou claro que qualquer ação corretiva que interfira na instalação ou construção é permitida, desde que traga benefícios sistêmicos.

Como você começaria sua análise? Quais dados seriam necessários levantar? Quais medidas deveriam ser adotadas?

Resolução da situação-problema

O primeiro passo para iniciar a análise seria recolher as informações levantadas a respeito da instalação antiga, a qual o diretor já tem em mãos, e identificar os principais focos do problema.

Os principais dados a serem levantados são: características

estruturais do local, necessidade de fluxo luminoso da empresa, hábitos relacionados à eficiência luminosa e tecnologias utilizadas nas lâmpadas atuais.

Como primeira ação, depois de conhecer a planta da empresa, é interessante verificar a possibilidade de adicionar novas aberturas, caso haja boa iluminação natural. Esse é um aspecto importante em projetos eficientes, já que o uso de iluminação natural diminui o tempo de uso da iluminação artificial, sendo essa uma das variáveis que você deseja minimizar.

Na sequência, é preciso realizar um novo projeto luminotécnico, o qual corresponderá ao ponto de partida de qualquer programa de eficiência energética que poderá ser implantado e busca estabelecer os dimensionamentos adequados ao local, evitando que se continue utilizando um número superior ao necessário de lâmpadas no local. Com isso, você estará diminuindo a segunda grandeza que precisa minimizar: a potência de uso.

Conhecendo, então, a tensão de operação, a potência e fator de potência adequados para esse cliente, você deverá determinar os modelos de lâmpada, reator e luminária mais adequados ao projeto, buscando atender às necessidades mínimas em relação ao fluxo luminoso com o maior rendimento energético. Nesse projeto, você deverá setorizar os ambientes, permitindo que as luzes de locais vazios sejam mantidas apagadas com maior facilidade, e não incluir artigos decorativos que obstruam o fluxo luminoso.

Feitas todas as modificações e investimentos necessários e já conhecendo os hábitos dos funcionários da empresa, é preciso agora que você finalize sua consultoria propondo práticas de uso consciente e/ou medidas pontuais, podendo ser elas: instalação de sensores de presença em ambientes de livre circulação, instrução dos funcionários para desligarem as lâmpadas ao se retirarem por último dos ambientes, indicação de limpeza de lâmpadas e luminárias com frequência e incentivo ao aproveitamento da iluminação natural, mantendo as persianas abertas sempre que possível.

Faça valer a pena

1. A escolha de lâmpadas eficientes e o bom dimensionamento dos projetos de iluminação são fatores determinantes para a conservação de energia. Entretanto, há uma série de medidas que contribuem para esse bom desempenho e independem desses fatores construtivos.

Todas as alternativas são práticas eficientes em sistemas de iluminação, exceto:

- a) Sempre que sair de um ambiente, desligar as luzes.
- b) Instalar sensores de presença em locais de uso coletivo.
- c) Explorar o uso de aberturas em locais estratégicos, possibilitando maior fluxo de iluminação natural.
- d) Optar pela altura mais elevada possível entre o piso e o forro, aumentando a amplitude da iluminação das luminárias anexadas ao teto.
- e) Realizar manutenção e limpeza periódicas nas lâmpadas e luminárias.

2. Sobre o uso eficiente de bombas de fluxos e ventiladores, analise as afirmativas a seguir:

I – A eficiência energética depende do rendimento de seus motores, acoplamentos, da própria bomba ou ventilador e do conjunto moto-bomba ou moto-ventilador.

II – A eficiência dos motores depende da potência do eixo do motor e da potência elétrica do equipamento.

III – O maior rendimento do acoplamento é obtido por meio de acoplamentos indiretos, sendo os mais indicados para aplicações nesse tipo de equipamento.

IV – A potência hidráulica não interfere no rendimento do equipamento. Com relação ao texto-base, assinale a alternativa que apresenta apenas as afirmações verdadeiras.

- a) Apenas a I está correta.
- b) Apenas a I e a II estão corretas.
- c) Apenas a I e a III estão corretas.
- d) Apenas a I e a IV estão corretas.
- e) Apenas a I, II e III estão corretas.

3. Acerca dos motores de indução trifásicos marque V (verdadeiro) ou F (falso) nas afirmações abaixo.

- () São considerados equipamentos eficientes.
- () Quanto menor a carga que o motor precisar acionar, maior será o seu rendimento.
- () Apresentam grande potencial de conservação de energia.

() As perdas intrínsecas a esses equipamentos se devem ao seu mau dimensionamento.

De acordo com o texto-base, assinale a alternativa que apresenta a combinação correta de "V" e "F".

- a) V-V-V-V.
- b) V-F-F-F.
- c) F-V-V-F.
- d) V-F-V-V.
- e) V-F-V-F.

Seção 3.3

Eficiência energética aplicada a equipamentos II

Diálogo aberto

Os gastos devido ao consumo de energia representam uma parcela significativa nas despesas totais de uma família ou empresa. Os equipamentos que elas utilizam no dia a dia dizem muito a respeito de seu comportamento energético e apresentam inúmeras possibilidades de melhorar seus rendimentos. É importante, então, conhecer as características desses dispositivos elétricos, identificando os fatores que impulsionam a melhora no desempenho do aparelho, gerando maior conservação de energia.

Nesta terceira seção, vamos continuar o estudo da eficiência de alguns equipamentos e seus sistemas. Para colocar em prática o conhecimento, vamos retomar a situação do 'Convite ao estudo', no qual você é o responsável pela implantação de medidas de conservação de energia na indústria em que trabalha. Aqui, na terceira parte do relatório técnico que você precisa apresentar ao seu supervisor e que finalizará sua análise, você dará sequência às propostas de conservação energética para alguns equipamentos, sendo eles: compressores e sistemas de ar comprimido, transformadores, sistemas de refrigeração e condicionadores de ar.

Lembre-se de que a indústria é do ramo alimentício e beneficia vegetais, sendo seus produtos vegetais congelados e embalados para venda ao consumidor final. Essa empresa conta com diversas lâmpadas para iluminação, ventiladores e ares-condicionados, alguns motores e transformadores e diversos refrigeradores para congelamento dos alimentos.

Sabendo da relevância do uso racional dos equipamentos para redução dos custos de energia, quais medidas de eficiência energética podem ser implantadas nessa indústria em relação aos compressores, refrigeradores, condicionadores de ar e transformadores?

Para solucionar essa etapa do problema e finalizar seu relatório técnico, você estudará, nesta seção, as possibilidades de economia de energia nesses equipamentos. Bom estudo e excelente trabalho!

Não pode faltar

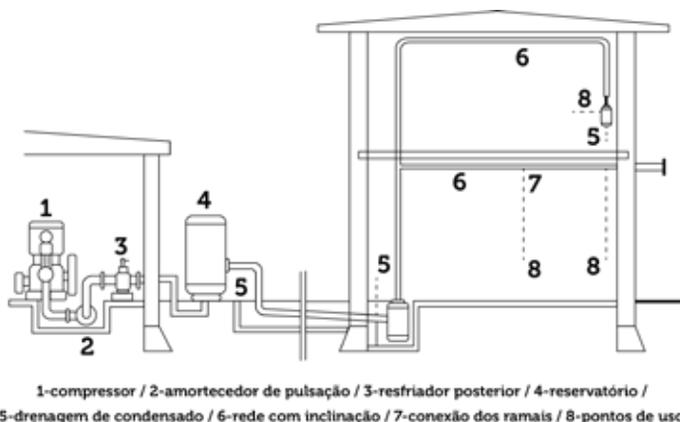
Os variados setores de consumo de energia estão em constante preocupação com os custos inerentes à sua empresa e buscam por alternativas que minimizem seus gastos com eletricidade, resultando em um melhor aproveitamento das fontes energéticas e tornando seu negócio mais sustentável. Dessa forma, é importante atentar-se às questões de conservação e energia nos equipamentos e em suas instalações.

Quase toda planta industrial, desde as pequenas oficinas até as maiores indústrias, utiliza **ar comprimido** em seus processos produtivos. Seus sistemas, entretanto, podem representar a maior parcela de consumo dentro da empresa. Os equipamentos responsáveis por produzir, distribuir e utilizar esse insumo já se tornaram indispensáveis para os processos manufaturados. Em geral, a produção de ar comprimido é feita por **compressores** acionados por motores elétricos.

Os compressores respondem pelo maior consumo energético dentro do seu cenário de aplicação, cerca de 40% de todo gasto de eletricidade dentro de uma fábrica é devido ao ar comprimido. Isso porque apenas 5% da eletricidade consumida é transformada em trabalho, ou seja, energia útil (BRASIL, 2005).

As etapas do sistema de ar comprimido são demonstradas na Figura 3.2: após a produção do ar comprimido feita pelos compressores, o amortecedor de pulsações reduz suas variações de pressão instantânea, enquanto os resfriadores retiram boa parte da umidade ali contida. Depois disso, o ar passa para o reservatório, onde são reduzidas as variações da pressão em relação à variação de consumo. Na sequência, o ar é distribuído para o consumidor final por meio de redes de distribuição (VIANA et al., 2012).

Figura 3.2 | Instalação de sistema de ar comprimido



Fonte: Viana et al. (2012, p. 251).

Cerca de 70% dos custos de um compressor ao longo da sua vida útil estão relacionados aos gastos com energia elétrica. Esses custos estão relacionados às grandes perdas de energia, sendo as perdas por calor de compressão as mais altas (Gráfico 3.5), o que resulta em elevados potenciais de inserção de medidas eficientes (ATLAS COPCO LTDA, 2014).

Gráfico 3.5 | Perdas características de sistemas de ar comprimido



Fonte: adaptado de Brasil (2005, p. 15).

A eficiência energética nos sistemas de ar comprimido pode ser alcançada seguindo recomendações de boa gestão e/ou adotando medidas de conservação. As práticas eficientes podem ser inicializadas no projeto da planta, com o correto dimensionamento dos compressores e dos seus sistemas associados. Isso garante o maior rendimento (elétrico, mecânico, volumétrico e termodinâmico) de seus componentes, uma vez que essas grandezas variam de acordo com as características construtivas dos equipamentos envolvidos (VIANA et al., 2012).

Recomenda-se, ainda, que a produção do ar comprimido ocorra com a menor pressão possível, uma vez que o consumo energético aumenta com a elevação de pressão. Além disso, o ar aspirado pelo compressor deve estar limpo e em baixas temperaturas. Também é importante garantir que todos os vazamentos e fugas de ar sejam eliminados. As redes de distribuição não devem ser muito longas e nem muito curvadas (EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2014).



Assimile

Quanto mais curvadas são as redes, assim como o estrangulamento da tubulação em alguns pontos, maiores as chances de queda de pressão, e a cada 1 bar de pressão em excesso, aumenta em 7% o gasto com energia (ATLAS COPCO LTDA, 2014).

Como na maioria dos sistemas e equipamentos, a troca de tecnologias ultrapassadas por novas e mais modernas é uma boa medida de conservação energética. A utilização de máquinas com maior eficiência pode reduzir até 35% do consumo total de energia (ATLAS COPCO LTDA, 2014).

A manutenção periódica também é medida crucial para atingir melhores rendimentos do sistema; isso garante que os equipamentos funcionem próximos de seus valores de fábrica. Além disso, o atraso ou a falta de manutenção pode resultar em sobrecarga dos equipamentos, risco de quebra e elevação de consumo (ATLAS COPCO LTDA, 2014). É importante que todas as operações sejam realizadas por profissionais especializados, monitorando todos os parâmetros de funcionamento e possibilitando ações corretivas imediatas (VIANA et al., 2012).

Todas as possibilidades de melhoria ao sistema precisam ser quantificadas a fim de comparar o benefício com o investimento, analisando sua atratividade econômica (VIANA et al., 2012).

Ao contrário dos equipamentos envolvidos nos sistemas de ar comprimido, os **transformadores** são considerados máquinas muito eficientes, atingindo rendimentos de até 99% (VIANA et al., 2012). Sua finalidade é regular o nível de tensão e corrente disponibilizado pela concessionária de energia para o valor adequado para alimentar as máquinas da indústria.

O transformador é constituído, basicamente, por: enrolamentos, núcleo, tanque e meio refrigerante e acessórios. A associação do

enrolamento com o núcleo é chamada de parte ativa do equipamento. Dessa forma, o transformador é composto por três circuitos distintos, elétrico, magnético e dielétrico, e cada um deles resulta em um tipo de perda diferente (VIANA et al., 2012).

As perdas representam a energia consumida pelo equipamento e demonstram a eficiência dos transformadores, ou seja, quanto menores as perdas, mais eficiente é o transformador (ROMAGNOLE, 2016). Com isso, há uma intensa busca por materiais que consumam menos energia para serem empregados na construção do transformador, principalmente no núcleo e nos enrolamentos. Assim, o rendimento para qualquer condição de carga e um dado fator de potência (FP) pode ser determinado pela fórmula a seguir, de acordo com a porcentagem de perdas no ferro (P_{ferro}) e com a porcentagem de perdas no cobre (P_{cobre}) (VIANA et al., 2012):

$$\eta = \left(1 - \frac{P_{ferro} + P_{cobre}}{FP \times 100 + P_{ferro} + P_{cobre}} \right) \times 100$$

Ou, de forma simplificada:

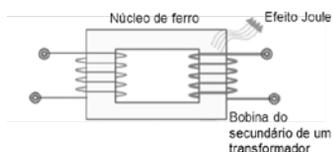
$$\eta = \frac{P_{saída}}{P_{entrada}} \times 100$$

Em que $P_{saída}$ se refere à potência na saída e $P_{entrada}$ à potência na entrada.

A porcentagem de perdas no ferro e no cobre é determinada por meio da relação da perda de geração em relação à potência do transformador (multiplicada por 100 para ser expressa em porcentagem).

As perdas no ferro são decorrentes da histerese magnética e correntes parasitas no ferro. Histerese magnética é o termo usado para caracterizar o retardo da desmagnetização do núcleo do transformador em função da sua magnetização. As perdas no cobre, por sua vez, são resultantes do aquecimento das bobinas, que dissipa parte da energia por meio do calor (Figura 3.3).

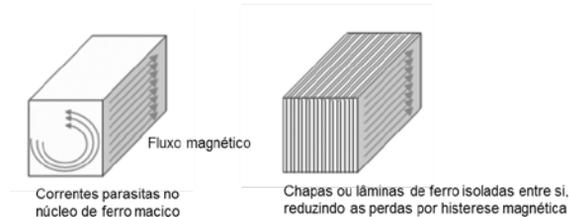
Figura 3.3 | Perdas no cobre por meio do aquecimento de bobinas



Fonte: Silva (2011, p. 1).

O bom rendimento dos transformadores é devido às suas características construtivas e dos materiais utilizados na sua construção. Essas máquinas não apresentam partes rotativas, como nos casos dos motores de indução, assim, não geram perdas por atrito nos eixos e nem no entreferro pela resistência do ar. Outro fator determinante é a composição do seu núcleo, que é formado por placas laminadas, materiais esses que apresentam alta resistência elétrica, minimizando as perdas por correntes parasitas. Já as perdas por histerese são reduzidas por consequência do uso de materiais de alta permeabilidade magnética (Figura 3.4).

Figura 3.4 | Perdas no ferro por correntes parasitas e histerese magnética



Fonte: Silva (2011, p. 1).

Os transformadores têm alto custo de investimento inicial, então, é necessário que seu dimensionamento seja feito de forma adequada, evitando que ele trabalhe próximo à sua potência nominal e/ou que haja sobrecargas. Isso resulta em um aumento expressivo das perdas e, conseqüentemente, diminui a eficiência do equipamento, além de reduzir a expectativa da vida útil e a confiabilidade da máquina (BRASIL, 2006).

Quanto mais eficiente é a tecnologia empregada no transformador, maior o seu custo de investimento. Assim, quando se pretende escolher uma nova tecnologia ou substituir um modelo antigo por um de maior rendimento, deve-se avaliar se o custo de energia gerado pelas perdas será suficiente para amortizar o valor investido, buscando encontrar o melhor custo de investimento e com a melhor eficiência energética (ROMAGNOLE, 2016).

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) em transformadores é um dos mecanismos empregados pelo Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), por meio da portaria interministerial nº 104/2013 (BRASIL, 2013), para

incentivar o uso de equipamentos mais eficientes. Ele é destinado a transformadores de até 300 kVA e determina as perdas máximas que eles podem ter. A certificação ocorre por meio de uma etiqueta que é adicionada na parte externa da máquina, contendo todos os seus dados, incluindo as perdas.

Pesquise mais

Para saber mais sobre o cálculo das perdas nos transformadores, leia o capítulo 11 do livro 'Eficiência energética – fundamentos e aplicações', de Viana et al. (2012).

VIANA, Augusto Nelson Carvalho et al. **Eficiência energética**: fundamentos e aplicações. Campinas: Elektro: Universidade Federal de Itajubá: Excen: Fupai, 2012. Disponível em: <https://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientiza%C3%A7%C3%A3o%20Energ%C3%A9tica/Livro_Eficiencia_Energetica.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2017.

Os **sistemas de refrigeração**, incluindo os **condicionadores de ar**, são responsáveis por controlar a temperatura de um determinado local ou produto. Eles são compostos por: compressores, trocadores de calor, ventiladores, bombas, tubos, dutos, equipamentos de proteção e controle (VIANA et al., 2012).

Os principais sistemas de refrigeração são os de absorção, efeito termoelétrico e por compressão de vapor. Este último é o mais predominante nas instalações industriais, principalmente para processar e armazenar alimentos (TASSINI, 2012). Os refrigeradores têm seu princípio de funcionalidade baseado na transferência de calor de uma fonte fria (Q_2) para uma fonte quente (Q_1), realizando trabalho (W) por processos cíclicos (Figura 3.5).

Figura 3.5 | Funcionamento de um refrigerador



Fonte: elaborada pela autora.

Os sistemas de climatização são predominantes em relação aos de refrigeração no setor industrial; eles podem ser empregados para controle simultâneo de temperatura, umidade, pureza e distribuição do ar para vários ambientes. Em prédios públicos e entidades comerciais, os condicionadores de ar chegam a responder por até 70% do consumo energético mensal. Os sistemas de refrigeração, por sua vez, respondem pela conservação de alimentos refrigerados, que corresponde a 25% da produção de alimentos perecíveis no mundo (TASSINI, 2012). No Brasil, o consumo dos dois sistemas juntos representa 20% de toda a energia elétrica consumida no país, o que demonstra a importância do uso racional desses equipamentos e implantação de medidas de eficiência (VIANA et al., 2012).

Em geral, os sistemas eficientes precisam mapear e eliminar os principais problemas de conservação de energia, que geralmente estão associados a falhas no projeto, instalação, operação e/ou manutenção. Com isso, busca-se identificar características indesejáveis, como: temperaturas inadequadas, falta de automatização do controle, deficiência nos isolantes e limpeza dos condensadores (VIANA et al., 2012).



Exemplificando

Existem maneiras simples de você colaborar com a redução de consumo de energia elétrica com práticas racionais e inteligentes dos seus condicionadores de ar. Por exemplo, mantenha sempre portas e janelas fechadas nos ambientes climatizados; utilize o ar-condicionado apenas em cômodos ocupados e tente agrupar o maior número de pessoas num mesmo ambiente; limpe o filtro do seu aparelho com frequência; e, sempre que possível, opte pela ventilação e não refrigeração.

O sistema de refrigeração eficiente precisa avaliar seus processos desde a sua concepção, englobando os sistemas de compressão e condensação, passando pelos sistemas de bombeamento, até seu produto final, com avaliações dos trocadores de calor. Essas ações para melhoria da eficiência são classificadas como: medidas com impacto na pressão de condensação/descarga e medidas com impacto na pressão de evaporação/sucção (TASSINI, 2012). A eficiência de um refrigerador é medida pelo coeficiente de desempenho (K_c), que é dado em função da energia utilizada (E_U) pela energia adquirida (E_A):

$$K_c = \frac{E_u}{E_A} = \frac{|Q_2|}{|W|}$$

Sendo:

$$W = |Q_1 - Q_2|$$

$$K_{c1} = \frac{|Q_1|}{T_1 - T_2} = \frac{|Q_2|}{T_1 - T_2}$$

O aprimoramento nos compressores, a substituição de termostatos antigos por eletrônicos e a otimização dos trocadores de calor foram os principais responsáveis pelas melhorias na eficiência dos sistemas refrigerados dos últimos 10 anos (SALVADOR, 2013).

O local e a forma de instalação dos condicionadores de ar também interferem no seu rendimento e, conseqüentemente, na sua eficiência energética. A recomendação é de que não se instale aparelhos em locais que possam ser obstruídos, ou seja, atrás de cortinas, móveis ou divisórias. Além disso, sempre que possível, deve-se priorizar as instalações voltadas para os pontos de menor incidência de sol (leste) e maior área livre. Evite utilizar a função refrigeração em ambientes com temperatura interna inferiores a 20 °C. É importante também se atentar às distâncias mínimas do aparelho até paredes próximas e outros equipamentos.

Tanto para os refrigerados quanto para os condicionadores de ar, o Programa Brasileiro de Etiquetagem avalia dois aspectos, por meio de ensaios específicos, a fim de quantificar a eficiência de cada um, sendo eles: classificação térmica e consumo energético.

As recomendações para todos os setores de consumo é optar sempre por equipamentos Selo Procel Classe A e se atentar para o dimensionamento adequado a cada necessidade de uso final.



Refleta

Você sabe o que é conforto térmico? Nem sempre condicionar ambientes a mais baixas temperaturas resulta em solução de conforto. Reflita! O aumento de 1 °C na temperatura do equipamento resulta em 7% de economia elétrica. Qual a temperatura recomendada nos ambientes em que você transita?

Assim, cada setor de consumo, considerado de forma genérica, possui ações principais e prioritárias, de acordo com os equipamentos empregados. Para todos eles, recomenda-se: (1) substituir lâmpadas incandescentes e fluorescentes por lâmpadas LED; (2) substituir equipamentos por tecnologias mais modernas; e (3) evitar o uso da função *standby* dos aparelhos. Além disso, na classe industrial, indica-se ainda: (1) substituir principalmente motores elétricos antigos por modelos novos com melhor rendimento, buscando minimizar maus dimensionamentos; (2) priorizar tecnologias mais modernas, principalmente nos setores eletroquímico e químico; (3) substituir o combustível utilizado para 'aquecimento direto' por um que não seja eletricidade; (4) otimizar os sistemas de refrigeração, principalmente nos setores alimentícios e de bebidas, priorizando as vedações, os evaporadores, o posicionamento dos equipamentos e eliminando vazamentos; (5) utilizar controles de velocidades em acionamento de bombas, ventiladores e/ou compressores; e (6) substituir fornos elétricos antigos por novos. E na classe residencial: (1) aplicar bons hábitos de consumo; (2) optar por aquecedores solar para aquecer a água em chuveiros; e (3) buscar construções com maior incidência de iluminação natural (CEBDS, 2016).

Sem medo de errar

Para iniciar a terceira parte do relatório proposto pela situação-problema, contida no 'Diálogo aberto' desta seção, é importante conhecer as características de cada um dos equipamentos aos quais se deseja implantar medidas de eficiência energética, sendo eles: compressores, refrigeradores, condicionadores de ar e transformadores.

Assim, você pode começar essa etapa do relatório analisando as características dos compressores contidos no sistema de ar comprimido. É importante analisar o dimensionamento do equipamento e seus aspectos construtivos para verificar se não há má implantação ocasionando menor rendimento elétrico, mecânico, volumétrico e/ou termodinâmico.

Feito isso, é preciso verificar a pressão na produção de ar comprimido, lembrando que, quanto maior a pressão, maior o consumo de energia. Além disso, o ar aspirado pelo compressor deve estar limpo e em baixas temperaturas e não conter vazamentos

e fugas de ar. É importante verificar as redes de distribuição de ar, pois elas não devem ser muito longas e nem conter muitos pontos curvilíneos.

Coletada todas essas informações, proponha as mudanças e adequações necessárias como: troca de equipamentos e/ou componentes por mais modernos, redimensionamento do sistema, diminuição da pressão, eliminação de vazamentos, intensificação de manutenções e operação por profissionais capacitados.

Continue seu relatório partindo para a análise dos transformadores. O ponto crucial para um bom desempenho desse equipamento está atrelado ao seu dimensionamento correto, então, verifique se o equipamento não está trabalhando muito próximo de sua potência nominal ou com sobrecargas, elevando suas perdas e diminuindo seu rendimento.

Finalize seu relatório com a análise dos sistemas de refrigeração e condicionadores de ar. Você precisa identificar se há problemas relacionados a falhas de projeto, instalação e/ou manutenção, verificando se há temperaturas inadequadas, falta de automatização do controle, deficiência nos isolantes e falta de limpeza dos condensadores.

Se houver tecnologias muito antigas aplicadas, sugira o aprimoramento dos compressores, a substituição de termostatos antigos por eletrônicos e a otimização dos trocadores de calor.

Além disso, avalie o local e forma de instalação dos condicionadores de ar, solicite a mudança sempre que houver obstrução da passagem de ar. Em caso de novas instalações, sugira pontos de menor incidência de sol e maior área livre.

Transcreva no seu relatório todos os pontos avaliados, os problemas detectados e as sugestões de melhoria no rendimento. Se for necessária a troca de algum equipamento, opte sempre pelos que apresentarem Selo Procel Classe A.

Dessa maneira, identificando as características de cada um dos equipamentos citados, norteando as ações corretivas ou de prevenção ao mau uso da energia e introduzindo medidas de eficiência energética, tem-se a terceira parte da entrega, finalizando o relatório de eficiência energética dessa indústria, o qual foi solicitado pelo seu supervisor.

Avançando na prática

Rendimento de transformadores

Descrição da situação-problema

Você é o engenheiro de planejamento de compras de uma empresa de distribuição de energia, e sua próxima tarefa é realizar a compra de um novo transformador para uma das subestações pertencentes à concessionária de energia em que você trabalha. Você já realizou uma pré-seleção e encontrou um modelo que atende aos requisitos técnicos e com o melhor custo de investimento. Para finalizar seu parecer de compra, entretanto, como norma padrão da empresa, é necessário que esse transformador possua um rendimento superior a 96% para três patamares diferentes de carga (Tabela 3.2). Com base na tabela, qual sua decisão final sobre a compra do equipamento?

Considere que o transformador é trifásico de 1.000 kVA, com perdas no ferro de $P_f = 1,7$ kW, perdas no cobre de $P_c = 11,5$ kW e o fator de potência de $FP = 0,85$.

Tabela 3.2 | Perdas em função da carga para o transformador selecionado

Carga	Porcentagem de perda no ferro	Porcentagem de perda no cobre
5/4	$4/5 P_f$	$5/4 P_c$
1	P_f	P_c
3/4	$4/3 P_f$	$3/4 P_c$

Fonte: adaptada de Viana et al. (2012, p. 271).

Atenção, observe que a 'porcentagem das perdas no ferro' (P_{ferro}) e a 'porcentagem de perdas no cobre' (P_{cobre}) ocorrem em função da carga.

Resolução da situação-problema

É necessário calcular o rendimento do transformador para cada uma das cargas (carga de 5/4, carga de 1, carga de 3/4), o que é feito por meio da fórmula a seguir:

$$\eta = \left(1 - \frac{P_{ferro} + P_{cobre}}{FP \times 100 + P_{ferro} + P_{cobre}} \right) \times 100$$

2. O rendimento e a eficiência de sistemas de ar comprido estão diretamente relacionados com as suas perdas sistêmicas.

Qual é a principal causa de perdas nesses sistemas?

- a) Perda por vazamento de ar.
- b) Perda por calor de compressão.
- c) Perda nas aplicações de uso finais.
- d) Perda por vazamento de ar.
- e) Perda por mau dimensionamento.

3. Acerca dos condicionadores de ar marque V (verdadeiro) ou F (falso) nas afirmações abaixo.

- () O local de instalação interfere em seu rendimento.
- () Deve-se evitar locais que obstruam o fluxo de ar para instalá-los.
- () A distância entre vários aparelhos não influencia o rendimento.
- () Não há recomendação de temperatura mínima de uso para melhores resultados de conservação de energia.

De acordo com o texto-base, assinale a alternativa que apresenta a combinação correta de "V" e "F".

- a) V-V-V-V.
- b) V-V-V-F.
- c) V-V-F-F.
- d) V-F-F-F.
- e) F-F-F-F.

Referências

ALVES, Filipe Lopes de Pinho Latourrette. **Medidas de eficiência energética na iluminação integrando luz natural**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado). Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

ATLAS COPCO LTDA (Org.). **Eficiência energética no uso de ar comprimido**. São Paulo: [s.n.], 2014.

AZEVEDO, Denise Barros de; MALAFAIA, Guilherme Cunha; CAMARGO, Maria Emilia. Análise do comportamento do consumo energético no setor agropecuário. **Revista da Política Agrícola**, Caxias do Sul, v. 3, p. 49-57, set. 2007.

BRASIL. Eletrobrás/Procel. Ministério de Minas e Energia (Org.). **Conservação de energia – eficiência energética de equipamentos e instalações**. Itajubá: [s.n.], 2006.

BRASIL. Eletrobrás/Procel. Ministério de Minas e Energia (Org.). **Eficiência energética em sistemas de ar comprimido**: manual técnico. Brasília: [s.n.], 2005.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional**. Rio de Janeiro: MME: EPE, 2016. Disponível em: <<http://www.cbdb.org.br/informe/img/63socios7.pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2017.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. **Nota técnica DEA 10/14 – consumo de energia no Brasil análises setoriais**. 2014. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2010-14%20Consumo%20de%20Energia%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2017.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. **Nota técnica DEA 14/10 – Avaliação da eficiência energética na indústria e nas residências no horizonte decenal (2010-2019)**. 2010. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20100809_4.pdf>. Acesso em: 26 out. 2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Portaria Interministerial nº 104**. 2013. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/904396/Portaria_interministerial+104+de+22-03-2013+Publicado+no+DOU+de+25-03-2013/4bbf10a3-09c6-45eb-b1b3-2e103cfb95d7;jsessionid=62284AAB3A30E808279793948C0B5965.srv155>. Acesso em: 26 out. 2017.

BRASIL. PROCEL. (Org.). **PROCEL – Reluz**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/>>. Acesso em: 9 jun. 2017.

CEBDS (Org.). **Consumo eficiente de energia elétrica: uma agenda para o Brasil**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2016.

CAPELLI, Alexandre. **Energia elétrica: qualidade e eficiência para aplicações industriais**. [S.l.: s.n.], 2013.

ECONOMIA & ENERGIA (Org.). **Setor residencial**. [S.l.: s.n.], 2005. Disponível em: <http://ecen.com/eee30/s_resid8.htm>. Acesso em: 25 maio 2017.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (Org.). **Ar comprimido**. [S.l.: s.n.], 2014. Disponível em: <http://eficiencia-energetica.com/DetailheConceitos.asp?ID_conteudo=99&ID_area=4&ID_sub_area=10>. Acesso em: 23 jun. 2017.

ELEKTRO – ELETRICIDADE E SERVIÇOS S.A. (São Paulo) (Org.). **Geração de vapor e calor**. São Paulo: Manuais Elektro de Eficiência Energética, 2009. 100 p.

ENERGIA.PT (Org.). **Iluminação LED** – poupe energia e dinheiro. Disponível em: <<http://www.energia.pt/pt/iluminacao-led>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

FURLANETTO, Cesar; POSSAMAI, Osmar. **O uso da energia elétrica no ambiente residencial**. [S.l.: s.n.], 2001. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2001_tr51_0009.pdf>. Acesso em: 30 maio 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Portaria Interministerial nº 1.007, de 31 de dezembro de 2010**. Brasil, 2016.

PEREIRA, Sidney et al. Eficiência energética de equipamentos eletrorurais. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. **Proceedings online**. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022002000100055&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 4 jun. 2017.

ROCHA, Carlos Roberto; BAJAY, Sérgio; GORLA, Filipe Debonzi. **Oportunidades de eficiência energética para a indústria**: relatório setorial: alimentos e bebidas. Brasília: CNI, 2010.

ROMAGNOLE (Org.). **Eficiência energética em transformadores**. [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: <https://www.romagnole.com.br/noticias_detalle.php?id=NjA=>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

SALVADOR, Emerson. **Eficiência energética em refrigeradores**. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2013.

SEBRAE (São Paulo) (Org.). **Comércio e serviços**: economize energia para lucrar mais. [S.l.: s.n.], 2015. Disponível em: <https://www.ambienteenergia.com.br/wp-content/uploads/2015/09/comercio_servicos_economize_energia_para_lucrar_mais.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2017.

SILVA, Clodoaldo (Org.). **Perda no cobre e no ferro dos transformadores**. 2011. Disponível em: <<http://www.clubedaeletronica.com.br/Eletricidade/PDF/Transformadores - Perdas no cobre e no ferro.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2017.

TASSINI, Jussara Oliveira. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial**: estudo de caso. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Transmissão e Conversão de Energia, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2012.

VARGAS, Murillo Cobe; MESTRIA, Mario. Eficiência energética em edificações residenciais: iluminação e refrigeração. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Fortaleza, 2015.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho et al. **Eficiência energética**: fundamentos e aplicações. Campinas: Elektro: Universidade Federal de Itajubá: Excen: Fupai, 2012. Disponível em: <<https://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/>>

Eficientiza%C3%A7%C3%A3o%20Energ%C3%A9tica/Livro_Eficiencia_Energetica.pdf>.
Acesso em: 22 jul. 2017.

Análise e perspectivas sobre conservação de energia

Convite ao estudo

Caro aluno, nesta unidade, estudaremos as perspectivas sobre conservação de energia e como ela é aplicada na prática. Conheceremos as políticas e os programas existentes na área e as tecnologias desenvolvidas no setor.

Na primeira seção, abordaremos aspectos da auditoria e gestão energética, como elas são aplicadas e sua importância para se intensificar a eficiência energética no país. Verificaremos como são feitos os cálculos de viabilidade econômica para projetos eficientes e quais são as barreiras para sua inserção na conjuntura atual. Na segunda seção, vamos nos aprofundar nas políticas e programas existentes, tanto no Brasil quanto em outros países, e vamos nos dedicar a dois dos principais programas do país: Procel e ISO 50001. Na terceira seção, estudaremos as tecnologias eficientes e como elas estão sendo inseridas nos setores de produção, como essas ações são planejadas, além de levantarmos a perspectiva e importância da intensificação da conservação energética no Brasil.

Dessa forma, o objetivo desta unidade é que você entenda as maneiras para se implantar e manter medidas eficientes dentro das atividades produtivas e compreenda quais são as perspectivas dessas inserções, além dos incentivos e das barreiras vinculados a elas.

Para que as ações de conservação de energia sejam implantadas em qualquer setor, é necessário que tenham viabilidade econômica, ou seja, que reduzam os custos com energia e, com isso, compensem os custos de investimento. Além disso, é necessário que haja políticas de incentivo para

motivar e viabilizar as medidas de conservação. Assim, considere o seguinte contexto: você é um auditor energético contratado por uma multinacional para implantar medidas de conservação de energia e será o responsável por realizar todos os procedimentos necessários para analisar a viabilidade econômica de conservação de energia do projeto técnico e identificar as medidas de incentivo à eficiência energética possíveis de serem aplicadas no local, apresentando os resultados ao responsável por sua contratação.

Ao final de seu trabalho, deverão ser gerados por você documentos que analisem os hábitos de consumo da empresa, os principais problemas relacionados à conservação de energia e apontadas soluções a esses problemas, assim como possíveis medidas de eficiência energética a serem implantadas. Dessa forma, durante sua auditoria, deverão ser desenvolvidos documentos de análises, divididos em três etapas principais: a primeira consistirá em um diagnóstico energético com todas as informações pertinentes e a análise da viabilidade econômica do projeto; a segunda, uma análise complementar a fim de introduzir e disseminar os mecanismos existentes na área, como o Procel e a ISO 50001, dentro da empresa; e a terceira será uma apresentação final com uma análise expositiva do planejamento de ações para inserir programas de conservação energética dentro da empresa, ampliar a divulgação e conscientização da importância de políticas eficientes e apresentar as tecnologias com maior desempenho energético.

Como você analisará a viabilidade econômica do projeto? Qual metodologia utilizará? Existem incentivos do governo para viabilizar projetos de eficiência energética? Você conhece o Procel? Como funciona? Quais são as perspectivas para os programas de conservação de energia no Brasil?

Essas e outras perguntas serão respondidas ao longo da unidade, aprofundando-nos nos assuntos referentes a cada entrega. Espero que tenha bons estudos e faça um ótimo trabalho!

Seção 4.1

Auditoria energética e análise de viabilidade econômica em conservação de energia

Diálogo aberto

A produtividade de uma empresa depende dos tipos de processos realizados e da quantidade de energia consumida por cada um deles. O diagnóstico energético, dessa forma, mostra-se uma ferramenta fundamental para conhecer esse consumo, inspecioná-lo e avaliá-lo. Com isso, torna-se possível identificar as oportunidades de redução de consumo e desperdício energético. Para que você, aluno, compreenda esse mecanismo da auditoria energética, é necessário que se coloque dentro do cenário proposto no *Convite ao estudo* desta unidade.

Vamos lembrar: você é o auditor energético contratado por uma multinacional para realizar o diagnóstico energético da empresa, implantar medidas de eficiência energética e realizar as análises pertinentes. Você precisa listar as características energéticas da planta, assim como elaborar um plano de ação que vise melhorar a conservação de energia e reduzir os custos.

Na primeira parte da auditoria, que será realizada nesta seção, você deverá analisar como é feito o consumo na empresa, indicando os problemas e propondo soluções. Essa análise deverá resultar em um relatório com o diagnóstico energético, que consiste na primeira entrega prevista.

A empresa é uma multinacional, com inúmeros funcionários distribuídos por dezenas de andares de trabalho, há diversos computadores, lâmpadas, condicionadores de ar e alguns elevadores no local. Você, como auditor energético, precisa propor ações para elevar a eficiência nesse ambiente e melhorar a imagem da empresa na área ambiental. Por onde você começaria seu trabalho? Quais as etapas a serem seguidas? Quais parâmetros devem ser levados em conta nessa análise? Como você poderia realizar a análise da viabilidade econômica? O que seria apresentado no seu documento final?

Para solucionar esse problema, você estudará, nesta seção, as características do diagnóstico e da gestão energética e as formas para implantá-los, os mecanismos de avaliação da viabilidade econômica em projetos de eficiência energética e as barreiras para inserção dessas medidas.

Bom estudo e excelente trabalho!

Não pode faltar

O **diagnóstico energético**, ou auditoria, é o ponto inicial na busca pela eficiência energética em qualquer setor, sendo composto por atividades que variam de acordo com a destinação da instalação na qual será aplicado. Sua finalidade é identificar os problemas existentes e propor soluções, buscando otimizar os recursos energéticos.

O diagnóstico precisa avaliar readequações tanto de contratos de fornecimento energético, como das instalações elétricas e das divisões incoerentes de seus circuitos. O enquadramento tarifário, muitas vezes, é muito maior do que sua necessidade ou conta com uma tarifa não apropriada para atividade, isso tudo pode ser identificado facilmente com a comparação entre a média de consumo e a demanda contratada. As averiguações das instalações elétricas, por sua vez, podem resultar na identificação de equipamentos mal dimensionados, conexões em más condições de uso e falta de manutenção preventiva. A divisão incorreta dos circuitos elétricos também pode ser responsável por desperdício, devendo ser verificado, dessa forma, se não há sobrecarga em nenhum dos condutores e se as fases estão balanceadas (BRASIL, 2015).

Em projetos como os de iluminação, a auditoria é responsável por: (1) estimação dos custos com energia elétrica; (2) levantamento da potência instalada; (3) horários de utilização; (4) identificação de controles automáticos (sensores de presença); (5) consumo total de energia; (6) adequação tarifária; e (7) custos operacionais ou de investimentos iniciais (PROCEN, 2014).

A auditoria é composta pela sequência de três estágios (Figura 4.1). O primeiro passo é conhecer a planta na qual vai se trabalhar. A primeira visita, chamada de visão macroscópica da instalação, é fundamental para planejar as estratégias que serão utilizadas e levantar os dados necessários. Esses dados são obtidos por meio da análise

do consumo da energia atual (dados referentes a no mínimo um ano de consumo), realizada pela avaliação das contas de energia na edificação (eletricidade, combustíveis, gás natural). Dados oriundos de inspeção e memória de massa (dados obtidos a partir de um medidor que registra e armazena o consumo de energia ativa e reativa em pequenos intervalos de tempo e por um período predeterminado) também auxiliam na determinação do potencial de conservação existente (PROCEN, 2014).

Figura 4.1 | Etapas da auditoria energética



Fonte: Brasil (2015, p. 16).

O produto final dessa primeira fase consiste em um relatório preliminar, que deve conter: (1) levantamento das características da edificação; (2) apontamentos sobre problemas comuns entre os consumidores da instalação (moradores, funcionários ou proprietários) e previsão de reforma, determinados por meio de reuniões; (3) análise do espaço utilizado pelos ambientes; (4) solicitação de mudança na estrutura tarifária para posto inferior, sempre que aplicável; (5) comparativo de indicadores de consumo entre edificações similares (*benchmarking*); (6) apresentação dos custos totais de energia e de demanda (por tipo energético, quando houver mais de um), de pelo menos um ano, indicando o potencial de economia identificado (em reais); (7) estimativa da redução do consumo com a aplicação das medidas de conservação de baixo custo ou custo zero; e (8) identificação de ações eficientes que necessitam de estudos mais aprofundados (BRASIL, 2015).



Medidas de custo zero são aquelas que não precisam de investimento preliminar e podem ser implantadas de forma imediata, como a limpeza de luminárias e o desligamento de equipamentos sem utilização. As de baixo custo são as que necessitam de um investimento pequeno e são fáceis de aplicar, como substituir componentes danificados e utilizar molas nas portas para que não permaneçam abertas. As de médio e alto custo são as medidas de complexa execução, em que é necessário averiguar a viabilidade econômica e a disponibilidade financeira da empresa; são exemplos de ações desse tipo: substituição de motores antigos por novos de alto rendimento e mudança da matriz energética (PROCEN, 2014).

A próxima etapa (nível 2) consiste na pesquisa energética composta pela visita aos ambientes de maior consumo e, quando houver, às casas de máquinas, além das análises de engenharia. A vistoria serve para a checagem dos equipamentos e averiguação de sistemas, como: envoltória, refrigeração e iluminação. Com isso, é possível avaliar a instalação com base nas observações feitas, em cálculos realizados com dados levantados e com medições locais.

O produto final da segunda fase consiste em um relatório complementar que deve conter: (1) exame detalhado de plantas e inventários de equipamentos e verificação dos processos operacionais e de manutenção; (2) descrição dos principais sistemas de consumo energético; (3) medição de parâmetros operacionais fundamentais, assim como a comparação com os níveis determinados em projeto; (4) detalhamento do consumo por uso final; (5) estimativa do custo de implementação de cada ação de eficiência; (6) criação de medidas aplicadas de formas conjuntas, assim como seu potencial de redução de energia; (7) avaliação de investimento total; e (8) identificação de ações eficientes que necessitam de estudos mais aprofundados (BRASIL, 2015).

O último estágio (nível 3) da auditoria energética é no qual ocorrem as análises de implantação de medidas de médio e alto custo, incluindo grandes obras. Todas as informações das etapas anteriores também devem ser reavaliadas e, sempre que necessário, mais bem detalhadas. O relatório final, realizado nessa fase, deve conter: (1) avaliação do monitoramento dos métodos de medição;

(2) modelagem com exatidão das ações propostas; (3) estimativa de custo-benefício por meio da Análise de custo de ciclo de vida (do inglês *Life Cycle Cost Analysis* – LCCA); e (4) discussão com os proprietários sobre os resultados obtidos (BRASIL, 2015).

Pesquise mais

Para saber mais sobre auditorias energéticas e obter maior detalhamento sobre seus níveis de aplicação, leia: CNI - Metodologia de realização de diagnóstico energético: Guia Básico (2009), disponível em <https://static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/uploads/arquivos/Metodologia_derealizaodediagnostico.pdf>. Acesso em: 15 set. 2017.

A **gestão energética**, por sua vez, é a introdução de medidas que buscam melhorar o uso da energia por meio de práticas mais eficientes e orientações. Os gestores e funcionários são os principais atores nesse processo, e é importante, para que se tenha êxito, o engajamento de todos.

A informação é o principal pilar de uma boa gestão, portanto, é importante que todos os consumidores envolvidos conheçam o padrão de consumo no local a fim de gerar consciência coletiva e benéfica a todos. É importante ressaltar que as medidas implantadas não devem ser correlacionadas com racionamento de energia ou menor qualidade de serviço.

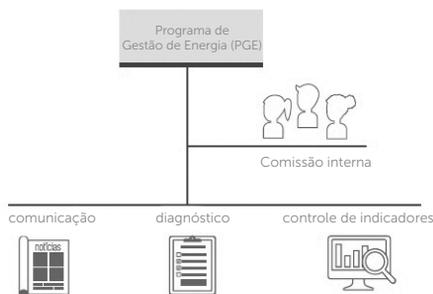
Os responsáveis pela gestão energética devem atuar em dois aspectos distintos: (1) treinamento e conscientização do pessoal; e (2) investimentos em tecnologia e construção. Para isso, geralmente cria-se uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE), que será responsável pela elaboração, implantação e pelo acompanhamento dessas atividades de conscientização de consumo energético, assim, ela acompanha a evolução das metas e amplia a divulgação dos resultados (BRASIL, 2015).

Reflita

A CICE é a organização que cuida da gestão energética de uma empresa. Você sabe como ela é composta? Como seus membros são escolhidos? Reflita! Quais devem ser os requisitos mínimos a serem atendidos na hora de sua composição?

Uma gestão de energia de qualidade abrange três pilares: comunicação, diagnóstico e acompanhamento de indicadores (Figura 4.2). Cada um deles pode ocorrer de forma simultânea, não havendo uma atividade prioritária ou preliminar entre eles; o que se recomenda é que todos sejam geridos pela CICE.

Figura 4.2 | Organização e abrangência da gestão de energia



Fonte: Brasil (2015, p. 58).

Os indicadores de eficiência energética (IEE) são o instrumento mais utilizado para medição e monitoramento da forma como a energia é aplicada, tanto em nível macroeconômico quanto microeconômico. Dentro desses indicadores, há subdivisões que devem ser manipuladas e interpretadas cuidadosamente para uma análise correta, a saber: indicadores descritivos e indicadores explicativos. Os indicadores descritivos são responsáveis por caracterizar o IEE sem justificar suas alterações de desvio. Já os indicadores explicativos caracterizam o IEE justificando as alterações de seus desvios — alterações comportamentais, de tecnologia (CAGNON; PORTO, 2007).

A gestão energética se preocupa também com as análises econômicas. Esses critérios técnicos econômicos são realizados de forma desagregada, ou seja, de acordo com cada subsetor ou uso final de tecnologia, avaliando o consumo específico. Isso tudo para que a gestão atinja suas premissas fundamentais, que são: (1) medição da energia consumida (global e desagregada); (2) cálculo da transformação de energia; (3) análise das auditorias e elaboração de metas; e (4) avaliação da viabilidade econômica, quantificando a rentabilidade do investimento (CAGNON; PORTO, 2007).

O ponto inicial para analisar a **viabilidade econômica** é conhecer o perfil de consumo do local. Para isso, é importante que se obtenha o fator de carga (FC), que é definido pela razão das demandas médias

e máximas em um dado período e indica como a energia foi utilizada ao longo do tempo. Esse fator interfere diretamente no valor da conta de energia: quanto maior for o FC (uso das cargas distribuído ao longo do tempo), menor será o custo da energia (BEZERRA, 2008).

A média do preço da energia ($P_{Médio}$) é dada em função da tarifa de demanda (T_D), em R\$/kW, da tarifa de consumo (T_C), em R\$/kWh, do fator de carga e do número de horas faturadas (h), que pode ser calculada pela fórmula a seguir:

$$P_{Médio} = \frac{T_D}{FC \times h} + T_C$$

O FC para um sistema de tarifa convencional é obtido conforme a fórmula abaixo:

$$FC = \frac{\text{Consumo(kWh)}}{\text{Demanda}_{máxima}(\text{kW}) \times 730h}$$

A próxima quantificação a ser feita diz respeito ao fator de potência (FP). Um FP baixo corresponde a excesso de reativos na rede, e isso reduz a eficiência dos sistemas elétricos. Esse excesso, além de prejudicar os rendimentos das redes, também é faturado na conta de luz. Nível de tensão acima do nominal e muitos motores de pequena potência operando juntos são exemplos das principais causas para a diminuição do FP. Assim, sempre que houver um FP abaixo do indicado (<0,92), devem-se propor ações para compensá-lo (BEZERRA, 2008).

Com isso feito, damos início, de fato, à análise financeira, que será responsável por determinar as condições de investimento, definindo qual alternativa aceitar e quais rejeitar. A atratividade econômica em si pode ser verificada por diversos métodos, com destaque para: tempo de retorno de investimento (do inglês, *Simple Pay Back*) e valor presente líquido. Este último método pode ser definido como a diferença entre o valor presente e o valor investido no projeto. Já o método do tempo de retorno de investimento trata do tempo necessário para que o benefício se iguale ao investimento (PROCEN, 2014).

O valor presente líquido (VP) é responsável por retornar a alternativa de maior valor trazida à presente, calculada pela fórmula a seguir, e considerando que, quanto mais alto for o valor presente, mais benéfica é a aplicação (BEZERRA, 2008).

$$VP = A \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} - I$$

Em que: I – Investimento (R\$); A – Economia ou lucro obtido com o investimento realizado (R\$ em 1 ano); i – Taxa de juros (%a.a.); n – Período considerado (pode ser referente à vida útil de um equipamento, período de análise, duração do projeto, dado em anos).

O tempo de retorno corresponde ao número de anos, meses e/ou dias que serão necessários para que o investimento inicial seja recuperado. Para esse índice, tem-se que, quanto menor ele for, melhor, uma vez que o tempo que será preciso para reaver o investido será menor. O tempo de retorno de investimento simples ($Payback_{simple}$) não leva em consideração o custo de capital (taxa de juros), avalia apenas o custo de implantação e o custo benéfico gerado. O tempo de retorno de investimento descontado ($Payback_{descontado}$), por outro lado, é o período necessário para zerar o valor líquido presente do projeto, considerando agora os juros. Eles são obtidos conforme as fórmulas seguintes (BEZERRA, 2008):

$$Payback_{simple} = \frac{I}{A}$$

$$Payback_{descontado} = \frac{\log\left(\frac{I}{A} \times i + 1\right)}{\log(1+i)}$$

Onde: I – Investimento (R\$); A – Economia ou lucro obtido com o investimento realizado (R\$ em 1 ano); i – Taxa de juros (%a.m./ %a.a.).

Por fim, é importante que se analise a Relação benefício custo (RBC), que é dada em função do benefício anualizado (B) e pelos custos anualizados (CA_{total}), conforme fórmula abaixo. O benefício anualizado refere-se ao investimento total para aquisição de um equipamento, e o custo anualizado é a variação da vida útil desse equipamento e da taxa de juros (BEZERRA, 2008).

$$RBC = \frac{B}{C_{total}}$$

O RBC é feito de forma individual para cada equipamento ou sistema, assim, quando um projeto contar com a análise de mais de um uso final, cada um deles terá um RBC diferente calculado, em que o RBC total do projeto será a média ponderada desses RBCs

individuais. Cada peso na média ponderada será atribuído de acordo com o percentual de participação na energia economizado pelo equipamento ou sistema (BEZERRA, 2008).

A implantação de auditorias e gestão energética são ferramentas importantes e muito benéficas à vertente de eficiência energética, entretanto, existe uma série de **barreiras que limitam à implantação dessas ações**. Entre elas, destacam-se: questões institucionais (política e regulatória), questões de mercado, de organização, comportamental e foco na produção (SOLA, 2013).



Exemplificando

De acordo com Kawa (2015), os principais exemplos de barreiras à conservação de energia dentro dos mais variados subsetores da indústria são: (1) desfavorecimento da legislação voltada a investimentos industriais em energia; (2) falta de linhas de financiamento atrativas para ações de eficiência energética; (3) competição com outros investimentos dados como prioritários dentro da empresa; (4) pessoal sem capacitação para elencar oportunidades de eficiência de energia e para fazer a gestão energética dos projetos; e (5) insegurança na inserção de tecnologias novas com menor consumo de energia.

Esses entraves estão diretamente relacionados com o foco das instituições, uma empresa se preocupa majoritariamente com o seu sistema de produção e em atender aos requisitos para que ele funcione de forma maximizada, dessa forma, todos seus esforços são destinados a suprir esse requisito, sem se preocupar com a eficiência do processo. É preciso mudar a visão sobre a energia, passando a vê-la como questão estratégica e não como elemento de custo.

Além disso, é muito difícil encontrar políticas sobre o tema de energia dentro de uma organização; não há divulgação de informação e incentivos relacionados aos aspectos estratégicos. A comunicação entre os setores não ocorre de forma homogênea, e não há pessoal especializado, com isso, não é possível tomar decisões acertadas pela falta de dados existentes (SOLA, 2013).

O país ainda carece de medidas governamentais que incentivem os bancos a terem maior envolvimento em projetos de construção eficiente, e as taxas de juros menores são elementares nesse processo. Além disso, mecanismos regulatórios que estipulem os

valores mínimos de conservação energética dentro de uma edificação podem colaborar ainda mais para a adesão dos programas (KAWA, 2015).

As barreiras identificadas na inserção de medidas eficientes também representam oportunidades ao mercado. É indispensável que ocorra maior divulgação de informações, assim como ajustes nos financiamentos e concessão de créditos para o segmento. Além disso, é necessário tornar disponíveis cursos de capacitação para que os profissionais tenham conhecimento suficiente para identificar as oportunidades de conservação e colocá-las em prática. É importante também que tecnologias inovadoras sejam difundidas com demonstração de projetos pilotos. E, por fim, que haja uma revisão na legislação atual, a fim de estimular projetos eficientes (KAWA, 2015).

Sem medo de errar

Para iniciar o projeto proposto pela situação-problema, contida no *Diálogo aberto* desta seção, você precisa dar início à sua auditoria energética. Para isso, o ponto de partida é conhecer os hábitos de consumo da multinacional que o contratou. Você deve dividir sua tarefa de acordo com as três etapas previstas para um diagnóstico: visita técnica, análise energética e análise detalhada.

Na primeira fase, você deve conhecer o ambiente que implantará o diagnóstico a fim de ter uma visão do todo, planejar suas estratégias e levantar dados preliminares. Os dados preliminares serão formalizados pela verificação da conta geral de energia do edifício, além de informações coletadas em uma primeira inspeção e a partir de referências fornecidas pelos consumidores finais, chegando, assim, a um potencial de conservação energética inicial. É importante também verificar se o enquadramento tarifário é o mais apropriado para os processos produtivos exercidos na edificação. Deve-se identificar se há algum equipamento mal dimensionado ou em condições severas de uso ou sem manutenção. E por fim, é preciso analisar como estão divididos os circuitos, se não há sobrecarga ou desbalanceamento.

Com isso, você deve dar início à segunda etapa do diagnóstico, na qual você precisa visitar os ambientes identificados como de maior consumo e realizar uma vistoria mais aprofundada na edificação, avaliando seu envoltório, seus sistemas de refrigeração e de

iluminação, para, na sequência, avaliar oportunidades mais pontuais de conservação energética.

Feito isso, entra-se na última fase da sua auditoria, estágio 3. Aqui você finaliza com as análises de viabilidade econômica da inserção dos projetos de eficiência e dá início às implantações das medidas mais dispendiosas, as de médio e alto custo, incluindo grandes obras, caso necessário.

A avaliação da viabilidade econômica pode ser feita por meio de métodos como: tempo de retorno de investimento e valor presente líquido. O valor presente líquido (VP) indicará quais das medidas sugeridas são mais eficientes para serem aplicadas no momento atual, correspondendo à relação entre o valor de investimento no futuro (I), os lucros gerados (A) e a potencialização do tempo previsto (n) e das taxas de juros (i), dada pela fórmula abaixo:

$$VP = A \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} - I$$

O tempo de retorno informará qual o prazo para que a empresa recupere os investimentos que precisará fazer durante a auditoria, demonstrando, assim, se de fato são viáveis e atrativos aos anseios dessa multinacional. Esse tempo (*Payback_{simples}*) é calculado pela razão do investimento (I) pelo lucro (A) gerado (ou custo evitado) anualizado, conforme fórmula abaixo:

$$Payback_{simples} = \frac{I}{A}$$

O produto final dessa auditoria consistirá em três relatórios, referentes a cada um dos estágios realizados. No primeiro, devem-se apresentar as características do edifício, problemas de escala comum, solicitação de mudanças nos postos tarifários, custos totais de consumo e demanda, potencial de economia na empresa, estimativa da redução possível com aplicação de ações imediatistas de baixo custo ou sem custo inicial e apontamento das ações prioritárias. O segundo deve conter uma avaliação detalhada de plantas, inventários, processos operacionais e de manutenção, além da identificação e descrição dos sistemas de maior consumo, monitoramento de parâmetros essenciais, especificação de consumo por uso final, estimativa do custo para implantação das medidas eficientes restantes, avaliação do investimento total e apontamento das ações

que devem ser aprofundadas. O terceiro e último relatório deve avaliar o comportamento dos métodos de medição, modelar com alta precisão as medidas propostas, estimar o custo-benefício por meio da Análise de custo de ciclo de vida e listar os apontamentos feitos pelos proprietários sobre os resultados obtidos. O conjunto desses três relatórios compõe o documento final de sua auditoria e fecha sua primeira entrega para o projeto para o qual foi contratado.

Avançando na prática

Viabilidade econômica de projetos de conservação de energia

Descrição da situação-problema

Você é responsável pelas análises de viabilidade econômica dos projetos de conservação de energia na empresa em que trabalha. Sua próxima tarefa é escolher entre dois equipamentos que poderão ser inseridos no projeto, verificando qual é mais viável à instituição, levando em consideração o tempo que a empresa levará para recuperar seu investimento e o valor presente líquido. Para o equipamento 1, é necessário um investimento inicial de R\$ 30.000,00, no qual se espera ter um retorno mensal de R\$ 2.500,00, já o equipamento 2 necessita de um investimento de R\$ 24.000,00, com estimativa de retorno mensal de R\$ 1.800,00. Considere que, para ambos, a taxa de juros é de 12% a.a. e que o equipamento envolvido no projeto tem uma vida útil de 4 anos.

Qual é o resultado de suas análises e o seu parecer final? Qual dos equipamentos é o mais viável?

Observação: use o tempo de retorno de investimento simples para as análises.

Resolução da situação-problema

Verifica-se inicialmente o tempo de retorno através do

$$\text{Payback}_{\text{simples}}: \quad \text{Payback}_{\text{simples}} = \frac{I}{A}$$

Para o equipamento 1, sendo $I = 30.000$ e $A = 2.500 \times 12 = 30.000$, tem-se:

$$\text{Payback}_{\text{simples}} = \frac{I}{A} = \frac{30.000}{30.000} = 1 \text{ ano}$$

Qual é o tempo de retorno de investimento desse projeto analisando por meio do *payback* simples?

- a) 1 ano.
- b) 2 anos.
- c) 2 anos e 6 meses.
- d) 3 anos.
- e) 3 anos e 6 meses.

3. Acerca da gestão energética, marque V (verdadeiro) ou F (falso) nas assertivas abaixo.

() A informação é um fator decisivo de uma boa gestão, pois ela é responsável por fazer com que todos os usuários de energia do local tenham conhecimento sobre o consumo padrão.

() As medidas implantadas estão correlacionadas com racionamento de energia sem que se gere menor qualidade de serviço.

() A gestão energética atua em duas frentes: treinamento e conscientização do pessoal; e investimentos em tecnologia e construção.

() Os indicadores de eficiência energética são ferramentas auxiliares à gestão, mas são pouco utilizados por falta de padronização.

De acordo com o texto-base, assinale a alternativa que apresenta a combinação correta de "V" e "F".

- a) V, V, V, V.
- b) F, F, F, F.
- c) V, F, V, F.
- d) V, F, F, F.
- e) V, V, V, F.

Seção 4.2

Políticas e programas de conservação de energia

Diálogo aberto

Os incentivos e as políticas implantadas no Brasil sobre eficiência energética contribuem para as boas práticas e o uso consciente da energia. Programas como o Procel têm apresentado resultados significativos nos mais variados setores em que é aplicado. Além disso, medidas de gestão energética e padronizações, como as da certificação ISO 50001, também são fundamentais para se desenvolver a conservação energética no setor industrial e comercial. Para que você, aluno, compreenda melhor esses programas e normas, é necessário que se coloque dentro do cenário proposto no *Convite ao estudo* desta unidade.

Assim, vamos relembrar esse cenário: você é um auditor energético contratado por uma multinacional para implantar medidas de conservação de energia e será responsável por realizar todos os procedimentos necessários para analisar a viabilidade do projeto técnico, que deve ser apresentado ao responsável por sua contratação.

Depois de ter proposto medidas de eficiência energética a serem implantadas na empresa, assim como sua viabilidade econômica, você deve analisar agora as políticas e programas de conservação de energia existentes no Brasil e propor, para a empresa, meios de aproveitar os incentivos existentes. Isso consistirá na segunda parte da auditoria, que será realizada nesta seção. Após essa análise, você deverá elaborar um relatório complementar para introduzir e disseminar os programas e mecanismos nacionais existentes na área de eficiência energética.

Lembre-se de que a empresa é uma multinacional, com diversos funcionários distribuídos por dezenas de andares de trabalho, além de diversos computadores, lâmpadas, condicionadores de ar e alguns elevadores no local. Você, como auditor energético, deve responder a alguns questionamentos, como: quais os programas de eficiência energética no Brasil? Como esses programas auxiliam na conservação de energia? Quais incentivos são aplicáveis à empresa?

Para solucionar esse problema, você estudará, nesta seção, os incentivos à eficiência energética no Brasil e no mundo, além da importância do Procel e da ISO 50001.

Bom estudo e excelente trabalho!

Não pode faltar

A dificuldade para atender às crescentes demandas de energia na conjuntura atual e de forma que não haja atenuação do crescimento econômico tem feito com que muitos países passem a dar maior importância às temáticas de eficiência energética e desenvolver mecanismos que intensifiquem o uso racional de energia em quaisquer que sejam os setores de aplicação.



Refleta

Qual a importância de incentivos em medidas e programas de eficiência energética? Reflita! Como as políticas de conservação contribuem para a economia de energia?

Os **incentivos e políticas internacionais para eficiência energética** foram extremamente importantes para o desenvolvimento das experiências nacionais. A preocupação com o tema iniciou com a primeira crise do petróleo, em 1970, quando as indústrias passaram a buscar alternativas para diminuir a dependência do petróleo e seus derivados. Na sequência, a partir de 1980, a emissão de gases do efeito estufa, a variação climática e os demais impactos da queima de combustíveis fósseis passaram a integrar as principais discussões mundiais. Toda essa inquietação deu origem, em 1997, ao Protocolo de Kyoto, no qual foram definidas metas de diminuição na emissão de dióxido de carbono (CO₂) entre os 84 países signatários. Atingir as metas acordadas foi um dos grandes estimulantes da criação de mecanismos de eficiência energética em diversos países (SOUZA; GUERRA; KRUGER, 2011).

Na maioria dos países que inseriram programas de eficiência energética, houve a criação de uma agência específica para lidar com essas questões, sendo ela responsável por determinar as medidas necessárias, sem muito envolvimento político. Boa parte das agências é vinculada ao setor ambiental ou a departamentos de energia (MENKES, 2004).

Nos Estados Unidos, a responsabilidade de assuntos de eficiência energética é do Departamento de Energia Americano (DoE) que atua por meio da Rede de Eficiência Energética e Energia Renovável (do inglês: *Energy Efficiency and Renewable Energy Network – EERN*). Seu objetivo é explorar e priorizar fontes renováveis, baixando os custos relacionados com a energia, e proteger o meio ambiente. Para isso, investe em programas de etiquetagem e padronização de seus equipamentos. Seu principal foco são empresas de energia, de construção civil e setores da indústria e do transporte (SOUZA; GUERRA; KRUGER, 2011).

Na França, as ações são desenvolvidas pela Agência do Meio Ambiente e da Matriz Energética (ADEME), que prioriza medidas de redução de resíduos, poluição do ar e da matriz energética. No Reino Unido, o órgão responsável é o Departamento de Meio Ambiente, Transporte e Regiões (DETR), e seu principal programa é o Padrão de desempenho elétrico (do inglês: *Electricity Standard of Performance – SoP*). Eles visam a conscientização populacional, introdução de aquecedores modernos, melhoria dos envoltórios e isolamentos, utilização de combustíveis renováveis e iluminação eficiente (SOUZA; GUERRA; KRUGER, 2011).

Nos demais países, como Japão, Suécia e Austrália, os programas desenvolvidos são semelhantes, visando diminuir o desperdício energético e com adoção de medidas como programas de etiquetagem e padronização de equipamentos, métodos e processos (SOUZA; GUERRA; KRUGER, 2011).

Os incentivos e políticas, visando à eficiência e conservação de energia no Brasil, tiveram sua primeira aferição na década de 1980, quando se iniciou a formulação de legislação para o segmento. A primeira medida efetiva foi implantada em 1981, no âmbito do Ministério da Indústria e Comércio (MIC), com a criação do programa Conserve. O Conserve surgiu para atender às exigências da Portaria MIC/GM46, que exigia o estímulo da conservação energética da indústria, desenvolvendo produtos mais eficientes e dando prioridades aos energéticos nacionais. O programa respondeu, no seu primeiro ano de implantação, pela queda de 18% no consumo de óleo combustível no setor industrial (SOUZA; GUERRA; KRUGER, 2011).

Em 1982, por meio do Decreto nº 87.079, foi criado o Programa de Mobilização Energética (PME), definido como um conjunto

de medidas destinadas à conservação energética e à substituição gradativa de derivados de petróleo por combustíveis renováveis nacionais (ALTOÉ et al., 2017).

Em 1985, com a parceria do Ministério de Minas e Energia (MME) e do Ministério da Indústria e Comércio (MIC), foi instituída a Portaria Interministerial nº 1.877 dando origem ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), cuja missão é ampliar e priorizar as iniciativas para o uso racional de energia elétrica (ALTOÉ et al., 2017).

Em 1991, foi instituído por Decreto presidencial (BRASIL, 1991) o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), com a finalidade de promover ações de uso racional das fontes não renováveis, em consonância com o Procel.

Em 1997, pela Lei nº 9.478 (BRASIL, 1997b), foi fundado o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e lançada a Política Energética Nacional (PEN), cujo principal objetivo é proteger o meio ambiente e criar mecanismos que estimulem a conservação de energia.

No mesmo ano, pelo Decreto nº 2.335 (BRASIL, 1997a), acrescentou-se como competência da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) promover ações que visem ao combate ao desperdício de energia nos aspectos de geração, transmissão, distribuição, comercialização e uso final. Em 2000, a Resolução nº 271 da ANEEL determinou os critérios para utilizar recursos energéticos visando minimizar os desperdícios e desenvolver tecnologicamente o setor elétrico do país (SOUZA; GUERRA; KRUGER, 2011).

Ainda em 2000, foi publicada a Lei nº 9.991 (BRASIL, 2000), que trata dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento para a área de eficiência energética por meio das concessionárias de energia, incluindo as permissionárias e autorizadas.

Em 2001, foi instituída a principal lei de eficiência energética do Brasil, a Lei nº 10.295 (BRASIL, 2001b), considerada um marco para a área de conservação energética, em que foi lançada a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Nela, são estabelecidos os níveis de consumo específico máximos ou a eficiência energética mínima de equipamentos elétricos fabricados no país, por meio do Decreto nº 4.059 (BRASIL, 2001a; ALTOÉ et al., 2017). Além disso, com essa lei o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

(INMETRO) oficializou o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) como um dos programas de eficiência energética, o qual era, desde 1984, realizado de forma voluntária entre o Ministério da Indústria e do Comércio e a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE). Esse programa fornece informações, por meio de etiquetas anexas aos equipamentos, sobre seu desempenho, auxiliando o consumidor na sua decisão final. A adesão ao programa ainda é voluntária.

Em 2004, a Lei nº 10.847 (BRASIL, 2004) autorizou a implantação da Empresa de Pesquisa Energética, cuja finalidade seria realizar estudos e pesquisas sobre o planejamento do setor energético, englobando as fontes energéticas renováveis e a eficiência energética.

Em 2007, o MME publicou o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), em que foram retratados os potenciais de inserção de medidas de eficiência energética para cada setor macroeconômico do país (MME, 2007). Em 2011, houve outra publicação, a do Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), que detalha as medidas que podem ser implantadas para elevar a conservação energética em segmentos como a indústria, o setor de transportes, os edifícios, a iluminação pública e a educação (MME, 2011).

Em 2009, houve avanços significativos para o PBE, quando foi lançada a certificação de eficiência energética para edificações públicas e comerciais e, no ano seguinte, para residenciais, sob responsabilidade do Procel. Além disso, foi instaurada a mesma certificação para veículos de transporte, sob responsabilidade do CONPET.

Em 2010, a Lei nº 12.212 (BRASIL, 2010) alterou um dos artigos da Lei nº 9.991, que passou a vigorar a obrigatoriedade das concessionárias de distribuição de energia a destinar pelo menos 60% dos recursos oriundos de programas de eficiência energética a consumidores beneficiados pela Tarifa Social.

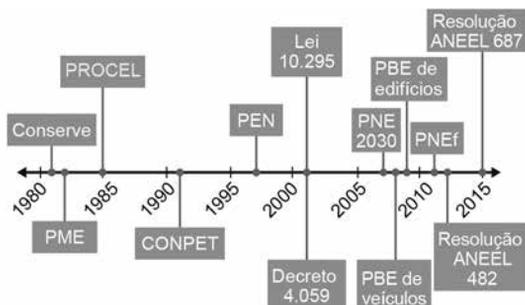
Em 2012, ocorreu outro grande marco regulatório para o incentivo de conservação de energia, a Resolução Normativa nº 482 da Aneel, que instituiu o sistema de compensação de energia elétrica no país. Com ele, unidades consumidoras foram possibilitadas de instalar sua própria fonte de energia (para autoconsumo), desde que essa geração fosse proveniente de energias renováveis, enquadrando-se como micro ou minigeração distribuída. No mesmo ano, tem-se ainda a

Medida Provisória nº 579 (BRASIL, 2012), que determinou a redução de 20% de encargos e tarifas referentes ao setor elétrico.

Em 2015, o Convênio ICMS nº 16 possibilitou que os estados brasileiros isentassem o ICMS referente à micro e minigeração distribuída, ficando a caráter estadual a decisão de aderir ou não. Até o momento (2017), 22 estados e o Distrito Federal já ingressaram no programa do convênio, sendo Amazonas, Espírito Santo, Santa Catarina e Paraná os únicos estados que ainda não adotaram as medidas propostas.

Ainda em 2015, a Resolução Normativa nº 687 da Aneel entrou em vigor, trazendo atualizações para a ReN nº 482, ampliando o período para compensar os créditos de energia gerados e o limite de potência instalada, atingindo 5 MW para fontes hidrelétricas e 3 MW para as demais fontes renováveis. Além disso, foram incluídas duas novas formas de compensação de energia, a geração compartilhada e a geração distribuída em condomínios, representando um grande progresso para a disseminação e intensificação da geração distribuída no país. O resumo dos principais marcos regulatórios em eficiência energética no país é demonstrado na Figura 4.3.

Figura 4.3 | Principais marcos regulatórios brasileiros na área de eficiência energética



Fonte: Altoé et al. (2017, p. 292).

Entre os programas citados acima, o **Procel** é um dos maiores e mais populares. Como mencionado anteriormente, o objetivo principal desse programa é a promoção do uso eficiente da eletricidade, buscando combater desperdícios. Suas medidas visam desenvolver bons hábitos de consumo e instruir o consumidor sobre essas práticas. Essas ações reduzem impactos ambientais decorrentes da redução dos investimentos setoriais.

Historicamente, considera-se que o Procel passou por três fases. A primeira, de 1985 a 1991, foi apreciada como a fase mais ativa entre as demais, quando se registrou grande importância para a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico. Nesse período, houve diversos levantamentos sobre o uso de energia por setor de consumo, além do desenvolvimento de laboratórios visando à realização de pesquisas e aperfeiçoamento nos índices de eficiência energética dos equipamentos elétricos do país, a fim de estabelecer normas, padrões e certificações desses equipamentos.

No fim da primeira fase, houve ainda a criação do Programa Nacional de Racionalização da Produção e Uso de Energia (PROENERGIA), pelo Decreto nº 99.250 em 1990 (BRASIL, 1990), e a implantação do Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético, fazendo com que o foco principal do Procel sofresse mudanças.

Em 1991, o Procel foi instituído como programa de governo, com isso, suas responsabilidades foram aumentadas, tendo de abranger todos os setores vinculados à produção de energia elétrica. Para que isso fosse possível, foi criado o Grupo Coordenador de Conservação de Energia (GCCE), para coordená-lo, e um órgão executivo denominado de Secretaria Executiva do GCCE, subordinado a Eletrobrás (SOUZA; GUERRA; KRUGER, 2011).

A segunda fase, entre 1991 e 1993, agora como um programa de governo federal, foi o processo de maior entrave do Procel, devido às reformas administrativas no governo que geraram dificuldades de repasse dos recursos dos principais provedores dos projetos: as centrais elétricas. Nessa fase, surgiu então os Programas de Conservação de Energia nas Concessionárias (PROCECONS).

A terceira fase foi constituída por um período de reformulação do Procel, quando seu novo foco foram às medidas de eficiência energética para o sistema elétrico como um todo. Suas ações visaram reduzir as perdas elétricas de seus sistemas e definir os potenciais de conservação energética. Atualmente, o Procel atua nas mais variadas frentes, com programas destinados a equipamentos, edificações, iluminação pública, poder público, indústria e comércio e conhecimento.

A atuação do Procel no âmbito de equipamentos é por meio do Selo Procel de Economia, instituído em 1993, que identifica os eletrodomésticos com maior eficiência energética. Os equipamentos

são submetidos a testes laboratoriais que avaliam seu desempenho, e recebem o selo apenas os que estiverem entre os melhores índices.



Assimile

O Selo Procel é uma medida informativa e de orientação que auxilia o consumidor na hora da compra de um equipamento, indicando o índice de eficiência energética do produto dentro da categoria que faz parte.

Do ponto de vista das edificações, o Procel atua disponibilizando recomendações especializadas e simuladores para construções civis. Ele avalia a eficiência de edificações por meio da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edificações, a qual faz parte do PBE Edifica e é concedida desde 2009. As edificações novas que seguem as orientações do PBE Edifica chegam a obter 50% de economia de energia, e as que passam por reformulações chegam a 30%.

Com relação à iluminação pública, o Procel conta com o Programa Reluz, instituído em 2000, que é destinado ao planejamento da substituição das lâmpadas da iluminação pública e dos semáforos por tecnologias mais eficientes, como o LED, gerando uma economia de 30% para a iluminação pública e de até 90% para os semáforos.

No poder público o Procel tem duas principais atuações: Gestão energética municipal (GEM) e Saneamento ambiental. A GEM auxilia na gestão energética da cidade, com metodologias que levam em consideração as características socioeconômicas locais e do estado, visando diminuir os desperdícios. Já as ações de saneamento são destinadas às empresas do ramo, promovendo o uso racional da eletricidade e da água em seus sistemas, e almejam universalizar os serviços de saneamento básico para toda a sociedade, reduzindo seus custos.

Na indústria e comércio, o papel do Procel consiste em treinamentos, elaboração de manuais e ferramentas computacionais que auxiliem na diminuição dos desperdícios setoriais, otimizando seus sistemas produtivos. Além disso, ele é responsável por auditorias energéticas, vislumbrando casos de sucesso.

Na área do conhecimento, o Procel atua elaborando e disseminando informação sobre a temática de eficiência energética, buscando aumentar a conscientização da sociedade. Assim, ele

A ISO 50001 exige que seja desenvolvida uma política de maior eficiência no uso da energia, que haja metas e objetivos bem definidos para que essa política seja atendida, que as tomadas de decisões sobre o uso da energia sejam baseadas em dados reais obtidos de avaliações e monitoramentos, que se meçam os resultados e que a política seja reavaliada, buscando sempre uma melhoria contínua.

Com isso, os resultados obtidos com a certificação da norma ISO 50001 consistirão da melhoria na utilização dos equipamentos de consumo energético, comunicação mais ampla e transparente sobre a gestão energética dentro da instituição, melhores práticas de gestão e conduta, avaliação e priorização da implantação de tecnologias mais eficientes, redução da emissão dos gases do efeito estufa e um compilado dos dados referentes à energia, que poderão servir para comparar, documentar e auxiliar na elaboração de relatórios sobre o uso da energia e os impactos causados/evitados por ela na instituição.



Exemplificando

As etapas da ISO 50001 podem ser exemplificadas pela Figura 4.5.

Figura 4.5 | Etapas da norma ISO 50001



Fonte: <<http://efagundes.com/blog/tag/iso-50001/>>. Acesso em: 19 jul. 2017.

Sem medo de errar

Para iniciar a segunda parte da auditoria proposta na situação-problema contida no *Diálogo aberto* desta seção, você precisa realizar uma análise em forma de relatório complementar, que deve conter os principais programas e medidas de eficiência energética do Brasil.

O primeiro programa instituído no país foi o Conserve, o qual surgiu para estimular a conservação energética da indústria por meio do desenvolvimento de produtos mais eficientes e priorizando os energéticos nacionais. Na sequência, foi criado o Programa de

Mobilização Energética, com objetivo de implantar medidas de conservação energética e incentivar a substituição gradativa de derivados de petróleo por combustíveis renováveis, preferencialmente nacionais.

Continuando, foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, cuja missão é ampliar e priorizar as iniciativas para o uso racional de energia elétrica. Anos depois, foi lançado o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural, com a finalidade de intensificar as ações de uso racional das fontes não renováveis. Depois surgiu a Política Energética Nacional, a fim de proteger o meio ambiente e criar mecanismos que estimulem a conservação de energia.

Posteriormente, houve a homologação da principal lei de eficiência energética do Brasil, quando foi lançada a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, que estabeleceu os níveis de consumo específico máximos ou a eficiência energética mínima de equipamentos elétricos fabricados no país.

Na sequência, foi oficializado o Programa Brasileiro de Etiquetagem, responsável por fornecer informações referentes ao desempenho do equipamento por meio de uma etiqueta anexa a ele. Anos depois, o programa foi ampliado para certificar edificações quanto à sua eficiência.

Nos anos seguintes houve a implantação de resoluções normativas que facilitaram a inserção de geração distribuída na matriz energética, estimulando o uso de energias renováveis.

Esses programas são essenciais para informar o consumidor final sobre características de desempenho e rendimento dos equipamentos que ele utiliza, além de estimular o uso de energéticos renováveis e nacionais e impulsionar práticas mais racionais do uso da energia e utilização de tecnologias e edificações mais eficientes energeticamente.

Várias das medidas utilizadas nos programas e políticas de eficiência energética podem ser replicadas à empresa na qual você está atuando, como a disseminação de informação de uso racional entre os funcionários, a escolha de novos equipamentos com Selo Procel A de eficiência, a substituição de equipamentos ultrapassados por equipamentos que apresentem melhor rendimento de acordo com suas etiquetas e priorizar fontes energéticas alternativas

renováveis e nacionais.

O conjunto de todas essas informações deve compor o segundo relatório dessa auditoria, denominado de relatório complementar, finalizando a segunda etapa de seu trabalho como auditor nessa empresa.

Avançando na prática

Norma ISO 50001

Descrição da situação-problema

Você é um especialista em gestão energética e foi contratado para preparar uma empresa para a certificação da ISO 50001. Para isso, você será responsável por incluir todos os procedimentos de gestão inexistentes na empresa. Como você faria para inserir a ISO 50001 no contexto da empresa e quais benefícios poderiam ser gerados?

Resolução da situação-problema

Para dar início à gestão energética na empresa, é necessário que seja desenvolvida a política de eficiência energética e de uso da energia a ser implantada na instituição. Nela, deve haver metas e objetivos definidos bem claros, possibilitando que a política seja atendida. Além disso, as tomadas de decisão dentro da empresa devem ser realizadas com base em dados reais obtidos de avaliações e monitoramentos. Para isso, é importante que sejam medidos e monitorados os resultados e, sempre que possível, seja reavaliada a eficiência da política proposta, acrescentando melhorias se necessário.

Dessa forma, comece o planejamento definindo a política, a equipe de gestão, identificando as oportunidades de melhorias e definindo os objetivos e planos de ação. Na sequência, coloque o planejamento em execução, mantenha sempre uma boa comunicação entre todos os envolvidos, treine o pessoal e dissemine a conscientização do uso racional de energia. Faça sempre um acompanhamento, monitorando as atividades e os resultados, realizando ações preventivas e auditorias internas. Faça uma revisão dos planos e objetivos sempre que julgar necessário,

a fim de otimizar o processo.

Com isso, os resultados obtidos serão: (1) melhoria na utilização dos equipamentos de consumo energético; (2) comunicação mais ampla e transparente sobre a gestão energética dentro da instituição; (3) melhores práticas de gestão e conduta; (4) avaliação e priorização da implantação de tecnologias mais eficientes; (5) redução da emissão dos gases do efeito estufa; e (6) compilado dos dados referentes à energia, que poderão servir para comparar, documentar e auxiliar na elaboração de relatórios sobre o uso da energia e os impactos causados/evitados por ela na instituição. Finaliza-se, assim, a tarefa para a qual você foi destinado.

Faça valer a pena

1. Os primeiros incentivos à eficiência energética no Brasil ocorreram em meados de 1980, com o início da documentação legal sobre o assunto. O primeiro programa implantado foi o Conserve.

Sobre o programa Conserve, assinale a alternativa que apresenta suas principais características e objetivos.

- a) Etiquetagem de produtos eficientes, auxiliando o consumidor na escolha do melhor produto.
- b) Normalização das características de comercialização de produtos visando à eficiência energética.
- c) Estímulo à conservação energética industrial, criando equipamentos mais eficientes e utilizando energéticos nacionais.
- d) Testes laboratoriais para estipular os níveis de eficiência energética dos equipamentos.
- e) Disseminação de conhecimento sobre eficiência energética.

2. A ISO 50001 é uma norma internacional de certificação de gestão energética.

Acerca do seu princípio de funcionamento, assinale a alternativa que contenha os principais procedimentos para realização da norma.

- a) Planejar, executar, avaliar e melhorar.
- b) Planejar, contratar, agir e implantar.
- c) Planejar, agir, avaliar e finalizar.
- d) Inicializar, planejar, agir e finalizar.
- e) Inicializar, desenvolver, avaliar, concluir.

3. O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) foi criado em 1985 e, em 1993, instituiu o Selo Procel de Economia de Energia.

Acerca desse assunto, assinale a alternativa que retrata a funcionalidade desse selo para o consumidor, na hora da escolha de seus equipamentos.

- a) Determina qual equipamento é mais energeticamente eficiente.
- b) Determina qual equipamento possui garantia contra defeitos de fábrica.
- c) Determina qual equipamento é o mais vendido no Brasil.
- d) Determina qual equipamento é o mais barato dentro de sua categoria.
- e) Determina qual equipamento é o mais moderno no segmento.

Seção 4.3

Desenvolvimento de tecnologias e perspectivas para a conservação de energia

Diálogo aberto

A conservação de energia abrange benfeitorias que vão além da economia na conta de luz do consumidor final, ela colabora com a preservação do meio ambiente, a redução da geração de resíduos e a diminuição da emissão de gases do efeito estufa. A inserção de medidas de conservação, entretanto, requer um bom planejamento para que se maximizem esses benefícios. É importante definir metodologias adequadas para analisar a planta em que serão aplicadas medidas de eficiência energética, além disso, é fundamental que se identifiquem os pontos críticos de desperdícios, suas causas e soluções. Para realizar o planejamento adequadamente, é necessário, além do que já foi mencionado, conhecer as tecnologias de alto desempenho que podem contribuir dentro do processo e o que há de mais moderno para tornar o sistema mais eficiente energeticamente. Para que você, aluno, compreenda as melhores práticas de planejamento de ações de eficiência energética, é preciso que se coloque dentro do cenário proposto no *Convite ao estudo* desta unidade.

Assim, vamos relembrar esse cenário: você é o auditor energético contratado por uma multinacional para implantar medidas de conservação de energia, verificando a sua viabilidade econômica e realizando as análises necessárias. Como resultado dessas análises, você deve documentar todos os seus levantamentos e as suas conclusões para apresentar ao responsável pela sua contratação.

Na terceira e última parte do seu trabalho, que será realizada nesta seção, você deverá realizar uma apresentação final com uma análise expositiva do planejamento de ações para inserir programas de conservação energética dentro da empresa, explicar a importância de políticas eficientes e apresentar as tecnologias atuais com bons desempenhos energéticos.

Lembre-se de que a empresa é uma multinacional, com diversos funcionários distribuídos por dezenas de andares de trabalho, além

de diversos computadores, lâmpadas, condicionadores de ar e alguns elevadores no local. Para concluir essa última etapa da sua análise, você deve responder a alguns questionamentos: qual a importância da conservação de energia? Quais são as etapas para planejar as ações a serem tomadas para implantar programas de conservação de energia? Quais são as tecnologias para aplicar conservação de energia?

Para solucionar esse problema, você estudará, nesta seção, como realizar um planejamento para inserção de medidas de conservação de energia, as tecnologias eficientes, a importância de se conservar energia e as perspectivas de potencial de conservação no Brasil.

Bom estudo e excelente trabalho!

Não pode faltar

A minimização dos desperdícios de energia é uma tarefa de grande importância nos dias atuais, visto que a demanda de energia cresce em ritmo acelerado e que a oferta se torna cada vez mais escassa, além disso, a falta de conservação de energia gera prejuízos ao meio ambiente e à sustentabilidade. Com isso, surge a necessidade da elaboração de planos de ações com o objetivo de implantar medidas que colaborem com a eficiência energética. A realização do **planejamento das ações de implantação de conservação de energia** exige a determinação da metodologia a ser aplicada. Uma ferramenta muito utilizada nesses casos é baseada nos planejamentos de qualidade, conhecida como 5W2H, que discrimina as atividades por meio de sete questionamentos, a saber (GCCE, 2016):

1) *WHAT*: O que será feito? – Determina-se a proposta de ação a ser instaurada.

2) *WHY*: Por que será feito? – Determinam-se os motivos que justificam a implantação da ação.

3) *WHO*: Quem a fará? – Determina-se quem serão os responsáveis por cada ação.

4) *WHERE*: Onde será feito? – Determina-se em qual setor será implantada a ação.

5) *WHEN*: Quando será feito? – Determina-se o cronograma das atividades ou ações, especificando os marcos críticos de cada uma delas.

6) HOW: Como será feito? – Determinam-se os passos a serem seguidos para realização de cada ação.

7) HOW MUCH: Quanto custará para ser feito? – Determina-se o investimento necessário (orçamento).

Para responder essas perguntas, geralmente é necessário aplicar metodologias ou ferramentas complementares que permitam encontrar a melhor alternativa. Assim, para inicializar o planejamento, é interessante que se visite o local onde se deseja implantar as ações de conservação de energia, a fim de conhecer os ambientes, as pessoas envolvidas e os hábitos de consumo. Na sequência, é necessário identificar os pontos críticos de desperdício, isso pode ser feito por meio de folhas de verificação, que levantam os dados dos potenciais focos de ineficiência do local, como: iluminação, sistemas de condicionamento de ar, quantidades de tomadas, motores e faturas de energia. Essas folhas identificam diversas condições, como a quantidade de itens no local, a maneira que eles são utilizados e como são distribuídos.

Paralelo às verificações, é importante que se aplique um questionário sobre o nível de conhecimento das pessoas que estão vinculadas ao local, sobre eficiência energética. Esse questionário pode incluir questões como: (1) Com que frequência você apaga a luz ao se retirar de um ambiente? (2) Qual a qualidade da iluminação do seu ponto de trabalho? (3) Já ocorreram acidentes envolvendo eletricidade que prejudicaram o processo de produção? (4) Quais são as orientações dadas a você para que economize energia elétrica? (5) Você sabe onde está localizado o quadro de energia? (SAMEDI et al., 2012).

Com os dados obtidos da folha de verificação e dos questionários, é interessante analisar a dispersão das informações. Isso geralmente é feito pelo diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou ainda como espinha de peixe. Essa ferramenta, também empregada originalmente nos planejamentos de qualidade, reúne todas as informações coletadas e busca identificar as causas raízes do problema. Essas causas são distinguidas de seis formas, vinculadas ao processo em que é afetado, a saber: método, máquina, medida, meio ambiente, mão de obra e material. Dessa forma, deve-se aplicar o método para cada setor da empresa, identificando a causa de desperdício em cada um deles. A formulação do diagrama é exemplificada pela Figura 4.6.

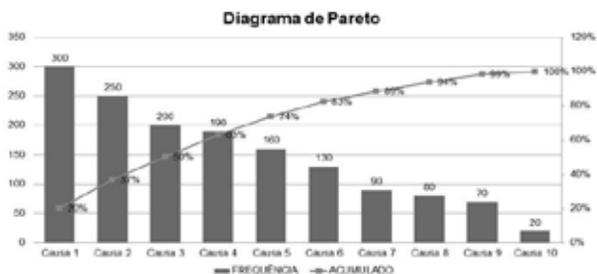
Figura 4.6 | Diagrama de Ishikawa (ou causa e efeito ou espinha de peixe)



Fonte: <https://universoprojeto.files.wordpress.com/2014/01/diagrama_ishikawa_causa_efeito.png>. Acesso em: 15 set. 2017.

Além das principais causas, é relevante identificar com que frequência elas ocorrem. Para isso, o método mais aplicado é o Diagrama de Pareto, que pode ser construído a partir do número de ocorrências de determinado acidente, obtido pelos dados das folhas de verificação. Você deve, então, ordenar essas ocorrências por ordem decrescente de grandeza, posteriormente e adicionando uma nova coluna, deve-se acrescentar o valor acumulado dessas ocorrências, depois se adiciona uma coluna com o percentual unitário de cada uma (razão do número de ocorrências pelo total) e, por fim, acrescenta-se uma última coluna com o percentual acumulado. Com esses dados, constrói-se o diagrama de Pareto: nele é apresentado o número de casos individuais e sua participação acumulada, conforme mostra a Figura 4.7.

Figura 4.7 | Diagrama de Pareto



Fonte: <<https://www.gestaodesegurancaprivada.com.br/wp-content/uploads/grafico-paretos.jpg>>. Acesso em: 15 set. 2017.

Com a identificação das causas mais frequentes, é possível agir prioritariamente sobre elas, resultando, muitas vezes, na solução

sistêmica de outros problemas por consequência.



Exemplificando

A falta de manutenção preventiva é um exemplo de causa frequente de problemas que requerem ações prioritárias e que, na maioria das vezes, resulta em solução sistêmica consequente. Ao realizar as manutenções periodicamente, espera-se que problemas como fiação, tomadas e conectores inadequados ou em mau estado de conservação sejam eliminados (SAMÉD et al., 2012).

Outro estudo que pode ser feito para auxiliar na elaboração do plano de ações é a análise das faturas de energia elétrica, que possibilita identificar problemas como mau dimensionamento de equipamentos. Para os consumidores atendidos em alta tensão, isso pode ser demonstrado na conta por meio do consumo de reativos excedentes, que é gerado por um fator de potência inferior a 0,92 (SAMÉD et al., 2012).

De posse de todas essas informações, dá-se início à elaboração do plano de ações em si. O planejamento deve priorizar as necessidades de investimentos em capacitações e disseminação de informação aos colaboradores, explicando como agir diante de problemas técnicos de eletricidade e como ter melhores hábitos de consumo. Além disso, deve dar preferência aos equipamentos de maior eficiência energética, indicar manutenções preventivas periódicas e monitorar as variações de carga, a fim de corrigir problemas de fator de potência. Assim, por meio da metodologia 5W2H, determinam-se quais serão as correções feitas para as principais causas de desperdício, justificando cada uma das ações, além de elencar quem será o responsável por cada ação, o local que deve ser aplicado, o prazo para executá-la, a forma que ela deve ser implantada e o custo, quando houver (SAMÉD et al., 2012), finalizando, assim, a elaboração do plano de ações de eficiência energética.

○ **desenvolvimento de tecnologias para conservação de energia** vem colaborando muito para o sucesso de planos de eficiência energética. A adoção de tecnologias modernas e inovadoras não só contribui para diminuir o consumo de energia elétrica, emissão de gases do efeito estufa e geração residual, como também elevar a competitividade produtiva nos setores industriais e de comércio e serviços. Nesse sentido, o que se busca é ofertar serviços essenciais

de maneira mais eficiente, a exemplo disso pode-se citar (CNI, 2010):

1) Computação em nuvem: disponibilizada por profissionais de tecnologia da informação (TI), essa solução corresponde à eficiência energética em processos, permitindo que dados de produção sejam acessados remotamente por qualquer pessoa por meio do armazenamento disponibilizado na internet, dispensando, assim, sistemas específicos de bancos de dados físicos.

2) Rede elétrica inteligente: rede que integra todas as ações vinculadas ao seu uso, ou seja, dados de oferta e demandas, disponibilizando opções como monitoramento de energia por medição, gerenciamento de consumo, armazenamento de energia e opções de fontes renováveis. Isso possibilita acompanhar as informações de consumo final em tempo real, permitindo que se opte pela melhor alternativa de performance energética.

3) Sistemas de iluminação: o conjunto de novas tecnologias para lâmpadas, reatores e luminárias tem contribuído significativamente para a conservação de energia. Tecnologias de LED e *light pipe* são exemplos de avanços de conservação energética nessa área. Na primeira, o semicondutor converte energia elétrica em emissão luminosa com elevada eficiência energética, grande vida útil, baixa manutenção, possibilidade de controle de cor e intensidade luminosa, sem empregar elementos que prejudicam o meio ambiente (como o mercúrio) e sem emitir radiação ultravioleta ou infravermelha. A segunda consiste em sistema de tubos ópticos de policarbonato de cristal que suavizam e dão uniformidade para a propagação da luz.

4) Motor elétrico de alto rendimento: a tecnologia empregada em motores elétricos é cada vez mais sofisticada, desde a criação da Lei de Eficiência Energética, que estabeleceu rendimentos mínimos. As tecnologias utilizadas nesses equipamentos encontram-se entre as que apresentaram maior evolução nesse quesito.

5) Acionadores de velocidade ajustável (AVAs): consiste em conversores de frequência com fluxo variável aplicado no acionamento de cargas, que suaviza as partidas e paradas dos sistemas hidráulicos. Seu uso, além de gerar economia de energia, também propicia controle do processo produtivo e redução na emissão de ruídos.

6) Tecnologia de membranas: essa tecnologia tem substituído os filtros tradicionais. As membranas consistem em materiais com

poros de várias dimensões, capazes de separar e fracionar moléculas e partículas de sistemas, assim, pode ser aplicado em sistemas de filtragem de indústrias, com um menor consumo energético.

7) Tecnologia de membranas líquidas: consiste em uma possibilidade de filtro líquido/líquido com uso de energia muito reduzido, além de um custo de investimento inicial também menor.

8) Tecnologias para uso de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC, do inglês: *Heating, Ventilation and Air Conditioning*): as tecnologias eficientes de HVAC, quando aplicadas de forma combinada, elevam a capacidade de conservação energética. Mecanismos de redução do fluxo de ar têm sido empregados para minimizar a energia em sistemas que combinam aquecimento, refrigeração e filtragem de ar. Esse mecanismo geralmente utiliza sensores e contadores de partículas em sua concepção.



Pesquise mais

Há diversas tecnologias com elevados índices de eficiência energética já desenvolvidas, dentro do HVAC existem duas de grande destaque: filtro HEPA (do inglês: *High Efficiency Particulate Air*) e filtro ULPA (do inglês: *Ultra Low Penetration Air*). Pesquise mais sobre elas para conhecer o princípio de funcionamento e aplicabilidade de cada uma. Leia o Guia da qualidade para sistemas de tratamento de ar e monitoramento ambiental na indústria farmacêutica, da Anvisa. Disponível em: <http://conforlab.com.br/legislacao/qualidade_do_ar_final.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2017.

As tecnologias expostas aqui estão sintetizadas na Figura 4.8, em que são mostrados o nível de maturação e o impacto causado por cada uma delas do ponto de vista de consumo de energia elétrica, consumo de água, geração de resíduos, emissão de gases do efeito estufa e aumento de competitividade produtiva.

Figura 4.8 | Matriz de tecnologias inovadoras de uso geral

Tecnologia	Maturidade da Tecnologia	Redução do Consumo de Energia	Redução do Consumo de Água	Redução da Geração de Resíduos	Redução da Emissão de GEEs	Aumento da Competitividade
Tecnologia de LEDs	Nova	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio
Motor elétrico de alto rendimento	Comercial	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio
Sistemas de iluminação	Comercial	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio
AVAs	Comercial	Alto	Médio	Médio	Médio	Médio
Tecnologia de membranas	Nova	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Membranas líquidas	Piloto	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Equipamentos de HVAC	Nova/Comercial	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio

Legenda: Magnitude do impacto - Alto; Médio; Baixo; Não se aplica.

Fonte: CNI (2010, p. 8).

O conjunto de planejamento, inserção de medidas e tecnologias eficientes contribui para alavancar as **perspectivas da conservação de energia do Brasil**. A previsão do consumo de energia elétrica já considera uma porcentagem de energia a ser conservada. Essa parcela é chamada de eficiência energética de progresso autônomo e está associada a melhores hábitos de consumo e à substituição das tecnologias antigas por modernas de melhor desempenho.

O valor estimado para a conservação energética desse progresso autônomo é expressivo, no cenário B1 (também conhecido como “surfando a marola”, cenário dito como referência, no qual se admite a hipótese de poucas mudanças ao longo do tempo), estima-se que, em 2030, a economia energética possa ser equivalente a mais de 5% de todo o consumo do país no ano em questão (cerca de 56 TWh), o que equivale a dizer que seriam adiados os investimentos na geração de energia na ordem de 15 bilhões de dólares. Na Figura 4.9, é possível observar a projeção da conservação energética para o progresso autônomo em cada cenário (MME, 2007).



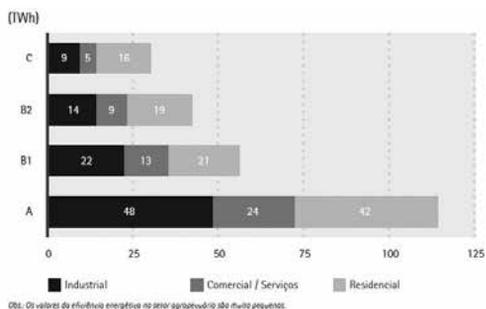
Assimile

Os cenários econômicos nacionais são divididos em 4 categorias quantificadas: (1) cenário A ou “na crista da onda”; (2) cenário B1 ou “surfando a marola”; (3) cenário B2 ou “pedalinho”; e (4) cenário C ou “náufrago”.

O cenário A é dito otimista, no qual se considera que o país está potencializando suas forças, diminuindo suas fraquezas e conta com um ótimo cenário mundial. Os cenários B1 e B2 são ditos realistas: o B1 considera que o padrão mundial está bom e que o país está se

recuperando, reduzindo fraquezas; o B2 também considera que o cenário mundial é bom, mas que o país tem dificuldade em recuperar forças e administrar fraquezas. O cenário C é o pessimista, no qual o país está em dificuldade, e o cenário mundial também é ruim.

Figura 4.9 | Eficiência energética em 2030 para o progresso autônomo por cenário



Fonte: MME (2007, p. 181).

O potencial de conservação energética para o progresso induzido, aquele obtido a partir da inserção de medidas de eficiência energética e iniciativas governamentais (como o Procel), obteve, no Brasil, números significativos. Estima-se que, em 20 anos, ocorreu um aumento da eficiência na energia elétrica em torno de 4.600 MW, o que equivale ao adiamento de expansão de um sistema de geração com capacidade de 10 GW (MME, 2007).

Esse potencial de eficiência energética pode ser dividido em três classes: potencial de mercado, potencial econômico e potencial técnico. O potencial de mercado refere-se à perspectiva da inserção de medidas que geram redução de custos ao usuário final. O potencial econômico diz respeito às medidas que apresentaram viabilidade econômica, mas precisam de ações complementares para se tornarem efetivas. E o potencial técnico consiste no limiar teórico de inserção dessas medidas, estabelecido pela substituição de todos os equipamentos de uso final de energia por equivalentes com tecnologias de maior desempenho, do ponto de vista de conservação energética. Dessa forma, a Tabela 4.10 mostra o potencial de conservação de energia elétrica até 2030 para cada uma dessas três classes (MME, 2007).

Tabela 4.1 | Potenciais de eficiência energética até 2030

Setor	Técnico	Econômico	Mercado
Industrial	20%	10%	6%
Comercial e Público	13%	6%	4%
Residencial	7%	3%	1%
Total	40%	20%	10%

Fonte: MME (2007, p. 191).

Com isso, percebe-se a **importância da conservação de energia**. O uso eficiente da energia em sistemas ou processos produtivos propicia vantagens muito abrangentes e de interesses a toda a sociedade, como aumento da confiabilidade de sistemas elétricos, redução ou adiamento de investimentos na expansão de sistemas de geração, transmissão e/ou distribuição, diminuição de danos ao meio ambiente (do ponto de vista local e também sistêmico) e atenuação dos custos com energia elétrica ao consumidor final.



Refleta

Como você identifica a importância de conservar energia dentro da sua casa? Reflita! Quais são os benefícios principais buscados no segmento que você está inserido?

Sem medo de errar

Para iniciar a terceira parte do trabalho proposto no problema contido no *Diálogo aberto* desta seção, você precisa realizar sua apresentação final com uma análise expositiva do planejamento de ações para inserir programas de conservação energética dentro da empresa, explicar a importância de políticas eficientes e apresentar as tecnologias atuais com bons desempenhos energéticos.

Comece sua apresentação expondo a importância da conservação energética. Mencione que a inserção dessas medidas propicia redução de custos na conta de luz, vantagens ao meio ambiente (redução da geração de resíduos e da emissão de gases do efeito estufa), aumento da confiabilidade de sistemas elétricos, redução/adiamento de investimentos para expansão de sistemas de geração, transmissão e/ou distribuição.

Prossiga apresentando as etapas do plano de ações para inserção de programas de conservação de energia. A primeira etapa consiste

em definir as metodologias e ferramentas principais e complementares a serem utilizadas. Uma muito aplicada nesses casos é a 5W2H, que discrimina as atividades por meio de sete questionamentos: (1) WHAT: O que será feito? – Determina-se a proposta de ação a ser instaurada; (2) WHY: Por que será feito? – Determinam-se os motivos que justificam a implantação da ação; (3) WHO: Quem a fará? – Determina-se quem serão os responsáveis por cada ação; (4) WHERE: Onde será feito? – Determina-se em qual setor será implantada a ação; (5) WHEN: Quando será feito? – Determina-se o cronograma das atividades ou ações, especificando os marcos críticos de cada uma delas; (6) HOW: Como será feito? – Determinam-se os passos a serem seguidos para realização de cada ação; e (7) HOW MUCH: Quanto custará para ser feito? – Determina-se o investimento necessário (orçamento).

Como metodologia complementar para responder essas perguntas, é necessário visitar o local onde deseja implantar as ações de conservação de energia, a fim de conhecer os ambientes, as pessoas envolvidas e os hábitos de consumo. Na sequência, identificam-se os pontos críticos de desperdício, o que pode ser feito por meio de folhas de verificação, que levantam os dados dos potenciais focos de ineficiência do local.

Aplicam-se também questionários sobre o nível de conhecimento dos funcionários da empresa, que devem incluir questões como: (1) Com que frequência você apaga a luz ao se retirar de um ambiente? (2) Qual a qualidade da iluminação do seu ponto de trabalho? (3) Já ocorreram acidentes envolvendo eletricidade que prejudicaram o processo de produção? (4) Quais são as orientações dadas a você para que economize energia elétrica? (5) Você sabe onde está localizado o quadro de energia?

Com o diagrama de Ishikawa, é possível analisar a dispersão das informações, reunindo todas as informações coletadas e buscando identificar as causas raízes do problema, que se distinguem de seis formas: método, máquina, medida, meio ambiente, mão de obra e material. Além das causas, é preciso identificar a frequência das ocorrências, obtida pelo Diagrama de Pareto, que pode ser construído a partir do número de ocorrências de determinado acidente obtido pelos dados das folhas de verificação.

Com todas essas informações, é possível responder aos questionamentos necessários para desenvolver o plano de ações.

O planejamento deve priorizar os investimentos em capacitações e disseminação da informação aos colaboradores.

Finalize apresentando algumas tecnologias para conservação de energia, como: computação em nuvem, rede elétrica inteligente, sistemas de iluminação, motor elétrico de alto rendimento, acionadores de velocidade ajustável (AVAs), tecnologia de membranas, tecnologia de membranas líquidas e tecnologias para uso de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC).

O conjunto de todas essas informações deve compor sua análise expositiva dessa auditoria, finalizando a terceira e última etapa de seu trabalho como auditor nessa empresa.

Assim, seu trabalho é encerrado com o compilado de suas três entregas: (1) diagnóstico energético e viabilidade econômica do projeto, que foram realizados na Seção 4.1; (2) análise dos mecanismos que podem ser introduzidos na empresa, como Procel e ISO 50001, elaborados na Seção 4.2; e (3) análise expositiva final de métodos e ferramentas para realizar o planejamento de medidas de eficiência energética e apresentação de tecnologias modernas e eficiências possíveis de serem introduzidas nos setores produtivos, realizadas nesta seção.

Avançando na prática

Planejamento de ações de conservação energética – 5W2H

Descrição da situação-problema

Você é o responsável pela elaboração de um plano de ações na empresa em que trabalha, e a ferramenta de sua responsabilidade é a 5W2H. Para implantá-la, é necessário obter informações específicas sobre o local, obtidas por ferramentas complementares.

Destinou-se a você uma nova tarefa: aplicar um plano 5W2H para inserção de uma medida de eficiência energética pontual. A análise do local onde ela será inserida, assim como o levantamento das informações necessárias, já estão disponíveis. Assim, foi repassado a você os seguintes dados: “Realizar manutenção preventiva, como ação de conservação energética (para intensificar a eficiência de energia), uma vez por mês no laboratório de máquinas da universidade local por um engenheiro capacitado, a fim de identificar problemas com fiação, tomadas e/ou conectores

inadequados ou com estado de conservação precário, substituindo, sempre que necessário, esses componentes em más condições de uso por novos, desde que o custo não ultrapasse 10% do valor total da máquina em questão”.

De posse dessas informações, como você dividiria seu plano de ações 5W2H?

Resolução da situação-problema

Você precisa separar as informações dadas de acordo com os 7 questionamentos da 5W2H:

1) *WHAT*: O que será feito? – Determina-se a proposta de ação a ser instaurada.

2) *WHY*: Por que será feito? – Determinam-se os motivos que justificam a implantação da ação.

3) *WHO*: Quem a fará? – Determina-se quem serão os responsáveis por cada ação.

4) *WHERE*: Onde será feito? – Determina-se em qual setor será implantada a ação.

5) *WHEN*: Quando será feito? – Determina-se o cronograma das atividades ou ações, especificando os marcos críticos de cada uma delas.

6) *HOW*: Como será feito? – Determinam-se os passos a serem seguidos para realização de cada ação.

7) *HOW MUCH*: Quanto custará para ser feito? – Determina-se o investimento necessário (orçamento).

Assim, seu plano de ações 5W2H seria composto da seguinte forma:

1) *WHAT*: manutenção preventiva.

2) *WHY*: inserção de medidas de eficiência energética.

3) *WHO*: engenheiro capacitado.

4) *WHERE*: laboratório de máquinas da universidade local.

5) *WHEN*: uma vez por mês.

6) *HOW*: identificando problemas com fiação, tomadas e/ou conectores inadequados ou com estado de conservação precário e substituindo, sempre que necessário, por componentes novos.

7) *HOW MUCH*: até 10% do valor da máquina.

Faça valer a pena

1. Sobre o planejamento de ações de conservação de energia analise as afirmativas abaixo:

I – Um bom planejamento deve determinar quais ações devem ser feitas, quando elas devem ser realizadas, quem deve ser responsável por elas, por que elas devem ser feitas, como devem ser implantadas e quanto custará.

II – A primeira etapa de um planejamento geralmente consiste no conhecimento da planta (visita e inspeção do local).

III – A folha de verificação e o questionário para as pessoas envolvidas são atividades equivalentes, nesse caso, a aplicação de uma exclui a necessidade da execução da outra.

Assinale a alternativa que contenha apenas as afirmativas corretas:

- a) Apenas a I está correta.
- b) Apenas a II está correta.
- c) Apenas a III está correta.
- d) Apenas a I e a II estão corretas.
- e) Apenas a I e a III estão corretas.

2. Sobre a perspectiva de conservação de energia de 2030 pelo progresso autônomo, assinale “V” para as afirmações verdadeiras e “F” para as afirmações falsas:

() O progresso autônomo para o cenário A ultrapassa os 100 TWh.

() Em todos os cenários, o setor industrial é o que apresenta resultados mais expressivos.

() A participação do setor residencial é mais significativa no cenário A.

De acordo com o texto-base, assinale a alternativa que apresenta a combinação correta de “V” e “F”.

- a) V, V, V.
- b) F, F, F.
- c) V, F, V.
- d) V, F, F.
- e) V, V, V.

3. A substituição de tecnologias ultrapassadas por novas, com melhor desempenho e eficiência energética, é um dos mecanismos muito utilizados nos programas de conservação de energia. O _____ corresponde a uma dessas tecnologias, que é utilizado para acionamento de cargas, em que se minimizam os impactos das partidas e paradas em sistemas hidráulicos por meio da conversão de frequência.

Assinale a alternativa que contenha a tecnologia que melhor preencha a lacuna do texto-base:

- a) Acionador de velocidade ajustável (AVA).
- b) Motor elétrico de alto rendimento.
- c) Sistema de membranas líquidas.
- d) Armazenamento em nuvem.
- e) Aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC).

Referências

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa 287, de 19 de julho de 2000. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2000.

_____. Resolução Normativa 482, de 17 de abril de 2012. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2012.

_____. Resolução Normativa 687, de 24 de novembro de 2015. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2015.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Guia da qualidade para sistemas de tratamento de ar e monitoramento ambiental na indústria farmacêutica**. Disponível em: <http://conforlab.com.br/legislacao/qualidade_do_ar_final.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2017.

ALTOÉ, Leandra et al. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. **Estud. av.**, São Paulo, v. 30, n. 89, p. 285-297, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v31n89/0103-4014-ea-31-89-0285.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

BRASIL. Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997. Constitui a Agência Nacional de Energia Elétrica -ANEEL, autarquia sob regime especial, aprova sua Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e Funções de Confiança e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 1997a.

_____. Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 1997b.

_____. Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União** 2001a.

_____. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2001b.

_____. Decreto nº 87.079, de 2 de abril de 1982. Aprova as Diretrizes para o Programa de Mobilização Energética. Brasília: **Diário Oficial da União**, 1982.

_____. Decreto nº 99.250, de 11 de maio de 1990. Institui o Programa Nacional de Racionalização da Produção e do Uso de Energia e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 1990.

_____. Decreto de 18 de julho de 1991. Institui o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural - CONPET e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 1991.

_____. Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas

concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2000.

_____. Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004. Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2004.

_____. Lei nº 12.212, de 20 de janeiro de 2010. Dispõe sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica; altera as Leis nºs 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.925, de 23 de julho de 2004, e 10.438, de 26 de abril de 2002; e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2010.

_____. Medida Provisória nº 579, de 11 de setembro de 2012. Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais, sobre a modicidade tarifária, e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2012.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Guia prático: conceitos e ferramentas de gestão e auditoria energéticas**. Brasília: MMA, 2015. 80 p.

_____. Portaria Interministerial MME/MIC n.1.877, de 30 de dezembro de 1985. Brasília: **Diário Oficial da União**, 1985.

BEZERRA, Diego Barbosa. **Análise do potencial de conservação de energia elétrica do centro de tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro: Sistemas de iluminação e ar condicionado**. 2008. 103 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

CAGNON, José Angelo; PORTO, Luiz Gonzaga Campos. **Gestão de energia**. São Paulo: Vídeo, 2007. 74 slides.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Metodologia de realização de diagnóstico energético**: guia básico. Brasília: IEL/NC, 2009.

_____. **Novas tecnologias para processos industriais**: eficiência energética na indústria. Brasília: [s.n.], 2010.

FAGUNDES, Eduardo. **Eficiência energética e a gestão de ativos**. E FAGUNDES, 2014. Disponível em: <<http://efagundes.com/blog/tag/iso-50001/>>. Acesso em: 19 jul. 2017.

GCCE – GRUPO COORDENADOR DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Plano anual de aplicação de recursos do programa nacional de conservação de energia elétrica** – Procel. Brasília: [s.n.], 2016.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 50001: Energy Management System -Requirements with Guidance for Use**. 2011.

KAWA, Luciane. **Entraves para a eficiência energética**. 2015. Disponível em: <<http://professoralucianekawa.blogspot.com.br/2015/01/entraves-para-eficiencia-energetica.html>>. Acesso em: 13 jul. 2017.

MARCONDES, José Sérgio. **Diagrama ou Gráfico de Pareto**: ferramenta da gestão da qualidade. Disponível em: <<http://www.gestaodesegurancaprivada.com.br/diagrama-ou-grafico-de-pareto-conceito/>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

MENKES, Monica. **Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade**. 2004. 295 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, 2004.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: [s.n.], 2007.

_____. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Brasília: [s.n.], 2011.

PROCEN. Universidade Federal do Ceará (Org.). **Metodologia de diagnóstico energético**: oportunidades de redução de custos e maior eficiência energética. Fortaleza: Vídeo, 2014. 42 slides.

SAMED, Márcia et al. Sistema de gestão de energia elétrica. **O Setor Elétrico**. [S.l., s.n.], p. 1-15, jul. 2012.

SOLA, Antonio V. H. **Uso eficiente de energia**. Ponta Grossa: Vídeo, 2013. 42 slides

SOUZA, Andréa; GUERRA, Jorge; KRUGER, Eduardo. Os programas brasileiros em eficiência energética como agentes de reposicionamento do setor elétrico. **Revista Tecnologia e Sociedade** (On-line), v. 12, p. 1-78, 2011.

UNIVERSO PROJETO. **Diagrama de Ishikawa** – Causa e Efeito (Espinha de Peixe). Disponível em: <<https://universoprojeto.wordpress.com/tag/diagrama-de-causa-e-efeito/>>. Acesso em: 29 jul. 2017.

