

## CAPÍTULO

# 1

## Engenharia: uma breve introdução

Neste capítulo você será apresentado ao fantástico mundo da engenharia. As perguntas básicas a fazer sobre a engenharia são: o quê? Por quê? Para quê? Como? Quando? Qual? Quem? Onde? No final deste livro você será capaz de responder a todas essas perguntas e terá uma boa noção do que esperar do brilhante futuro dessa grande profissão.

### Neste capítulo você estudará:

- O conceito da engenharia.
- A importância e as vantagens de uma carreira em engenharia.
- As atividades realizadas por um engenheiro.
- Algumas das habilidades necessárias para os profissionais de engenharia.

A maior parte das pessoas não tem uma ideia clara sobre a engenharia, sobre o que os engenheiros fazem ou por que eles são tão importantes para a sociedade. A engenharia é muitas vezes rotulada como uma profissão “discreta”, “invisível” ou até “desconhecida”, embora tudo o que envolva os avanços tecnológicos e a produção de bens e serviços esteja relacionado à engenharia.

Pesquisas indicam que uma boa parte da população adulta (cerca de 60%) julga não estar bem informada sobre as atividades do engenheiro. Este livro foi preparado para destacar a importância da engenharia e das atividades dos engenheiros para a sociedade.

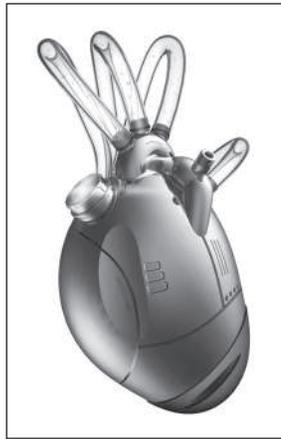
Então, o que é a engenharia para você? Coloque a sua resposta em um pedaço de papel e guarde-o até o final da leitura deste capítulo.

É difícil definir engenharia em poucas palavras. Embora alguns exemplos práticos possam ser mais eficazes, podemos começar com uma definição curta, mas de amplo significado: “A engenharia é a arte da aplicação dos

princípios científicos, da experiência, do julgamento e do senso comum, para implementar ideias e ações em benefício da humanidade e da natureza” (COCIAN, 2009d, p. 16).

Os engenheiros fazem coisas diversas, como projetar\* pontes, equipamentos médicos, automóveis, desenvolver processos para dejetos tóxicos e sistemas para o transporte de massas. Em outras palavras, a engenharia envolve o desenvolvimento de um produto técnico ou sistema que seja adequado para resolver uma questão específica, valendo-se, para isso, de técnicas de utilização de materiais que a natureza oferece com a energia para fazer as transformações requeridas. Pensando nisso, outra definição interessante pode ser: “A engenharia é a aplicação dos saberes científicos para criar algum elemento de valor a partir dos recursos naturais” (COCIAN, 2009d, p. 17).

Essa última definição fala sobre “elemento de valor”. O que é isso? Que tipo de “valor” é esse? Com certeza os valores são relativos, dependem do tipo de sociedade e da conjuntura. Valores considerados positivos e verdadeiros na nossa sociedade podem ser negativos ou falsos em outras, e vice-versa. O ser humano é contraditório por natureza, e é nesse ambiente que a engenharia se desenvolve. Por isso, é importante primeiro questionar os próprios valores antes de julgar os dos outros.



**FIGURA 1.1** Engenheiros projetam corações artificiais buscando suprir as necessidades de pacientes que sofrem de insuficiência cardíaca.

Fonte: Zinco79/iStock/Thinkstock

---

\*Projetar não é construir. Projetar é definir as características do que vai ser construído, prever o comportamento dos materiais empregados para que atendam a uma lista de requisitos de desempenho e segurança, além de detalhar como o objeto do projeto deve ser construído e quais os recursos necessários antes, durante e depois da sua vida útil.

## ■ Um mundo que jamais existiu

Talvez você ache estranho o fato de as definições anteriores não tratarem a engenharia como ciência, mas como processos que se aproveitam dela para gerar as suas aplicações – uma “ciência aplicada”. Em geral, os engenheiros não “fazem” ciência, eles a usam. A palavra **ciência** se refere a descobrir como a natureza funciona. A engenharia é a criação do **artificial**, conforme o engenheiro aeroespacial Theodore Von Karman (THE NATIONAL AVIATION HALL OF FAME, c2011) escreveu: “Os cientistas descobrem o mundo que existe; os engenheiros criam o mundo que jamais existiu.”

Os engenheiros são frequentemente confundidos com cientistas, provavelmente porque todos nós tivemos algumas disciplinas de ciências no ensino médio, porém ninguém teve disciplinas de engenharia. Por exemplo, uma pesquisa realizada na virada dos anos 2000 nos Estados Unidos (NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING, c2015), demonstrou que somente 18% dos respondentes associavam à engenharia as viagens ao espaço sideral, enquanto 68% faziam esse vínculo com os cientistas. Na verdade, 67% dos astronautas treinados até então eram graduados em engenharia.

Mas, por que criar o artificial? O ser humano tem entre seus instintos básicos a busca por **segurança** individual, por exemplo, contra rigores climáticos e ambientais (evitando passar fome, fugindo de inundações, remediando as secas) e contra ataques de outros predadores ou de tribos rivais, ou mesmo para se defender de microrganismos e de doenças. Outra característica é o desejo de **poder** fazer coisas que ultrapassem nossas limitações naturais ou genéticas, como: atravessar um rio sem se molhar, se afogar ou virar a refeição de um jacaré; andar a 120 km/h sem ter que correr ou sair de uma poltrona; não morrer congelado quando a temperatura ambiente estiver congelante; ou poder voar sem ter asas e mergulhar em grandes profundidades sem ter guelras.

Essas são motivações objetivas para criar o artificial, ligadas à nossa preservação individual. À medida que a civilização se equipa com elementos artificiais que mantêm o indivíduo “seguro” e “poderoso”, começam a surgir motivações secundárias e, em alguns casos, subjetivas, que podem reforçar as anteriores ou criar um mundo novo de necessidades, algumas até sem nexos racionais.

---

### — Importante —

Os engenheiros se motivam a criar o artificial para a defesa e a superação de limites que o corpo humano não possui, bem como para satisfazer necessidades funcionais ou estéticas.

---

## ■ A engenharia como profissão

No marco legal brasileiro da época do Império, foram definidas como as três principais áreas profissionais a medicina, a advocacia e a engenharia. Essas ficaram conhecidas como as profissões imperiais, e o marco legal promoveu a organização das funções relacionadas com as atividades desses profissionais. O Brasil Imperial acompanhou os modelos de outras nações na formalização dos deveres e direitos de algumas profissões. As três profissões principais atenderiam grande parte dos problemas da sociedade: a primeira, para resolver os problemas do ser humano como entidade biológica; a segunda, para resolver os conflitos de relacionamento do ser humano com os seus pares; e a terceira, para resolver os problemas de relação do ser humano com o mundo material e as suas transformações. Como profissão formal, a engenharia é relativamente nova, e as suas atividades estão continuamente mudando de natureza e escopo.

Os engenheiros trabalham com a realidade e geralmente enfrentam conjuntos de problemas específicos que devem ser resolvidos para atingir alguns objetivos. Se um problema em particular for muito difícil de resolver, ele deverá ser parcialmente resolvido, dentro das limitações de tempo e custo sob o qual o engenheiro trabalha.

A Figura 1.2 mostra as principais atividades humanas, agrupadas em diferentes polos. A engenharia é mostrada como uma ciência aplicada. As atividades específicas do engenheiro cobrem um amplo espectro: elas vão desde o trabalho como cientista pesquisador até o de engenheiro de vendas ou de aplicações, que tem mais a ver com aspectos orientados a profissões, como psicologia e economia.

### Uma definição legal típica

*O engenheiro profissional, dentro do significado e dos objetivos da lei, refere-se à pessoa ocupada na prática profissional da prestação de serviços ou em atividades de trabalho criativo que requeira educação, treino e experiência nas ciências da engenharia e a aplicação de conhecimento específico em matemática, física e ciências da engenharia. A prestação de serviços ou trabalho criativo se dará como consultoria, investigação, avaliação, planejamento ou projeto de serviços de utilidade pública ou privada, estruturas, máquinas, processos, circuitos, construções, equipamentos ou projetos, e supervisão de construções com o propósito de seguir e alcançar as especificações estabelecidas pelo projeto de qualquer um desses serviços. (COCIAN, 2009d, p. 69).*

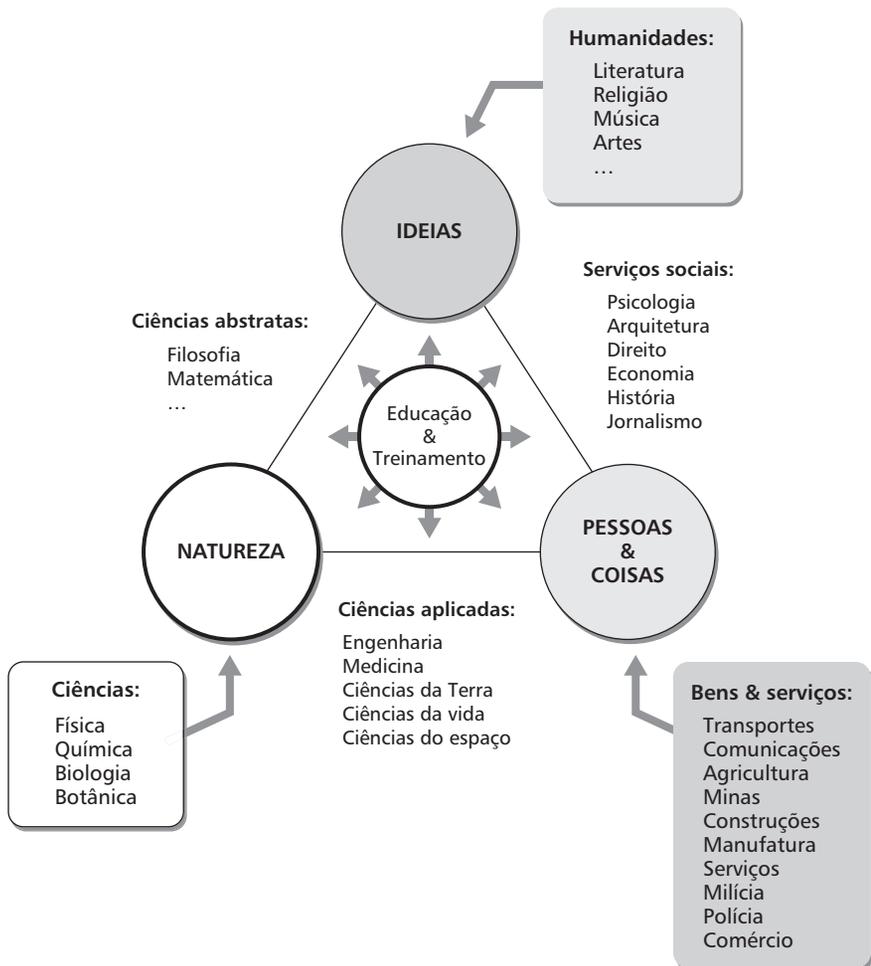
### Uma definição profissional

*O engenheiro profissional é competente em virtude da sua educação fundamental e do treinamento para aplicar o método científico (e da engenharia). A sua percepção e experiência são fatores determinantes para a solução de problemas, assumindo responsabilidade pessoal pelo desenvolvimento e aplicação das ciências da engenharia e das técnicas, principalmente na pesquisa,*

*projeto, manufatura, supervisão e gerenciamento. O engenheiro é uma pessoa qualificada pela sua capacidade, educação e experiência em executar tarefas de engenharia. (COCIAN, 2009d, p. 70).*

Provavelmente você foi atraído para o estudo da engenharia sem ter conhecimento amplo do que ela realmente é. Considerando as muitas definições de engenharia existentes, podemos destacar cinco elementos essenciais em comum entre elas:

- A engenharia como vocação
- Arte e ciência
- Uso da ciência aplicada
- Utilização dos recursos naturais
- Benefício à humanidade como propósito



**FIGURA 1.2** Diagrama das atividades humanas.  
 Fonte: Cocian (2009d).

Como queremos uma definição completa na forma mais simples possível, podemos incorporar esses cinco elementos em uma única frase, para chegar à seguinte definição: “A engenharia é a arte profissional da aplicação da ciência, da experiência, do julgamento e do senso comum para a conversão dos recursos naturais em benefício da humanidade.” (COCIAN, 2009d, p. 70).

---

### Dica

Ao elaborar a sua definição de engenharia, lembre-se dos outros elementos ligados ao conceito de engenharia para atender às necessidades humanas: valor, poder, criatividade, experiência, prática, segurança e economia.

---

## A engenharia como vocação

As vocações são comumente associadas às profissões, dentre as quais podemos citar a medicina, a advocacia, a arquitetura, o ensino, o sacerdócio e, finalmente, a engenharia. As vocações têm quatro características comuns:

- Estão associadas com uma grande área específica do conhecimento.
- A preparação para a profissão inclui treinamento na aplicação de tal conhecimento.
- Os padrões da profissão são mantidos no mais alto nível, através da força de regulamentações legais ou pela opinião pública.
- Cada membro da profissão reconhece as suas responsabilidades para com a sociedade, além das responsabilidades com os seus clientes, empregados ou com outros membros da sua profissão.

## Arte e ciência

A engenharia é, mais do que uma ciência, uma arte, pois a técnica também depende muito da inteligência perceptiva. A arte utiliza a aplicação sistemática do conhecimento e das habilidades de acordo com um conjunto de regras. A engenharia requer perspicácia e habilidade de decisão na adaptação do conhecimento para propósitos práticos. Uma das atividades mais frequentes na engenharia é a resolução de problemas, e para alguns engenheiros isso é uma arte.

O método para isso começa pelo claro entendimento do problema em si, fazendo as hipóteses necessárias; segue, então, utilizando a criatividade para estabelecer o conceito, dispositivo ou sistema que atenda às necessidades, efetuando uma análise lógica da situação, baseada nos princípios estabelecidos, verificando cuidadosamente os resultados, e finalizando com um conjunto de conclusões ou recomendações baseadas em todos os fatos

relacionados. A habilidade para conceber uma solução original e prever o seu desempenho e custo é um dos atributos diferenciais do engenheiro profissional.

### Uso da ciência aplicada

A ciência é um conjunto de conhecimentos cumulativos, embasados e sistematizados. A engenharia é baseada nas ciências fundamentais da física, química e matemática, com suas extensões no estudo das ciências dos materiais, mecânica, termodinâmica, eletrodinâmica e processos de transferência, denominados “ciências da engenharia”. A palavra ciência deriva do latim *scire*, que significa “conhecer”. Diferentemente, a função básica do engenheiro é “fazer”. O cientista busca a ampliação do conhecimento. O engenheiro utiliza a ciência para resolver problemas práticos; ele é uma pessoa de ação. O engenheiro utiliza a ciência, mas não se limita à construção do conhecimento científico.

Para citar um exemplo, até hoje ninguém conhece exatamente como e por que o concreto e o aço se comportam da maneira que se comportam; mesmo assim, usando dados empíricos, o engenheiro é capaz de projetar estruturas eficientes e seguras. É importante notar que a concepção e o projeto de uma estrutura, dispositivo ou sistema, que atenda a uma determinada especificação de forma otimizada, é considerada uma obra de engenharia, mesmo que tenha sido feita por uma pessoa cujo treinamento formal foi na área das ciências.

Frequentemente a imprensa aumenta a confusão, comemorando a colocação bem-sucedida de um satélite de comunicações em órbita, por exemplo, descrevendo-a erroneamente como uma “conquista científica”, enquanto relata um lançamento malsucedido como resultado de uma “falha de engenharia”.



**FIGURA 1.3** Engenheiros estudam as ciências para aplicá-las em projetos que geram benefícios para as pessoas, como as próteses robotizadas.

Fonte: Bela Hoche/iStock/Thinkstock

## Utilização dos recursos naturais

A engenharia envolve a utilização dos recursos naturais. Alguns recursos naturais são renováveis e outros podem ser rapidamente esgotados. O engenheiro deve se preocupar com a conservação desses recursos, o que não significa “não utilizá-los”. A verdadeira conservação dos recursos naturais requer o contínuo desenvolvimento de novos recursos, assim como a utilização eficiente dos já existentes. Todos nós devemos ser conscientes da finitude de alguns desses recursos, entre eles a água doce, o petróleo e o minério de ferro.

Em vista do rápido crescimento populacional, do desejo de melhorar a qualidade de vida e do aumento do consumo de energia e materiais, o trabalho de conservação dos recursos naturais está se tornando a principal atividade de alguns engenheiros e cientistas, que têm a missão de descobrir novas fontes, desenvolver métodos melhorados de processamento e revelar recursos alternativos. Os recursos naturais podem ser classificados em dois tipos: os recursos materiais e os energéticos.

---

### Para refletir

---

Você consegue imaginar como seria a vida se não pudéssemos mais utilizar a quantidade e a variedade de recursos naturais do planeta para criar novos espaços urbanos, novos caminhos para dejetos, novas soluções em estradas, bem como ambientes para adaptar o crescimento populacional? Tudo vem da natureza: pedras, cimento e areia para fazer concreto, a madeira das esquadrias e móveis, os diversos minerais para o pigmento das tintas (o minério de ferro, por exemplo, é utilizado para fazer barras de estribo, vigas de aço, prego, fios...), o barro e a argila para produzir tijolos, gesso para fazer *drywall*, etc. São apenas alguns exemplos, mas basta você olhar em volta para perceber que tudo foi tirado da nossa rica natureza, até mesmo a sua roupa!

---

## Recursos materiais

Os recursos materiais são utilizados com o objetivo de produzir outros objetos. Os materiais utilizados na engenharia incluem derivados de animais, vegetais e minerais, sendo alguns naturais e outros, em sua maioria, manufaturados ou processados. Estes derivados são muito úteis pelas suas diversas propriedades: resistência, fácil fabricação, leveza, durabilidade, capacidade de isolamento ou condução, boas características térmicas, magnéticas, elétricas, químicas ou acústicas. A lista de materiais utilizáveis é praticamente ilimitada; por exemplo, existem 45 elementos metálicos e aproximadamente 10 000 ligas metálicas em uso hoje em dia. Pela variação da composição de uma liga, o engenheiro pode melhorar a sua

condutividade, usinagem, resistência à corrosão, suas propriedades magnéticas ou as características de produção.

## Recursos energéticos

Os recursos energéticos são utilizados com o objetivo de produzir energia. A quantidade de fontes importantes de energia é muito menor do que a de recursos materiais como o carvão mineral, o petróleo, o gás natural, o vento, a luz solar, as quedas de água, as ondas do mar e a fissão nuclear. Os recursos energéticos são necessários para processar esses recursos naturais.

Cada forma de energia tem vantagens e desvantagens. O carvão mineral é barato, mas a sua mineração é perigosa e o seu conteúdo de enxofre é difícil de remover. Os produtos derivados de petróleo podem ser armazenados e convertidos em calor sob condições cuidadosamente controladas. O estoque mundial de petróleo está se esgotando rapidamente e a sua disponibilidade está submetida a um conjunto pequeno de países. O poder do vento é barato, mas não confiável. O desenvolvimento de energia pela força da água é viável somente em certas áreas, geralmente remotas. O combustível nuclear é barato, mas o equipamento de conversão é muito caro, e a sociedade se preocupa com relação a sua segurança. Cada dia, a terra recebe 10.000 vezes a quantidade de energia necessária para os seres humanos, mas ainda não encontramos uma forma efetiva de converter essa energia de forma competitiva.

## Benefício da humanidade como propósito

A engenharia busca o benefício da humanidade. A sociedade criou a engenharia para servi-la. Suponha que, no passado, um produto que satisfizesse alguma necessidade material fosse oferecido. Um engenheiro que compartilhasse essa inovação possivelmente ficaria totalmente satisfeito com a solução de um problema técnico específico. Hoje, diferentemente, estamos ficando cada vez mais convencidos de que as contribuições do engenheiro têm implicações políticas, sociais e estéticas, muito além da obtenção de resultados técnicos imediatos.

Um sistema de mísseis intercontinentais pode fornecer segurança a um segmento da sociedade, enquanto ameaça outro. Uma represa que converte a energia de um rio num cânion remoto pode alagar uma imensa área, que tem um papel importante na natureza. Um motor de automóvel, mesmo barato e eficiente no transporte, reduzindo os problemas de energia, pode, em contrapartida, prejudicar o meio ambiente pela poluição do ar.

## ■ Os tempos passados e a engenharia

Tem-se afirmado que a história da civilização é a história da engenharia. Certamente é verdade que as civilizações desenvolvidas são conhecidas pelas suas realizações de engenharia.

O rei Salomão, Júlio César, Carlo Magno e a rainha Vitória possuíam uma coisa em comum: todos dependiam de um veículo impulsionado por cavalos que, de várias formas, serviu à humanidade por mais de 5 mil anos. Leonardo da Vinci esboçou tanques e máquinas voadoras (em 1480) e Júlio Verne descreveu os submarinos e naves espaciais (em 1865), mas a realização desses sonhos fantásticos sempre foi um lento processo de engenharia.

## Arquitetura

A palavra arquiteto significa “chefe construtor”. O primeiro arquiteto tinha que ser hábil para planejar uma estrutura adequada às necessidades sociais, ser experiente na arte da construção, ser eficiente no uso dos materiais e, ainda, ser competente para dirigir diretamente os operários – em outras palavras, ele era um engenheiro.

Algumas estruturas conhecidas que atestam a imaginação e as habilidades dos seus planejadores são: as grandes pirâmides do Egito (ano 3000 a.C.), o templo do rei Salomão em Jerusalém (ano 1000 a.C.), o Parthenon na Grécia (ano 450 a.C.) e o Coliseu em Roma (ano 80).

## Estradas

Os romanos deslocavam os seus engenheiros para os vários territórios que conquistavam. Algumas estradas dos romanos ainda são encontradas na Inglaterra, onde muitas destas serviram como fundações de estradas posteriores. No império romano existiam aproximadamente 75.000 km de estradas



**FIGURA 1.4** As pirâmides do Egito permanecem incólumes até os dias de hoje.  
Fonte: WitR/iStock/Thinkstock



**FIGURA 1.5** Aqueduto romano de Pont du Gard, na França.

Fonte: Bertl123/iStock/Thinkstock

construídas de acordo com os princípios de pavimentação e drenagem usados até hoje. A administração do império dependia das facilidades de transporte e comunicação.

## Hidráulica

A água está intimamente ligada à vida humana. As represas de irrigação e os canais que fizeram das margens do rio Nilo um jardim (ano 2000 a.C.) estão entre as primeiras realizações de engenharia de grande porte. Jerusalém e Atenas foram supridas com água a partir de morros distantes por meio de aquedutos. Os romanos são famosos pelos seus mais de 400 km de aquedutos, que foram descritos em detalhe por Frontinus (ano 79), um inspetor romano “responsável pela água”. Esses aquedutos conseguem sustentar uma vazão de mais de 1 bilhão de litros de água por dia.

## Metalurgia

O uso diário do fogo pelos humanos permitiu-lhes descobrir as possibilidades da metalurgia. O bronze foi descoberto bastante cedo, por originar-se da fusão de minérios de cobre e de estanho, que são elementos frequentemente encontrados juntos. Na construção das pirâmides foram utilizadas serras e brocas feitas de bronze. O ferro tem um ponto de fusão bastante elevado, e, portanto, é mais difícil de trabalhar. Algum minério raro de ferro foi misturado com carvão e trabalhado quente pelos ferreiros, originando um elemento de extrema dureza e raridade, sendo utilizado como ferramenta, arma, ou fabricado em barras para ser utilizado como moeda.

## — Curiosidade —

### *Ingenium*

Muito antigamente, o termo “engenheiro” se referia à pessoa que projetava e executava obras militares. Derivada do latim, a palavra *ingenium* significava a capacidade inventiva de alterar a forma natural das coisas para lhes dar uma utilidade prática. Até o século XIX toda a construção era feita pelos arquitetos, artesãos comuns e engenheiros militares. A construção de maquinário (ainda muito limitada nos tempos antigos) e a lavra de minas eram simplesmente artes especiais. No final do século XVIII, o crescente aumento e complexidade excepcionais da construção criaram uma grande demanda de pessoas com habilidades, experiência e conhecimentos especiais para planejar e inspecionar a construção de estradas, obras hidráulicas, faróis e outras grandes estruturas permanentes.

Assim, surgiu uma nova classe de pessoas capacitadas no estudo analítico das construções e na utilização prática dos materiais. Para diferenciá-los dos engenheiros militares, que se dedicavam a trabalhos similares de caráter militar, foram chamados de “engenheiros civis”.\*

Com a introdução da máquina de vapor no início do século XIX, surgiu a necessidade de engenheiros treinados especialmente no projeto e na construção de máquinas, e isso conduziu de forma gradual à formação de um campo profissional conhecido hoje como “engenharia mecânica”. A prática da lavra de minas precisou também da aplicação dos conhecimentos científicos e experiência, desenvolvendo a “engenharia de minas”. Da mesma forma, a utilização prática da ciência da eletricidade resultou em outra especialidade, no caso, a “engenharia elétrica”.

---

## ■ Os tempos futuros e a engenharia

Devido à extraordinária liberdade alcançada, os seres humanos assumem responsabilidades pelo seu bem-estar e pelo das gerações futuras. Pela aplicação da ciência, conversão de recursos e criação de artefatos, o engenheiro desempenha um papel essencial na modificação do meio ambiente. Está claro que não podemos projetar o nosso próprio futuro, mas podemos identificar o que é melhor para os membros de uma nova comunidade? Examinando esses problemas, nos deparamos com uma série de questões que exigem negociações nos processos de tomada de decisão.

---

\*O inglês John Smeaton (1724-1792) foi a primeira pessoa a autodenominar-se “engenheiro civil”.

## A velocidade do progresso da engenharia

Os seres humanos primitivos utilizavam somente aquilo que estava disponível, enquanto que o engenheiro moderno começa com uma necessidade e desenvolve os meios de satisfazê-la. Em geral, o esforço para o progresso pode ser classificado em quatro estágios sucessivos de atividades: utilização, adaptação, conversão e criação. A definição de engenharia, com ênfase na aplicação da ciência, está relacionada aos dois primeiros estágios. Por exemplo, as árvores foram utilizadas primeiramente como ponte e posteriormente adaptadas na forma de vigas para a construção de casas. A madeira passou a ser utilizada de uma nova maneira, de forma a obter as vantagens das suas propriedades inerentes. Uma ponte feita de vigas de liga de aço utiliza um material e uma forma que não existem na natureza, mas que foram criados para esse propósito.

## Influências da ciência e da tecnologia

Cada aspecto da vida moderna é influenciado pela aplicação da ciência nos problemas humanos básicos. Nossa sociedade quer uma vida livre de pobreza, doenças, ignorância e penúrias. Com a ajuda da tecnologia podemos controlar nosso ambiente físico imediato e minimizar os efeitos do calor, do frio, da chuva e do vento. Reduzimos os perigos de enchentes e aumentamos a produtividade pelo desvio de rios, criamos lagos e limpamos florestas para poder plantar. Contornamos as distâncias atravessando continentes usando aviões; diminuímos o tempo de um ano de cálculos mentais para poucos segundos utilizando computadores. Não ficamos mais restritos à crosta terrestre, em que residimos, mas planejamos viagens para o leito dos mares e para o espaço.

Por outro lado, a posição dominante ocupada pelas novas criações, como automóveis, computadores, pontes e arranha-céus, também coloca em perigo os indivíduos. Os avanços tecnológicos podem ter efeitos secundários desagradáveis; isso, porém, não é culpa dos engenheiros que os criaram, mas da própria humanidade.

A maior mobilidade depende de quão baratos e eficientes sejam os motores de combustão, que poluem a atmosfera. Os *sprays* tóxicos que aumentam a produtividade exterminando os insetos prejudiciais acabam nos rios, onde matam também as criaturas benéficas. Os robôs industriais aumentam a quantidade e a qualidade da produção, mas em determinados locais conduzem pessoas à miséria pela eliminação de postos de trabalho. Uma linha de transmissão ou uma autoestrada pode destruir a magnificência de um bosque de árvores centenárias.

Se olharmos do ponto de vista negativo, pode-se dizer que destruímos a natureza, que funciona do jeito dela, para criarmos outra que funcione do nosso jeito. Ainda não evoluímos o suficiente como raça para termos consciência coletiva de que, acabando com a natureza, acabaremos nós mesmos, pois fazemos parte dela, gostemos ou não.

## — Importante —

A engenharia trabalha junto à tecnologia, de forma a reduzir os perigos e aumentar a produtividade, tentando minimizar, também, outras formas de destruição do meio ambiente.

---

## Liberdade e responsabilidade

Duas características importantes da era moderna são a extensão das mudanças produzidas pela tecnologia e a velocidade com que o mundo está mudando. Os engenheiros, como tradutores da ciência, desempenham um papel importante e decisivo na determinação do caminho da existência humana.

Para que possam ser responsáveis pelo nosso futuro, nos itens em que a sua competência os qualifica, e para poder executar essa responsabilidade da melhor maneira possível, os futuros engenheiros devem estar preparados para tomar decisões técnicas de escopo muito maior do que aquele dos seus predecessores.

## ■ Grandes realizações da engenharia

A Academia Americana de Engenharia selecionou recentemente o que seriam as 20 maiores realizações da área, em um evento da NAE (NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING, c2015).\*O anúncio, feito pelo astronauta e engenheiro Neil Armstrong\*\*, continha aquelas que tiveram o maior impacto na qualidade de vida das pessoas nos tempos atuais.

### A eletrificação

A energia elétrica está envolvida em praticamente qualquer ocupação e operação da sociedade moderna. Ela tem literalmente iluminado o mundo, gerando grande impacto em inúmeras áreas, incluindo a produção e processamento de alimentos, as comunicações, os cuidados com a saúde e a computação. Milhares de engenheiros fizeram isso acontecer, implementando trabalhos inovadores em fontes de energia, técnicas de geração de energia e nas redes de transmissão.

### O automóvel

O automóvel é o símbolo mais importante da liberdade pessoal. É também o maior transportador de pessoas e produtos, e uma fonte de crescimento econômico e de estabilidade comercial. Desde os primeiros veículos até os

---

\*Maiores detalhes em <http://www.greatachievements.org/>.

\*\*Neil Armstrong (1930-2012) foi o primeiro ser humano a pisar na Lua. Ele era engenheiro aeronáutico.

mais modernos, o automóvel é uma amostra da capacidade da engenharia, com incontáveis inovações feitas tanto no *design*, quanto na produção e na segurança.

## O avião

O transporte aéreo moderno mundial de mercadorias e pessoas facilitou, de forma rápida, a nossa interação pessoal, cultural e comercial. As inovações tecnológicas da engenharia, que vão do 14-bis de Alberto Santos Dumont até os atuais jatos supersônicos, tornaram isso possível.

## Água tratada e abundante

A disponibilidade de água tratada e abundante mudou a forma de viver e morrer dos humanos nos últimos séculos. No início do século XIX, as doenças adquiridas pelo consumo de água poluída, como a febre tifoide e a cólera, matavam centenas de milhares de pessoas anualmente. A partir de 1940, os sistemas de tratamento e distribuição de água, projetados por engenheiros, começaram a eliminar doenças nas nações desenvolvidas. Esses avanços também permitiram levar água a lugares da Terra antes inabitáveis.

## A eletrônica

A eletrônica é a base de incontáveis inovações – telefones inteligentes, TVs e computadores, somente para mencionar alguns dos equipamentos. Desde os tubos de vácuo até os transistores, e daí até os circuitos integrados, os engenheiros têm feito a eletrônica cada vez menor, mais poderosa e mais eficiente, construindo o caminho para produtos que estão melhorando a qualidade e a comodidade da vida moderna.

## Rádio e televisão

O rádio e a televisão foram os maiores agentes da mudança da sociedade a partir do século XX, abrindo portas para outras culturas e para áreas remotas do nosso mundo, servindo como documentário para a história. Os engenheiros têm desenvolvido tecnologias extraordinárias que permitem a troca de informações e entretenimento para milhões de pessoas todos os dias. Essas tecnologias vão desde os antigos telégrafos sem fio até os avançados sistemas de comunicação via satélite.

## A mecanização agrícola

O maquinário das fazendas, como tratores, cultivadores, colheitadeiras e milhares de outros equipamentos, aumentaram a eficiência e a produtividade das lavouras de forma impressionante. No início do século XX, um agricultor fornecia alimentos para 10 pessoas. As inovações da engenharia elevaram esse número, antes do final do século, para 100 pessoas, na mesma área de terra.



**FIGURA 1.6** A mecanização da agricultura aumentou a produtividade das lavouras.

Fonte: Comstock Images/Stockbyte/Thinkstock

## Os computadores

Os computadores têm transformado as empresas e as vidas pelo aumento da produtividade e pelo acesso aberto a vastas áreas do conhecimento. Eles têm reduzido o incômodo das rotinas diárias do nosso trabalho, permitindo novas formas de manipular problemas complexos. A capacidade de invenção da engenharia alimentou essa revolução, continuamente fabricando computadores mais rápidos, mais potentes e mais baratos.

## A telefonia

O telefone é visto por alguns como a pedra fundamental da vida moderna. Ligações quase instantâneas entre amigos, familiares, empresas e países, permitem a comunicação que melhora as nossas vidas, as nossas indústrias e as nossas economias. Os engenheiros têm feito inovações impressionantes, que levaram à tecnologia dos fios de cobre, das ondas de rádio e até das fibras ópticas; desde os quadros de distribuição até os satélites, e das linhas fixas até as linhas sem fio e até a Internet. Os telefones inteligentes oferecem cada vez mais ferramentas que facilitam a vida do homem.

## Os sistemas de ar condicionado e refrigeração

O ar condicionado e a refrigeração também mudaram a vida do homem no século XX. Dezenas de inovações de engenharia tornaram possível o transporte e o armazenamento de alimentos frescos e perecíveis, permitiram que as pessoas trabalhassem confortavelmente em lugares de clima quente e auxiliaram na criação de ambientes de temperatura estável.

## **As malhas rodoviárias**

As autoestradas fornecem uma das características mais desejadas pelo homem – a liberdade de locomoção pessoal. Milhares de engenheiros constroem as estradas, as pontes e os túneis que conectam as cidades, permitem a movimentação de mercadorias e serviços para áreas remotas, incentivam o crescimento e facilitam o comércio.

## **A exploração espacial**

Desde os primeiros foguetes até os satélites mais sofisticados, a exploração espacial foi a mais incrível façanha da engenharia no século XX. O desenvolvimento de naves espaciais tem emocionado o mundo, aumentado o nosso conhecimento e melhorado as nossas capacidades. Milhares de produtos e serviços úteis têm resultado dos programas espaciais, incluindo equipamentos médicos, previsões meteorológicas mais exatas e comunicação sem fio.

## **A Internet**

A Internet mudou o trabalho, a educação e as comunicações pessoais. Ao proporcionar acesso global às notícias, ao comércio e aos grandes centros de armazenamento de informação, a internet aproximou os povos, adicionando ainda conveniência e eficiência para nossas vidas.

## **As tecnologias de imagem**

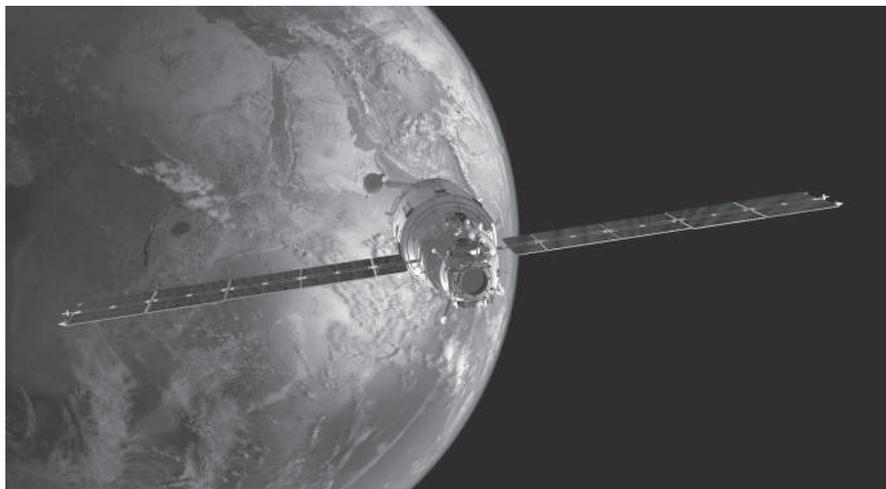
Desde os pequenos átomos até as galáxias mais distantes, as tecnologias de geração de imagens têm expandido os limites da nossa visão. A análise do corpo humano, o mapeamento do leito dos oceanos e a análise do comportamento do clima são resultados dos avanços da engenharia nas tecnologias de geração de imagens.

## **Os eletrodomésticos**

A inovação tecnológica produzida pela engenharia resultou em uma ampla variedade de equipamentos, incluindo aspiradores de pó, máquinas lava-roupas e lava-louças. Esses e outros produtos nos permitem maior tempo livre, possibilitam que mais pessoas possam trabalhar fora de suas casas, contribuindo significativamente na economia global.

## **As tecnologias da saúde**

Os avanços médicos da tecnologia no século XX foram impressionantes graças ao trabalho dos engenheiros. Os médicos dispõem hoje de um grande arsenal de equipamentos para diagnóstico e tratamento. Alguns produtos que melhoram a qualidade de vida das pessoas são os órgãos artificiais, as próteses para substituição de articulações, as tecnologias de aquisição e processamento de imagens e os biomateriais.



**FIGURA 1.7** Engenheiros projetam complexos sistemas de mapeamento por satélite para aproveitamento dos recursos naturais, fiscalização e acompanhamento de eventos climáticos e ambientais.

Fonte: koto\_feja/iStock/Thinkstock

## **As tecnologias de aproveitamento do petróleo e do gás**

O petróleo foi o componente energético mais importante no século XX, resultando em combustível para veículos, casas e indústrias. Os produtos petroquímicos são utilizados em milhares de produtos, desde uma aspirina até em roupas. Estimulados pelos avanços da engenharia na sua exploração e processamento, os derivados do petróleo têm um impacto cada vez maior nas economias mundiais, nas pessoas e na política.

## **O laser e as fibras ópticas**

Os pulsos de luz dos *lasers* são utilizados como ferramentas industriais, dispositivos cirúrgicos, satélites e em diversos outros produtos. Nas comunicações, as fibras ópticas fornecem a infraestrutura para carregar a informação através de luz produzida por laser. Um único cabo de fibra óptica pode transmitir dezenas de milhões de ligações telefônicas, arquivos de dados e imagens de vídeo.

## **A tecnologia nuclear**

A manipulação do átomo mudou a natureza da guerra para sempre e causou espanto no mundo com o seu poder. As tecnologias nucleares também nos forneceram uma nova fonte de energia elétrica e novos instrumentos para a área médica, tanto para diagnóstico e tratamentos, quanto para a geração de imagens.

## Os materiais de alto desempenho

Partindo do ferro e do aço até os últimos avanços na fabricação de polímeros, cerâmicos e compósitos, o século XX viu a evolução dos materiais. Os engenheiros têm manipulado e melhorado suas propriedades para usos em milhares de aplicações.

## ■ O primeiro contato

Antes de finalizar este capítulo, vamos propor uma série de perguntas para sua reflexão, o que pode ser útil para entendimento das características da profissão.

### A engenharia é uma carreira adequada para mim?

Depende do que você gosta de fazer. O que você gostaria de ser daqui a 10 anos? Um projetista de naves espaciais para a exploração de planetas do sistema solar? Um construtor de sistemas de energia ambientalmente seguros e autossustentáveis para as cidades? Um salvador de vidas que utiliza novas técnicas de aplicações a *laser*? Uma carreira na engenharia possibilita que alguma dessas coisas aconteça!

Os engenheiros são basicamente **solucionadores de problemas**, profissionais que pesquisam a maneira mais fácil, mais rápida e menos onerosa de utilizar as forças da natureza e os materiais. Através dos séculos, desde as pirâmides do Egito, até a alunissagem e as sondas espaciais enviadas para fora do sistema solar, os engenheiros têm sido os formadores do progresso da nossa civilização.

### Que tipo de atividades os engenheiros desenvolvem?

Os engenheiros desenvolvem muitos tipos de atividades, de acordo com o seu perfil pessoal. Se você é o tipo de pessoa que procura descobrir coisas novas, uma alternativa será escolher a carreira de engenheiro pesquisador. Caso você seja muito imaginativo e criativo, talvez a carreira de engenheiro de projetos seja a mais adequada. O trabalho de um engenheiro de concepção de projetos lembra um pouco das aulas de ciências e de matemática que você teve no colégio.

Se você gosta de atividades de laboratório e de conduzir experimentos, talvez seja conveniente trabalhar como engenheiro de testes. Ser um engenheiro de vendas poderá ser uma boa escolha, caso você seja persuasivo e goste de trabalhar com pessoas. Se você gosta de organizar e promover novas soluções, pode se tornar um engenheiro de desenvolvimento. Depois de muitos anos de experiência, você pode ainda se tornar um engenheiro consultor.

## **Qual é a relação dos engenheiros com os tecnólogos e os técnicos?**

Os técnicos e tecnólogos trabalham frequentemente junto aos engenheiros, formando uma equipe de engenharia. Os engenheiros planejam e desenvolvem os projetos, e os técnicos e tecnólogos ajudam a transformar esses projetos em produtos.

Os programas de graduação em engenharia aplicam os conceitos científicos para desenvolver soluções aos problemas do mundo real. O trabalho de um engenheiro é mais teórico que o do tecnólogo, envolvendo o projeto de novos produtos, como um robô a ser utilizado numa planta de manufatura. Os engenheiros precisam de conhecimento teórico, científico e matemático bastante aprofundado; em contrapartida, os tecnólogos precisam de conhecimentos amplos, mas não tão aprofundados. Algumas escolas e universidades oferecem programas de tecnólogos, com duração variada entre dois e três anos, enquanto que os programas de graduação em engenharia têm, em geral, uma duração de quatro a seis anos de estudo. Resumindo, os engenheiros projetam os sistemas e produtos, os tecnólogos os instalam, operam e os mantêm funcionando.

Os tecnólogos e os técnicos ocupam-se de várias tarefas do espectro tecnológico, mais adequadamente empregados nas áreas que tratam de aplicações, manufatura, execução, operacionalização, vendas e produção. Essas tarefas diferem das dos engenheiros graduados, que são empregados em atividades de projeto, pesquisa e desenvolvimento.

Embora os tecnólogos e técnicos trabalhem na implementação de projetos dos engenheiros, os tecnólogos tendem a ocupar mais cargos de supervisão e gerenciamento do que os técnicos, devido ao seu grau mais avançado de estudos teóricos, e usualmente trabalham mais perto dos engenheiros projetistas. Tanto o trabalho dos técnicos quanto dos tecnólogos deverá ter a supervisão de um engenheiro, especialmente quando se tratarem de obras que podem colocar em risco a vida das pessoas ou o patrimônio.

## **Quais são as perspectivas de carreira para um engenheiro?**

Os salários pagos aos engenheiros são bons, e a demanda por profissionais é abundante. A graduação em engenharia também abre as portas para outras carreiras. Muitos engenheiros seguem posteriormente outras profissões, como medicina, direito e administração, onde os seus embasamentos em engenharia e no conhecimento tecnológico os convertem em profissionais de competência invejável.

## **Quais tipos de conhecimentos prévios podem me ajudar na carreira de engenheiro?**

É óbvio que você precisará ter obtido bons conceitos no ensino médio, especialmente nas matérias de ciências, para poder efetuar um curso tão exigente

quanto o de engenharia. Porém, você não precisa ser um “gênio”. O ideal é que você esteja classificado entre os melhores alunos da sua turma (entre os 30% melhores) para poder escolher essa carreira sem maiores dificuldades. Agora, se você nunca foi de estudar muito no colégio, se sempre recebeu notas baixas nas avaliações, mas mesmo assim gosta da área técnica, bem, neste caso, talvez fosse melhor optar por um curso técnico de curta duração antes de encarar a graduação.

Se você ainda estiver cursando o ensino médio, poderá enriquecer a sua experiência na resolução de problemas, aproveitando ao máximo todas as disciplinas de matemática que a sua escola ofereça, incluindo cálculo básico e trigonometria, se disponível. Você também deverá ter assistido a aulas práticas de ciências, como biologia, química e física. A maioria das escolas de engenharia espera que você tenha bons conhecimentos de álgebra, geometria, trigonometria, química, física, inglês, estudos sociais, ortografia e gramática do seu idioma materno.

Os engenheiros convertem as suas ideias em gráficos, e, para tanto, precisam visualizar os seus produtos ou processos em três dimensões. É interessante que você obtenha uma formação prévia em disciplinas de desenho.

Hoje, os computadores pessoais são ferramentas importantes no trabalho do engenheiro e do estudante de engenharia. Os conhecimentos da utilização de computadores, de sistemas operacionais e de alguma linguagem de programação também são de extrema importância antes de iniciar um curso de engenharia.

## **Terei tempo para atividades extracurriculares? Quantas horas por dia preciso reservar para os estudos?**

Essa é uma questão muito pessoal e que também depende de cada disciplina. Obviamente, precisará de mais horas de trabalho para obter um conceito A do que um conceito C, sendo que os cursos de engenharia são provavelmente os mais exigentes de todos os oferecidos pelas universidades. Em geral, os estudantes não deveriam deixar os estudos às expensas de outros interesses diferentes dos da sua formação. Em média, são necessárias ao menos duas horas de estudo para cada hora de aula assistida.

A sua participação em atividades extracurriculares o ajudará no desenvolvimento de outros talentos e habilidades, o que é muito valorizado pelos empregadores em potencial.

## **A engenharia é uma boa opção para as mulheres?**

Atualmente, as mulheres constituem aproximadamente 10% dos estudantes ingressantes nas carreiras de engenharia. As mulheres são cada vez mais atraídas para essa profissão pelas mesmas razões que os homens: promessas de desafios, trabalho interessante, *status* social e bons salários.

## **Posso eu mesmo sustentar a minha formação em engenharia?**

Geralmente o custo dos cursos de engenharia nas escolas privadas é mais elevado que os cursos de outras áreas. No caso de seus pais ou parentes próximos não poderem pagar o custo total da sua formação, existem financiamentos públicos e privados. Como alternativa, você poderá obter bolsas de pesquisa e atuar em monitorias durante o seu curso, assim como ingressar em estágios extracurriculares remunerados, e, como última alternativa, poderá trabalhar em meio turno em alguma empresa do ramo da sua especialidade de engenharia. Algumas universidades oferecem bolsas e descontos para alunos carentes.

## **Uma vez finalizado o curso, preciso fazer uma pós-graduação?**

Embora depois de formado você possa trabalhar como engenheiro na indústria ou para o governo, sem um curso de pós-graduação, muitos engenheiros investem num curso de especialização ou de mestrado. Com isso, eles ganham mais conhecimentos, qualificam-se para melhores posições no trabalho, adquirem maior prestígio e melhores salários. Porém, não existe razão para decidir isso imediatamente após a graduação. Um curso de especialização normalmente tem duração mínima de um ano; o de mestrado, dois anos; e o de doutorado, três anos. Os níveis de mestrado ou doutorado são preferidos para ocupar as posições de professor e de pesquisador.

## **Preciso de uma licença especial para poder exercer a profissão?**

Uma vez que os projetos de engenharia envolvem questões de segurança pública, preservação ambiental e, ainda, responsabilidade civil e técnica, existem órgãos governamentais específicos de regulamentação das atribuições dos engenheiros e de fiscalização dos seus projetos. O sistema Confea/Crea é responsável pela fiscalização do exercício profissional.

## **Quantas horas os engenheiros trabalham?**

A maioria dos engenheiros trabalha, normalmente, de segunda a sexta-feira, de oito a 10 horas por dia. Existem algumas empresas que possibilitam uma flexibilidade de horários, especialmente nas áreas de pesquisa e desenvolvimento. Eventualmente os engenheiros permanecem mais de 24 horas no local de trabalho, especialmente quando acontece a “posta em marcha” de uma nova planta, por exemplo.

## **Os engenheiros são criativos?**

O significado da palavra “criar”, utilizada várias vezes neste livro, está relacionada diretamente com a engenharia. Esses profissionais criam e inovam. Não há criação e inovação sem criatividade. O grupo dos engenheiros é pro-

vavelmente o conjunto mais criativo dos profissionais existentes, olhando do ponto de vista das utilidades. Eles abstraem, sintetizam, resolvem problemas e inovam. Em outras palavras: permitem que se façam coisas novas e que as velhas funcionem melhor. Os profissionais das artes também são pessoas criativas, mas a sua criatividade se defronta com pensamentos e emoções. Já a dos engenheiros se defronta com normas técnicas, escassez de recursos e equações matemáticas. A criatividade da engenharia está diretamente relacionada com objetos e resultados.

### — Importante —

A competência é uma das características mais fortes dos engenheiros, e ela só se desenvolve, como dizem os militares, “correndo em campo minado sob fogo cruzado”. Nas guerras antigas, as minas eram colocadas nos melhores caminhos, principalmente nos atalhos, por isso, fuja deles.

## ■ Resumo

Neste capítulo, foram definidos vários termos da engenharia por meio de exemplos e de breves comentários sobre a história da profissão. A continuação foi embasada no grande futuro a que os próximos engenheiros se depararam e as vantagens de optar por uma carreira na área de engenharia. Com esses fundamentos, você poderá prosseguir nos próximos capítulos, onde serão tratadas as habilidades e competências necessárias para se tornar um engenheiro de sucesso. Para expandir as informações deste capítulo, são colocadas a seguir algumas atividades que podem fornecer uma visão mais ampla da engenharia e das suas atividades.

## Atividades

1. A partir das suas dúvidas pessoais, elabore três perguntas sobre a engenharia.
2. No início deste capítulo, foi solicitado que você escrevesse a sua opinião sobre o que era para você a engenharia naquele momento. Agora, após o estudo deste capítulo, compare a sua resposta inicial e o significado completo que a engenharia passou a ter para você.
3. Em comparação às grandes realizações do século XX, acrescente 10 realizações da engenharia alcançadas no século XXI.
4. Descubra cinco engenheiros famosos da história mundial e cinco engenheiros brasileiros famosos por suas obras na história brasileira.