ROBERT S. PINDYCK
DANIEL L. RUBINFELD

MICROECONOMIA

6ª Edição

PEARSON
Prentice Hall

www.prenhall.com/pindyck_br
Companion Website
Site com recursos adicionais para professores e alunos

CAPÍTULO 6

PRODUÇÃO

ESTE CAPÍTULO DESTACA

LISTA DE EXEMPLOS

Nos últimos três capítulos enfocamos o *lado da demanda* do mercado – as preferências e o comportamento dos consumidores. Agora, voltamo-nos para o *lado da oferta*, examinando o comportamento dos produtores. Veremos o modo pelo qual as empresas organizam eficientemente sua produção e como seus custos de produção variam à medida que ocorrem alterações nos preços dos insumos e nos níveis de produção. Veremos também que há grandes semelhanças entre as decisões de otimização por parte de empresas e por parte de consumidores – a compreensão do comportamento do consumidor vai nos ajudar a compreender o comportamento do produtor.

Neste capítulo e no próximo examinaremos a **teoria da empresa**, que mostra como uma empresa toma decisões de produção com base na minimização dos custos e como os seus custos variam com o volume produzido. O conhecimento da teoria da produção e dos custos ajudará a entender as características da oferta de mercado. A teoria da produção e do custo é de importância fundamental também para a administração econômica da empresa. Pense em alguns dos problemas com os quais uma empresa como a General Motors freqüentemente se defronta. Quantos equipamentos e quanta mão-de-obra na linha de montagem deverão ser empregados em suas novas fábricas de automóveis? Caso a empresa queira aumentar sua produção, será que deveria contratar mais trabalhadores, construir novas fábricas, ou ambos? Será mais lógico que determinada fábrica de automóveis produza diferentes modelos ou que cada modelo seja produzido em uma fábrica separada? Quais os custos que a GM deveria esperar para o próximo ano? De que forma tais custos poderiam variar ao longo do tempo e como poderiam ser influenciados pelo nível de produção? Questões como essas não se aplicam apenas a empresas privadas, mas também a outros produtores de bens e serviços, tais como órgãos governamentais e organizações sem fins lucrativos.

AS DECISÕES EMPRESARIAIS QUANTO À PRODUÇÃO

Nos capítulos 3 e 4, para estudar o comportamento do consumidor nós o dividimos em três passos. Primeiro, explicamos como descrever as preferências do consumidor. Segundo, consideramos o fato de que consumidores possuem restrições orçamentárias. Em seguida, vimos como, dadas essas preferências e as restrições orçamentárias, eles podem escolher combinações de bens para maximizar sua satisfação. As decisões das empresas quanto à produção são análogas às decisões dos consumidores quanto à compra de bens e, da mesma maneira, podem ser entendidas em três passos:

1. **Tecnologia de produção:** precisamos de um modo prático de descrever como os *insumos* (trabalho, capital e matérias-

teoria da empresa Explicação sobre como as empresas tomam decisões de minimização de custos e como esses custos variam com a produção.

primas, por exemplo) podem ser transformados em *produção* (carros e televisores, por exemplo). Assim como o consumidor pode alcançar determinado nível de satisfação comprando diferentes combinações de bens, uma empresa pode gerar determinado nível de produção usando diferentes combinações de insumos. Uma fabricante de eletrônicos, por exemplo, pode produzir 10 mil televisores por mês empregando mão-de-obra maciça (se os trabalhadores fizerem os aparelhos à mão, por exemplo) e muito pouco capital, ou construindo uma fábrica capital intensiva, totalmente automatizada, e usando pouquíssima mão-de-obra.

2. **Restrições de custo:** as empresas precisam levar em conta o *preço* do trabalho, do capital e de outros insumos. Assim como o consumidor está sujeito a um orçamento limitado, a empresa terá de se preocupar com seu custo de produção. Uma fábrica que produza, por exemplo, 10 mil televisores por mês vai querer fazê-lo de uma maneira que minimize seu custo total de produção, o qual é determinado em parte pelo preço dos insumos utilizados.

3. **Escolha de insumos:** conforme sua tecnologia de produção e o preço do trabalho e outros insumos, a empresa precisará decidir *quanto de cada insumo* usar. Assim como o consumidor leva em conta o preço dos diferentes bens ao decidir a quantidade de cada um que será comprada, a empresa precisa levar em conta o preço dos diferentes insumos ao decidir a quantidade de cada um que será usada. Se nossa fábrica de eletrônicos opera em um país com baixos níveis salariais, talvez opte por produzir televisores usando muito trabalho e pouco capital.

Esses três passos, que formam os alicerces da teoria da empresa, serão discutidos em detalhes neste capítulo e no próximo. Também abordaremos outros aspectos importantes do comportamento empresarial. Por exemplo: partindo do pressuposto de que a empresa está sempre usando uma combinação de insumos minimizadora de custo, veremos como o custo total da produção varia conforme a quantidade produzida e como se pode escolher a quantidade que maximizará os lucros.

Começamos este capítulo mostrando como a tecnologia de produção da empresa pode ser representada na forma de uma *função de produção* – uma descrição resumida de como os insumos se transformam em produtos. Em seguida, usamos a função de produção para mostrar como a produção muda quando somente um dos insumos (trabalho) varia, mantendo-se os outros insumos fixos. Depois, passamos ao caso mais geral no qual a empresa pode variar todos os seus insumos e mostramos como ela escolhe uma combinação minimizadora de custos. Em particular, vamos prestar atenção à *escala* de operação da empresa. Será que há, por exemplo, vantagens tecnológicas capazes de tornar a empresa mais produtiva à medida que a escala aumenta?

6.1 TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO

fatores de produção Insumos que entram no processo produtivo (por exemplo, trabalho, capital e matérias-primas).

Durante o processo produtivo, as empresas transformam *insumos*, também denominados **fatores de produção**, em *produtos*. Os fatores de produção são tudo aquilo que a empresa utiliza no processo produtivo. Numa padaria, por exemplo, os insumos incluem o trabalho; matérias-primas, como farinha e açúcar; e o capital investido nos fornos, nas batedeiras e em outros equipamentos necessários à produção de pães, bolos e confeitos.

Como se vê, podemos dividir os insumos em amplas categorias de *trabalho*, *matérias-primas* e *capital*, podendo cada uma dessas incluir subdivisões mais limitadas. O trabalho abrange os trabalhadores especializados (carpinteiros, engenheiros) e os não especializados (trabalhadores agrícolas), bem como os esforços empreendedores dos administradores da empresa. As matérias-primas incluem o aço, o plástico, a eletricidade, a água e quaisquer outros materiais que a empresa adquira e transforme em um produto final. O capital inclui o terreno, as instalações, a maquinaria e outros equipamentos, bem como os estoques.

A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO

função de produção Função que mostra o produto máximo que uma empresa pode obter para cada combinação especificada de insumos.

As empresas podem transformar os insumos em produtos de várias maneiras, usando várias combinações de mão-de-obra, matérias-primas e capital. Podemos descrever a relação entre os insumos do processo produtivo e o produto resultante como uma *função de produção*. Uma **função de produção** indica o produto máximo (volume de produção), q, que uma empresa produz para cada combinação específica de insumos.[1] Embora na prática as empresas usem inúmeros insumos, para simplificar nossa

[1] Neste capítulo e nos seguintes, usaremos a variável q para o produto da empresa e a variável Q para o produto do setor.

análise vamos nos concentrar em apenas dois insumos: o trabalho, L, e o capital, K. Podemos, então, escrever a expressão da função de produção como:

$$q = F(K,L) \tag{6.1}$$

Essa equação nos diz que a quantidade de produto depende da quantidade de dois insumos – capital e trabalho. Por exemplo, a função de produção poderia descrever o número de computadores pessoais que poderiam ser produzidos a cada ano por uma empresa que possui uma fábrica com mil metros quadrados e determinado número de operários na linha de montagem. Ou poderia descrever a colheita que um fazendeiro pode obter com determinada quantidade de equipamentos e trabalhadores.

É importante ter em mente que os insumos e produtos são *fluxos*. Assim, por exemplo, nosso fabricante de computadores pessoais emprega certa quantidade de trabalho *por ano* para produzir determinado número de máquinas por ano. Embora ele seja dono da fábrica e das máquinas, podemos pensar que paga um certo montante por ano pelo uso disso tudo. Para simplificarmos, ignoraremos freqüentemente as referências ao tempo, mencionando apenas as quantidades de trabalho, capital e produto. A menos que seja expressamente indicado, entretanto, estaremos nos referindo sempre a quantidades de trabalho, de capital e de produto por ano.

Como a função de produção permite que os insumos sejam combinados em proporções variadas, o produto pode ser gerado de diversas maneiras. Em relação à equação 6.1, isso pode significar empregar mais capital e menos trabalho, ou vice-versa. Por exemplo, o vinho pode ser produzido de modo intensivo em trabalho, empregando muitas pessoas, ou, então, de modo intensivo em capital, ou seja, usando muitas máquinas e poucos trabalhadores.

Observe que a equação 6.1 aplica-se a *determinada tecnologia*, isto é, um determinado grau de conhecimento a respeito dos diversos métodos que poderiam ser utilizados para transformar insumos em produtos. À medida que a tecnologia se torna mais avançada e a função de produção se modifica, uma empresa pode passar a obter maior volume de produção por meio de determinado conjunto de insumos. Por exemplo, uma nova linha de montagem mais rápida poderia permitir que um fabricante de hardware produzisse mais computadores de alta velocidade em um determinado período.

As funções de produção descrevem o que é *tecnicamente viável* quando a empresa opera *eficientemente*, ou seja, quando utiliza cada combinação de insumos da forma mais eficaz possível. A suposição de que a produção seja sempre tecnicamente eficiente não é constantemente válida; porém, é razoável esperar que empresas que busquem lucros não desperdicem recursos.

Curto prazo *versus* longo prazo

Ajustar os insumos à produção, dosando diferentes quantidades de trabalho e capital, não é um processo rápido. Uma nova fábrica precisa ser planejada e construída; as máquinas e os outros equipamentos de capital precisam ser encomendados e produzidos. Tais atividades demoram um ano ou mais para ser completadas. Resulta disso que, se temos por referência as decisões de produção em um curto período, como um mês ou dois, é provável que a empresa não seja capaz de fazer substituições importantes entre trabalho e capital.

Como as empresas têm de considerar se os insumos podem ser substituídos uns pelos outros, e, nos casos em que isso pode ocorrer, quanto tempo é necessário para a substituição, é importante distinguir entre curto e longo prazo quando analisamos a produção. **Curto prazo** refere-se ao período no qual um ou mais insumos não podem ser modificados. Em outras palavras, no curto prazo há sempre pelo menos um fator que não pode ser modificado; esse fator é, por isso, denominado **insumo fixo** de produção. **Longo prazo** corresponde ao período necessário para tornar variáveis *todos* os insumos.

curto prazo Período em que as quantidades de um ou mais fatores de produção não podem ser modificadas.

Como seria de esperar, os tipos de decisão que as empresas podem tomar são muito diferentes no curto e no longo prazo. No curto prazo, as empresas podem variar a intensidade de utilização de determinada fábrica e equipamentos; no longo prazo, as empresas podem modificar a capacidade das fábricas. Todos os insumos fixos no curto prazo correspondem aos resultados de decisões anteriores de longo prazo baseadas em estimativas das empresas daquilo que poderiam produzir e vender com lucro.

insumo fixo Fator de produção que não pode variar.

Nenhum período específico, por exemplo um ano, separa o curto prazo do longo prazo. Em vez disso, é necessário que se faça distinção entre eles caso a caso. Por exemplo, o longo prazo pode ser tão curto quanto um dia ou dois, no caso de um balcão para uma criança vender limonada, e tão longo quanto cinco ou dez anos, no caso de um fabricante de produtos petroquímicos ou de uma indústria automobilística.

longo prazo Tempo necessário para que todos os insumos de produção possam se tornar variáveis.

Veremos que, no longo prazo, as empresas podem dosar a quantidade de todos os seus insumos a fim de minimizar o custo de produção. Antes de abordarmos esse caso geral, porém, vamos começar com uma análise de curto prazo, na qual somente um insumo do processo produtivo pode variar. Vamos, pois, pressupor que o capital seja o insumo fixo, e o trabalho, o variável.

6.2 PRODUÇÃO COM UM INSUMO VARIÁVEL (TRABALHO)

Quando uma empresa tem de decidir quanto vai adquirir de determinado insumo, ela tem de comparar o benefício que obterá com o custo. Às vezes, é interessante olhar para o benefício e o custo em uma perspectiva *incremental*, procurando saber qual seria o produto adicional que resultaria de certo incremento do insumo. Outras vezes, vem a ser mais interessante fazer comparações na *média*, considerando o resultado de um aumento substancial do insumo. Analisaremos os benefícios e os custos de ambos os modos.

Quando o capital é fixo, mas o trabalho é variável, o único jeito de a empresa aumentar a produção é aumentando o insumo trabalho. Imagine, por exemplo, que você esteja administrando uma fábrica de roupas. Embora disponha de determinada quantidade de equipamentos, você poderia contratar mais trabalho, ou menos, para operar as máquinas. Você tem de tomar uma decisão sobre a quantidade de trabalho que contratará e a quantidade de roupas que produzirá. Para poder tomar essa decisão, necessitará saber de que forma o volume de produção, q, aumenta (se é que aumenta) à medida que o insumo trabalho, L, cresce.

A Tabela 6.1 contém essas informações. As primeiras três colunas apresentam o volume de produção que pode ser gerado em um mês com diferentes quantidades de trabalho e mantendo-se o capital fixo em 10 unidades. A primeira coluna apresenta a quantidade de trabalho, a segunda indica a quantidade fixa de capital e a terceira mostra o volume de produção obtido. Quando o insumo trabalho é zero, o volume de produção também é zero. Dessa forma, o volume de produção eleva-se à medida que o trabalho aumenta para um insumo de 8 unidades. Além de tal ponto, o volume de produção diminui: embora, inicialmente, cada unidade de trabalho seja capaz de obter uma vantagem cada vez maior do equipamento e de instalações disponíveis, após determinado ponto quantidades adicionais de trabalho não são mais úteis e na realidade podem ser contraproducentes. Cinco pessoas podem operar uma linha de montagem melhor do que duas, porém dez pessoas podem tropeçar umas nas outras.

PRODUTO MÉDIO E PRODUTO MARGINAL

produto médio Produto obtido por unidade de determinado insumo.

produto marginal Produto adicional gerado ao acrescentar uma unidade a um determinado insumo.

A contribuição que o trabalho dá ao processo produtivo poderia ser descrita em termos do *produto médio* e do *produto marginal* do trabalho. A quarta coluna da Tabela 6.1 apresenta o **produto médio** do trabalho (PM_L), que é a produção por unidade de insumo trabalho. O produto médio é calculado pela divisão do produto total, q, pela quantidade total de insumo trabalho, L. O produto médio do trabalho mede a produtividade da força de trabalho da empresa, em termos de quanto produto cada unidade de trabalho produz em média. Em nosso exemplo, o produto médio aumenta inicialmente, porém passa a cair quando o insumo trabalho torna-se superior a quatro.

A quinta coluna da Tabela 6.1 apresenta o **produto marginal** do trabalho (PMg_L). Produto marginal do trabalho é o volume de produção *adicional* gerado ao se acrescentar 1 unidade de insumo trabalho. Por exemplo, com o capital fixo em 10 unidades, quando o insumo trabalho aumenta de 2 para 3, o produto total é elevado de 30 para 60, ocasionando um volume adicional de produção igual a 30 uni-

TABELA 6.1 Produção com um insumo variável

Quantidade de trabalho (L)	*Quantidade de capital (K)*	*Produto total (q)*	*Produto médio (q/L)*	*Produto marginal (Δq/ΔL)*
0	10	0	—	—
1	10	10	10	10
2	10	30	15	20
3	10	60	20	30
4	10	80	20	20
5	10	95	19	15
6	10	108	18	13
7	10	112	16	4
8	10	112	14	0
9	10	108	12	–4
10	10	100	10	–8

dades (60 – 30). O produto marginal do trabalho pode ser expresso como $\Delta q/\Delta L$, isto é, a variação no volume de produção, Δq, resultante do aumento de uma unidade no insumo trabalho, ΔL.

Lembre-se de que o produto marginal do trabalho depende da quantidade de capital empregado. Se o insumo capital aumentar de 10 para 20, por exemplo, é bastante provável que o produto marginal do trabalho aumente. Por quê? Isso ocorre porque os trabalhadores adicionais possivelmente serão mais produtivos se tiverem mais capital para utilizar. Da mesma forma que o produto médio, o produto marginal inicialmente aumenta, depois diminui; nesse caso, após a terceira unidade de trabalho.

Resumindo, temos:

Produto médio do trabalho = Produto total/insumo trabalho = q/L
Produto marginal do trabalho = Variação do produto total/variação do insumo trabalho = $\Delta q/\Delta L$

INCLINAÇÕES DA CURVA DO PRODUTO

A Figura 6.1 apresenta graficamente as informações contidas na Tabela 6.1. (Interligamos todos os pontos da figura com linhas cheias.) A Figura 6.1(*a*) mostra que o volume de produção aumenta até atingir o valor máximo de 112; após esse ponto, apresenta diminuição. Essa parte da curva do produto total encontra-se tracejada, indicando que volumes de produção com mais de 8 unidades de trabalho por mês não são economicamente viáveis; nunca pode ser lucrativo utilizar quantidades adicionais de um insumo dispendioso para gerar uma produção *menor*.

A Figura 6.1(*b*) apresenta as curvas de produto médio e de produto marginal. (As unidades do eixo vertical foram trocadas, de produto por mês para produto por trabalhador por mês). Observe que o produto marginal é sempre positivo quando o volume de produção é crescente, sendo negativo quando o volume de produção é decrescente.

Não é mera coincidência o fato de a curva do produto marginal cruzar o eixo horizontal do gráfico exatamente no ponto correspondente ao volume máximo de produção. Isso ocorre porque o acréscimo de mais um trabalhador na linha de produção, tornando-a mais lenta e ocasionando um real decréscimo no produto total, implicaria um produto marginal negativo para tal trabalhador.

As curvas de produto médio e de produto marginal estão estritamente relacionadas. *Quando o produto marginal é maior do que o produto médio, o produto médio é crescente.* Esse é o caso que ocorre entre os volumes de produção de 1 a 4 unidades de trabalho na Figura 6.1(*b*). Se o produto de um trabalhador adicional é maior do que o produto médio de cada um dos trabalhadores existentes (isto é, se o produto marginal é maior do que o produto médio), quando se acrescenta esse trabalhador, o produto médio aumenta. Na Tabela 6.1, dois trabalhadores produzem 30 unidades de produto, o que resulta em um produto médio de 15 unidades por trabalhador. Adicionar um terceiro trabalhador faz com que o produto aumente em 30 unidades (ou seja, para 60), de tal modo que o produto médio aumenta de 15 para 20.

Da mesma maneira, *quando o produto marginal é menor do que o produto médio, o produto médio é decrescente*, e isso é o que ocorre quando o insumo trabalho é maior que 4 na Figura 6.1(*b*). Segundo a Tabela 6.1, seis trabalhadores produzem 108 unidades de produto, de tal modo que o produto médio é 18. Um sétimo trabalhador apresenta um produto marginal de apenas 4 – ou seja, menos do que o produto médio –, o que reduz o produto médio para 16.

Vimos que o produto marginal está acima do produto médio quando este é crescente, e abaixo do produto médio quando este é decrescente. Deduzimos, pois, que o produto marginal deverá ser igual ao produto médio quando o produto médio atingir seu valor máximo. Tal fato ocorre no ponto *E* da Figura 6.1(*b*).

Por que, na prática, devemos esperar que a curva do produto marginal seja crescente primeiro para depois se tornar decrescente? Pensemos em uma fábrica de televisores. Menos de 10 trabalhadores seria insuficiente para fazer funcionar a sua linha de montagem. Entre 10 e 15 trabalhadores poderiam fazê-la funcionar, mas não de um modo muito eficiente. A adição de mais alguns trabalhadores poderia fazer com que a linha de montagem operasse de um modo muito mais eficiente, e o produto marginal deles seria muito alto. Essa eficiência adicional começaria a diminuir uma vez que a fábrica tivesse mais de 20 trabalhadores. O produto marginal do vigésimo segundo trabalhador, por exemplo, poderia ainda ser bem alto (maior do que o produto médio), mas não tão alto quanto o produto marginal do décimo nono ou do vigésimo. O produto marginal do vigésimo quinto seria ainda menor, igualando-se talvez ao produto médio. Com 30 operários, a adição de um trabalhador geraria mais produto, mas não muito (de maneira que o produto marginal, ainda positivo, seria menor do que o produto médio). Uma vez que a fábrica tivesse mais de 40 trabalhadores, cada trabalhador adi-

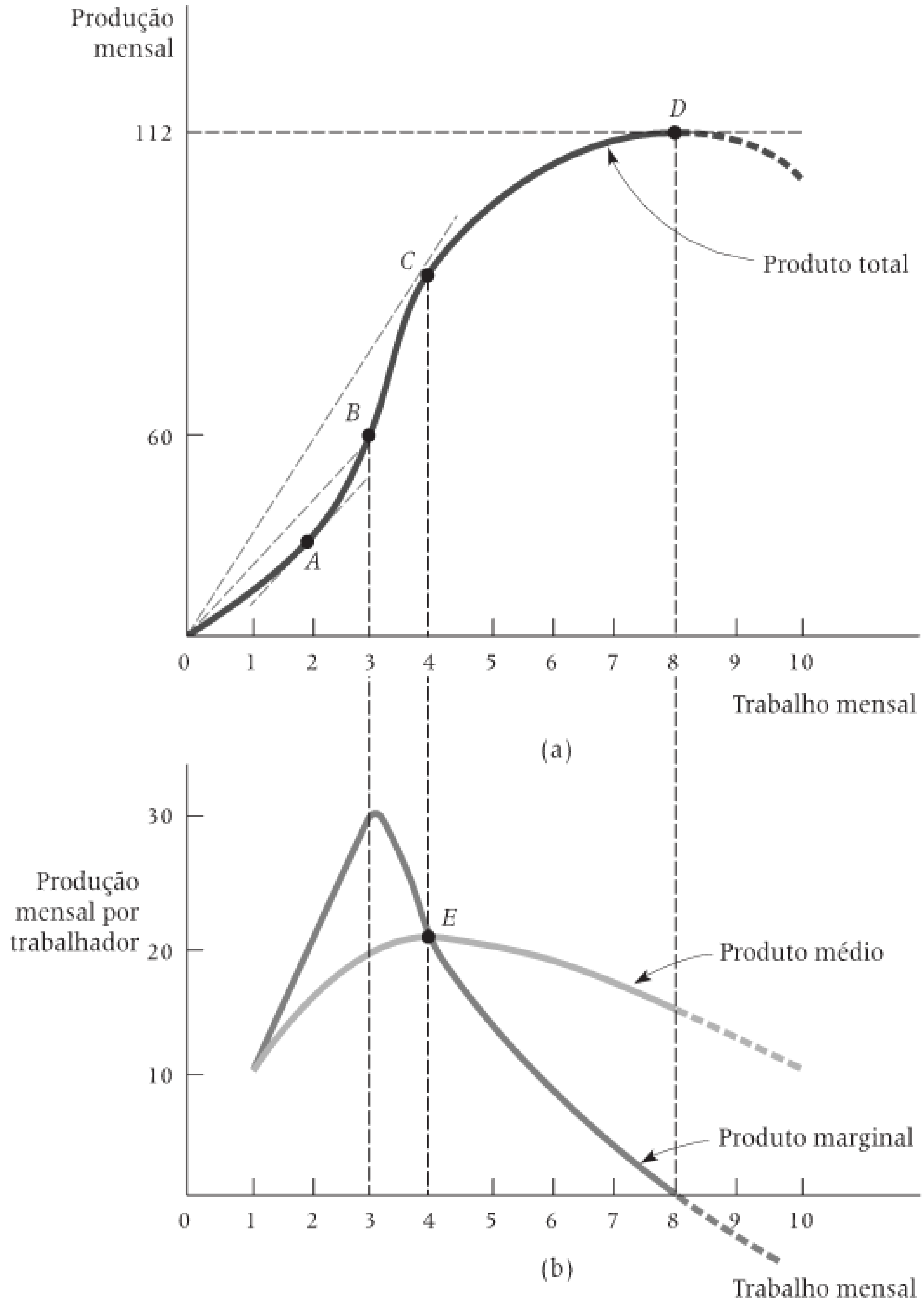


Figura 6.1 Produção com um insumo variável

Quando todos os insumos são fixos, exceto o trabalho, a curva de produção total mostrada em **(a)** representa os volumes de produção correspondentes a diferentes quantidades do insumo trabalho. Os produtos médio e marginal em **(b)** são obtidos diretamente da curva de produção (usando os dados da Tabela 6.1). No ponto *A* em **(a)**, o produto marginal é 20, pois a tangente da curva de produção tem inclinação igual a 20. No ponto *B* em **(a)** o produto médio do trabalho é 20, pois essa é a inclinação da linha 0*B*. O produto médio do trabalho no ponto *C* em **(a)** é dado pela inclinação da linha 0*C*. À esquerda do ponto *E* em **(b)**, o produto marginal está acima do produto médio, que está crescendo, enquanto à direita do ponto *E* o produto marginal está abaixo do produto médio, que está decrescendo. Como resultado, *E* representa o ponto em que os produtos médio e marginal são iguais, quando o produto médio alcança seu máximo.

cional tropeçaria nos demais e contribuiria para reduzir o produto total (de maneira que o produto marginal seria negativo).

PRODUTO MÉDIO DA CURVA DE TRABALHO

A relação geométrica entre a curva do produto total e as curvas do produto médio e do produto marginal é apresentada na Figura 6.1(*a*). O produto médio do trabalho é o produto total dividido pela quantidade total de insumo trabalho. Por exemplo, no ponto *B*, o produto médio é igual ao produto total de 60 dividido pelo insumo trabalho de 3, ou seja, 20 unidades de produto por unidade de insumo trabalho. No entanto, isso corresponde à inclinação da linha que vai desde a origem até o ponto *B* da Figura 6.1(*a*). Em geral, *o produto médio do trabalho é dado pela inclinação da linha traçada entre o ponto de origem e o ponto correspondente situado sobre a curva do produto total.*

PRODUTO MARGINAL DA CURVA DE TRABALHO

Como vimos, o produto marginal do trabalho é a variação do produto total resultante do aumento de uma unidade de trabalho. Por exemplo, no ponto A, o produto marginal é 20, porque nele a tangente da curva do produto total tem inclinação igual a 20. Em geral, *o produto marginal do trabalho em determinado ponto é dado pela inclinação da curva do produto total naquele ponto*. Podemos ver na Figura 6.1(b) que o produto marginal do trabalho inicialmente apresenta uma elevação, atingindo seu pico no ponto correspondente ao insumo trabalho igual a 3, posteriormente decrescendo à medida que percorremos ascendentemente a curva do produto total entre os pontos C e D. No ponto D, no qual o volume total de produção é maximizado, a inclinação da tangente da curva do produto total é 0, da mesma forma que o produto marginal. Além desse ponto, o produto marginal torna-se negativo.

A RELAÇÃO ENTRE PRODUTO MARGINAL E PRODUTO MÉDIO Observe a relação gráfica entre o produto médio e o produto marginal na Figura 6.1(a). No ponto B, o produto marginal do trabalho (a inclinação da tangente em relação à curva de produção no ponto B – não mostrada explicitamente) é maior que o produto médio (linha tracejada $0B$). Como resultado, o produto médio do trabalho aumenta quando nos movemos de B para C. Em C, os produtos médio e marginal são iguais – o produto médio é a inclinação da linha $0C$, enquanto o produto marginal é a tangente da curva de produção no ponto C (note a igualdade entre os produtos médio e marginal no ponto E da Figura 6.1(b)). Por fim, quando nos movemos de C para D, o produto marginal cai abaixo do produto médio; você pode comprovar que a inclinação da tangente da curva de produção em qualquer ponto entre C e D é menor que a inclinação da linha a partir da origem.

LEI DOS RENDIMENTOS MARGINAIS DECRESCENTES

O produto marginal decrescente do trabalho (e um produto marginal decrescente de outros insumos) ocorre na maioria dos processos de produção. A **lei dos rendimentos marginais decrescentes** diz que, à medida que aumenta o uso de determinado insumo em incrementos iguais (mantendo-se fixos os demais insumos), acaba-se chegando a um ponto em que a produção adicional resultante decresce. Quando o insumo trabalho é pequeno (e o capital é fixo), pequenos incrementos de insumo trabalho geram substanciais aumentos no volume de produção, à medida que os funcionários são admitidos para desenvolver tarefas especializadas. Inevitavelmente, entretanto, a lei dos rendimentos marginais decrescentes entra em ação. Quando houver funcionários em demasia, alguns se tornarão ineficientes, e o produto marginal do insumo trabalho apresentará uma queda.

lei dos rendimentos marginais decrescentes Princípio segundo o qual, conforme a utilização de um insumo aumenta, com outros insumos mantidos constantes, a produção adicional a partir de determinado ponto decresce.

A lei dos rendimentos marginais decrescentes geralmente aplica-se ao curto prazo, quando pelo menos um dos insumos permanece inalterado. Entretanto, ela também se aplica ao longo prazo. Mesmo que sejam variáveis todos os insumos da produção no longo prazo, um administrador pode ter interesse em analisar opções de produção para as quais um ou mais insumos devam permanecer inalterados. Suponhamos, por exemplo, que apenas dois tamanhos de fábrica sejam viáveis e a administração tenha de tomar a decisão de construir uma delas. Então, a administração desejaria saber em que ponto a lei dos rendimentos marginais decrescentes passaria a atuar em cada uma das duas alternativas.

Não confunda a lei dos rendimentos marginais decrescentes com possíveis alterações na *qualidade* da mão-de-obra à medida que aumentam as unidades do insumo trabalho (por exemplo, se todos os trabalhadores com alta qualificação fossem contratados em primeiro lugar, e aqueles com menor qualificação fossem contratados por último). Em nossa análise da produção, adotamos a premissa de que todas as unidades do insumo trabalho têm igual qualidade; por conseguinte, os rendimentos decrescentes resultam de limitações no uso dos demais insumos mantidos inalterados (por exemplo, equipamentos), e não do declínio da qualidade dos trabalhadores. Também não confunda rendimentos decrescentes com retornos *negativos*. A lei dos rendimentos decrescentes descreve um produto marginal *declinante*, mas não necessariamente um produto marginal negativo.

A lei dos rendimentos marginais decrescentes aplica-se a uma tecnologia de produção específica. Ao longo do tempo, entretanto, as invenções e outros avanços tecnológicos podem vir a permitir que toda a curva do produto total da Figura 6.1(a) seja deslocada para cima, de tal maneira que um maior volume possa ser produzido com os mesmos insumos. A Figura 6.2 ilustra esse fato. Inicialmente, a curva do produto total corresponde a O_1, porém avanços tecnológicos podem permitir que toda a curva de produto total seja deslocada para cima, primeiro até O_2 e depois até O_3.

Suponhamos que, com o decorrer do tempo, à medida que se aumenta a mão-de-obra na produção agrícola, estejam também ocorrendo avanços tecnológicos, tais como sementes geneticamente modificadas que resistem às aplicações de pesticidas, fertilizantes mais poderosos e mais eficazes ou ainda melhores equipamentos rurais. Nesse caso, o produto total sofre uma variação do ponto A (com um insumo trabalho igual a 6 na curva O_1) para o ponto B (com um insumo trabalho igual a 7 na curva O_2) e para o ponto C (com um insumo trabalho igual a 8 na curva O_3).

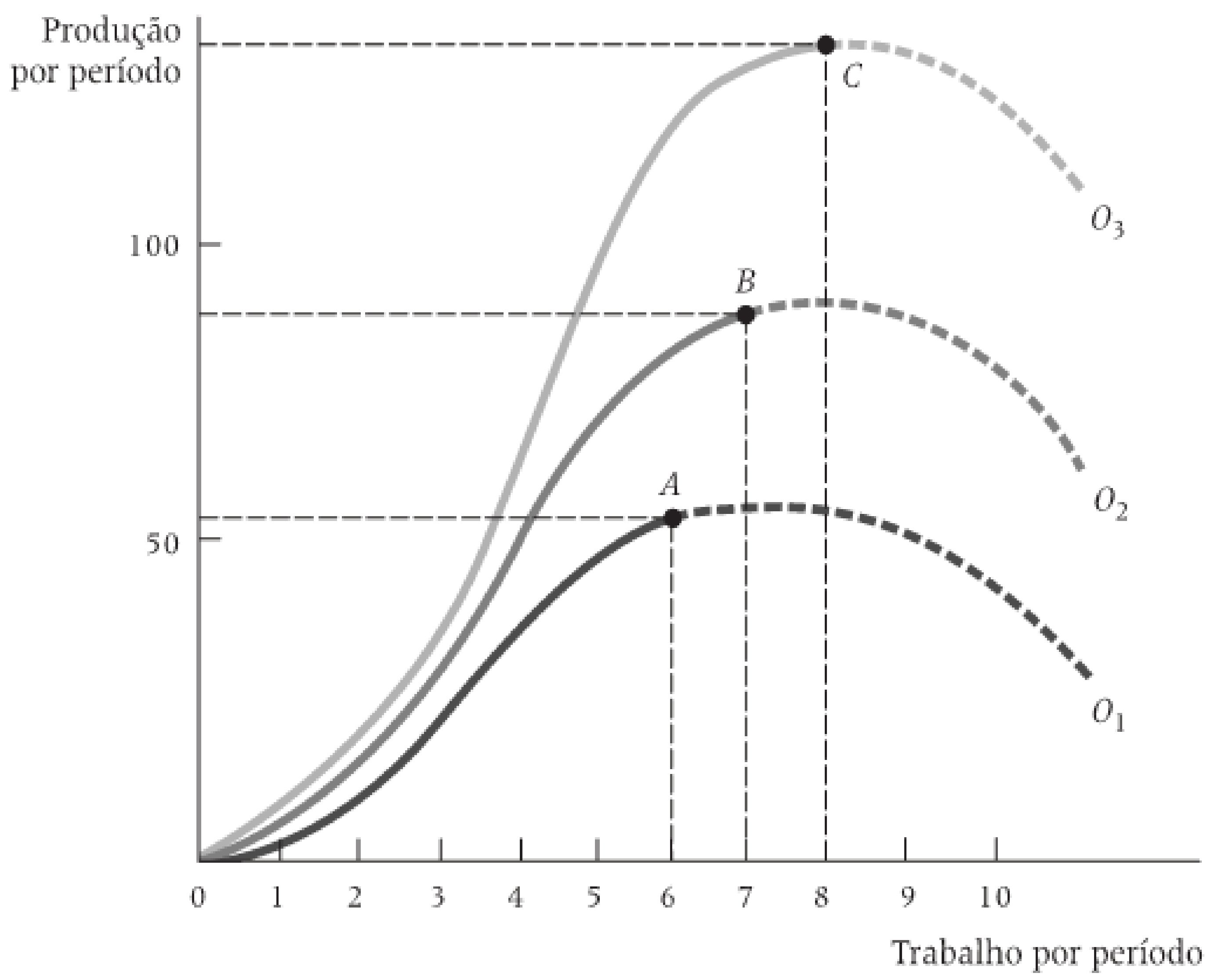


Figura 6.2 **Efeito dos avanços tecnológicos**

A produtividade da mão-de-obra (volume de produção por unidade de trabalho) pode aumentar se houver avanços tecnológicos, mesmo que determinado processo produtivo apresente rendimentos decrescentes para o insumo trabalho. À medida que nos movemos do ponto *A*, na curva O_1, para *B*, na curva O_2, e para *C*, na curva O_3, ao longo do tempo, a produtividade da mão-de-obra aumenta.

A movimentação de *A* para *B* e depois para *C* estabelece uma relação entre um aumento no insumo trabalho e um aumento no produto total, dando a falsa impressão de que não estão ocorrendo rendimentos marginais decrescentes. Na verdade, a mudança na curva de produto total sugere que pode não haver nenhuma implicação negativa para o crescimento econômico de longo prazo. De fato, como discutiremos no Exemplo 6.1, não considerar os avanços tecnológicos no longo prazo levou o economista Thomas Malthus a prever erroneamente conseqüências calamitosas para o crescimento populacional contínuo.

EXEMPLO 6.1 Malthus e a crise de alimentos

A lei dos rendimentos decrescentes foi de fundamental importância para o pensamento do economista Thomas Malthus (1766-1834).[2] Malthus acreditava que a quantidade relativamente fixa de terras existentes em nosso planeta seria insuficiente para o suprimento de quantidades necessárias de alimento, à medida que a população mundial crescesse. Segundo suas previsões, quando ocorresse a queda tanto da produtividade marginal quanto da produtividade média da mão-de-obra e ainda houvesse mais pessoas para serem alimentadas, o resultado seria a fome em larga escala. Felizmente, Malthus estava enganado (embora estivesse correto a respeito da aplicação da lei dos rendimentos decrescentes para o trabalho).

Nos últimos cem anos, avanços tecnológicos modificaram significativamente a produção de alimentos na maioria dos países (inclusive em países em desenvolvimento, como a Índia), de tal forma que o produto médio do trabalho e a produção total de alimentos têm apresentado elevação. Tais avanços incluem novas variedades de sementes de alto rendimento e alta resistência às pragas, melhores fertilizantes e melhores colheitadeiras. Como mostra o índice de produção de alimentos na Tabela 6.2, a produção global de alimentos tem excedido o crescimento populacional mundial de forma contínua desde 1960.[3] Esse aumento na produtividade agrícola mundial é também ilustrado na Figura 6.3, que mostra a produção média de cereais de 1970 até 2001, bem como o índice de preço mundial para alimentos.[4] Note que a produção de cereais cresceu ininterruptamente nesse período.

[2] Thomas Malthus, *Essay on the principle of population*, 1798.

[3] Os dados sobre a produção mundial de alimentos per capita são da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). Veja também http://apps.fao.org (selecione "Agriculture", depois "Agricultural Production Indices").

[4] Os dados são da FAO e do Banco Mundial. Veja também http:///apps.fao.org (selecione "Agriculture" e depois, na seção "Data Collection", selecione "Crops Primary").

TABELA 6.2 Índice do consumo alimentar mundial *per capita*	
Ano	*Índice*
1948-1952	100
1960	115
1970	123
1980	128
1990	138
1995	140
2001	161

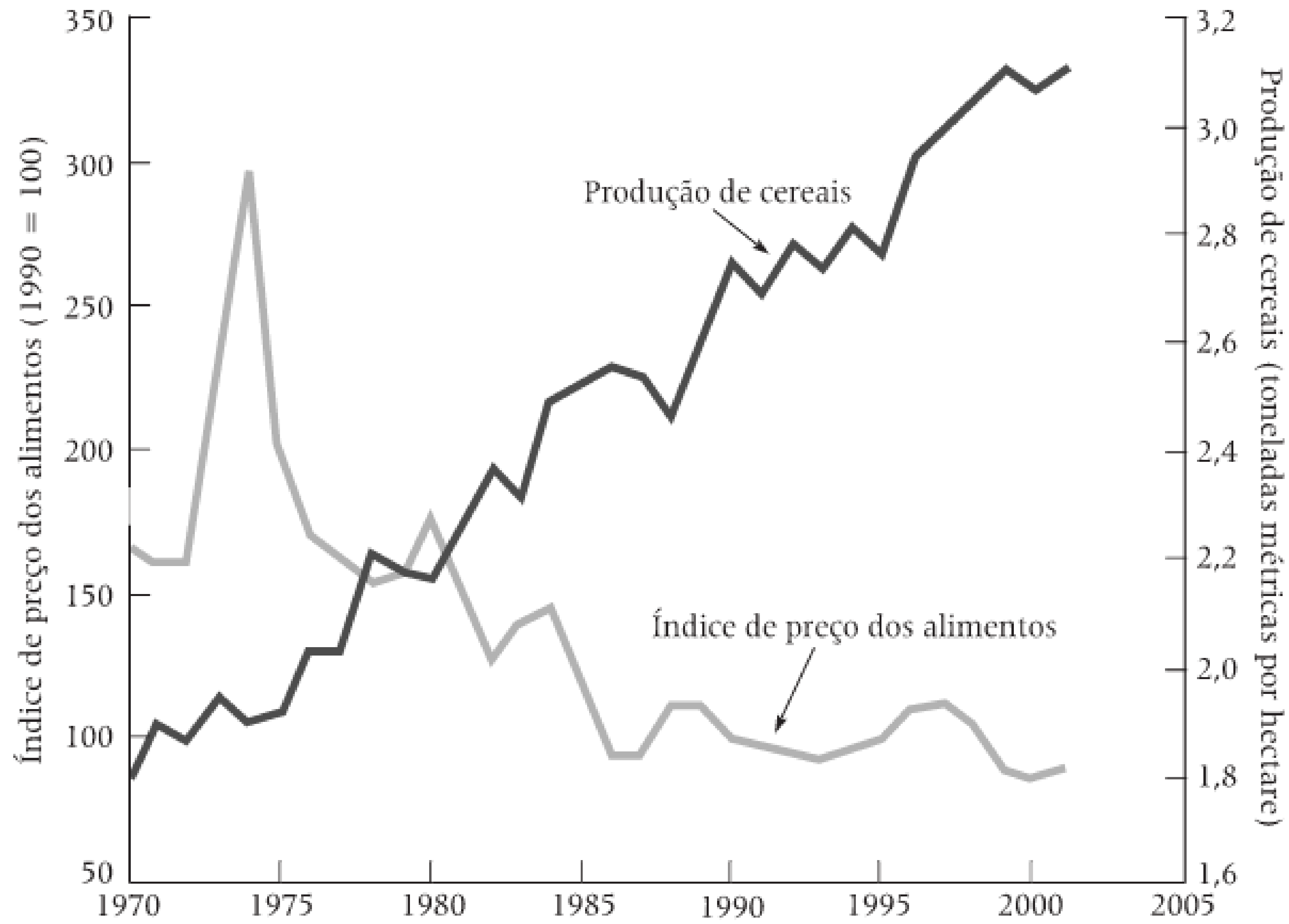


Figura 6.3 **Produção de cereais e preço mundial da alimentação**

A produção de cereais vem aumentando continuamente. O preço médio mundial da alimentação aumentou temporariamente no início da década de 1970, mas vem declinando desde então.

O crescimento da produtividade agrícola levou a aumentos na oferta de alimentos que superaram o crescimento da demanda, de forma que, exceto por alguns aumentos temporários no início da década de 1970, os preços declinaram.

Ainda assim, a fome permanece como um grave problema em algumas regiões, tais como a região do Sahel na África, em parte por causa da baixa produtividade da mão-de-obra local. Embora outros países disponham de excedentes de produção agrícola, a fome em larga escala ocorre em razão das dificuldades existentes na redistribuição de alimentos das regiões mais produtivas para as regiões menos produtivas do planeta, e também em virtude da baixa renda existente nas regiões menos produtivas.

PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA

Embora este livro seja de microeconomia, muitos conceitos aqui desenvolvidos fornecem fundamentos para a análise macroeconômica. Os macroeconomistas estão particularmente interessados na **produtividade da mão-de-obra**, ou seja, no produto médio do trabalho para todo um setor ou para a economia como um todo. Nesta subseção, discutimos a produtividade da mão-de-obra nos Estados Unidos e em alguns outros países. O tópico é interessante por si só e aqui torna possível ilustrar uma das ligações mais importantes entre a microeconomia e a macroeconomia.

produtividade da mão-de-obra Produto médio da mão-de-obra em um setor ou na economia como um todo.

Pelo fato de o produto médio mensurar o produto total por unidade de insumo trabalho, torna-se relativamente fácil obter essa medida (porque o insumo trabalho total e o produto total são as duas únicas informações de que necessitamos). A produtividade da mão-de-obra possibilita fazer comparações úteis entre setores, bem como dentro de um setor no decorrer de um longo período. A produtividade é particularmente importante porque ela determina o real *padrão de vida* que determinado país pode oferecer a seus cidadãos.

PADRÃO DE VIDA E PRODUTIVIDADE Há uma ligação simples entre a produtividade da mão-de-obra e o padrão de vida. Em qualquer ano, o valor agregado dos bens e serviços produzidos por uma economia é igual aos pagamentos feitos a todos os insumos, inclusive salários, locação de capital e lucros de empresas. São os consumidores que, em última análise, recebem esses pagamentos de insumos, quaisquer que sejam as formas de pagamento. Conseqüentemente, os consumidores em conjunto podem aumentar seu consumo no longo prazo simplesmente por meio de uma elevação na quantidade total que produzem.

estoque de capital A quantidade total de capital disponível para emprego na produção.

mudança tecnológica Desenvolvimento de novas tecnologias que permitem que os fatores de produção sejam utilizados mais efetivamente.

A compreensão das causas do crescimento da produtividade é uma área de pesquisa importante em economia. Sabemos que uma das fontes mais importantes desse crescimento é o aumento do **estoque de capital**, isto é, da quantidade total de bens de capital disponíveis para uso produtivo. Como um aumento do capital significa mais e melhor maquinaria, cada trabalhador produz mais por hora trabalhada. Uma outra fonte importante do crescimento da produtividade da mão-de-obra é a **mudança tecnológica**, isto é, o desenvolvimento de novas tecnologias que permitem um uso mais eficiente da força de trabalho (assim como dos outros fatores de produção) para produzir novos bens e bens de melhor qualidade.

Como mostra o Exemplo 6.2, os níveis da produtividade da mão-de-obra, assim como suas taxas de crescimento, diferem consideravelmente de um país para outro. Dado o papel central que a produtividade tem na determinação do padrão de vida da população, compreender essas diferenças é muito importante.

EXEMPLO 6.2 Produtividade da mão-de-obra e padrão de vida

Será que o padrão de vida nos Estados Unidos, na Europa e no Japão continuará a melhorar ou será que essas economias apenas conseguirão manter para as gerações futuras os mesmos níveis das gerações atuais? A resposta depende da produtividade da mão-de-obra, pois a renda real dos consumidores desses países aumenta no mesmo ritmo que a produtividade.

Como mostra a Tabela 6.3, o nível de produção por trabalhador nos Estados Unidos em 2001 foi substancialmente mais elevado do que em outras importantes nações desenvolvidas. Todavia, desde o final da Segunda Guerra Mundial, dois aspectos têm se mostrado particularmente incômodos para os norte-americanos. Em primeiro lugar, até a década de 1990, o crescimento da produtividade nos Estados Unidos foi, em média, mais lento do que o da maioria das outras nações desenvolvidas. Em segundo lugar, para todas as nações desenvolvidas, o crescimento da produtividade entre 1974 e 2001 foi substancialmente mais baixo do que havia sido no passado.[5]

Entre 1960 e 1991, a taxa de crescimento da produtividade no Japão foi a mais alta, seguida pela da Alemanha e da França. Nos Estados Unidos, o crescimento da produtividade foi o mais baixo, inferior até mesmo ao da Inglaterra. Isso se deve em parte a diferenças entre as taxas de investimento e as taxas de crescimento do capital entre os vários países. O maior crescimento do capital, durante o período do pós-guerra, ocorreu no Japão, na França e na Alemanha, nações substancialmente reconstruídas após a Segunda Guerra Mundial. Em alguma proporção, portanto, as taxas mais baixas do crescimento da produtividade verificadas nos Estados Unidos, em comparação com as do Japão, da França e da Alemanha, seriam resultantes da necessidade que tais países tiveram de retomar o desenvolvimento depois da guerra.

O crescimento da produtividade encontra-se ligado também ao setor de recursos naturais da economia. À medida que o petróleo e outras reservas naturais começaram a se esgotar, o produto por trabalhador apresentou alguma queda. As regulamentações de caráter ambiental (por exemplo, a necessidade de restaurar a condição original do solo após atividades de extração de carvão em lavras a céu aberto) ampliaram tal efeito, enquanto o público tornou-se mais preocupado com a importância de manter o ar e a água mais limpos.

Observemos na Tabela 6.3 que a produtividade nos Estados Unidos cresceu entre 1992 e 2001, particularmente quando comparada à de outros países. Os economistas têm debatido o assunto pa-

[5] Os valores recentes sobre o crescimento, o PIB, o emprego e o PPP foram obtidos na OCDE. Para mais informações, visite a página http://www.oecd.org e selecione "Frequently Requested Statistics", dentro da seção de estatísticas.

TABELA 6.3 Produtividade da mão-de-obra nos países desenvolvidos

	ESTADOS UNIDOS	JAPÃO	FRANÇA	ALEMANHA	REINO UNIDO
	Produção real por trabalhador (2001)				
	$75.575	$52.848	$62.461	$66.369	$52.499
Anos	Taxa de crescimento anual da produtividade da mão-de-obra (%)				
1960-1973	2,29	7,86	4,70	3,98	2,84
1974-1982	0,22	2,29	1,73	2,28	1,53
1983-1991	1,54	2,64	1,50	2,07	1,57
1992-2001	2,00	1,19	0,86	2,10	1,98

ra saber se este vem a ser um fato excepcional de curto prazo ou o começo de uma tendência de longo prazo. Alguns deles acreditam que a rápida mudança tecnológica durante a década de 1990, em especial a revolução da informática, criou novas possibilidades para o crescimento da produtividade. Se essa visão otimista estiver correta, observaremos uma continuação das altas taxas de crescimento da produtividade nos próximos anos.[6]

6.3 PRODUÇÃO COM DOIS INSUMOS VARIÁVEIS

Completamos nossa análise da função de produção no curto prazo, na qual um dos insumos, o trabalho, é variável, e o outro, o capital, é fixo. Agora nos voltaremos ao longo prazo, no qual tanto o trabalho quanto o capital são variáveis. A empresa pode agora produzir de vários modos, combinando diferentes quantidades de trabalho e capital. Nesta seção, veremos como uma empresa pode escolher entre combinações de trabalho e capital que geram a mesma produção. Na primeira subseção, vamos examinar a escala do processo produtivo, analisando como a produção muda quando as combinações de insumo são dobradas, triplicadas e assim por diante.

ISOQUANTAS

Começaremos examinando a tecnologia de produção da empresa quando ela utiliza dois insumos e pode fazer variações de ambos. Suponhamos, por exemplo, que os insumos sejam capital e trabalho, e que estes estejam sendo utilizados para produzir alimento. A Tabela 6.4 relaciona os volumes de produção alcançáveis por meio de diversas combinações de insumos.

As unidades do insumo trabalho encontram-se relacionadas na linha superior e as do insumo capital, na coluna situada à esquerda. Cada valor na tabela corresponde ao volume máximo de produção (tecnicamente eficiente) que pode ser obtido por determinado período (digamos, um ano), com cada combinação de trabalho e capital utilizada ao longo desse período. Por exemplo, 4 unidades de trabalho por ano e 2 unidades de capital por ano resultam em 85 unidades de alimento por ano. Observando cada linha, vemos que o volume de produção aumenta à medida que as unidades de trabalho também aumentam, manten-

TABELA 6.4 Produção com dois insumos variáveis

	Trabalho				
Capital	1	2	3	4	5
1	20	40	55	65	75
2	40	60	75	85	90
3	55	75	90	100	105
4	65	85	100	110	115
5	75	90	105	115	120

[6] Para obter mais informações sobre a produtividade do trabalho e o padrão de vida, visite o site http://www.bls.gov/fls/. Na seção "GDP per Capita and per Employed Person – International Comparisons", clique em "Comparative Real Gross Domestic Product per Capita and per Employed Person, Fourteen Countries, 1960-2002".

do-se fixas as unidades de capital. Observando cada coluna, vemos que o volume de produção também aumenta à medida que as unidades de capital aumentam, mantendo-se fixas as unidades de trabalho.

isoquanta Curva que mostra todas as combinações possíveis de insumos que geram o mesmo volume de produção.

As informações contidas na Tabela 6.4 também podem ser graficamente interpretadas por meio do uso de isoquantas. Uma **isoquanta** é *uma curva que representa todas as possíveis combinações de insumos que resultam no mesmo volume de produção*. A Figura 6.4 apresenta três isoquantas. (Cada eixo da figura mede as quantidades de insumos.) Essas isoquantas estão baseadas nos dados da Tabela 6.4, porém foram desenhadas como curvas uniformes para permitir o uso de quantidades fracionadas de insumos.

Por exemplo, a isoquanta q_1 mostra todas as combinações de trabalho e de capital por ano que, em conjunto, resultam na obtenção de um volume de produção de 55 unidades. Dois desses pontos, *A* e *D*, correspondem à Tabela 6.4. No ponto *A*, 1 unidade de trabalho e 3 unidades de capital resultam em 55 unidades produzidas, enquanto, no ponto *D*, o mesmo volume de produção é obtido por meio de 3 unidades de trabalho e 1 unidade de capital. A isoquanta q_2 mostra todas as combinações de insumos que resultam em um volume de produção de 75 unidades, correspondendo às quatro combinações de trabalho e capital apresentadas na tabela (por exemplo, no ponto *B*, em que 2 unidades de capital e 3 unidades de trabalho são combinadas). A isoquanta q_2 está acima e à direita de q_1, porque é necessário maior quantidade de trabalho e de capital para obter um nível mais elevado de volume de produção. Por fim, a isoquanta q_3 mostra as combinações de trabalho e capital que resultam em 90 unidades produzidas. O ponto *C* envolve 3 unidades de trabalho e 3 unidades de capital, enquanto o ponto *E* envolve apenas 2 unidades de trabalho e 5 unidades de capital.

mapa de isoquantas O gráfico no qual são combinadas diversas isoquantas, usado para descrever uma função de produção.

MAPAS DE ISOQUANTAS Quando um conjunto de isoquantas é apresentado em um mesmo gráfico, temos um **mapa de isoquantas**. Na Figura 6.4, vemos três das muitas isoquantas que formam um mapa de isoquantas. Por meio dele, temos um modo alternativo de descrever a função de produção, da mesma forma que o mapa de indiferença é um modo de descrever a função de utilidade. Cada isoquanta está associada a um nível diferente de produção, e o nível de produção aumenta à medida que nos movemos para cima e para a direita na figura.

FLEXIBILIDADE DO INSUMO

As isoquantas mostram a flexibilidade que as empresas têm quando tomam decisões de produção. As empresas geralmente podem obter determinado volume de produção por meio do uso de diversas combinações de insumos. É importante para o administrador de uma empresa compreender a natureza dessa

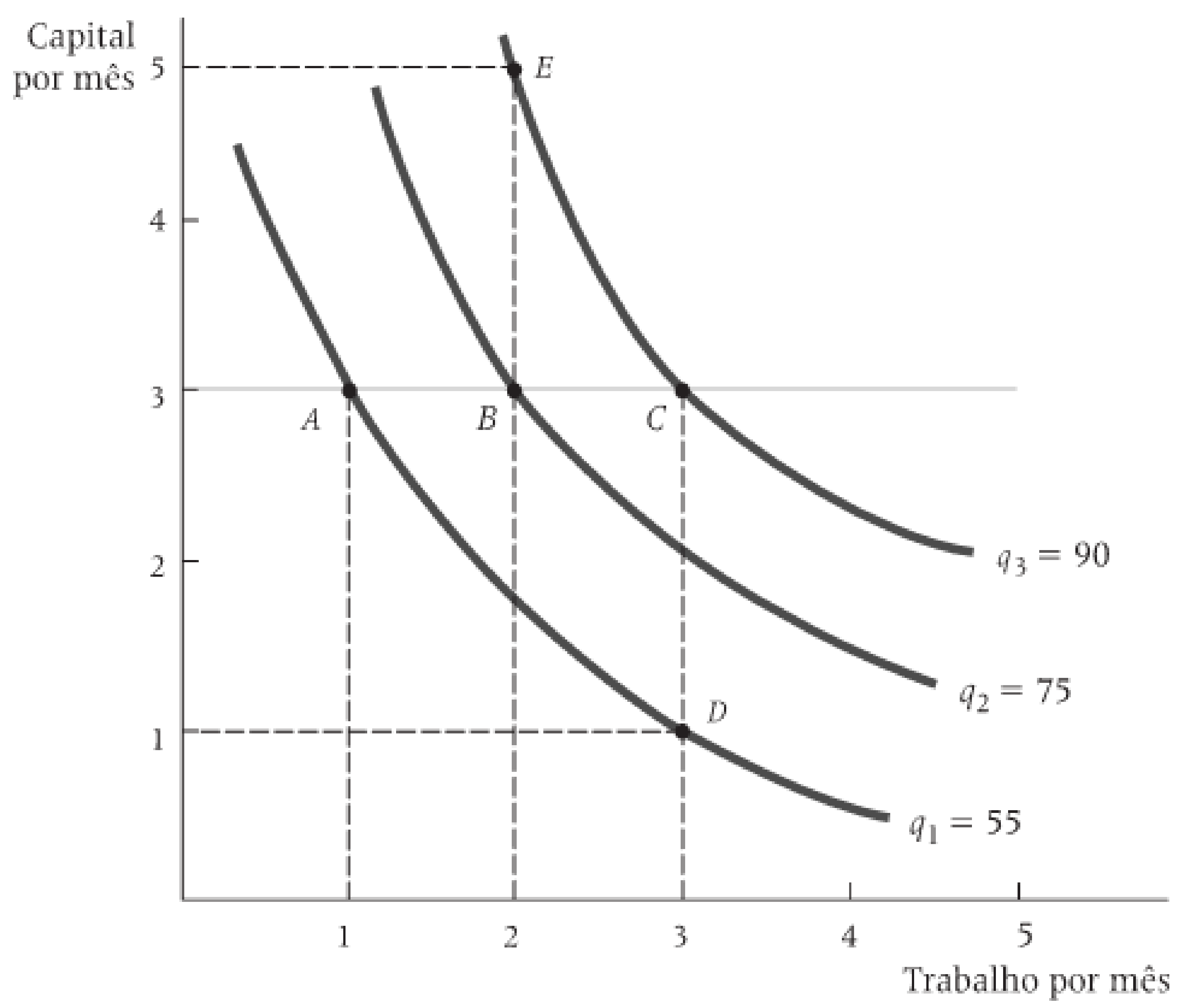


Figura 6.4 **Produção com dois insumos variáveis**

As isoquantas de produção mostram as várias combinações de insumos necessárias para que a empresa possa obter determinado volume de produção (produto). Um conjunto de isoquantas, ou *mapa de isoquantas*, descreve a função de produção da empresa. O volume de produção aumenta quando nos movemos da isoquanta q_1 (na qual 55 unidades são produzidas por ano em pontos como o *A* e o *D*) para a isoquanta q_2 (75 unidades por ano em pontos como o *B*) e para a isoquanta q_3 (90 unidades por ano em pontos como o *C* e o *E*).

flexibilidade. Por exemplo, restaurantes de fast-food defrontam-se atualmente, nos Estados Unidos, com escassez de trabalho jovem e de baixa remuneração. As empresas têm enfrentado essa situação por meio da automatização – introduzindo o sistema de self-service para saladas e adquirindo equipamentos mais sofisticados de cozinha. Além disso, têm recrutado pessoas mais velhas para ocupar as vagas existentes. Como discutiremos nos capítulos 7 e 8, incorporando essa flexibilidade no processo produtivo, os administradores podem escolher combinações de insumos capazes de minimizar custos e maximizar lucros.

Rendimentos marginais decrescentes

Embora tanto o trabalho quanto o capital sejam variáveis no longo prazo, para uma empresa que está escolhendo a combinação ótima de insumo é útil perguntar o que acontece com o produto quando um dos insumos aumenta, enquanto o outro permanece constante. O resultado desse exercício está descrito na Figura 6.4, que reflete rendimentos decrescentes tanto para o trabalho quanto para o capital. Podemos entender a razão da existência de rendimentos decrescentes no trabalho desenhando uma linha horizontal em determinado nível de capital, digamos 3. Fazendo a leitura dos níveis de produção de cada isoquanta, à medida que aumenta a quantidade do trabalho, podemos observar que cada unidade adicional de trabalho é capaz de gerar volumes cada vez menores de produção adicional. Por exemplo, quando o trabalho aumenta de 1 para 2 unidades (do ponto A para o ponto B), a produção aumenta em 20 unidades (de 55 para 75). Entretanto, quando o trabalho aumenta em uma unidade (do ponto B para o ponto C), a produção aumenta em apenas 15 (de 75 para 90). Assim, há rendimentos decrescentes do trabalho tanto no curto como no longo prazo. Como, ao se adicionar um insumo e manter o outro constante, inevitavelmente os incrementos de produção serão cada vez menores, a isoquanta se tornará mais inclinada à medida que mais capital for adicionado no lugar do trabalho e se tornará mais plana à medida que o trabalho for adicionado no lugar do capital.

Há rendimentos marginais decrescentes também para o capital. Mantendo-se o trabalho fixo, o produto marginal do capital aumentará à medida que o capital for elevado. Por exemplo, quando o capital aumenta de 1 para 2, e o trabalho é mantido constante no nível 3, o produto marginal do capital é inicialmente 20 (75 – 55), mas o produto marginal cai para 15 (90 – 75) quando o capital aumenta de 2 para 3.

Substituição entre insumos

Havendo dois insumos que possam ser alterados, um administrador deve considerar a possibilidade de substituir um pelo outro. A inclinação de cada isoquanta indica o volume de cada insumo que pode ser substituído por determinada quantidade do outro, mantendo-se a produção constante. Quando o sinal negativo é removido, a inclinação passa a ser denominada **taxa marginal de substituição técnica (TMST)**. A *taxa marginal de substituição técnica do trabalho por capital* é a quantidade em que se pode reduzir o insumo capital quando se utiliza uma unidade extra de insumo trabalho, de tal forma que a produção seja mantida constante. Tal fato é análogo à taxa marginal de substituição (TMS) da teoria do consumidor. Como descrevemos na Seção 3.1, a TMS mostra como os consumidores substituem um bem pelo outro, mantendo o nível de satisfação constante. Da mesma forma que a TMS, a TMST é sempre medida como quantidade positiva:

taxa marginal de substituição técnica (TMST) Quantidade na qual um insumo pode ser reduzido quando uma unidade adicional de outro insumo é utilizada, mantendo-se o produto constante.

$$\begin{aligned} \text{TMST} &= -\text{Variação do insumo capital/variação do insumo trabalho} \\ &= -\Delta K/\Delta L \text{ (para um nível constante de } q) \end{aligned}$$

Na Seção 3.1, explicamos que a taxa marginal de substituição é a quantidade máxima de um bem que o consumidor está disposto a deixar de adquirir para obter uma unidade de outro bem.

onde ΔK e ΔL representam pequenas variações de capital e de trabalho ao longo de determinada isoquanta.

Na Figura 6.5 a TMST é igual a 2 quando o trabalho aumenta de 1 para 2 unidades, estando a produção fixa em 75. Entretanto, a TMST cai para 1 quando o trabalho aumenta de 2 para 3 unidades, e então declina para 2/3 e para 1/3. Nitidamente, à medida que quantidades cada vez maiores de trabalho substituem o capital, o trabalho se torna cada vez menos produtivo, e o capital, relativamente mais produtivo. Por conseguinte, menos capital precisa ser despendido para que se consiga manter constante o volume de produção obtido, e a isoquanta torna-se mais plana.

TMST DECRESCENTE Presumimos que exista uma *TMST decrescente*. Em outras palavras, a TMST cai à medida que nos deslocamos para baixo ao longo de uma isoquanta. A implicação matemática desse fato é que as isoquantas são *convexas*, assim como as curvas de indiferença. A TMST decrescente informa-nos que a produtividade que qualquer unidade de insumo possa ter é limitada. À medida que se adiciona uma quantidade cada vez maior de trabalho ao processo produtivo, em substituição ao capital, a produtividade da mão-de-obra cai. Da mesma forma, quando uma quantidade maior de capital é adicionada, em substituição ao trabalho, a produtividade do capital apresenta redução. A produção necessita de uma combinação equilibrada de ambos os insumos.

Na Seção 3.1, mostramos que uma curva de indiferença é convexa se a taxa marginal de substituição diminui ao longo da curva, quando percorremos esta de cima para baixo.

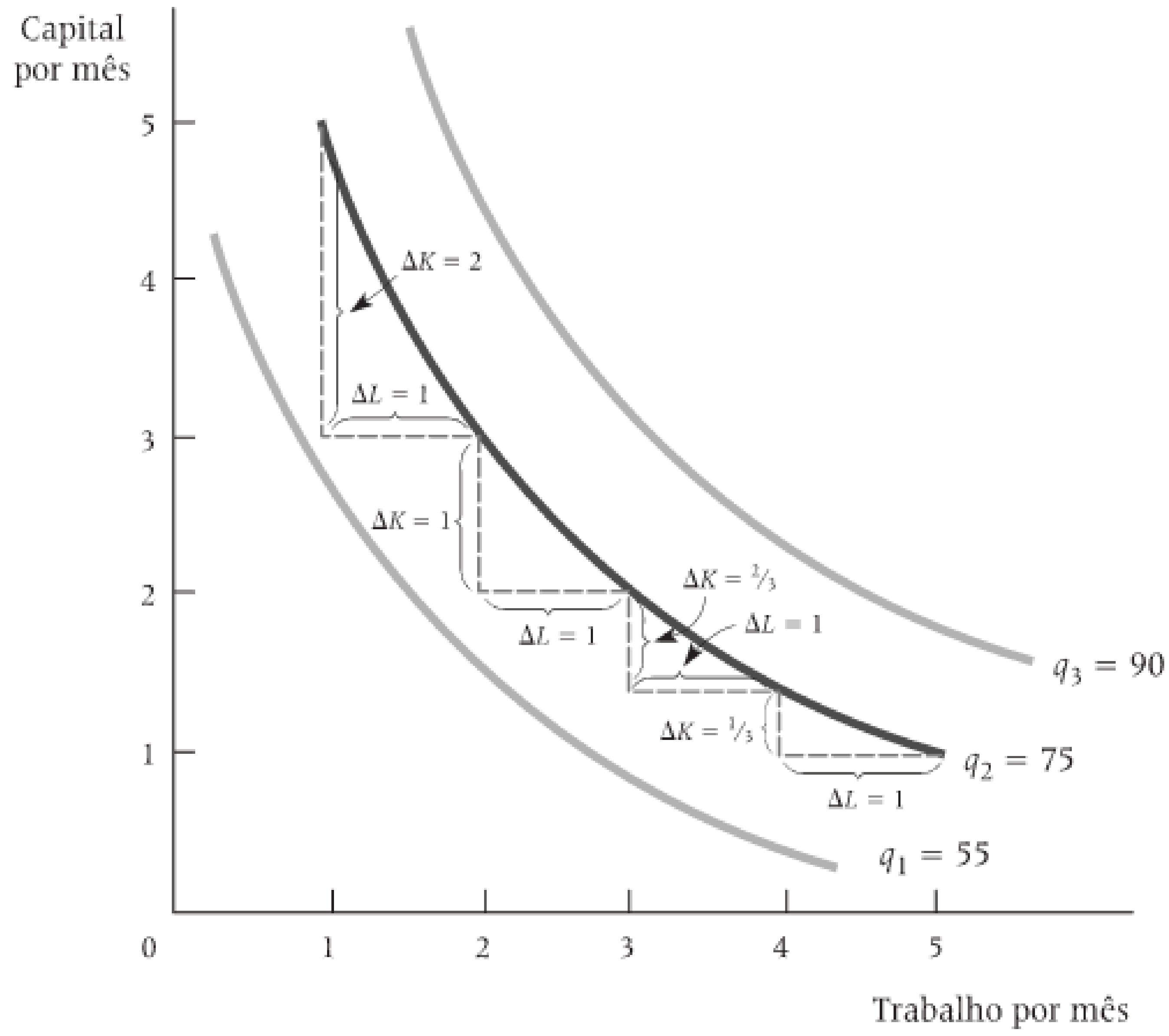


Figura 6.5 Taxa marginal de substituição técnica

Isoquantas possuem inclinação descendente e são convexas, assim como as curvas de indiferença. A inclinação da isoquanta em qualquer ponto mede a taxa marginal de substituição técnica – a habilidade da empresa em trocar capital por trabalho, mantendo o mesmo nível de produção. Na isoquanta q_2, a TMST cai de 2 para 1, depois para 2/3 e finalmente para 1/3.

Como acaba de sugerir nossa discussão, a TMST está bastante relacionada com os produtos marginais do trabalho (PMg_L) e do capital (PMg_K). Para compreender tal fato, imagine algum acréscimo de trabalho e uma redução do capital, mantendo-se constante o produto. O acréscimo de produto resultante do aumento do insumo trabalho é igual ao produto adicional por unidade adicional de trabalho (isto é, o produto marginal do trabalho) multiplicado pelo número de unidades de trabalho adicional:

$$\text{Produto adicional resultante de maior utilização do trabalho} = (\text{PMg}_L)(\Delta L)$$

Do mesmo modo, o decréscimo de produção resultante de uma redução no capital corresponde à perda de produção por unidade reduzida no capital (o produto marginal do capital) multiplicada pelo número de unidades em que o capital foi reduzido:

$$\text{Redução da produção resultante do decréscimo do capital} = (\text{PMg}_K)(\Delta K)$$

Pelo fato de estarmos mantendo a produção constante quando nos movemos sobre uma isoquanta, a variação total da produção deve ser igual a zero. Assim, temos:

$$(\text{PMg}_L)(\Delta L) + (\text{PMg}_K)(\Delta K) = 0$$

Então, reordenando os termos da expressão anterior, temos:

$$(\text{PMg}_L)/(\text{PMg}_K) = -(\Delta K/\Delta L) = \text{TMST} \qquad \textbf{(6.2)}$$

A equação 6.2 nos diz que *a taxa marginal de substituição técnica entre dois insumos é igual à razão entre os produtos marginais dos insumos*. Essa expressão será útil quando formos investigar a escolha das quantidades de insumos feita pela empresa com o objetivo de minimizar os custos, no Capítulo 7.

Na Seção 3.1, explicamos que dois bens são substitutos perfeitos se a taxa marginal de substituição de um pelo outro é constante.

FUNÇÕES DE PRODUÇÃO – DOIS CASOS ESPECIAIS

Dois casos extremos de funções de produção podem ser utilizados para examinar a faixa de possibilidades de substituição de insumos em um processo produtivo. No primeiro caso, apresentado na Figura 6.6, os insumos são *substitutos perfeitos* um para o outro. Aqui, a TMST é constante em todos os pontos da isoquanta. Conseqüentemente, a mesma produção (por exemplo, q_3) pode ser obtida principal-

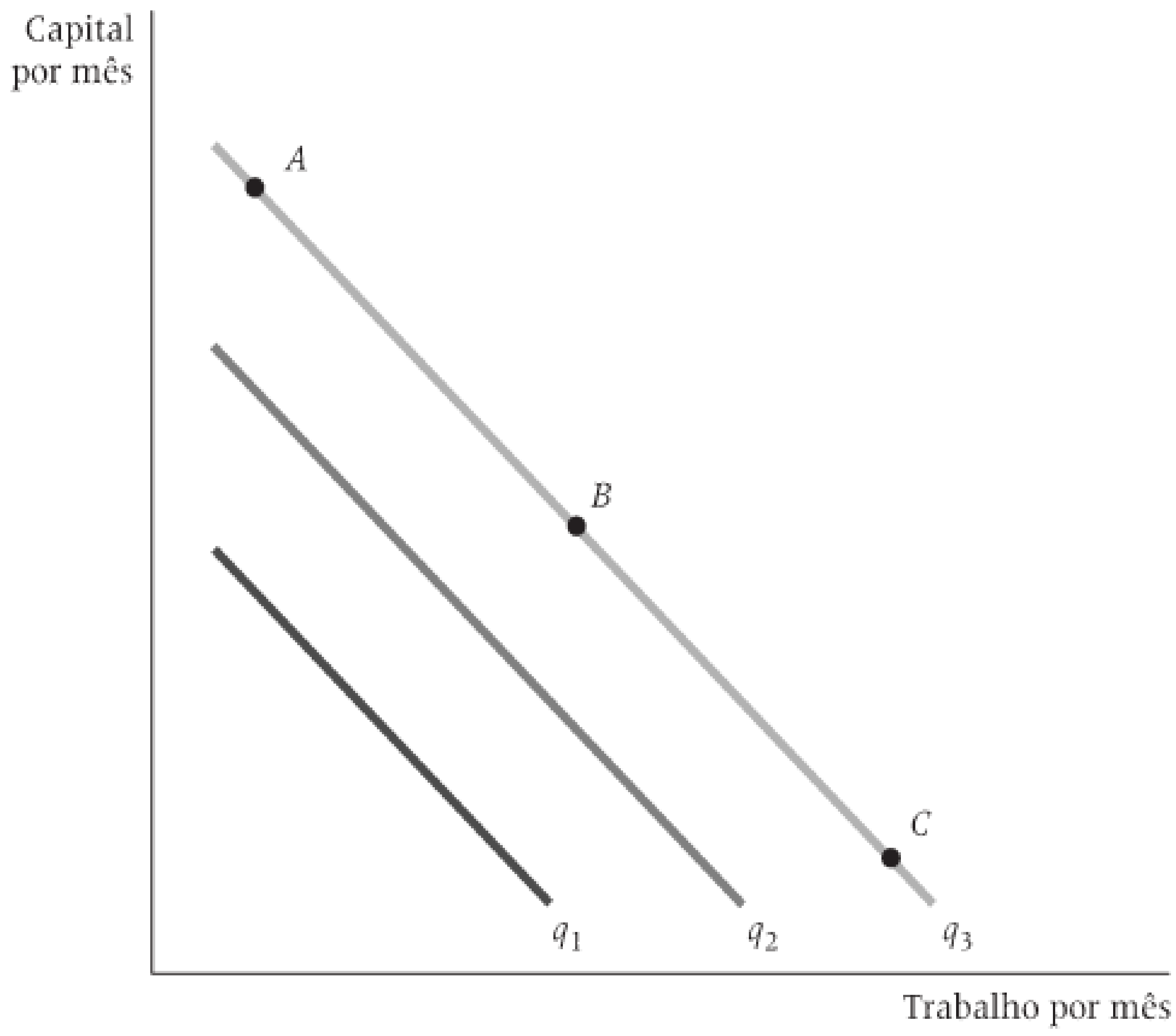


Figura 6.6 **Isoquantas quando os insumos são substitutos perfeitos**

Quando as isoquantas são linhas retas, a TMST é constante. Isso significa que a taxa em que capital e trabalho podem substituir um ao outro é o mesmo, não importando o nível de insumos que esteja sendo utilizado. Os pontos *A*, *B* e *C* representam três composições diferentes entre capital e trabalho que geram a mesma quantidade de produto q_3.

mente por meio do capital (no ponto *A*), principalmente por meio do trabalho (no ponto *C*) ou então por meio de uma combinação balanceada de ambos os insumos (no ponto *B*). Por exemplo, os instrumentos musicais podem ser manufaturados quase inteiramente com máquinas operatrizes ou então com algumas poucas ferramentas, mas com mão-de-obra altamente especializada.

A Figura 6.7 ilustra o extremo oposto, a **função de produção de proporções fixas**. Nesse caso, seria impossível qualquer substituição entre os insumos. Cada nível de produção exige uma combinação específica de trabalho e capital. Não se pode obter produção adicional, a menos que sejam incluídos mais capital e mais trabalho, conforme as proporções especificadas. Conseqüentemente, as isoquantas apresentam formato em L, do mesmo modo que as curvas de indiferença quando os dois bens considerados eram complementares. Um exemplo poderia ser a reconstrução de calçadas, por meio do uso de perfuratrizes pneumáticas. É necessário que apenas uma pessoa opere a máquina – combinações de duas pessoas com uma perfuratriz ou então de uma pessoa com duas perfuratrizes não resultariam em um aumento de produção. Como outro exemplo, suponhamos que uma empresa produtora de cereais matinais esteja oferecendo um novo tipo de cereal, Nutty Oat Crunch, composto de dois insumos: nozes e aveia. A fórmula 'secreta' requer que o produto seja feito com uma proporção exata de insumos: 30 gramas de nozes para cada 120 gramas de aveia em cada porção. Se a empresa comprar uma quantidade adicional de nozes, mas não fizer o mesmo com a aveia, não poderá aumentar a produção, pois a fórmula exige uma proporção fixa desses dois insumos. De modo similar, a compra de uma quantidade adicional de aveia sem a quantidade adicional de nozes seria igualmente improdutiva.

função de produção de proporções fixas Função de produção com isoquantas que têm a forma de um L, de tal modo que apenas uma combinação de trabalho e capital pode ser empregada para produzir cada nível de produto.

Na Seção 3.1, explicamos que dois bens são complementos perfeitos quando a curva de indiferença para eles tem a forma de um ângulo reto.

Na Figura 6.7, os pontos *A*, *B* e *C* representam combinações tecnicamente eficientes dos insumos. Por exemplo, para obter uma produção q_1, podem ser utilizadas uma quantidade de trabalho L_1 e uma quantidade de capital K_1, como ocorre no ponto *A*. Se o capital permanecer fixo em K_1, o acréscimo de trabalho não alterará a produção. Da mesma forma, se o trabalho permanecer fixo em L_1, o acréscimo de capital não alterará a produção. Assim sendo, nos segmentos verticais e horizontais das isoquantas com formato em L, ou o produto marginal do capital ou o produto marginal do trabalho é zero. Níveis maiores de produção ocorrerão apenas quando houver acréscimo tanto de trabalho quanto de capital, o que ocorre quando se passa da combinação de insumos do ponto *A* para a do ponto *B*.

A função de produção de proporções fixas descreve situações nas quais os métodos de produção de que dispõem as empresas são limitados. Por exemplo, a produção de um show de televisão pode envolver determinada combinação de capital (equipamentos de áudio e vídeo) e de trabalho (produtor, diretor, atores etc.). Para aumentar o número de shows de televisão produzidos, devem-se aumentar proporcional-

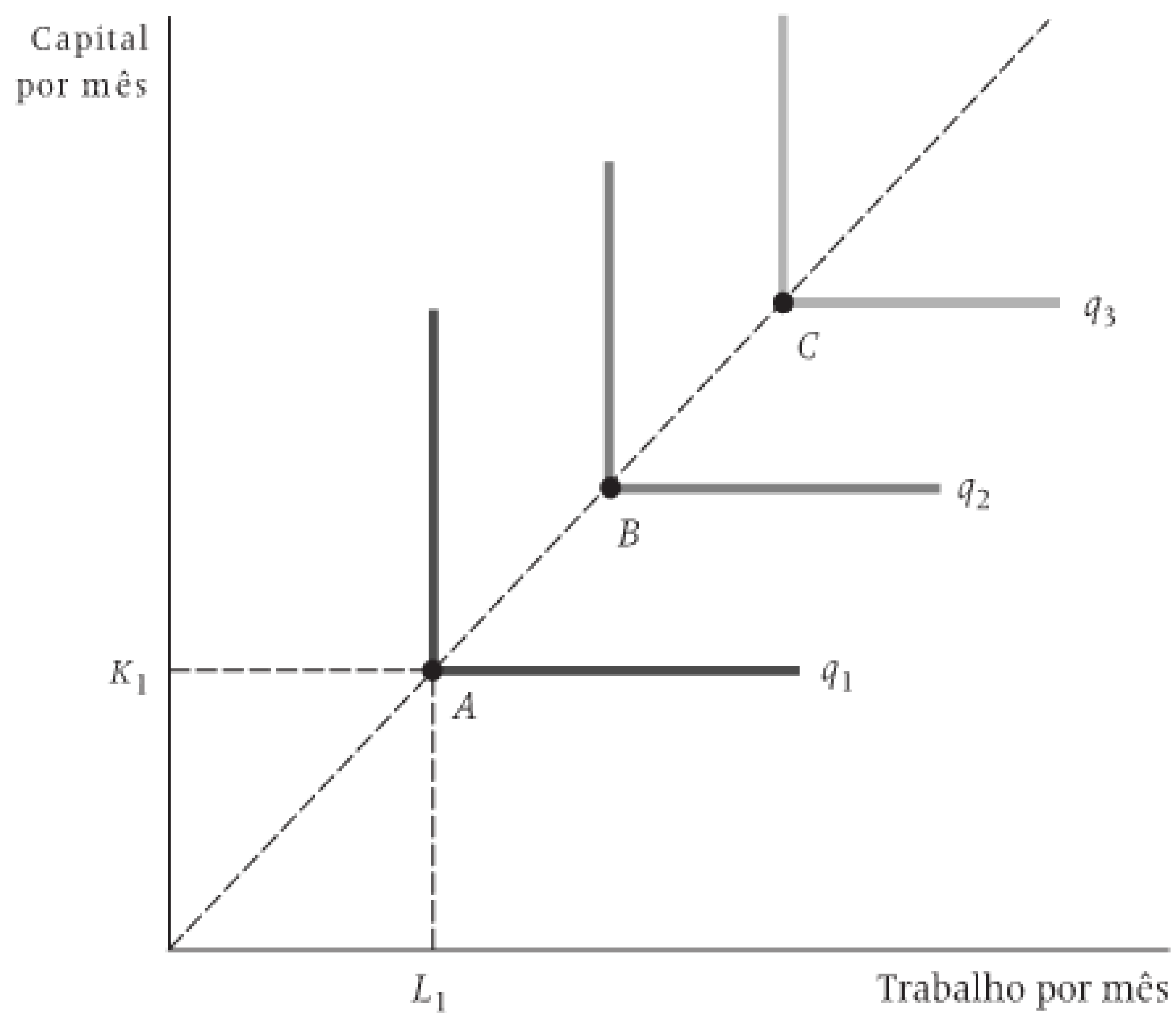


Figura 6.7 Função de produção de proporções fixas

Quando as isoquantas possuem formato em L, apenas determinada combinação de trabalho e capital pode ser utilizada para obter determinado nível de produto (como no ponto A na isoquanta q_1, B na isoquanta q_2 e C na isoquanta q_3). Acréscimo apenas de trabalho, ou apenas de capital, não aumenta o volume de produção.

mente todos os insumos. Particularmente, seria difícil incrementar o insumo capital em substituição ao insumo trabalho, uma vez que os atores são fatores necessários à produção (excetuando-se, talvez, o caso dos desenhos animados). De modo semelhante, seria difícil a substituição de capital por trabalho, uma vez que as produções de filmes e shows de televisão, atualmente, exigem equipamentos sofisticados.

EXEMPLO 6.3 Uma função de produção para o trigo

As safras agrícolas podem ser produzidas por meio de diferentes métodos. Os alimentos cultivados em grandes fazendas dos Estados Unidos são geralmente produzidos por meio de *tecnologia intensiva em capital*, que envolve substanciais investimentos de capital, tais como prédios e equipamentos, com relativamente pouco emprego do trabalho. Entretanto, os alimentos também podem ser produzidos por meio do uso de pouco capital (enxadas) e grande quantidade de trabalho (muitas pessoas com paciência e resistência para cultivar o solo). Uma forma de descrever o processo de produção agrícola é mostrando uma isoquanta (ou então, mais de uma) que descreva a combinação de insumos capazes de gerar determinado nível de produção (ou então diversos níveis de produção). A descrição a seguir se refere a uma estimativa estatística da função de produção do trigo.[7]

A Figura 6.8 apresenta uma isoquanta associada à função de produção correspondente à produção de 13.800 bushels de trigo por ano. O administrador da fazenda pode utilizar essa isoquanta para decidir se seria mais lucrativo contratar mais trabalho ou então utilizar um número maior de equipamentos. Suponhamos que a fazenda esteja atualmente sendo operada no ponto A, com insumo trabalho, L, de 500 horas-homem e insumo capital, K, de 100 horas-máquina. O administrador decide fazer uma experiência utilizando menor quantidade de horas-máquina. Para que possa continuar com o mesmo volume anual de produção, ele descobre que necessita substituir essas horas-máquina por 260 horas de trabalho.

O resultado dessa experiência informa ao administrador qual é o formato da isoquanta da função de produção do trigo. Ao comparar o ponto A (onde $L = 500$ e $K = 100$) com o ponto B (onde

[7] A função de produção de alimentos em que este exemplo se baseia é expressa pela equação $q = 100(K^{0,8} L^{0,2})$, na qual q é o volume anual de produção em bushels de trigo, K é a quantidade anual de máquinas em uso e L é a quantidade anual de horas de trabalho.

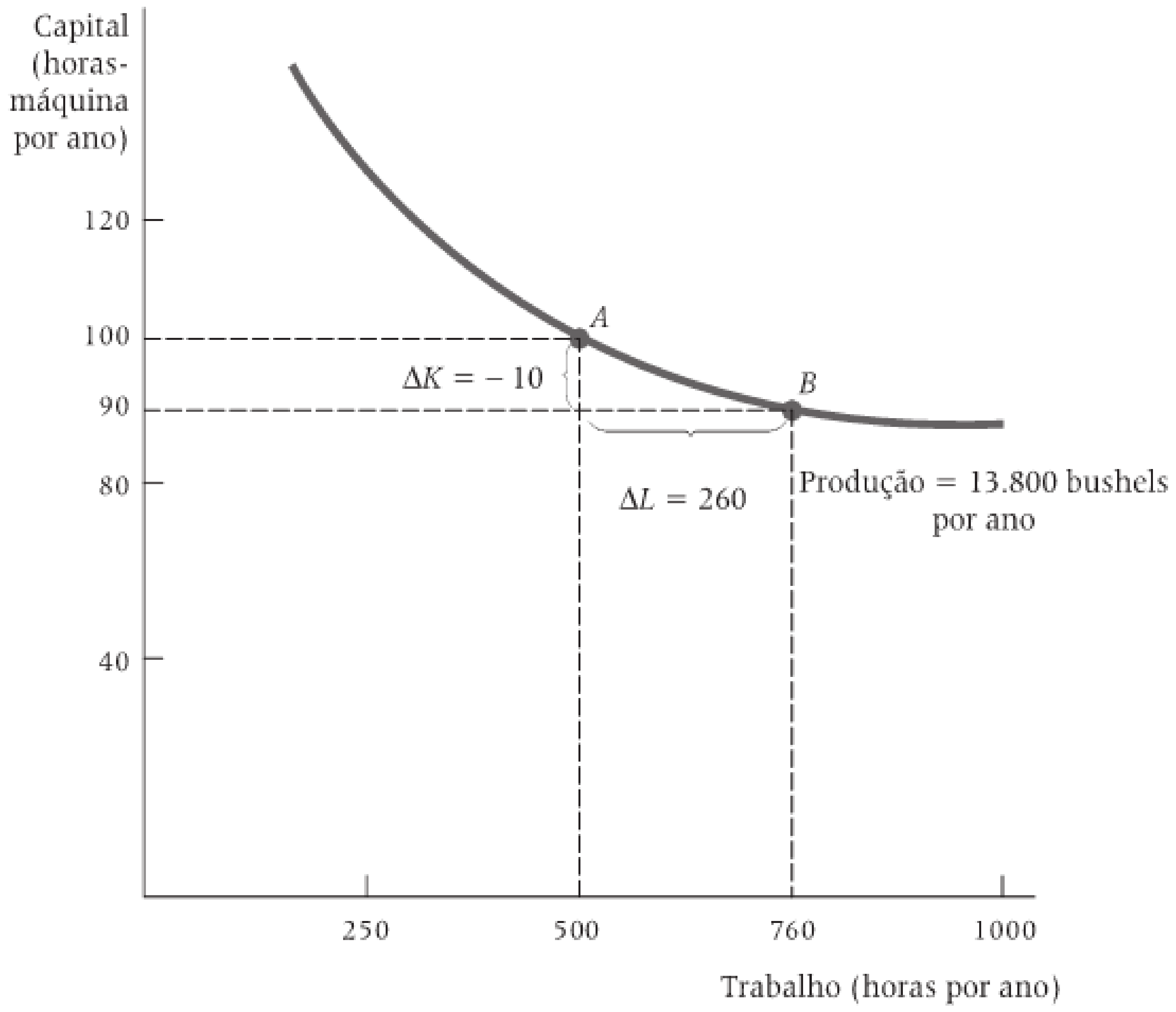


Figura 6.8 **Isoquanta que descreve a produção de trigo**

O volume de produção de trigo de 13.800 bushels por ano pode ser obtido por meio de diferentes combinações de trabalho e capital. O processo mais intensivo em capital é representado pelo ponto *A*, e o processo mais intensivo em trabalho, pelo ponto *B*. A taxa marginal de substituição técnica entre *A* e *B* é 10/260 = 0,04.

$L = 760$ e $K = 90$), ambos sobre a mesma isoquanta, o administrador descobre que a taxa marginal de substituição técnica é igual a 0,04: $(-\Delta K/\Delta L = -(-10)/260 = 0{,}04)$.

A TMST revela a natureza do trade-off entre um acréscimo de trabalho e uma diminuição no uso de equipamentos. Pelo fato de a TMST apresentar valor substancialmente inferior a 1, o administrador sabe que, quando o salário de um trabalhador braçal se tornar igual ao custo operacional de uma máquina, ele deverá passar a utilizar mais capital. (Nos atuais níveis de produção, ele precisa de 260 unidades de trabalho para poder substituir 10 unidades de capital.) Na verdade, ele sabe que, a menos que o trabalho seja substancialmente mais barato do que o uso da máquina, seu processo produtivo deve tornar-se mais intensivo em capital.

A decisão relativa ao número de trabalhadores a serem contratados e de máquinas a serem utilizadas não poderá ser completamente resolvida enquanto não discutirmos custos de produção no próximo capítulo. Entretanto, este exemplo ilustra a forma pela qual o conhecimento das isoquantas de produção e da taxa marginal de substituição técnica pode auxiliar um administrador. Ele sugere também a razão pela qual a maioria das fazendas dos Estados Unidos e do Canadá, onde o trabalho é relativamente caro, opera em uma faixa de produção em que a TMST é relativamente alta (apresentando uma elevada proporção de capital/trabalho), enquanto as fazendas dos países em desenvolvimento, onde o trabalho é mais barato, operam com TMST mais baixa (e menor proporção de capital/trabalho).[8] A combinação ideal de trabalho/capital a ser utilizada dependerá dos preços dos insumos, assunto que será tratado no Capítulo 7.

6.4 RENDIMENTOS DE ESCALA

A análise que fizemos sobre a substituição de fatores no processo produtivo nos mostrou o que acontece quando uma empresa troca um insumo por outro mantendo o produto constante. Entretanto, no longo prazo, quando todos os insumos são variáveis, a empresa precisa decidir sobre a melhor ma-

[8] Com a função de produção apresentada na nota de rodapé 7, não é difícil (utilizando-se o cálculo integral) demonstrar que a taxa marginal de substituição técnica pode ser expressa pela equação: TMST = $(PMg_L/PMg_K) = (1/4)(K/L)$. Portanto, a TMST diminui à medida que a relação capital/trabalho diminui. Para conhecer um interessante estudo sobre produção agrícola em Israel, veja Richard E. Just, David Zilberman e Eithan Hochman, "Estimation of multicrop production functions", *American Journal of Agricultural Economics* 65, 1983, p. 770-780.

neira de aumentar o produto. Uma forma de fazê-lo consiste em mudar a *escala* de operação aumentando *todos os insumos na mesma proporção*. Se um fazendeiro que trabalha com uma colheitadeira e em um acre de terra produz 100 bushels de trigo, quanto produzirão dois fazendeiros com duas colheitadeiras e dois acres de terra? O produto certamente aumentará, mas será que dobrará, aumentará mais do que o dobro ou não chegará ao dobro? Os **rendimentos de escala** referem-se à proporção de aumento do produto quando os insumos aumentam proporcionalmente entre si. Examinaremos aqui três casos: rendimentos de escala crescentes, constantes e decrescentes.

rendimentos de escala Taxa de crescimento do produto à medida que os insumos crescem proporcionalmente.

RENDIMENTOS CRESCENTES DE ESCALA Se a produção cresce mais do que o dobro quando se dobram os insumos, então há **rendimentos crescentes de escala**. Isso pode ocorrer pelo fato de a operação em maior escala permitir que administradores e funcionários se especializem em suas tarefas e façam uso de instalações e equipamentos mais especializados e em grande escala. A linha de montagem na indústria automobilística é um famoso exemplo de rendimentos crescentes.

rendimentos crescentes de escala Situação em que a produção cresce mais do que o dobro quando se dobram todos os insumos.

A presença dos rendimentos crescentes de escala é um tema importante do ponto de vista da administração pública. Quando existem rendimentos crescentes, torna-se economicamente mais vantajoso ter uma grande empresa produzindo (a um custo relativamente baixo) do que muitas empresas pequenas (a custos relativamente altos). Mas, pelo fato de uma empresa grande poder exercer o controle sobre os preços que estabelece, ela pode estar sujeita a regulamentações. Por exemplo, os rendimentos crescentes do fornecimento de energia elétrica são uma das razões pelas quais os Estados Unidos têm grandes empresas de fornecimento de energia elétrica, as quais estão sujeitas à regulamentação governamental.

RENDIMENTOS CONSTANTES DE ESCALA Uma segunda possibilidade relacionada à escala de produção é a de que a produção dobre quando ocorrer a duplicação dos insumos. Nesse caso, dizemos que há **rendimentos constantes de escala**. Havendo rendimentos constantes de escala, o tamanho da empresa não influencia a produtividade de seus insumos – como uma fábrica utilizando determinado processo produtivo pode ser facilmente copiada, duas fábricas juntas produzirão o dobro. Por exemplo, uma grande agência de viagens pode oferecer o mesmo serviço por cliente e utilizar a mesma proporção de capital (área de escritórios) e de trabalho (agentes de viagem) que uma pequena agência de viagens que possui um número menor de clientes.

rendimentos constantes de escala Situação em que a produção dobra quando se dobram todos os insumos.

RENDIMENTOS DECRESCENTES DE ESCALA Por fim, se a produção aumenta em menos que o dobro quando se dobram os insumos, há **rendimentos decrescentes de escala**. Essa situação se aplica a algumas empresas com operações em grande escala. Dificuldades para organizar e gerenciar uma operação em grande escala podem acabar levando a uma produtividade menor, tanto para o trabalho quanto para o capital. A comunicação entre os funcionários e a administração pode se tornar muito difícil de ser monitorada à medida que o local de trabalho se torna mais impessoal. Conseqüentemente, a existência dos rendimentos decrescentes provavelmente está ligada aos problemas crescentes de coordenação de tarefas e da preservação de um bom canal de comunicação entre administração e funcionários.

rendimentos decrescentes de escala Situação em que a produção aumenta em menos do que o dobro quando se dobram todos os insumos.

DESCRIÇÃO DOS RENDIMENTOS DE ESCALA

Os rendimentos de escala não precisam ser uniformes em todos os níveis possíveis de produção. A baixos níveis de produção, por exemplo, a empresa pode ter rendimentos crescentes de escala, mas, a níveis mais altos, rendimentos constantes e decrescentes.

A presença ou ausência de rendimentos de escala pode ser graficamente visualizada nas duas partes da Figura 6.9. A linha $0A$, partindo da origem tanto em (a) como em (b), descreve um processo produtivo no qual trabalho e capital são utilizados como insumos para produzir diversos níveis de produção na proporção de 5 horas de trabalho para 2 horas de máquina. Na Figura 6.9(a), a função de produção da empresa apresenta retornos constantes de escala. Quando são utilizadas 5 horas de trabalho e 2 horas de máquina, é obtida uma produção de 10 unidades. Quando ambos os insumos dobram, a produção dobra de 10 para 20 unidades, e, quando ambos os insumos triplicam, a produção também triplica, passando de 10 para 30 unidades. Em outras palavras, é necessário o dobro de insumos para produzir 20 unidades, e é necessário o triplo de insumos para produzir 30 unidades.

Na Figura 6.9(b), a função de produção da empresa apresenta rendimentos crescentes de escala. As isoquantas tornam-se mais próximas à medida que nos distanciamos da origem ao longo da reta $0A$. Como resultado, é necessário *menos* do que o dobro de ambos os insumos para aumentar a produção de 10 para 20 unidades e bem menos do que o triplo para aumentá-la para 30 unidades. O oposto seria verdadeiro se a função de produção apresentasse rendimentos decrescentes de escala (não mostrados aqui). Com rendimentos decrescentes, as isoquantas tornam-se cada vez mais distantes entre si conforme os níveis de produção aumentam proporcionalmente.

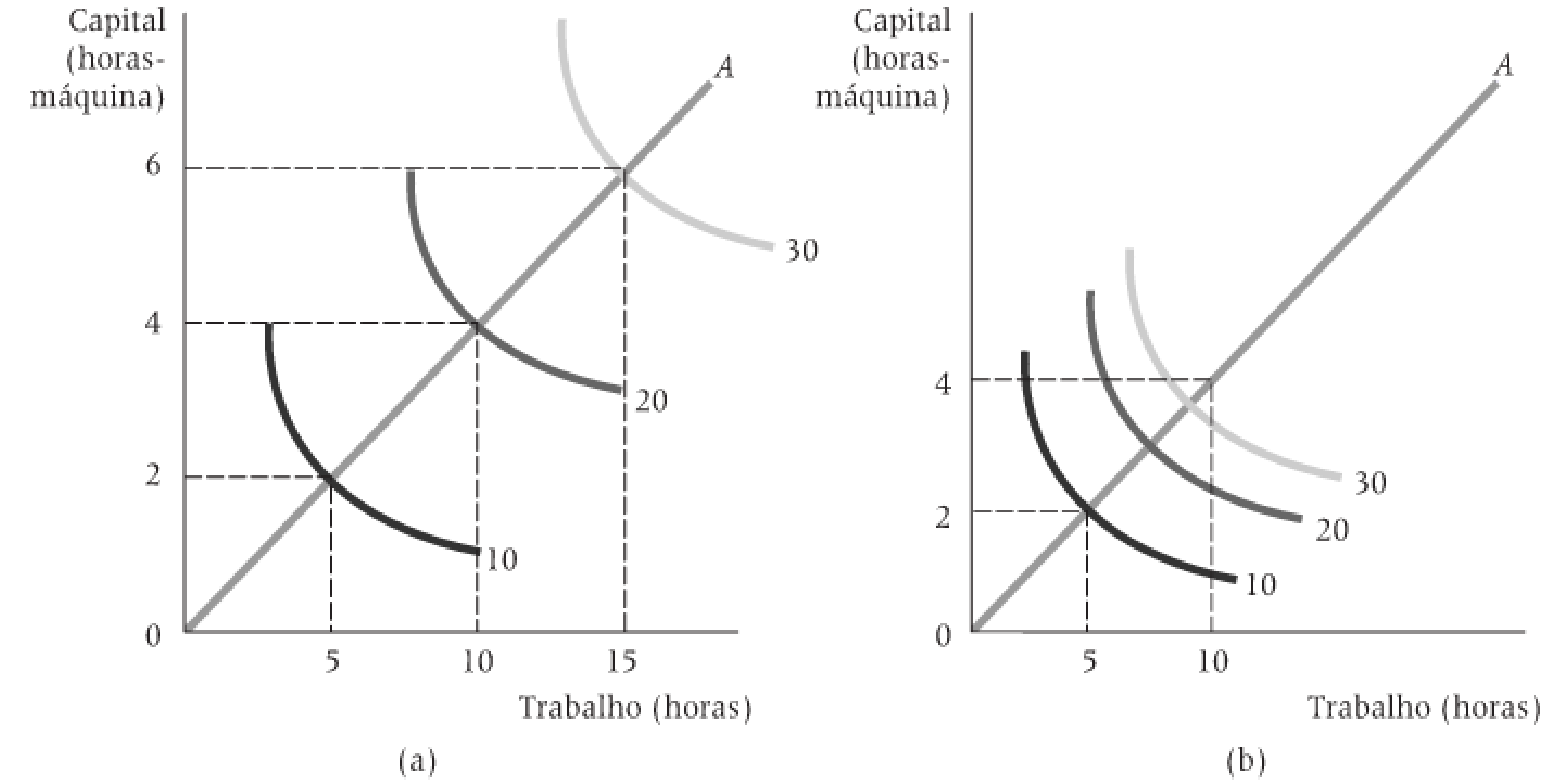


Figura 6.9 **Rendimentos de escala**

Quando o processo de produção de uma empresa apresenta rendimentos constantes de escala, como mostrado pelo movimento ao longo da linha 0*A* em **(a)**, o espaço entre as isoquantas é igual, à medida que a produção aumenta proporcionalmente. Entretanto, quando há rendimentos crescentes de escala, como mostrado em **(b)**, as isoquantas situam-se cada vez mais próximas, à medida que os insumos aumentam ao longo da linha.

Os rendimentos de escala variam substancialmente entre as empresas e entre os setores. Mantido tudo o mais constante, quanto mais substanciais forem os rendimentos de escala, maiores tendem a ser as empresas de determinado setor. Tipicamente, as empresas do setor de transformação têm maior probabilidade de apresentar rendimentos crescentes de escala do que as empresas do setor de serviços, pois a atividade de transformação exige substanciais investimentos em equipamentos de capital. As empresas do setor de serviços são mais intensivas em trabalho, e podem ser igualmente eficientes operando em pequena ou em grande escala.

EXEMPLO 6.4 Rendimentos de escala na indústria de tapetes

A indústria de tapetes nos Estados Unidos concentra-se em torno da cidade de Dalton, na parte setentrional do estado da Geórgia. De um setor industrial relativamente pequeno, com muitas empresas também pequenas na primeira metade do século XX, cresceu rapidamente e se tornou um grande setor com um elevado número de empresas de todos os tamanhos. A título de ilustração, listamos na Tabela 6.5, classificados pelo valor de suas entregas em milhões de dólares no ano de 2001, os dez maiores fabricantes de tapetes.[9]

Atualmente, nesse setor, há quatro empresas relativamente grandes (Shaw, Mohawk, Armstrong e Beaulieu), assim como um número bem expressivo de pequenos fabricantes. Há, também, muitos atacadistas, varejistas, grupos compradores e cadeias nacionais de vendas no varejo. O setor de tapetes cresceu rapidamente por diversas razões. A demanda dos consumidores por tapetes de lã, náilon e polipropileno para usos residencial e comercial aumentou vertiginosamente. Além disso, inovações como a introdução de máquinas de entufar maiores, mais eficientes e mais rápidas, reduziram os custos, possibilitando o aumento da produção. Juntamente com o aumento da produção, a inovação e a competição colaboraram para reduzir os preços reais dos tapetes.

Em que medida, se for este o caso, o crescimento da indústria de tapetes pode ser explicado pela existência de rendimentos de escala? Ocorreram certamente melhorias substanciais no processamento de vários insumos-chave (fios mais difíceis de manchar, por exemplo), assim como no processo de distribuição da produção para revendedores e consumidores finais. No entanto, o que ocorreu na produção de tapetes? Essa produção é intensiva em capital – as fábricas requerem pesados inves-

[9] Frank O'Neill, "Focus 100 Manufacturers", *Focus*, maio 2002, p. 20.

timentos em máquinas de entufar velozes, as quais transformam vários tipos de fios em tapeçarias também variadas, assim como em máquinas de forrar os tapetes, de cortá-los nos tamanhos apropriados, de embalá-los e empacotá-los convenientemente.

De modo geral, o capital físico (incluindo a fábrica e seus equipamentos) é responsável por cerca de 77% dos custos de fabricação de tapetes, enquanto o trabalho é responsável apenas pelos 23% restantes. Ao longo do tempo, os maiores fabricantes de tapetes aumentaram a escala de suas operações pondo em funcionamento máquinas de entufar maiores e mais eficientes dentro de fábricas também maiores. Ao mesmo tempo, o emprego da mão-de-obra nessas fábricas também aumentou significativamente. Qual foi o resultado de tudo isso? Aumentos proporcionais de insumos resultaram em aumentos mais do que proporcionais de produto nas fábricas maiores. Por exemplo, dobrar os insumos capital e trabalho fazia com que o produto crescesse 110%. Esse padrão, entretanto, não se mostrou uniforme em todo o setor. Os pequenos fabricantes descobriram que pequenas mudanças de escala tinham pouco ou nenhum efeito na produção, isto é, ao aumentarem proporcionalmente os insumos, obtinham somente um acréscimo de resultado na mesma proporção.

Podemos, pois, caracterizar o setor de tapetes como um em que há rendimentos constantes de escala nas fábricas pequenas, mas rendimentos crescentes de escala nas fábricas grandes. Esses rendimentos crescentes, entretanto, são limitados, de tal modo que, se o tamanho de uma dessas fábricas for aumentado, chegará um momento em que os rendimentos se tornarão decrescentes.

TABELA 6.5 A indústria de tapetes nos Estados Unidos

Entregas de tapetes, 2001 (milhões de dólares por ano)*			
1. Shaw Industries	4.012,0	6. Interface Flooring	639,8
2. Mohawk Industries	3.350,0	7. Mannington Mills	555,0
3. Armstrong	1.816,6	8. Collins & Aikman	500,0
4. Beaulieu of America	1.300,0	9. The Dixie Group	484,6
5. Dal-Tile	667,0	10. Domco-Tarkett	419,5

* Os dados da Tabela 6.5 representam as vendas totais de revestimentos em 2001, das quais 69,1% referem-se a tapeçaria (carpetes e tapetes).

Resumo

1. Uma *função de produção* mostra a produção máxima que uma empresa pode obter para cada combinação específica de insumos.
2. No curto prazo um ou mais insumos do processo produtivo são fixos, enquanto no longo prazo, todos os insumos são potencialmente variáveis.
3. A produção com um insumo variável, por exemplo, o trabalho, pode ser utilmente descrita em termos de *produto médio do trabalho* (que mede o produto por unidade de trabalho) e de *produto marginal do trabalho* (que mede a produção adicional quando se aumenta o trabalho em uma unidade).
4. De acordo com a *lei dos rendimentos decrescentes*, quando um ou mais insumos são fixos, o insumo variável (geralmente o trabalho) apresenta um produto marginal que diminui à medida que o nível de produção aumenta.
5. Uma *isoquanta* é uma curva que mostra todas as combinações de insumos que resultam em determinado nível de produção. A função de produção de uma empresa pode ser representada por uma série de isoquantas associadas a diferentes níveis de produção.
6. As isoquantas possuem sempre inclinação descendente pelo fato de o produto marginal de todos os insumos ser positivo. O formato de cada isoquanta pode ser descrito pela taxa marginal de substituição técnica, em qualquer ponto da isoquanta. A *taxa marginal de substituição técnica* (TMST) *do trabalho pelo capital* corresponde à quantidade em que se deve reduzir o insumo capital, quando uma unidade extra de insumo trabalho é utilizada, de tal forma que a produção permaneça constante.
7. O padrão de vida que um país pode oferecer a seus cidadãos está bastante relacionado ao nível de produtividade da sua mão-de-obra. Diminuições no crescimento da taxa de produtividade dos países desenvolvidos devem-se em parte à falta de crescimento dos investimentos de capital.
8. As possibilidades de substituição entre os insumos no processo produtivo variam de uma função de produção na qual os insumos são *substitutos perfeitos* a uma função de produção na qual as proporções dos insumos utilizados são fixas (*uma função de produção de proporções fixas*).
9. Na análise de longo prazo, tendemos a pensar no problema de escolha da empresa em termos de escala ou nível de operação. Rendimentos constantes de escala significam que, dobrando-se todos os insumos, obtém-se o dobro da produção. Rendimentos crescentes de escala ocorrem quando a produção aumenta em mais do que o dobro quando se dobram os insumos, ao passo que os rendimentos decrescentes de escala acontecem quando a produção não chega a dobrar.

Questões para revisão

1. O que é uma função de produção? Em que uma função de produção de longo prazo difere de uma função de produção de curto prazo?
2. Por que o produto marginal do trabalho tende a apresentar uma elevação inicial no curto prazo, conforme mais insumo variável é empregado?
3. Por que, no curto prazo, a produção acaba apresentando rendimentos marginais decrescentes no que diz respeito ao trabalho?
4. Você é um empregador interessado em preencher uma posição vaga em uma linha de montagem. Será que estaria mais preocupado com o produto médio ou com o produto marginal do trabalho em relação à última pessoa contratada? Caso observe que seu produto médio está começando a diminuir, você deveria contratar mais funcionários? O que tal situação significaria em termos de produto marginal do último funcionário contratado?
5. Qual é a diferença entre uma função de produção e uma isoquanta?
6. Defrontando-se com condições que mudam constantemente, por que uma empresa teria interesse em manter *algum* insumo fixo? O que determina se um insumo é fixo ou variável?
7. As isoquantas podem ser convexas, lineares ou em forma de L. O que cada uma dessas formas lhe diz quanto à natureza da função de produção? E sobre a TMST?
8. Uma isoquanta pode ser uma curva ascendente? Explique.
9. Explique o termo "taxa marginal de substituição técnica". O que uma TMST = 4 significa?
10. Explique por que a taxa marginal de substituição técnica tende a diminuir à medida que o trabalho é substituído pelo capital.
11. Rendimentos decrescentes de escala para um único fator de produção e rendimentos constantes de escala não se contradizem. Discuta.
12. Uma empresa poderia ter uma função de produção que exibisse rendimentos crescentes de escala, rendimentos constantes de escala e rendimentos decrescentes de escala, à medida que sua produção aumentasse? Discuta.
13. Dê um exemplo de processo produtivo no qual o curto prazo envolva um período de um dia ou uma semana e o longo prazo envolva qualquer período com duração superior a uma semana.

Exercícios

1. O cardápio na cafeteria de Joe consiste em vários tipos de café, salgadinhos, doces e sanduíches. O produto marginal de um funcionário adicional pode ser definido como o número de clientes que podem ser servidos pelo funcionário em dado período. Joe só tem um empregado, mas está pensando em contratar mais dois. Explique por que o produto marginal do segundo e do terceiro funcionários pode ser mais alto do que o do primeiro. Por que é de esperar que o produto marginal dos funcionários adicionais diminua?
2. Suponhamos que um fabricante de cadeiras esteja produzindo no curto prazo (com uma fábrica e equipamentos preexistentes). Conforme o número de funcionários, o fabricante observou os seguintes níveis de produção:

Número de cadeiras	*Número de funcionários*
1	10
2	18
3	24
4	28
5	30
6	28
7	25

   a. Calcule o produto marginal e o produto médio do trabalho para essa função de produção.
   b. Essa função de produção apresenta rendimentos decrescentes de escala para o trabalho? Explique.
   c. Explique, de acordo com sua opinião, qual poderia ser a razão de o produto marginal do trabalho se tornar negativo.

3. Preencha os espaços em branco na tabela a seguir.

Quantidade de insumo	*Produto total*	*Produto marginal do insumo variável*	*Produto médio do insumo variável*
0	0	—	—
1	225		
2			300
3		300	
4	1.140		
5		225	
6			225

4. Durante uma campanha de reeleição, o gestor de determinada candidatura precisa decidir se veiculará propagandas na televisão ou enviará correspondências para potenciais eleitores. Descreva a função de produção para os votos da campanha. De que modo as informações a respeito dessa função (por exemplo, o formato das isoquantas) poderiam ajudar o gestor a planejar sua estratégia?
5. Para cada um dos exemplos seguintes, desenhe uma isoquanta representativa. O que pode ser dito sobre a taxa marginal de substituição técnica em cada caso?
   a. Uma empresa pode contratar apenas funcionários para trabalhar em período integral ou alguma combinação de funcionários de período integral e de meio período. Para cada funcionário de período integral que deixa o emprego, a empresa deve contratar um número crescente de funcionários para manter o mesmo nível do produto.

b. Uma empresa descobre que pode sempre trocar duas unidades de trabalho por uma unidade de capital, mantendo o mesmo nível de produção.

c. Uma empresa precisa exatamente de dois funcionários em período integral para operar cada peça de maquinário de sua fábrica.

6. Uma empresa tem um processo produtivo no qual os insumos de produção são perfeitamente substituíveis no longo prazo. Você poderia dizer se a taxa marginal de substituição técnica é alta ou baixa ou precisaria de mais informações para responder? Discuta.

7. O produto marginal do trabalho na produção de chips para computadores é de 50 chips por hora. A taxa marginal de substituição técnica de horas de trabalho por horas de maquinário é de 1/4. Qual é o produto marginal do capital?

8. As funções a seguir representam rendimentos de escala crescentes, constantes ou decrescentes? O que acontece com o produto marginal de cada fator isolado quando esse fator aumenta e o outro se mantém constante?

a. $q = 3L + 2K$

b. $q = (2L + 2K)^{1/2}$

c. $q = 3LK^2$

d. $q = L^{1/2} K^{1/2}$

e. $q = 4L^{1/2} + 4K$

9. A função de produção da empresa fabricante de computadores pessoais Disk, Inc. é expressa por

$$q = 10K^{0,5}L^{0,5}$$

onde q é o número de computadores produzidos diariamente, K é o número de horas-máquina e L é o número de horas do insumo trabalho. Um concorrente da Disk, a empresa Floppy, Inc., está utilizando a função de produção

$$q = 10K^{0,6}L^{0,4}$$

a. Se ambas as empresas utilizam quantidades iguais de capital e trabalho, qual das duas produz mais?

b. Suponhamos que o capital esteja limitado a 9 horas-máquina, porém o trabalho seja ilimitado. Em qual das duas empresas seria maior o produto marginal do trabalho? Explique.

10. No Exemplo 6.3, o trigo é produzido em conformidade com a função de produção

$$q = 100(K^{0,8}L^{0,2})$$

a. Iniciando com insumo capital igual a 4 e insumo trabalho igual a 49, mostre que o produto marginal do trabalho e o produto marginal do capital são ambos decrescentes.

b. Será que essa função de produção exibe rendimentos de escala crescentes, decrescentes ou constantes?

CAPÍTULO 7

CUSTOS DA PRODUÇÃO

ESTE CAPÍTULO DESTACA

LISTA DE EXEMPLOS

No capítulo anterior, examinamos a tecnologia de produção da empresa, ou seja, a relação que mostra como os insumos podem ser transformados em produtos. Agora, veremos de que forma a tecnologia de produção, juntamente com os preços dos insumos, determina o custo de produção da empresa.

Dada uma tecnologia de produção da empresa, os administradores devem decidir *como* produzir. Vimos anteriormente que os insumos podem ser combinados de diferentes maneiras para que seja obtida uma mesma quantidade de produto. Por exemplo, determinada quantidade de produto pode ser produzida com muito trabalho e pouco capital, com pouco trabalho e muito capital ou com alguma outra combinação dos dois insumos. Neste capítulo veremos de que forma é escolhida uma combinação *ótima* (ou seja, que minimiza os custos) de insumos. Veremos também de que modo os custos da empresa dependem de sua produção e de que maneira eles podem variar com o decorrer do tempo.

Iniciamos explicando como o custo é definido e medido, fazendo distinção entre o conceito de custo usado pelos economistas, os quais estão preocupados com o desempenho da empresa, e pelos contadores, que se interessam pelos demonstrativos financeiros da empresa. Depois examinamos o modo pelo qual as características da tecnologia de produção da empresa afetam seus custos, tanto no curto prazo, em que a empresa pouco pode fazer para variar seu estoque de capital, quanto no longo prazo, em que a empresa pode alterar todos os seus fatores de produção.

Posteriormente, mostramos de que maneira o conceito de rendimento de escala pode ser generalizado para tratar tanto da combinação de insumos quanto da produção de muitos produtos diferentes. Mostramos também que os custos às vezes apresentam queda no decorrer do tempo, à medida que os administradores e os funcionários aprendem pela experiência e tornam o processo produtivo mais eficiente. Por fim, mostramos como utilizar informações empíricas nas estimativas das funções de custo e na previsão de custos futuros.

7.1 MEDIÇÃO DE CUSTOS: QUAIS CUSTOS CONSIDERAR?

Antes que possamos analisar de que forma são determinados os custos, bem como as razões de sua variação, precisamos esclarecer o que entendemos por *custos* e de que forma efetuamos sua medição. Quais itens deveriam ser incluídos como parte integrante dos custos de uma empresa? Os custos obviamente incluem os salários que a empresa paga a seus funcionários e o aluguel que paga pela área ocupada por seus escritórios. Mas como ficariam os cálculos no caso de a empresa já ser proprietária de suas instalações e não precisar pagar aluguel? De que forma deveríamos considerar o dinheiro que a empresa despendeu durante dois ou três anos (não podendo recuperá-lo) com equipamentos ou com pesquisa e desenvolvimento? Responderemos a tais questões no contexto das decisões econômicas tomadas pelos administradores.

CUSTOS ECONÔMICOS *VERSUS* CUSTOS CONTÁBEIS

Os economistas tratam os custos de forma diferente dos contadores, os quais estão preocupados em acompanhar os ativos e os passivos, bem como em retratar o desempenho passado para uso externo, como ocorre nos demonstrativos anuais. Os contadores tendem a ter uma visão retrospectiva das finanças da empresa. Em conseqüência disso, os **custos contábeis** que os contadores calculam podem incluir itens que um economista não incluiria, assim como podem excluir itens que os economistas não deixariam de considerar. Por exemplo, os custos contábeis incluem as despesas atuais e as despesas ocasionadas pela desvalorização dos equipamentos de capital, que são determinadas com base no tratamento fiscal permitido pelas normas do órgão fazendário (Internal Revenue Service, nos Estados Unidos).

custos contábeis Despesas correntes mais as despesas ocasionadas pela depreciação dos equipamentos de capital.

A visão dos economistas – e esperamos que também a dos administradores – é voltada para o futuro. Eles se preocupam com a alocação de recursos escassos. Assim, preocupam-se com os custos que poderão ocorrer no futuro e com os critérios que serão utilizados pela empresa para reduzir seus custos e melhorar sua lucratividade. Como veremos, os economistas têm sempre em mente os **custos econômicos**, ou seja, os custos da utilização de recursos na produção. A palavra *econômico* implica que devemos aprender a distinguir os custos que a empresa pode controlar daqueles que não pode controlar. Nesse ponto, o conceito de custo de oportunidade desempenha um importante papel.

custos econômicos Custos que uma empresa tem para utilizar os recursos econômicos, incluindo os custos de oportunidade.

CUSTOS DE OPORTUNIDADE

Os **custos de oportunidade** são os custos associados às oportunidades que serão deixadas de lado, caso a empresa não empregue seus recursos da melhor maneira possível. Por exemplo, considere uma empresa proprietária de um edifício e que, portanto, não paga aluguel pelo espaço ocupado por seus escritórios. Será que isso significaria que o custo do espaço ocupado pelos escritórios é zero para a empresa? Um contador diria que sim, mas um economista observaria que a empresa poderia ter recebido aluguel por tal espaço, caso o tivesse alugado a uma outra empresa. Esse aluguel não recebido corresponde aos custos de oportunidade de utilização do espaço dos escritórios, devendo ser incluído como parte dos custos econômicos das atividades da empresa.

custos de oportunidade Custos associados às oportunidades perdidas quando os recursos de uma empresa não são utilizados da melhor forma possível.

Vejamos de que maneira os custos econômicos podem diferir dos contábeis na consideração dos salários e da depreciação econômica. Por exemplo, imagine uma proprietária que administre sua própria loja, mas que decida não pagar a si mesma um salário. Embora nenhuma transação monetária tenha ocorrido (ela não aparecerá, portanto, no custo contábil), o negócio incorre, não obstante, em um custo de oportunidade, pois sua proprietária poderia ter recebido um salário competitivo trabalhando em outro lugar.

Os contadores e os economistas também consideram a depreciação de modo diferente. Ao estimar a lucratividade futura de uma empresa, economistas e administradores preocupam-se com os custos do capital da fábrica e dos equipamentos. Isso envolve não apenas os custos explícitos da aquisição e da operação dos equipamentos, mas também o custo associado ao desgaste de sua utilização. Durante a avaliação do desempenho no período anterior, os contadores usam em seus cálculos de custos e lucros a regulamentação fiscal para determinar a depreciação permitida. Contudo, tais valores permitidos para a depreciação não refletem o real desgaste a que foram submetidos os equipamentos, o qual varia entre diferentes tipos de ativos.

CUSTOS IRREVERSÍVEIS

Embora os custos de oportunidade estejam freqüentemente ocultos, eles deveriam ser sempre levados em consideração quando se tomam decisões econômicas. Exatamente o oposto ocorre em relação aos **custos irreversíveis**: um gasto que foi feito e que não pode ser diretamente recuperado. Os custos irreversíveis geralmente são visíveis, mas deveriam ser sempre ignorados quando se tomam decisões econômicas.

custos irreversíveis Despesas realizadas que não podem ser diretamente recuperadas.

Como não podem ser recuperados, os custos irreversíveis não deveriam ter nenhuma influência sobre as decisões da empresa. Consideremos, por exemplo, a aquisição de um equipamento específico para determinada fábrica. Vamos supor que ele possa ser utilizado apenas para executar aquilo para o qual foi originalmente projetado, não podendo ser convertido para usos alternativos. O gasto com tal equipamento vem a ser um custo irreversível. *Como ele não tem uso alternativo, seu custo de oportunidade é zero.* Assim, esse gasto não deveria ser incluído como parte dos custos da empresa. A decisão de adquirir esse equipamento pode ter sido boa ou má. Não importa. Isso é passado e não deve, portanto, influenciar as atuais decisões da empresa.

E se o equipamento pudesse ser utilizado de outra maneira ou pudesse ser vendido ou alugado para outra empresa? Nesse caso, seu emprego envolveria um custo econômico, a saber, o custo de oportunidade de empregá-lo em vez de vendê-lo ou alugá-lo para outra empresa.

Há também os custos irreversíveis *prospectivos*. Por exemplo, suponhamos que uma empresa ainda não tenha comprado um equipamento de uso específico e esteja considerando sua aquisição. O custo irreversível prospectivo é um *investimento*. Aqui, a empresa deve decidir se a aplicação de capital no equipamento de uso específico é *vantajosa economicamente*, ou seja, se é capaz de proporcionar um fluxo de receitas suficientemente grande diante do custo que representa. No Capítulo 15, explicaremos em detalhes como tomar decisões de investimento desse tipo.

Como mais um exemplo, imagine que uma empresa esteja considerando a possibilidade de mudar sua sede para outra cidade. No ano passado, foram pagos $500.000 a título de sinal para a compra de um prédio em tal cidade; esse sinal proporciona o direito de adquirir o prédio ao preço de $5.000.000, de tal forma que a despesa total será de $5.500.000 caso a empresa venha realmente a adquiri-lo. Entretanto, a empresa agora descobre um edifício comparável ao primeiro, disponível na mesma cidade, por um preço de $5.250.000. Qual dos dois edifícios deveria ser adquirido? A resposta é: o primeiro. O sinal no valor de $500.000 corresponde a um fundo perdido, que não deveria influenciar a atual decisão da empresa. Para a empresa, o custo econômico da primeira propriedade é de $5.000.000 (pois o custo irreversível não faz parte do custo econômico), enquanto o segundo edifício possui um custo econômico de $5.250.000. Certamente, caso o segundo edifício custasse $4.750.000, a empresa deveria adquiri-lo, abandonando o sinal pago.

EXEMPLO 7.1 Escolha da localização do novo prédio da faculdade de direito

A faculdade de direito da Universidade de Northwestern está situada em Chicago há muitos anos, em um local próximo às margens do lago Michigan. Entretanto, o principal *campus* da universidade localiza-se no distrito de Evanston. Em meados da década de 1970, a faculdade de direito começou a planejar a construção de um novo prédio e necessitava tomar uma decisão a respeito da localização mais apropriada. O prédio deveria ser construído no local atual, onde estaria próximo aos escritórios de advocacia do centro de Chicago? Ou deveria ser construído em Evanston, onde se tornaria fisicamente integrado ao restante da universidade?

A localização próxima ao centro da cidade dispunha do apoio de muitas pessoas importantes. Em parte, elas argumentavam que seria mais vantajoso em termos de custo que a localização do novo edifício fosse próxima à cidade, pois a universidade já possuía o terreno. Em Evanston haveria a necessidade da aquisição de uma grande área, caso o novo prédio viesse a ser construído lá. Será que esse argumento faz sentido em termos econômicos?

Não. Ele incorre no erro bastante comum de não fazer distinção entre custos contábeis e custos econômicos. Do ponto de vista econômico, seria muito dispendioso construir o prédio no centro da cidade, devido ao alto custo de oportunidade da propriedade situada às margens do lago: tal propriedade poderia ser vendida por um valor suficiente para adquirir um terreno em Evanston, havendo ainda a sobra de uma quantia bem substancial.

Ao final, a Northwestern decidiu manter a faculdade de direito em Chicago. Essa foi uma decisão bem custosa. Tal escolha foi apropriada se a localização em Chicago foi particularmente conveniente para a faculdade de direito; entretanto, foi inadequada se feita com base na suposição de que o terreno no centro da cidade não apresentava custo.

CUSTOS FIXOS E CUSTOS VARIÁVEIS

Alguns dos custos das empresas variam com o nível de produção, enquanto outros permanecem sem modificação mesmo que elas não estejam produzindo nada. Essa distinção será importante quando examinarmos no próximo capítulo a escolha da empresa quanto ao nível de produto que maximiza os lucros. Dividimos aqui, por isso, o **custo total** (**CT** ou **C**), ou seja, o custo econômico total da produção, em dois componentes:

- **Custos fixos** (**CF**): custos que não variam com o nível da produção e só podem ser eliminados se a empresa deixa de operar.
- **Custos variáveis** (**CV**): custos que variam quando o nível da produção varia.

custo total (CT ou C) Custo econômico total da produção, consistindo em custos fixos e variáveis.

custos fixos (CF) Custos que não variam com o nível da produção e só podem ser eliminados se a empresa deixar de operar.

custos variáveis (CV) Custos que variam quando o nível de produção varia.

Dependendo das circunstâncias, os custos fixos podem incluir gastos com manutenção da fábrica, seguro e talvez um número mínimo de funcionários – são custos que permanecem inalterados independentemente do volume de produção da empresa. Os custos variáveis incluem gastos com salários e matérias-primas – são custos que aumentam quando o volume produzido cresce.

Os custos fixos não variam com o nível de produção – devem ser pagos mesmo que não haja produção. *A única maneira de a empresa eliminar totalmente os custos fixos é deixando de operar.*

Saber quais custos são variáveis e quais são fixos depende do prazo com o qual estamos lidando. No curto prazo – digamos, um ou dois meses –, a maioria dos custos é fixa. Isso ocorre porque, em tal prazo, uma empresa é obrigada a receber e a pagar pela entrega de matérias-primas e não pode dispensar temporariamente seus trabalhadores. Por outro lado, no longo prazo – digamos, dois ou três anos –, a maioria dos custos é variável. Nesse intervalo de tempo, se a empresa deseja reduzir sua produção, pode reduzir sua força de trabalho, comprar menos matérias-primas e talvez até vender parte de seu capital.

Quando uma empresa planeja uma mudança em seu nível de operação, ela em geral quer saber se essa mudança afetará seus custos. Consideremos, por exemplo, o problema que a Delta Air Lines enfrentou recentemente. Essa empresa queria saber como seus custos seriam afetados se o número de vôos programados fosse reduzido em 10%. A resposta para essa questão dependia de a redução programada ser de curto ou de longo prazo. No curto prazo – digamos, seis meses –, uma boa parte dos recursos de operação seria fixa e seria difícil dispensar os trabalhadores. Os custos de curto prazo da Delta são, na maior parte, fixos e não podem ser reduzidos significativamente com a diminuição no número de vôos. No longo prazo – digamos, dois anos ou mais –, a situação seria bem diferente. A Delta teria tempo suficiente para vender ou alugar os aviões que não estivesse utilizando e para dispensar os funcionários que não fossem mais necessários. Nesse longo prazo, os custos da Delta são, na maior parte, variáveis e podem ser reduzidos significativamente se 10% da redução de vôos for colocada em prática.

CUSTOS FIXOS *VERSUS* CUSTOS IRREVERSÍVEIS

Muitas pessoas confundem custos fixos com custos irreversíveis. Os primeiros são custos pagos pelas empresas em funcionamento, independentemente de seu nível de operação. Tais custos incluem, por exemplo, os salários dos principais executivos, as despesas associadas ao espaço ocupado pelos escritórios, assim como os gastos com a equipe de suporte. Os custos fixos podem ser evitados se a empresa deixa de operar – seus principais executivos, por exemplo, deixam de ser necessários. Custos irreversíveis, por outro lado, são custos que *não podem ser recuperados*. Na montagem de uma fábrica, um exemplo são os gastos com a compra de equipamento de uso especializado, que não possa ser usado em outra fábrica. Esses gastos são, na maior parte, irreversíveis, pois não podem ser recuperados (uma pequena parte deles, de fato, pode ser recuperada, já que o equipamento pode ser vendido como sucata). Os custos do equipamento de uso especializado *não* são fixos, porque não podem ser recuperados, mesmo que a empresa feche as portas. Suponhamos, por outro lado, que a empresa tenha concordado em contribuir para um plano de aposentadoria dos funcionários enquanto estiver em operação, independentemente de seu nível de produção e de sua lucratividade. Esses pagamentos poderão ser interrompidos apenas se a empresa deixar de operar. Nesse caso, as contribuições anuais para o programa de aposentadoria teriam de ser consideradas como custos fixos. Na prática, a maioria das empresas não faz distinção entre custos fixos irreversíveis e recuperáveis. Para simplificarmos, faremos o mesmo em nossa análise. Quando os custos irreversíveis se tornarem essenciais para a análise econômica, avisaremos.

EXEMPLO 7.2 Custos fixos, variáveis e irreversíveis: computadores, software e pizzas

No decorrer deste livro, você aprenderá que as decisões das empresas quanto aos preços de venda e aos níveis de produção, assim como em relação à lucratividade, dependem muito da estrutura de custos. Portanto, é importante para os administradores compreender as características dos custos de produção e ser capazes de identificar quais custos são fixos, quais são variáveis e quais são irreversíveis. As dimensões relativas desses diferentes componentes de custo podem variar consideravelmente de um setor para outro. São bons exemplos: o setor de computadores pessoais (cuja maioria dos custos é variável), o setor de software (cuja maioria dos custos é irreversível) e o negócio das pizzarias (cuja maioria dos custos é fixa). Examinemos, pois, cada um desses casos.

Empresas como a Dell, a Gateway, a Hewlett-Packard e a IBM produzem milhões de computadores pessoais todos os anos. Como os computadores que elas produzem são muito similares, a competição é intensa, e a lucratividade depende muito da capacidade de manter os custos baixos. A maioria destes é variável – eles crescem em proporção ao número de computadores produzidos por ano. Os custos mais importantes são os dos componentes: o microprocessador que executa efetivamente a computação, os chips de memória, as unidades de disco e outros equipamentos de armazenamento, as placas de vídeo e de som etc. Normalmente, a maioria dos componentes é adquirida de fornecedores externos em quantidades que dependem dos computadores que serão produzidos.

Outra parte importante dos custos nessas empresas é a força de trabalho: são necessários muitos trabalhadores para montar os computadores, empacotá-los e transportá-los aos locais de venda. Há muito pouco custo irreversível nesse setor, porque o valor da fábrica é pequeno em relação ao valor do produto anual desse tipo de empresa. De modo semelhante, há aí também pouco custo fixo: os salários dos executivos de cargo mais elevado, de alguns seguranças e gastos com eletricidade. Assim, quando empresas como a Dell ou a Gateway se deparam com a necessidade de reduzir custos, elas se preocupam em obter melhores preços para os componentes ou em reduzir a mão-de-obra, que são modos de reduzir os custos variáveis.

Consideremos, agora, os softwares para esses computadores pessoais. A Microsoft produz o sistema operacional Windows, assim como uma variedade de aplicativos, como o Word, o Excel e o PowerPoint. Muitas outras empresas – algumas grandes e outras pequenas – também produzem softwares para computadores pessoais. Para elas, os custos de produção são muito diferentes daqueles encontrados nas empresas que produzem hardware. Na produção de softwares, a maioria dos custos é *irreversível*. Normalmente, uma empresa de software aplica um grande volume de recursos no desenvolvimento de novos aplicativos. Esses gastos não podem ser revertidos.

Assim que o programa for completado, a empresa pode tentar recuperar o investimento feito (assim como pode tentar obter lucro) vendendo o maior número de cópias possível. O custo variável da produção dessas cópias é bem pequeno, pois consiste amplamente na despesa de transferir os códigos desses programas para disquete ou CD e empacotá-los e despachá-los. Os custos fixos de produção também são pequenos. Como muitos desses custos são irreversíveis, entrar no negócio de software envolve um risco considerável. Enquanto os recursos para desenvolvimento não forem totalmente gastos e o produto não estiver pronto para venda, um empreendedor provavelmente não poderá saber quantas cópias serão vendidas e se conseguirá ou não obter lucro.

Por fim, vamos considerar uma pizzaria norte-americana. Nesse tipo de empreendimento, os maiores componentes de custo são fixos. Os custos irreversíveis são bem baixos, uma vez que fornos, cadeiras, mesas e pratos podem ser revendidos se o negócio tiver de ser fechado. Os custos variáveis são baixos, pois consistem principalmente nos ingredientes necessários à fabricação de pizzas (a farinha de trigo, o molho de tomate, o queijo e o pepperoni necessários para fazer uma pizza típica nos Estados Unidos custam no máximo $1) e talvez nos salários de dois ajudantes que colaboram com a produção, o serviço das mesas e as entregas. A maioria dos custos é fixa – o tempo gasto pelo proprietário (normalmente, de 60 a 70 horas por semana), o aluguel e os utensílios. Em razão dos altos custos fixos, muitas pizzarias (que cobram, nos Estados Unidos, cerca de $10 por uma pizza grande cujo custo variável aproximado é de $3) não conseguem obter lucro muito alto.

CUSTO MÉDIO E CUSTO MARGINAL

Para completarmos a reflexão sobre custos, vamos agora nos ater à distinção entre custo marginal e custo médio. Para explicá-la, usaremos um exemplo específico que descreve a situação de muitas empresas. Depois de apresentarmos os conceitos de custo marginal e médio, vamos pensar em como a análise de custos difere no curto e no longo prazo.

CUSTO MARGINAL (CMG) **Custo marginal** – às vezes definido como *custo incremental* – é o aumento de custo ocasionado pela produção de uma unidade adicional de produto. Uma vez que o custo fixo não apresenta variação quando ocorrem alterações no nível de produção da empresa, o custo marginal é apenas o aumento no custo variável ou o aumento no custo total ocasionado por uma unidade extra de produto. Podemos, portanto, expressar o custo marginal da seguinte forma:

custo marginal (CMg) Aumento de custo resultante da produção de uma unidade adicional de produto.

$$\text{CMg} = \Delta\text{CV}/\Delta q = \Delta\text{CT}/\Delta q$$

O custo marginal informa-nos quanto custará aumentar a produção em uma unidade. Na Tabela 7.1, o custo marginal é calculado tanto por meio do custo variável (coluna 2), como por meio do custo total (coluna 3). Por exemplo, o custo marginal de um aumento da produção, passando de 2 para 3 unidades, é de $20, pois o custo variável da empresa passa de $78 para $98. (O custo total da produção é também aumentado em $20, passando de $128 para $148. O custo total difere do custo variável apenas no montante correspondente ao custo fixo, o qual, por definição, não se altera quando ocorrem variações no nível de produção.)

TABELA 7.1 Custos de uma empresa no curto prazo

Nível de produção (unidades por ano)	Custo fixo (dólares por ano)	Custo variável (dólares por ano)	Custo total (dólares por ano)	Custo marginal (dólares por unidade)	Custo fixo médio (dólares por unidade)	Custo variável médio (dólares por unidade)	Custo total médio (dólares por unidade)
	(CF) (1)	(CV) (2)	(CT) (3)	(CMg) (4)	(CFMe) (5)	(CVMe) (6)	(CTMe) (7)
0	50	0	50	—	—	—	—
1	50	50	100	50	50	50	100
2	50	78	128	28	25	39	64
3	50	98	148	20	16,7	32,7	49,3
4	50	112	162	14	12,5	28	40,5
5	50	130	180	18	10	26	36
6	50	150	200	20	8,3	25	33,3
7	50	175	225	25	7,1	25	32,1
8	50	204	254	29	6,3	25,5	31,8
9	50	242	292	38	5,6	26,9	32,4
10	50	300	350	58	5	30	35
11	50	385	435	85	4,5	35	39,5

custo total médio (CTMe) Custo total da empresa dividido pelo produto.

custo fixo médio (CFMe) Custo fixo dividido pelo produto.

custo variável médio (CVMe) Custo variável dividido pelo produto.

CUSTO TOTAL MÉDIO (CTME) **Custo total médio**, ou simplesmente *custo médio* (CMe), é o custo por unidade de produto. O custo total médio (CTMe) é o custo total dividido pelo nível de produção CT/*q*. Portanto, o custo total médio para um nível de produção de 5 unidades é de $36, ou seja, $180/5. Basicamente, o custo total médio informa-nos o custo unitário da produção.

O CTMe possui dois componentes. O **custo fixo médio** (**CFMe**) é o custo fixo (coluna 1) dividido pelo nível de produção, CF/*q*. Por exemplo, o custo fixo médio para um nível de produção de 4 unidades é de $12,50 ($50/4). Em virtude de o custo fixo ser constante, o custo fixo médio apresenta declínio à medida que o nível de produção aumenta. O **custo variável médio** (**CVMe**) é o custo variável dividido pelo nível de produção CV/*q*. O custo variável médio para a produção de 5 unidades é de $26, ou seja, $130/5.

Já discutimos todos os tipos de custos relevantes para as decisões de produção, tanto em mercados competitivos quanto em não competitivos. Agora, vamos nos voltar às diferenças entre custos no curto prazo e no longo prazo. Esse ponto é particularmente importante no caso dos custos fixos. Os custos que são fixos num prazo muito curto – por exemplo, os salários de trabalhadores temporários – podem não ser fixos num horizonte de tempo maior. De maneira similar, os custos de capital fixos referentes a instalações e equipamentos se tornam variáveis se o horizonte de tempo é longo o bastante para permitir à empresa comprar novos equipamentos ou montar novas instalações. Os custos fixos, porém, não necessariamente desaparecem, mesmo no longo prazo. Suponhamos, por exemplo, que uma empresa venha contribuindo para um programa de previdência dos funcionários. As obrigações dela, em parte fixas, podem permanecer até mesmo no longo prazo; elas só vão desaparecer se a empresa for à falência.

7.2 CUSTOS NO CURTO PRAZO

Nesta seção, vamos concentrar nossa atenção nos custos de curto prazo. Os de longo prazo serão vistos na Seção 7.3.

DETERMINANTES DE CUSTOS NO CURTO PRAZO

Na Seção 6.2, explicamos que os rendimentos marginais são decrescentes quando o acréscimo de insumos resulta em acréscimos decrescentes no produto.

Os dados da Tabela 7.1 mostram que, no curto prazo, os custos variáveis e totais aumentam com a produção. A taxa de elevação de tais custos depende da natureza do processo produtivo e, em particular, da extensão em que tal produção envolve rendimentos decrescentes para os insumos variáveis. Conforme vimos no Capítulo 6, ocorrem rendimentos decrescentes do trabalho quando seu produto marginal é declinante. Se o trabalho fosse o único insumo variável, o que ocorreria se aumentássemos o nível de produção da empresa? Para poder elevar seu nível de produção, a empresa terá de contratar mais mão-de-obra. Então, se o produto marginal do trabalho diminui rapidamente à medida que a quantidade de trabalho contratado é aumentada (devido aos rendimentos decrescentes), isso significa que as despesas com mão-de-obra devem ser cada vez maiores para que se possam obter níveis mais elevados de produção. Conseqüentemente, o custo variável e o custo total aumentam à medida que o nível de produção aumenta. Por outro lado, se o produto marginal do trabalho diminuir apenas ligeiramente à medida que a quantidade de mão-de-obra aumentar, os custos não subirão com tanta rapidez quando o nível de produção se elevar.[1]

Vejamos, agora, a relação entre produção e custo com mais detalhes, examinando os custos de uma empresa que tem possibilidade de contratar o trabalho que desejar por uma remuneração fixa w. Lembre-se de que o custo marginal CMg é a mudança do custo variável ocasionada por uma variação de uma unidade no nível de produção (ou seja, $\Delta CV/\Delta q$). No entanto, a mudança do custo variável é o custo unitário do trabalho extra, w, multiplicado pela quantidade extra de mão-de-obra ΔL. Como $\Delta CV = w\Delta L$, segue-se que:

$$\text{CMg} = \Delta \text{CV}/\Delta q = w\Delta L/\Delta q$$

O produto marginal do trabalho foi discutido na Seção 6.2.

Conforme visto no Capítulo 6, o produto marginal do trabalho, PMg_L, é a variação no nível de produção ocasionada pela variação de uma unidade do insumo trabalho, ou seja, $\Delta q/\Delta L$. Portanto, o trabalho extra necessário para a obtenção de uma unidade extra na produção é: $\Delta L/\Delta q = 1/\text{PMg}_L$. Conseqüentemente, temos:

$$\text{CMg} = w/\text{PMg}_L \qquad \textbf{(7.1)}$$

A equação 7.1 informa que, quando há apenas um insumo variável, o custo marginal é igual ao preço desse insumo dividido por seu produto marginal. Suponhamos, por exemplo, que o produto marginal do trabalho seja 3 e que a remuneração do trabalho seja \$30 por hora. Sendo assim, uma hora de trabalho aumentará a produção em 3 unidades, de tal forma que uma unidade de produto requer 1/3 de hora de trabalho, custando \$10. O custo marginal da produção de tal unidade é \$10, que é igual à remuneração do trabalho, \$30, dividida pelo produto marginal do trabalho, 3 unidades. Um baixo produto marginal do trabalho significa que uma grande quantidade de trabalho adicional seria necessária para o aumento do nível de produção, o que resulta em um alto custo marginal. Um produto marginal elevado significa que a necessidade de trabalho é pequena, da mesma forma que seu custo marginal. De maneira geral, sempre que o produto marginal do trabalho diminui, o custo marginal da produção aumenta, e vice-versa.[2]

RENDIMENTOS MARGINAIS DECRESCENTES E CUSTO MARGINAL Rendimentos marginais decrescentes significam que o produto marginal do trabalho declina conforme a quantidade de trabalho empregada aumenta. Conseqüentemente, quando houver rendimentos marginais decrescentes, os custos marginais aumentarão à medida que o produto aumentar. Isso pode ser visto ao se observarem os valores do custo marginal na Tabela 7.1. Para os níveis de produto de 0 a 4, o custo marginal é decrescente; para os níveis de 4 a 11, porém, o custo marginal é crescente, o que reflete a presença de rendimentos marginais decrescentes.

FORMATOS DAS CURVAS DE CUSTO

A Figura 7.1 ilustra como as várias medidas de custo mudam quando o produto aumenta. A parte superior da figura mostra o custo total e seus dois componentes, o custo variável e o custo fixo; a parte inferior mostra o custo marginal e o custo médio. Essas curvas de custo, baseadas nas informações da Tabela 7.1, fornecem diferentes tipos de informações.

Observemos na Figura 7.1(a) que o custo fixo, CF, não varia com a produção, sendo apresentado por uma linha horizontal em \$50 por ano. O custo variável CV é zero quando a produção é zero, e então aumenta continuamente à medida que a produção se eleva. A curva de custo total, CT, é determinada adicionando-se verticalmente as curvas de custo fixo e de custo variável. Pelo fato de o custo fixo ser constante, a distância vertical entre as duas curvas é sempre de \$50.

1 Estamos implicitamente presumindo que o trabalho seja contratado em mercados competitivos, de tal forma que o pagamento por unidade de insumo utilizado seria o mesmo, qualquer que fosse o nível de produção da empresa.

2 Com dois ou mais insumos variáveis, a relação torna-se mais complexa. No entanto, o princípio básico se mantém: quanto maior for a produtividade dos fatores, menores serão os custos variáveis da empresa para obter qualquer nível específico de produção.

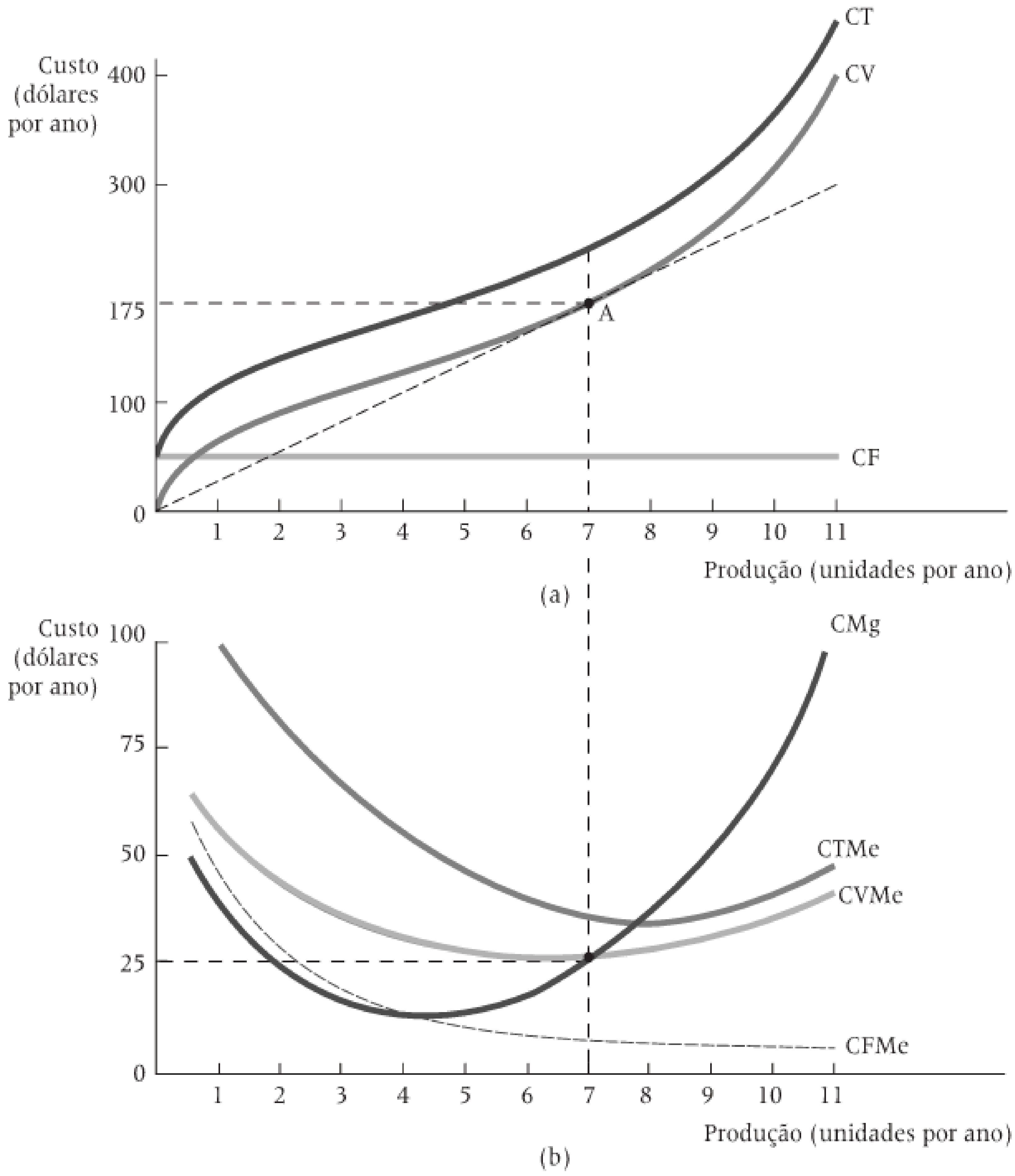


Figura 7.1 **Curvas de custos da empresa**

Em **(a)**, o custo total, CT, é a soma vertical do custo fixo, CF, e do custo variável, CV. Em **(b)**, o custo total médio, CTMe, é a soma do custo variável médio, CVMe, e do custo fixo médio, CFMe. A curva do custo marginal, CMg, cruza com as curvas de custo variável médio e custo total médio em seus respectivos pontos mínimos.

A Figura 7.1(*b*) mostra o conjunto correspondente de curvas de custo marginal e de custo variável médio.[3] Sendo o custo fixo total igual a $50, a curva de custo fixo médio, CFMe, apresenta queda contínua de $50 em direção a zero. O formato das demais curvas de curto prazo é determinado pela relação entre as curvas de custo marginal e custo médio. Sempre que o custo marginal for inferior ao custo médio, a curva de custo médio apresentará declínio. Sempre que o custo marginal estiver acima do custo médio, a curva de custo médio apresentará elevação. Quando o custo marginal estiver em seu ponto mínimo, o custo marginal será igual ao custo médio.

A RELAÇÃO ENTRE CUSTOS MARGINAL E MÉDIO Os custos marginal e médio são outro exemplo de relação entre variáveis definidas como média e como marginal já descrita no Capítulo 6 (com referência ao produto marginal e ao produto médio). Com um nível de produto igual a 5 na Tabela 7.1, por exemplo, o custo marginal de $18 está abaixo do custo variável médio de $26; por isso, a média diminui em resposta a um aumento do produto. Mas, quando o custo marginal é de $29, superior ao custo variável médio ($25,5), a média apresenta elevação. Por fim, quando o custo marginal ($25) e o custo médio ($25) são praticamente iguais, o custo variável médio aumenta muito pouco.

[3] Essas curvas não expressam exatamente os valores da Tabela 7.1. Uma vez que o custo marginal representa a variação de custo associada a uma variação do produto, desenhamos a curva de CMg para a primeira unidade de produto fazendo com que este seja igual a $\frac{1}{2}$, e para a segunda unidade fixando um produto igual a $1\frac{1}{2}$ e assim por diante.

A curva do CTMe mostra o custo total médio da produção. Uma vez que o custo total médio é a soma do custo variável médio e do custo fixo médio e que a curva do CFMe é declinante em toda a sua extensão, a distância vertical entre as curvas do CTMe e do CVMe vai diminuindo à medida que a produção vai aumentando. A curva do custo CVMe atinge seu ponto mínimo em um nível de produção mais baixo do que a curva do CTMe. Isso ocorre porque CMg = CVMe em seu ponto mínimo e CMg = CTMe em seu ponto mínimo. Sendo CTMe sempre maior do que CVMe, e sendo a curva do custo marginal CMg ascendente, o ponto mínimo da curva do CTMe deveria estar situado acima e à direita do ponto mínimo da curva do CVMe.

Uma outra forma de entender a relação entre as curvas de custo total e as curvas de custo médio e custo marginal é considerar a linha que vai da origem até o ponto *A* da Figura 7.1(*a*). Nessa figura, a inclinação da linha mede o custo variável médio (por exemplo, o custo total de $175 dividido pela produção de 7 unidades, ou seja, um custo unitário de $25). Uma vez que a inclinação da curva do CV é o custo marginal (medindo a mudança do custo variável quando a produção apresenta elevação de uma unidade), a tangente à curva do CV no ponto *A* corresponde ao custo marginal da produção quando a produção é de 7 unidades. No ponto *A*, esse custo marginal de $25 é igual ao custo variável médio de $25, pois o custo variável médio é minimizado nesse nível de produção.

Custo total como um fluxo Observe que a produção da empresa é medida como um fluxo; ela produz determinado número de unidades *por ano*. Por conseguinte, seu custo total corresponde a um fluxo – por exemplo, de alguma quantia em dólares a cada ano. (Custos médios e custos marginais, entretanto, são medidos em dólares *por unidade*.) Para simplificarmos, freqüentemente deixaremos de fazer menção ao referencial de tempo, mencionando, assim, o custo total em dólares e a produção em unidades. No entanto, é importante lembrarmos de que a produção e os custos de uma empresa ocorrem ao longo de determinado período. Também, para simplificarmos, freqüentemente utilizaremos *custo* (C) ao nos referirmos ao custo total. Da mesma forma, a menos que haja indicação, utilizaremos *custo médio* (CMe) quando nos referirmos ao custo total médio.

Custo marginal e custo médio são conceitos muito importantes. Como veremos no Capítulo 8, eles têm um papel decisivo na escolha de nível de produção feita pela empresa. O conhecimento dos custos no curto prazo é de particular importância para as empresas que operam em ambientes nos quais as condições de demanda apresentam consideráveis flutuações. Caso a empresa já esteja operando em níveis de produção nos quais os custos marginais estejam apresentando aumentos significativos e haja possibilidade de ainda ocorrerem aumentos futuros da demanda, a empresa pode planejar expandir seu nível de capacidade produtiva para evitar custos mais elevados.

EXEMPLO 7.3 Custos de curto prazo na produção do alumínio

O alumínio é um metal leve muito versátil, com uma ampla variedade de aplicações, incluindo a produção de aviões, automóveis e materiais de construção. A produção do alumínio se inicia nas minas de bauxita em países como Austrália, Brasil, Guiné, Jamaica e Suriname. A bauxita é um minério que contém uma concentração relativamente alta de alumina (óxido de alumínio), a qual é separada da bauxita por meio de um processo químico de refinamento. A alumina é então convertida em alumínio por meio de um processo de fusão no qual se emprega uma corrente elétrica para separar os átomos de oxigênio das moléculas de óxido de alumínio. Aqui, vamos nos concentrar nesse processo de fusão, que vem a ser a etapa mais dispendiosa da produção do alumínio.

Todos os maiores produtores de alumínio, incluindo Alcoa, Alcan, Reynolds, Alumax e Kaiser, operam unidades de fusão. Uma típica unidade de fusão tem duas linhas de produção, cada uma produzindo aproximadamente 300 a 400 toneladas de alumínio por dia. Examinaremos os custos de produção no curto prazo. Assim, consideraremos os custos de operação das fábricas existentes, uma vez que, no curto prazo, não há tempo hábil para construir novas fábricas. (São necessários cerca de quatro anos para planejar, construir e equipar completamente uma unidade de fusão de alumínio.)

Embora os custos de uma unidade dessas sejam substanciais (acima de $1 bilhão), vamos presumir que tais fábricas não possam ser vendidas; portanto, os custos são irreversíveis e podem ser ignorados. Além disso, vamos ignorar os custos fixos, referentes em geral às despesas administrativas, já que eles são relativamente pequenos. Assim, podemos nos concentrar exclusivamente nos custos variáveis no curto prazo. A Tabela 7.2 mostra os custos médios de operação para uma típica unidade de fusão.[4] Os custos referem-se a uma unidade que funciona em dois turnos diários para produzir 600 toneladas de alumínio por dia. Se os preços fossem suficientemente altos, a empresa poderia op-

[4] O exemplo se baseia em Kenneth S. Corts, "The aluminum industry in 1994", Harvard Business School Case N9-799-129, abr. 1999.

TABELA 7.2 Custos de operação de uma unidade de fusão de alumínio (dólares por tonelada) (baseados em uma produção de 600 toneladas/dia)

Custos variáveis que são constantes em todos os níveis de produção		
	Eletricidade	$316
	Alumina	369
	Outros materiais brutos	125
	Energia e combustíveis	10
	Subtotal	$820
Custos que aumentam quando o produto excede 600 toneladas/dia		
	Trabalho	$150
	Manutenção	120
	Frete	50
	Subtotal	$320
	Custos operacionais totais	**$1.140**

tar por manter a fábrica funcionando em três turnos por dia, pedindo aos trabalhadores que fizessem horas extras. Desse modo, os salários e os custos de manutenção aumentariam provavelmente em 50% no turno adicional, já que seria necessário pagar mais pelas horas extras. Na Tabela 7.2, dividimos os componentes dos custos em dois grupos: no primeiro colocamos os custos que não se alteram com o nível de produção e no segundo incluímos os custos que aumentam quando o produto excede 600 toneladas diárias.

Notemos que os dois maiores componentes do custo da fusão do alumínio são a compra de eletricidade e a aquisição de alumina. Juntas, elas representam cerca de 60% dos custos operacionais. Como a eletricidade, a alumina e os outros materiais são empregados na proporção direta da quantidade de alumínio produzida, eles representam custos variáveis constantes em relação ao nível da produção. Os custos da mão-de-obra, da manutenção e do frete também são proporcionais ao nível de produto, mas somente quando as unidades operam com dois turnos diários. Aumentando a produção acima de 600 toneladas diárias, um terceiro turno vem a ser necessário, e isso resulta em um aumento de 50% nos custos do trabalho, da manutenção e do frete.

As curvas de custo variável médio e de custo marginal no curto prazo para uma unidade de fusão de alumínio são mostradas na Figura 7.2. Ambas são horizontais a um custo de $1.140 por tonelada, para uma produção de até 600 toneladas diárias, que representa a máxima produção que pode ser obtida com dois turnos de trabalho por dia. Quando se torna necessário aumentar a produção do alumínio empregando três turnos, os custos marginais do trabalho, da manutenção e do frete aumentam de $320 para $480 por tonelada, de tal modo que o custo marginal como um todo aumenta de $1.140 para $1.300 por tonelada. Como a Figura 7.2 mostra, o aumento nos custos marginais causa também um aumento nos custos médios. Finalmente, quando a produção chega a 900 toneladas diárias, atinge-se uma restrição absoluta de capacidade, fazendo com que o custo marginal e o custo médio se tornem infinitos.

7.3 CUSTOS NO LONGO PRAZO

No longo prazo, a empresa tem possibilidade de variar todos os seus insumos. Nesta seção, mostraremos como a empresa pode escolher a combinação de insumos que seja capaz de minimizar os custos da produção de determinado produto. Procuraremos também examinar a relação entre os custos no longo prazo e o nível de produção. Para começar, analisaremos cuidadosamente os custos da utilização de equipamentos de capital. Mostraremos, então, como esses custos, assim como os da mão-de-obra, são considerados nas decisões de produção.

CUSTO DE USO DO CAPITAL

As empresas freqüentemente alugam equipamentos, prédios e outros bens de capital empregados no processo de produção. Em outros casos, os bens de capital utilizados são adquiridos. Na análise que se segue, porém, será importante considerar o capital como se ele fosse inteiramente alugado, mesmo que

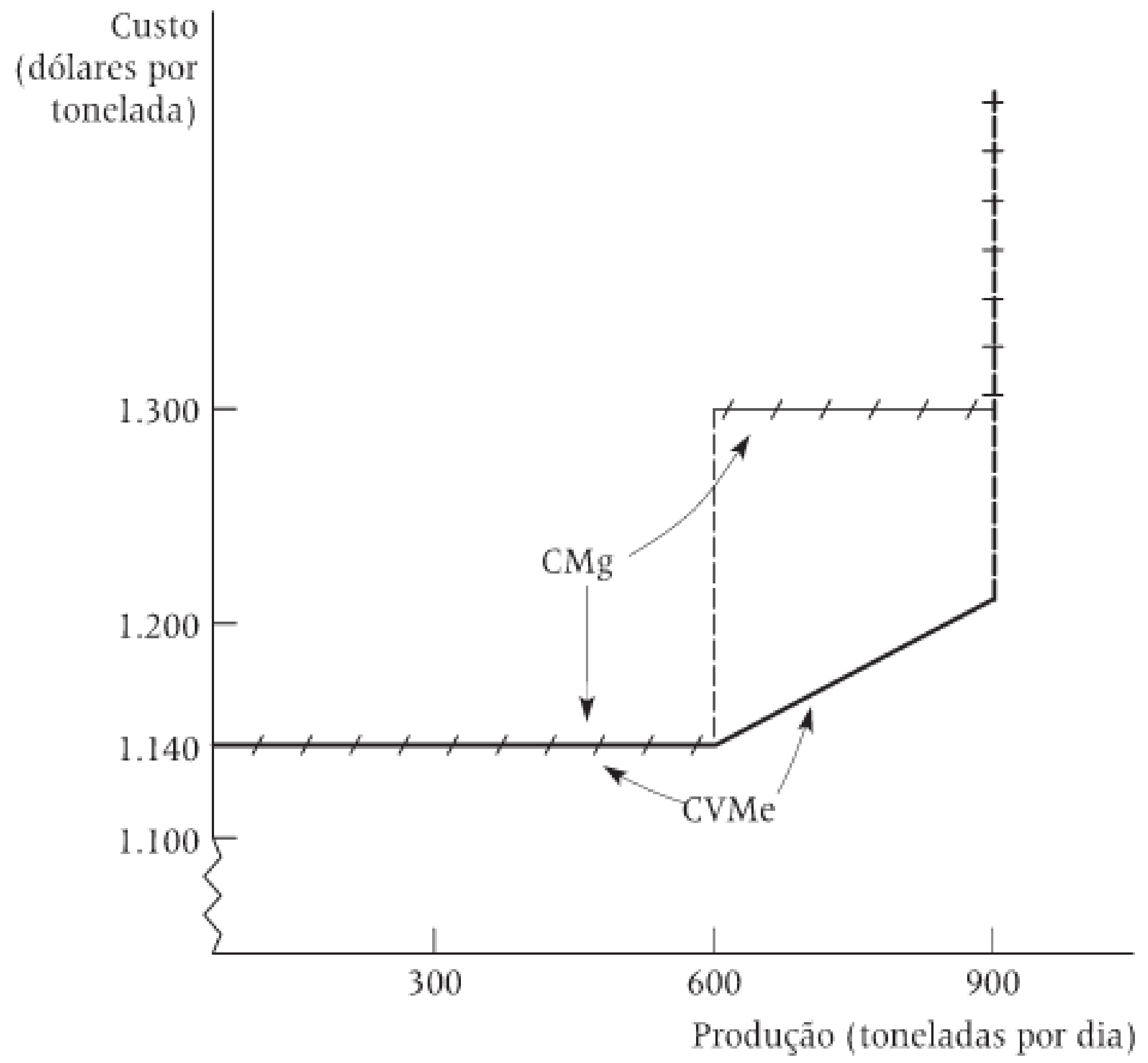


Figura 7.2 **Custos variáveis no curto prazo da fusão do alumínio**

O custo variável médio no curto prazo do processo de fusão do alumínio é constante para níveis de produção que usam até dois turnos de trabalho. Quando um terceiro turno é adicionado, o custo marginal e o custo médio aumentam até que a capacidade máxima seja atingida.

tenha sido comprado. Um caso ilustrativo ajudará a explicar como e por que isso tem de ser feito. Vamos supor que a Delta Air Lines esteja considerando a possibilidade de comprar um novo Boeing 777 por $150 milhões. Embora essa empresa aérea tenha de gastar um grande volume de recursos imediatamente, o valor da compra, por razões econômicas, tem de ser alocado ou *amortizado* durante a vida útil do avião. Isso exige que a Delta compare suas receitas e seus custos na *base de fluxos anuais*. Presumiremos que a vida útil da aeronave seja de 30 anos e que, conseqüentemente, o custo de amortização chegue a $5 milhões por ano. Os $5 milhões podem então ser vistos como a *depreciação econômica anual* do avião.

Até o presente momento, ignoramos o fato de que a empresa poderia obter uma receita de juros sobre os $150 milhões, caso optasse por não comprar a aeronave. Esse montante de juros perdido é um *custo de oportunidade* que deve ser levado em conta. Assim, o **custo de uso do capital** – o custo anual que se tem por possuir e usar a aeronave em vez de vendê-la ou nunca tê-la comprado – é dado pela *soma da depreciação econômica e pelos juros (isto é, o retorno financeiro) que poderiam ter sido ganhos se esses recursos houvessem sido aplicados de outra forma.*[5] Formalmente,

custo de uso do capital Custo que se tem por possuir e usar um ativo de capital, o qual é igual ao custo da depreciação mais os juros não recebidos.

Custo de Uso do Capital = Depreciação Econômica + (Taxa de Juros)(Valor do Capital)

No exemplo, a depreciação econômica da aeronave é de $5 milhões por ano. Suponhamos que a Delta pudesse ter obtido um retorno de 10% se tivesse investido o dinheiro de outra forma. Nesse caso, o custo de uso do capital vem a ser $5 milhões + (0,10)($150 milhões – depreciação). Ora, à medida que a aeronave sofre uma depreciação com o decorrer do tempo, seu valor declina, ocorrendo o mesmo com o custo de oportunidade do capital financeiro investido. Nos termos do exemplo, no momento da compra, fazendo uma previsão para o período de um ano, o custo de uso do capital vem a ser $5 milhões + (0,10)($150 milhões) = $20 milhões. No décimo ano, a aeronave, cujo preço terá sido depreciado em $50 milhões, valerá apenas $100 milhões. Nesse ponto, o custo de uso do capital será $5 milhões + (0,10)($100 milhões) = $15 milhões por ano.

Podemos expressar também o custo de uso do capital como uma *taxa* por unidade monetária investida em capital:

$$r = \text{Taxa de depreciação} + \text{Taxa de juros}$$

[5] Mais precisamente, o retorno financeiro deveria refletir um investimento com risco similar. A taxa de juros, conseqüentemente, deveria incluir um prêmio de risco. Discutiremos esse ponto no Capítulo 15. Note também que o custo de uso do capital não está ajustado por impostos; quando os impostos são considerados, receitas e custos devem ser mensurados em termos de seus valores após o pagamento dos impostos.

No exemplo, a taxa de depreciação vem a ser de 1/30 = 3,33% ao ano. Se a Delta pudesse ter obtido uma taxa de retorno de 10% ao ano, o custo de uso do capital, nesse caso, seria $r = 3{,}33 + 10 = 13{,}33\%$ ao ano.

Conforme já discutimos, no longo prazo a empresa pode alterar as proporções relativas de todos os seus insumos. Mostraremos agora como ela escolhe a combinação de insumos que minimiza o custo de produção para certo nível de produto, dadas informações sobre salários e o custo de uso do capital. Examinaremos então a relação entre o custo no longo prazo e o nível da produção.

ESCOLHA DE INSUMOS E MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS

Examinaremos agora um problema fundamental com o qual todas as empresas se defrontam: *como selecionar insumos para a obtenção de determinado nível de produção com um custo mínimo*. Para simplificarmos, trabalharemos com dois insumos variáveis: o trabalho (medido em horas trabalhadas por ano) e o capital (medido em horas de utilização de máquinas por ano).

A quantidade de trabalho e capital que a empresa emprega depende, obviamente, dos preços desses insumos. Presumiremos que os mercados para ambos os insumos são competitivos, de tal modo que os seus preços não sejam afetados pelas decisões da empresa considerada. (No Capítulo 14 examinaremos mercados de trabalho não competitivos.) Nesse caso, o preço do trabalho é a *taxa de salário*, *w*. Mas como saber o preço do capital?

PREÇO DO CAPITAL No longo prazo, a empresa pode modificar a quantidade de capital que emprega. Mesmo que o capital inclua maquinaria específica que não tenha uso alternativo, tais gastos ainda não se tornaram irreversíveis e precisam ser considerados. Observemos que a empresa está decidindo *prospectivamente* sobre a quantidade de capital que empregará. Diferentemente do que ocorre com os gastos com mão-de-obra, são necessários grandes gastos iniciais com bens de capital. A fim de comparar os gastos da empresa com bens de capital aos seus custos correntes de mão-de-obra, precisamos expressar esses gastos como um *fluxo*, isto é, em dólares por ano. Para fazê-lo, precisamos amortizar esses gastos distribuindo-os pela vida útil dos bens de capital, considerando também os juros perdidos que a empresa teria obtido se tivesse investido os recursos de outra forma. Como já vimos, é exatamente isso que fizemos quando calculamos o *custo de uso do capital*. Tal como antes, o preço do bem de capital é seu *custo de uso*, dado por r = Taxa de depreciação + Taxa de juros.

TAXA DE LOCAÇÃO DO CAPITAL Como já salientamos, muitas vezes o bem de capital é arrendado em vez de ser comprado. Um exemplo bastante comum são as salas de um prédio de escritórios. Nesse caso, o preço do capital é a sua **taxa de locação**, isto é, o custo por ano para arrendar uma unidade de bem de capital.

taxa de locação Custo do arrendamento anual de uma unidade de bem de capital.

Isso significa que precisamos distinguir entre o capital arrendado e o capital adquirido quando determinamos o preço do capital? Não. Se o mercado de capitais é competitivo (tal como presumimos), *a taxa de locação tem de ser igual a seu custo de uso, r*. Por quê? Porque em um mercado competitivo as empresas detentoras de capital (por exemplo, a empresa proprietária do prédio de escritórios) esperam obter um retorno competitivo ao alugá-lo, ou seja, a taxa de retorno que poderia ter sido obtida se tivessem investido o dinheiro de outra forma, mais uma certa quantia para compensar a depreciação do capital. *Esse retorno competitivo é o custo de uso do capital*.

Muitos livros simplesmente presumem que todo o capital seja arrendado a uma taxa *r*. Como vimos, essa suposição é razoável, pois *o capital adquirido pode ser considerado como se tivesse sido alugado com uma taxa de locação igual ao custo de uso do capital*.

No restante deste capítulo, consideraremos, portanto, que a empresa arrenda todo o capital a uma taxa de locação, ou 'preço', igual a *r*, da mesma forma que contrata força de trabalho a um certo salário unitário, ou 'preço', *w*. Também vamos pressupor que as empresas tratam qualquer custo irreversível de capital como um custo fixo que se dispersa ao longo do tempo. Não precisaremos, portanto, nos preocupar com custos irreversíveis. Assim, podemos nos concentrar em como uma empresa leva em consideração esses preços para determinar quanto capital e trabalho empregar.[6]

linha de isocusto Todas as combinações possíveis de trabalho e capital que podem ser adquiridas mediante dado custo.

LINHA DE ISOCUSTO

Iniciaremos examinando o custo de produção associado ao 'aluguel' de fatores, que pode ser representado por linhas de isocusto de uma empresa. Uma **linha de isocusto** inclui todas as possíveis com-

[6] É possível, obviamente, que os preços desses insumos aumentem com a demanda devido a horas extras ou a uma escassez relativa de equipamento de capital. Discutiremos a possibilidade de uma relação entre o preço dos insumos e a quantidade demandada pelas empresas no Capítulo 14.

binações de trabalho e capital que podem ser adquiridas por determinado custo total. Para visualizar uma linha de isocusto, lembre-se de que a curva do custo total, C, para a produção de qualquer produto específico é obtida por meio da soma dos custos da empresa referentes ao trabalho, wL, e ao capital, rK:

$$C = wL + rK \tag{7.2}$$

Para cada nível diferente de custo total, a equação 7.2 apresenta uma linha de isocusto diferente. Por exemplo, na Figura 7.3, a linha de isocusto C_0 descreve todas as possíveis combinações de trabalho e capital que podem ser adquiridas com um valor igual a C_0.

Se reescrevermos a equação do custo total na forma de uma equação para uma linha reta, teremos:

$$K = C/r - (w/r)L$$

Sendo assim, a linha de isocusto tem uma inclinação igual a $\Delta K/\Delta L = -(w/r)$, que é a razão entre a taxa de remuneração do trabalho e o custo da locação de capital. Essa inclinação é similar à inclinação da linha do orçamento com que se defronta um consumidor (porque ela é determinada tão-somente pelos preços das mercadorias em questão, sejam insumos ou produtos). Ela nos informa que, se uma empresa eliminasse uma unidade de trabalho (recuperando assim w dólares em custo) para poder adquirir w/r unidades de capital a um custo de r dólares por unidade, seu custo total de produção permaneceria inalterado. Por exemplo, se a taxa de remuneração de mão-de-obra fosse \$10 e o custo de locação do capital fosse \$5, a empresa poderia substituir uma unidade de trabalho por duas unidades de capital, sem a ocorrência de variação em seu custo total.

ESCOLHA DE INSUMOS

Vamos supor que tenhamos interesse em obter um nível de produção q_1. De que forma podemos fazê-lo a um custo mínimo? Vejamos a isoquanta da produção da empresa, indicada por q_1, na Figura 7.3. O problema será escolher o ponto dessa isoquanta que seja capaz de minimizar os custos totais.

A Figura 7.3 ilustra a solução para esse problema. Suponhamos que a empresa fosse despender C_0 com insumos. Infelizmente, nenhuma combinação de insumos adquirida pelo valor C_0 permitiria que a empresa atingisse o nível de produção q_1. Entretanto, o nível de produção q_1 pode ser atingido com um valor C_2, seja por meio do uso de K_2 unidades de capital e L_2 unidades de trabalho ou por meio do uso de

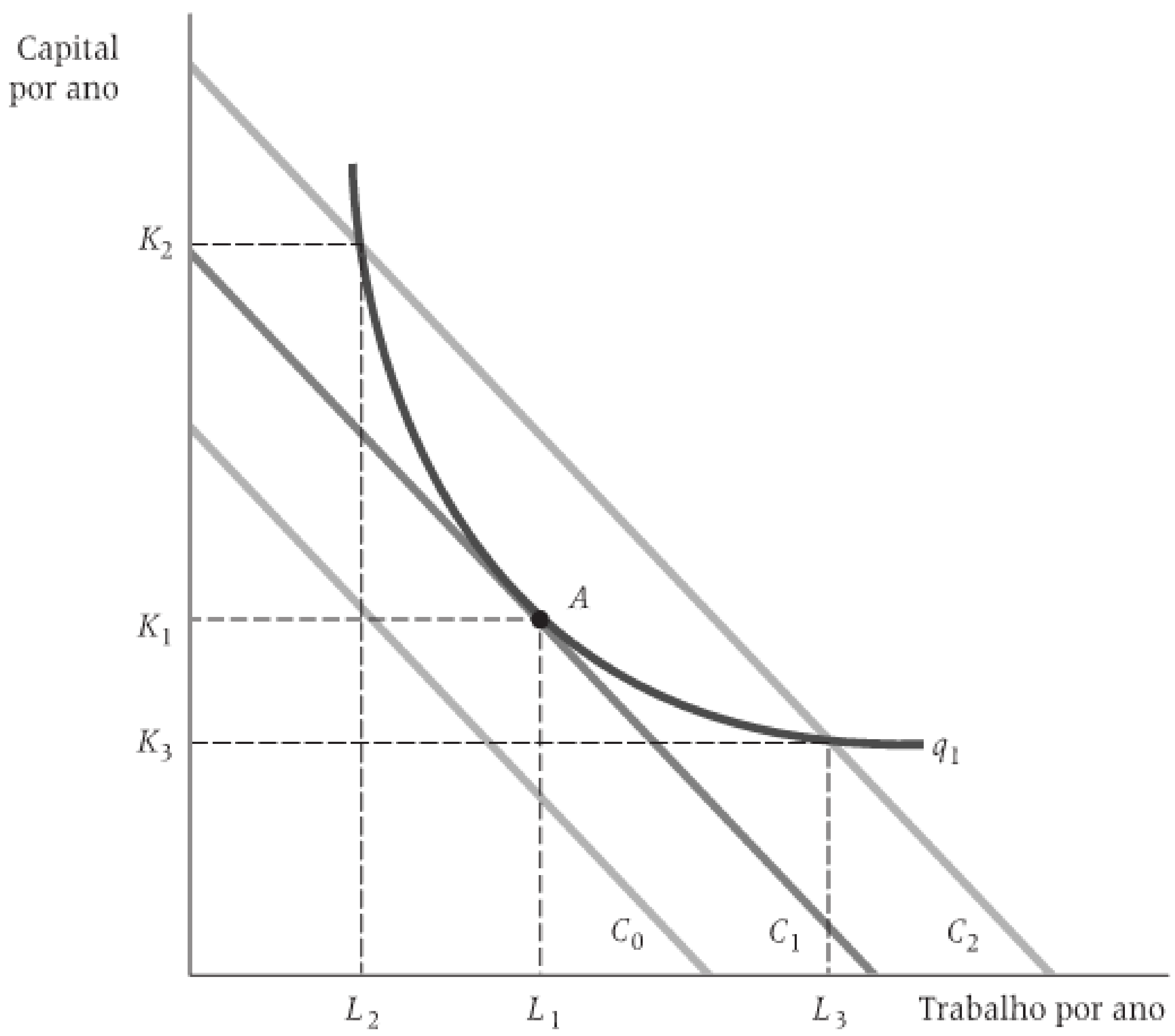


Figura 7.3 Produção de um nível determinado com um custo mínimo

As curvas de isocusto descrevem as combinações de insumos de produção que custam o mesmo montante para a empresa. A curva de isocusto C_1 é tangente à isoquanta q_1 no ponto A e mostra que o produto q_1 pode ser produzido ao custo mínimo com L_1 unidades de insumo trabalho e K_1 unidades de insumo capital. Outras combinações de insumos – L_2, K_2 e L_3, K_3 – fornecem a mesma produção, mas a um custo maior.

K_3 unidades de capital e L_3 unidades de trabalho. No entanto, C_2 não é o custo mínimo. O mesmo nível de produção q_1 poderia ser obtido de forma menos dispendiosa por um custo C_1, utilizando-se K_1 unidades de capital e L_1 unidades de trabalho. Na verdade, a linha de isocusto C_1 é a linha mais baixa de isocusto que permite a obtenção do nível de produção q_1. O ponto de tangência da isoquanta q_1 com a linha de isocusto, no ponto A, fornece-nos a escolha que minimiza os custos dos insumos L_1 e K_1 e pode ser identificado diretamente a partir do diagrama. Nesse ponto, as inclinações da isoquanta e da linha de isocusto são exatamente iguais.

Quando aumenta o gasto com todos os insumos, a inclinação da linha de isocusto não sofre modificação (porque não ocorreu alteração dos preços dos insumos), mas o intercepto aumenta. Suponhamos que o preço de um dos insumos, por exemplo, o trabalho, viesse a apresentar elevação. Nesse caso, a inclinação da linha de isocusto, ou seja, $-(w/r)$, teria aumentado, e a própria linha de isocusto teria se tornado mais inclinada. A Figura 7.4 mostra esse fato. Inicialmente, a linha de isocusto é C_1, e a empresa minimiza seu custo da produção q_1 no ponto A, utilizando L_1 unidades de trabalho e K_1 unidades de capital. Quando o preço do trabalho aumenta, a linha de isocusto se torna mais inclinada. A linha de isocusto C_2 reflete o custo mais elevado do trabalho. Defrontando-se com esse preço mais elevado para o trabalho, a empresa minimiza seu custo da produção q_1 no ponto B, empregando L_2 unidades de trabalho e K_2 unidades de capital. Assim, a empresa reage contra a elevação do preço do trabalho empregando mais capital em substituição ao trabalho no processo produtivo.

Na Seção 6.3, explicamos que a TMST é a quantidade de capital que pode ser reduzida quando uma unidade adicional de trabalho é empregada, de maneira que o produto seja mantido constante.

De que forma tais fatos se relacionam com o processo produtivo da empresa? Lembre-se de que, na análise que fizemos da tecnologia de produção, mostramos que a taxa marginal de substituição técnica de capital por trabalho (TMST) corresponde ao negativo da inclinação da isoquanta, sendo igual à razão entre os produtos marginais do trabalho e do capital:

$$\text{TMST} = -\Delta K/\Delta L = \text{PMg}_L/\text{PMg}_K \qquad \textbf{(7.3)}$$

Pudemos observar anteriormente que a linha de isocusto tem uma inclinação igual a $\Delta K/\Delta L = -w/r$. Portanto, quando uma empresa minimiza o custo de determinado nível de produção, torna-se válida a seguinte condição:

$$\text{PMg}_L/\text{PMg}_K = w/r$$

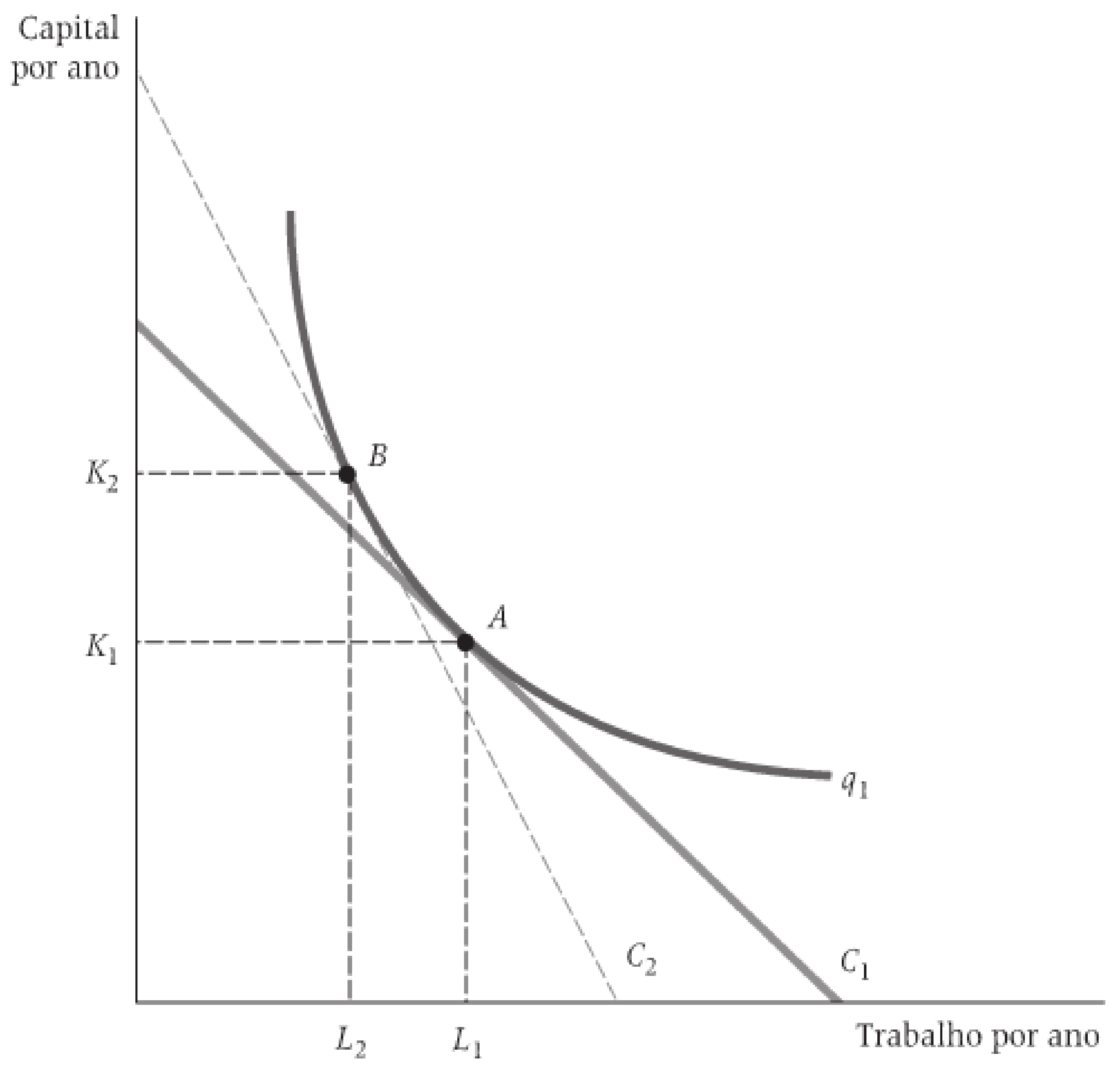


Figura 7.4 Substituição de insumos quando o preço de um deles muda

Ao se defrontar com uma curva de isocusto C_1, a empresa produz q_1 no ponto A utilizando L_1 unidades de insumo trabalho e K_1 unidades de insumo capital. Quando o preço do insumo trabalho aumenta, a curva de isocusto torna-se mais inclinada. O produto q_1 é agora obtido no ponto B da curva de isocusto C_2, utilizando L_2 unidades de trabalho e K_2 unidades de capital.

Podemos reescrever tal condição da seguinte maneira:

$$PMg_L/w = PMg_K/r \tag{7.4}$$

PMg_L/w é o produto adicional que resulta do gasto de uma unidade monetária a mais em trabalho. Suponhamos, por exemplo, que a taxa de remuneração do trabalho seja igual a \$10 e que, ao acrescentar um trabalhador ao processo de produção, o produto aumente em 20 unidades. O produto adicional por unidade monetária despendida em trabalho será igual a 20/\$10 = 2. De modo semelhante, PMg_K/r é o produto adicional que resulta do gasto de uma unidade monetária a mais em capital. Portanto, a equação 7.4 nos diz que uma empresa que minimiza custos escolhe as quantidades de insumos de tal modo que a última unidade monetária gasta em qualquer insumo adicionado ao processo de produção gere a mesma quantidade de produto adicional.

Por que é válida essa condição de igualdade na minimização de custos? Além de uma taxa de remuneração do trabalho igual a \$10, suponhamos que a taxa de locação de capital seja igual a \$2. Suponhamos, também, que uma unidade a mais de capital aumente o produto em 20 unidades. Nesse caso, o produto adicional por unidade monetária vem a ser 20/\$2 = 10. Como uma unidade monetária gasta em capital vem a ser cinco vezes mais produtiva do que uma unidade monetária gasta em trabalho, a empresa desejará empregar mais capital e menos trabalho. Se a empresa reduzir a quantidade de trabalho e aumentar a quantidade de capital, o produto marginal do trabalho aumentará, e o produto marginal do capital se reduzirá. Inevitavelmente, será alcançado o ponto no qual a produção de uma unidade adicional custa o mesmo, qualquer que seja o insumo acrescentado. Nesse ponto, a empresa está minimizando seu custo.

EXEMPLO 7.4 Efeito das taxas para efluentes nas escolhas dos insumos

As usinas de aço são freqüentemente construídas às margens, ou nas proximidades, de um rio. Os rios oferecem um meio de transporte prontamente disponível e barato, tanto para o minério de ferro que é utilizado na produção quanto para o próprio aço produzido. Infelizmente, os rios também possibilitam um método barato de a empresa se desfazer dos subprodutos do processo produtivo, denominados *efluentes*. Por exemplo, a usina de aço processa o minério de ferro usado em seus altos-fornos moendo a taconita até que esta adquira uma consistência muito fina. Durante tal processo, o minério é extraído por atração magnética à medida que um fluxo de água com minério de ferro circula pela fábrica. Um subproduto desse processo – as partículas finas de taconita – pode ser lançado ao rio mediante um custo relativamente baixo para a empresa. Os métodos alternativos de remoção ou de tratamento dos resíduos são relativamente dispendiosos.

Como as partículas de taconita não são biodegradáveis e são consideradas perigosas para a flora e os peixes, o órgão de proteção ambiental dos Estados Unidos, denominado Environmental Protection Agency (EPA), criou uma taxa para efluentes, ou seja, uma taxa por unidade de resíduo despejado que a empresa tem de pagar. De que forma o administrador da empresa deve lidar com tal taxa para minimizar os custos da produção?

Suponhamos que, sem tal regulamentação, a usina de aço esteja produzindo 2.000 toneladas de aço por mês, fazendo uso de 2.000 horas-máquina de capital e de 10.000 galões de água (contendo partículas de taconita que serão jogadas no rio). O administrador da empresa estima que uma hora-máquina custe \$40 e que o despejo de cada galão de água no rio custe \$10 para a empresa. O custo total da produção é, portanto, de \$180.000: \$80.000 com capital e \$100.000 com o despejo da água. De que forma o administrador deve reagir à imposição da taxa de \$10 por galão de água despejada? O administrador sabe que há alguma flexibilidade no processo de produção. Se a empresa põe em funcionamento um equipamento de tratamento de efluentes mais caro, ela pode obter o mesmo produto com menos água despejada.

A Figura 7.5 mostra uma resposta capaz de minimizar os custos (a qual mantém o nível de produção da empresa). O eixo vertical mede o insumo de capital da empresa em horas-máquina por mês e o eixo horizontal mede a quantidade de galões de água despejados por mês. Em primeiro lugar, consideremos o sistema produtivo utilizado pela empresa quando não existe a taxa para efluentes. O ponto *A* representa o insumo capital e o nível de água despejada que permitem que a empresa produza sua quota de aço a um custo mínimo. Pelo fato de a empresa estar minimizando seus custos, o ponto *A* encontra-se situado na linha de isocusto *FC*, tangente à isoquanta. A inclinação da linha de

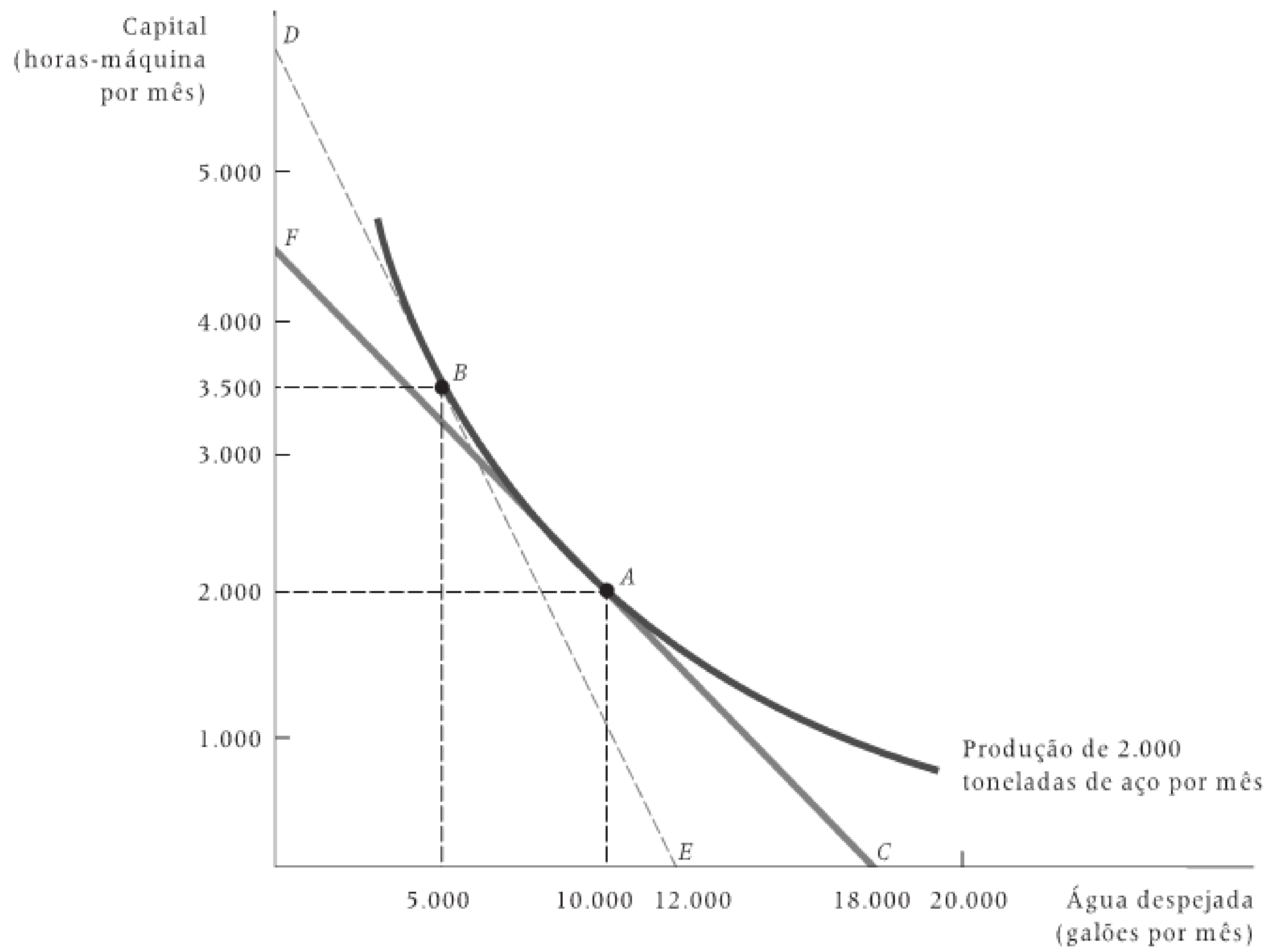


Figura 7.5 Minimização de custos diante de uma taxa para efluentes

Quando a empresa não sofre cobrança de taxa relativa ao despejo de seus efluentes em um rio, ela opta por determinado nível de produção, com 10.000 galões de água despejada e 2.000 horas-máquina de capital no ponto *A*. Entretanto, a taxa para efluentes eleva o custo da água despejada, deslocando a curva de isocusto de *FC* para *DE* e fazendo com que a empresa passe a produzir no ponto *B*, com muito menos efluentes.

isocusto é igual a –\$10/\$40 = –0,25, pois uma unidade de capital custa quatro vezes mais do que uma unidade de água despejada.

Quando a taxa para efluentes passa a ser arrecadada, o custo da água despejada aumenta, passando de \$10 por galão para \$20, já que para cada galão de água despejada (que custa \$10) a empresa tem de pagar ao governo \$10 adicionais. A taxa para efluentes aumenta o custo da água despejada em relação ao capital. Para poder obter o mesmo nível de produção ao menor custo possível, o administrador necessita escolher a linha de isocusto com uma inclinação de –\$20/ \$40 = –0,5, que é tangente à isoquanta. Na Figura 7.5, *DE* apresenta-se como a linha de isocusto apropriada, e o ponto *B* oferece a combinação adequada de capital e efluentes. O deslocamento do ponto *A* para o ponto *B* mostra que, havendo uma taxa para efluentes, o uso de uma tecnologia de produção alternativa, dando maior ênfase ao uso de capital (3.500 horas-máquina) e com menor produção de efluentes (5.000 galões), torna-se menos dispendioso do que o processo original, que não enfatizava a reciclagem. (O custo total da produção aumentou para \$240.000: \$140.000 com capital, \$50.000 com a água despejada e \$50.000 com a taxa para efluentes.)

Podemos tirar duas lições dessa decisão. Em primeiro lugar, quanto mais fácil for a substituição de fatores no processo produtivo, ou seja, quanto mais fácil for para a empresa tratar as partículas de taconita sem a utilização do rio, mais eficaz será a taxa na redução do despejo dos efluentes. Em segundo lugar, quanto maior for o grau de substituição, mais fácil será para a empresa evitar a taxa. Em nosso exemplo, a taxa teria sido de \$100.000 se a empresa não tivesse feito uma alteração em seus insumos. Ao deslocar sua produção do ponto *A* para o ponto *B*, porém, a empresa paga apenas \$50.000 de taxa.

MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS COM VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE PRODUÇÃO

Na seção anterior, vimos de que forma uma empresa, visando à minimização de custos, opta por uma combinação de insumos para poder obter dado nível de produção. Agora ampliaremos essa análise para que possamos ver de que maneira os custos da empresa dependem de seu nível de produção. Para tanto, determinaremos as quantidades de insumos que minimizam os custos da empresa e, posteriormente, calcularemos os custos resultantes.

O exercício de minimização de custos fornece um resultado como o mostrado na Figura 7.6. Suponhamos que as empresas possam contratar mão-de-obra, L, com salário w = \$10 por hora, assim como arrendar uma unidade de capital, K, por r = \$20 por hora. Dados esses custos de insumos, podemos desenhar três das linhas de isocusto da empresa, as quais têm a seguinte equação:

$$C = (\$10 \text{ por hora})(L) + (\$20 \text{ por hora})(K)$$

Na Figura 7.6(a), a linha mais baixa (sem denominação no gráfico) representa um custo de \$1.000; a linha do meio e a linha superior representam, respectivamente, custos de \$2.000 e \$3.000.

Cada um dos pontos A, B e C na Figura 7.6(a) representa um ponto de tangência entre uma curva de isocusto e uma isoquanta. O ponto B, por exemplo, mostra que para produzir 200 unidades de produto com o menor custo é preciso empregar 100 unidades de trabalho e 50 unidades de capital, uma combinação situada na linha de isocusto correspondente a \$2.000. De modo similar, a forma mais bara-

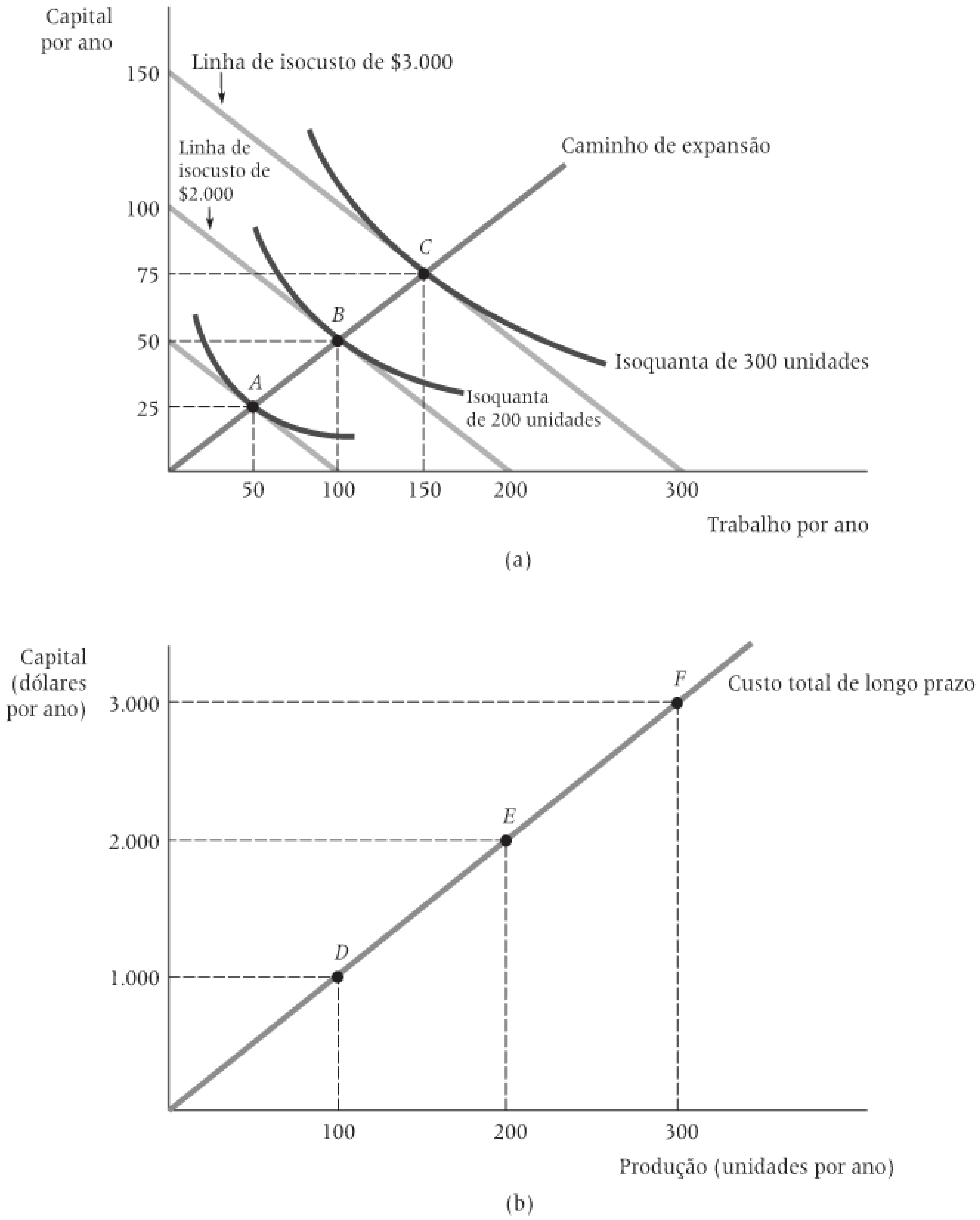


Figura 7.6 **Caminho de expansão e curva de custo total no longo prazo de uma empresa**

Em **(a)**, o caminho de expansão (a partir da origem, passando pelos pontos A, B e C) ilustra as combinações de trabalho e capital que apresentam menores custos e que podem ser utilizadas na obtenção de cada nível de produção no longo prazo, quando todos os insumos de produção podem ser variados. Em **(b)**, a curva de custo total no longo prazo correspondente (a partir da origem, passando pelos pontos D, E e F) apresenta o menor custo de produção para cada nível de produção.

ta de produzir 100 unidades de produto (isoquanta sem denominação) envolve um gasto de \$1.000 (obtido no ponto A, em que $L = 50$ e $K = 25$). Para produzir 300 unidades de produto com o menor custo é preciso gastar \$3.000 com insumos (ponto C, em que $L = 150$ e $K = 75$).

A curva que passa nos pontos de tangência entre as linhas de isocusto e as isoquantas é o *caminho de expansão*. O **caminho de expansão** apresenta as combinações de trabalho e capital pelas quais a empresa optará para minimizar seus custos em cada um dos níveis de produção. Enquanto a utilização de ambos os insumos estiver aumentando à medida que o nível de produção aumentar, a curva terá inclinação ascendente. Nesse caso particular, é fácil calcular a inclinação dessa linha. Conforme o produto aumenta de 100 para 200 unidades, o capital aumenta de 25 para 50 unidades, e o trabalho, de 50 para 100 unidades. Para cada nível de produto, a empresa emprega em capital metade do que emprega em trabalho.* Assim, o caminho de expansão apresenta uma inclinação igual a

caminho de expansão Curva que passa pelos pontos de tangência entre as linhas de isocustos e as isoquantas de uma empresa.

$$\Delta K/\Delta L = (50 - 25)/(100 - 50) = \tfrac{1}{2}$$

CAMINHO DE EXPANSÃO E CUSTOS NO LONGO PRAZO

O caminho de expansão da empresa contém as mesmas informações da curva de custo total no longo prazo, $C(q)$. Isso pode ser visualizado na Figura 7.6(b). Para traçarmos a curva de custo a partir do caminho de expansão, seguimos três passos:

1. Escolhemos um nível de produto representado por uma isoquanta na Figura 7.6(a). Encontramos, então, o ponto de tangência dessa isoquanta com uma linha de isocusto.
2. A partir da linha de isocusto escolhida, determinamos o custo mínimo para produzir o produto que foi selecionado.
3. Desenhamos o gráfico das combinações de custo e produto na Figura 7.6(b).

Suponhamos que comecemos com um produto de 100 unidades. O ponto de tangência entre a isoquanta de 100 unidades e uma das linhas de isocusto é A na Figura 7.6(a). Como A está situado na linha de isocusto \$1.000, sabemos que o custo mínimo para produzir 100 unidades no longo prazo vem a ser \$1.000. Marcamos, então, essa combinação de 100 unidades de produto e \$1.000 de custo como o ponto D na Figura 7.6(b). O ponto D representa, então, a combinação constituída pelo custo de \$1.000 e pela produção de 100 unidades. De modo similar, o ponto E representa a combinação constituída por um custo de \$2.000 e pela produção de 200 unidades, correspondente ao ponto B no caminho de expansão. Finalmente, o ponto F representa o custo de \$3.000 e a produção de 300 unidades, correspondente ao ponto C. Repetindo esses passos para cada nível de produção possível, obtemos a curva de custo total no longo prazo da Figura 7.6(b), cujos pontos representam os custos mínimos no longo prazo para obter cada nível de produto.

Nesse exemplo particular, a curva de custo total no longo prazo é uma reta. Isso ocorre porque há rendimentos de escala constantes na produção: quando os insumos crescem na mesma proporção, o mesmo ocorre com o produto total. Como veremos na próxima seção, a forma do caminho de expansão fornece informações sobre como os custos se alteram com a escala de operação da empresa.

7.4 CURVAS DE CUSTO NO LONGO PRAZO *VERSUS* CURVAS DE CUSTO NO CURTO PRAZO

Anteriormente, vimos (na Figura 7.1) que as curvas de custo médio no curto prazo apresentam formato em U. Veremos agora que as curvas de custo médio no longo prazo também apresentam formato em U. Entretanto, diferentes fatores econômicos explicam os formatos de tais curvas. Nesta seção, discutiremos as curvas de custo médio e de custo marginal no longo prazo, enfatizando as diferenças entre essas curvas e suas correspondentes no curto prazo.

INFLEXIBILIDADE DA PRODUÇÃO NO CURTO PRAZO

Lembre-se de que no longo prazo todos os insumos da empresa podem ser variados, pois o planejamento abrange um período extenso o suficiente para que seja possível a realização de modificações in-

* Cálculo que considera apenas os números puros, sem levar em conta as unidades em que são medidos os insumos capital e trabalho (N.T.).

clusive nas dimensões da fábrica. Tal flexibilidade adicional possibilita que a empresa obtenha uma produção com menor custo médio do que no curto prazo. Para entender a razão de tal fato, poderíamos comparar a situação em que capital e trabalho sejam ambos flexíveis com o caso em que o capital seja fixo no curto prazo.

A Figura 7.7 apresenta as isoquantas da produção da empresa. O seu *caminho de expansão no longo prazo* é a linha reta partindo da origem que corresponde à trajetória apresentada na Figura 7.6. Suponhamos que o capital esteja fixo no nível K_1 no curto prazo. Para obter o nível de produção q_1, a empresa minimizaria custos pela escolha da quantidade L_1 de trabalho, correspondendo ao ponto de tangência com a linha de isocusto *AB*. A inflexibilidade surge quando a empresa decide elevar seu nível de produção para q_2 sem aumentar o uso do capital. Se o capital não estivesse fixo, seria possível atingir esse nível de produção com a quantidade K_2 de capital e a quantidade L_2 de trabalho. Seu custo de produção seria refletido pela linha de isocusto *CD*.

Entretanto, o nível fixo de capital força a empresa a elevar seu nível de produção por meio da quantidade K_1 de capital e da quantidade L_3 de trabalho no ponto *P*. O ponto *P* situa-se sobre a linha de isocusto *EF*, que corresponde a um custo mais alto do que a linha *CD*. O custo da produção é mais elevado quando o capital é mantido fixo porque a empresa é incapaz de substituir o trabalho pelo capital, que seria relativamente mais barato, ao expandir sua produção. Essa inflexibilidade se reflete *no caminho de expansão no curto prazo*, o qual começa como uma reta a partir da origem, mas se torna horizontal a partir do momento em que o insumo capital atinge o valor K_1.

CUSTO MÉDIO NO LONGO PRAZO

No longo prazo, a capacidade de variar a quantidade de capital permite que a empresa reduza seus custos. Para visualizarmos como variam os custos, à medida que a empresa percorre seu caminho de expansão no longo prazo, podemos observar as curvas de custo médio e custo marginal no longo prazo.[7]

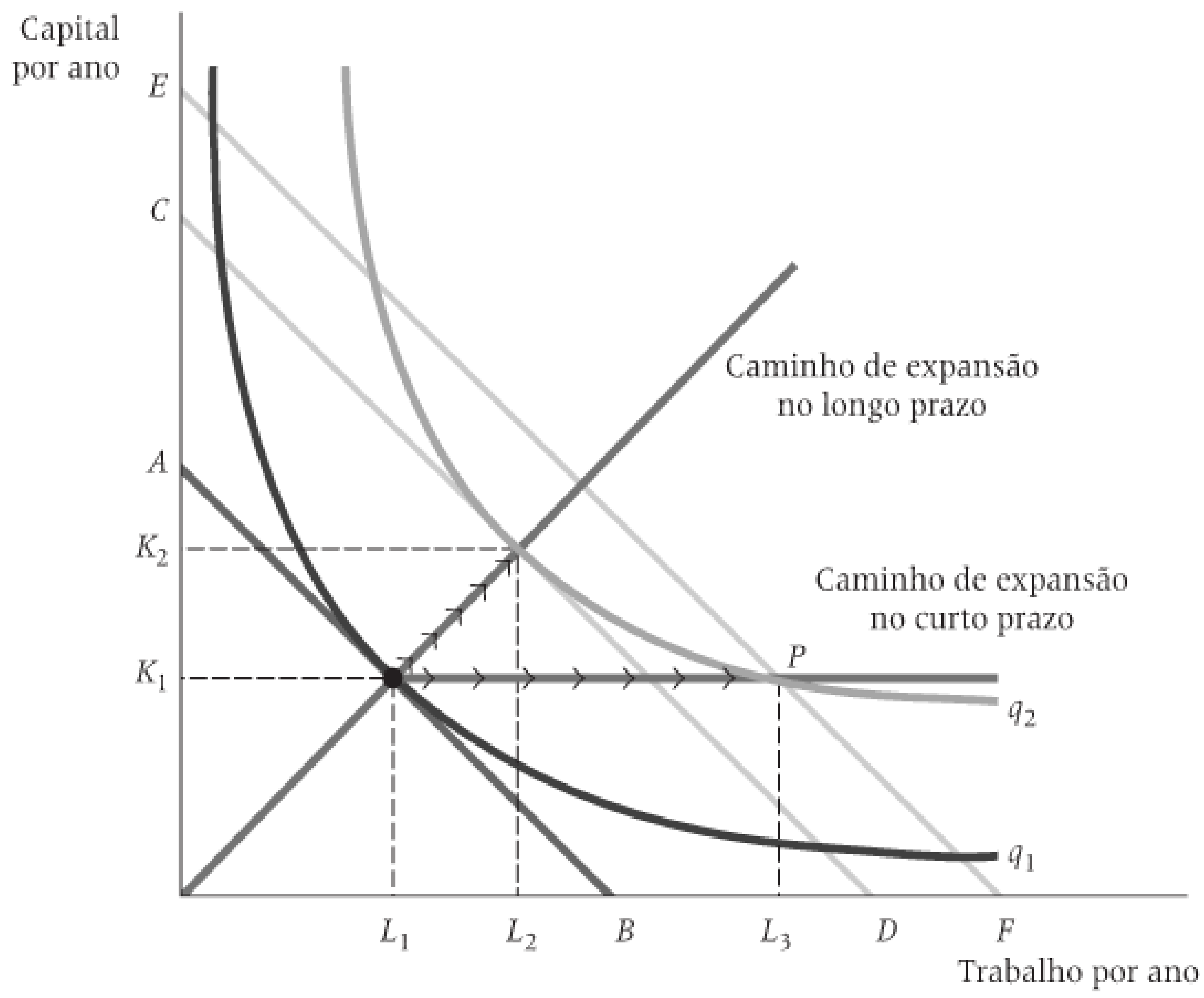


Figura 7.7 Inflexibilidade da produção no curto prazo

Quando uma empresa opera no curto prazo, seu custo de produção pode não ser minimizado devido à inflexibilidade na utilização de insumos de capital. Inicialmente, o nível de produção é q_1. No curto prazo, o nível de produção q_2 só pode ser atingido aumentando-se o insumo trabalho de L_1 para L_3, porque a quantidade de capital está fixa em K_1. No longo prazo, o mesmo produto pode ser atingido com custos mais baixos, aumentando-se o trabalho de L_1 para L_2 e o capital de K_1 para K_2.

[7] No curto prazo, o formato das curvas de custo médio e custo marginal era determinado principalmente por rendimentos decrescentes. Como já apresentamos no Capítulo 6, rendimentos decrescentes para cada fator de produção mostram-se consistentes com rendimentos de escala constantes (ou crescentes).

O mais importante determinante do formato das curvas de custo médio e de custo marginal de longo prazo é a relação entre a escala de operação da empresa e os insumos que são necessários para minimizar seus custos. Suponhamos, por exemplo, que o processo produtivo da empresa apresente rendimentos constantes de escala para todos os níveis de produção. Sendo assim, a duplicação dos insumos ocasionaria uma duplicação do nível de produção. Como os preços dos insumos permanecem inalterados à medida que o nível de produção vai sendo elevado, o custo médio da produção deve ser o mesmo para todos os níveis de produção.

Suponhamos, por outro lado, que o processo produtivo da empresa esteja sujeito a rendimentos crescentes de escala. A duplicação dos insumos ocasionaria, então, mais do que uma duplicação do nível de produção. Dessa forma, o custo médio da produção apresentaria uma redução com a elevação do nível de produção, pois a duplicação dos custos estaria associada a um aumento da produção em mais do que o dobro. Pela mesma lógica, se ocorressem rendimentos decrescentes de escala, o custo médio da produção apresentaria uma elevação com o aumento da produção.

curva de custo médio no longo prazo (CMeLP) Curva que fornece o custo médio de produção para cada nível de produto quando todos os insumos, incluindo capital, são variáveis.

curva de custo médio no curto prazo (CMeCP) Curva que fornece o custo médio de produção para cada nível de produto quando o nível do capital é fixo.

curva de custo marginal no longo prazo (CMgLP) Curva que fornece a variação no custo total no longo prazo quando o produto aumenta em 1 unidade.

Vimos que a curva de custo total no longo prazo associada ao caminho de expansão na Figura 7.6(*a*) era uma linha reta partindo da origem. Nesse caso de rendimentos de escala constantes, o custo médio no longo prazo é constante, pois não muda quando o produto aumenta. Para um produto de 100, o custo médio no longo prazo é \$1.000/100 = \$10 por unidade. Para um produto de 200, o mesmo custo se torna \$2.000/200 = \$10 por unidade; para um produto de 300, também é de \$10 por unidade. Como um custo médio constante significa um custo marginal também constante, as curvas de custo marginal e médio no longo prazo são dadas por uma linha horizontal a um custo de \$10 por unidade.

No capítulo anterior, vimos que no longo prazo a tecnologia de produção da maioria das empresas apresenta inicialmente rendimentos crescentes de escala, depois passa a apresentar rendimentos constantes de escala e, por fim, apresenta rendimentos decrescentes de escala. A Figura 7.8 mostra uma típica **curva de custo médio no longo prazo (CMeLP)**, coerente com essa descrição de processo produtivo. A curva de custo médio no longo prazo apresenta formato em U, do mesmo modo que a **curva de custo médio no curto prazo**, porém a razão do formato em U são os rendimentos crescentes e decrescentes de escala, em vez de rendimentos decrescentes de determinado fator de produção.

A **curva de custo marginal no longo prazo (CMgLP)** pode ser determinada a partir da curva de custo médio no longo prazo; ela mede a mudança nos custos totais de longo prazo à medida que a produção aumenta. CMgLP está abaixo da curva de custo médio no longo prazo quando CMeLP está diminuindo e acima da curva de custo médio no longo prazo quando CMeLP está aumentando.[8] As duas curvas se cruzam no ponto *A*, onde a curva de custo médio no longo prazo atinge seu ponto mínimo. No caso especial em que CMeLP é constante, então temos igualdade entre CMeLP e CMgLP.

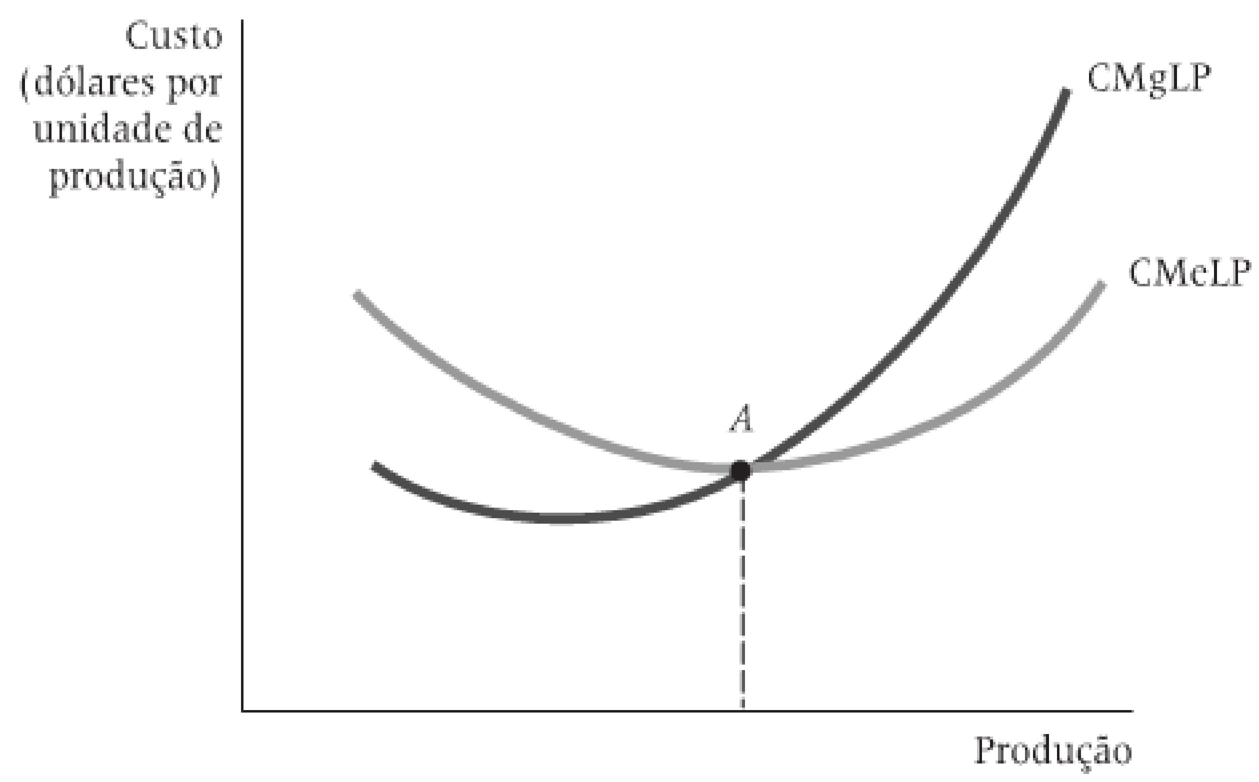


Figura 7.8 Curvas de custo médio e custo marginal no longo prazo

Quando uma empresa apresenta um nível de produção em que o custo médio no longo prazo (CMeLP) está diminuindo, o custo marginal de longo prazo (CMgLP) é menor que o CMeLP. Inversamente, quando o CMeLP aumenta, o CMgLP é maior que o CMeLP. As duas curvas se cruzam no ponto *A*, onde a curva de CMeLP atinge seu valor mínimo.

[8] Lembre-se de que CMe = CT/q, que significa que $\Delta CMe/\Delta q = [q(\Delta CT/\Delta q) - CT]/q^2 = (CMg - CMe)/q$. Claramente, quando CMe está aumentando, $\Delta CMe/\Delta q$ é positivo e CMg > CMe. Da mesma forma, quando CMe está diminuindo, $\Delta CMe/\Delta q$ é negativo e CMg < CMe.

ECONOMIAS E DESECONOMIAS DE ESCALA

À medida que o produto cresce, o custo de produção médio tende a cair, pelo menos até certo ponto. Isso pode acontecer pelos seguintes motivos:

1. Se a empresa opera numa escala maior, os funcionários podem se especializar nas atividades em que são mais produtivos.
2. A escala pode proporcionar flexibilidade. Ao dosar a combinação dos insumos utilizados na produção, os administradores podem organizar o processo produtivo de maneira mais eficaz.
3. Por comprar insumos em grandes quantidades e, assim, ter maior poder de negociação, a empresa pode consegui-los a preço mais baixo. Se os administradores aproveitarem os insumos de menor custo, o *mix* de insumos pode mudar conforme a escala.

Em algum momento, porém, é provável que o custo de produção médio comece a aumentar juntamente com a produção. Existem três motivos para essa mudança:

1. Pelo menos no curto prazo, os funcionários terão dificuldade para fazer um trabalho eficaz por causa de fatores como espaço e maquinaria.
2. À medida que o número de tarefas aumenta, a gestão para uma empresa maior pode se tornar mais complexa e ineficiente.
3. As vantagens de comprar em grandes quantidades podem desaparecer quando certo limite for atingido. Em determinado ponto, a oferta de insumos essenciais pode se tornar restrita, o que vai impulsionar o preço deles.

Para analisar a relação entre a escala de operação da empresa e seus custos, precisamos reconhecer que, quando são modificadas as proporções entre os insumos, o caminho de expansão deixa de ser uma linha reta, e o conceito de rendimentos de escala não mais se aplica. Em vez disso, dizemos que a empresa apresenta **economias de escala** quando ela é capaz de duplicar sua produção com menos do que o dobro dos custos. Da mesma forma, existem **deseconomias de escala** quando a duplicação da produção corresponde a mais do que o dobro dos custos. O termo *economias de escala* abrange, como um caso especial, os rendimentos crescentes de escala, sendo, porém, mais amplo, pois permite que as combinações de insumos sejam alteradas à medida que a empresa varia seu nível de produção. Nesse contexto mais geral, a curva de custo médio em formato de U é coerente com o fato de que a empresa pode apresentar economias de escala para níveis de produção relativamente baixos e deseconomias de escala para níveis mais elevados de produção.

economias de escala Pode-se dobrar o produto quando o custo não chega a dobrar.

deseconomias de escala Para se dobrar o produto é necessário que os custos mais do que dobrem.

Na Seção 6.4, explicamos que os rendimentos de escala são crescentes nos casos em que o produto mais do que dobra quando os insumos são proporcionalmente dobrados.

Para perceber a diferença entre rendimentos de escala (condição em que os insumos são usados em proporções constantes à medida que a produção cresce) e economias de escala (condição em que a proporção dos insumos varia), pense numa fazenda leiteira. A produção de leite depende de terra, equipamentos, vacas e ração. Uma fazenda leiteira com 50 vacas usará um *mix* de insumos que privilegie o trabalho, não os equipamentos (isto é, as vacas serão ordenhadas manualmente). Se todos os insumos forem dobrados, uma fazenda com 100 vacas poderia dobrar sua produção de leite. O mesmo valeria para a fazenda com 200 vacas, e assim por diante. Nesse caso, há rendimentos de escala constantes.

Grandes fazendas leiteiras, porém, têm a opção de usar máquinas de ordenha. Se, apesar de seu tamanho, uma grande fazenda continuar a ordenhar o gado manualmente, os rendimentos constantes continuarão a ser aplicados. Contudo, quando a fazenda passa de 50 para 100 vacas, ela muda sua tecnologia e começa a usar máquinas; assim, consegue reduzir seu custo médio de produção de \$0,20 por galão de leite para \$0,15 por galão. Nesse caso, temos economias de escala.

Esse exemplo ilustra o fato de que o processo produtivo de uma empresa pode exibir rendimentos de escala constantes e, ao mesmo tempo, economias de escala. Obviamente, as empresas também podem desfrutar rendimentos de escala crescentes e economias de escala. É bom comparar esses dois últimos:

> *Rendimentos de escala crescentes:* a produção mais do que dobra quando as quantidades de todos os insumos são dobradas.
> *Economias de escala:* para dobrar a produção, não é preciso dobrar os custos.

Economias de escala são freqüentemente medidas em termos de elasticidade de custo do produto, E_C, que é o percentual de mudança no custo de produção devido a um aumento de 1% no nível de produto.

$$E_C = (\Delta C/C)/(\Delta q/q) \quad \textbf{(7.5)}$$

Para ver como E_C está relacionada às nossas tradicionais medidas de custo, podemos reescrever a equação 7.5 da seguinte forma:

$$E_C = (\Delta C/\Delta q)/(C/q) = \text{CMg/CMe} \quad \textbf{(7.6)}$$

Claramente, E_C é igual a 1 quando os custos marginal e médio são iguais; então, os custos aumentam proporcionalmente com o produto, não havendo nem economias nem deseconomias de escala (haveria rendimentos constantes de escala se a proporção dos insumos fosse fixa). Quando existem economias de escala (quando os custos não chegam a aumentar proporcionalmente à produção), o custo marginal é menor que o custo médio (ambos diminuem) e E_C é menor que 1. Por fim, quando há deseconomias de escala, o custo marginal é maior que o custo médio e E_C é maior que 1.

RELAÇÃO ENTRE CUSTOS NO CURTO E LONGO PRAZOS

A Figura 7.9 ilustra a relação entre os custos no curto prazo e os custos no longo prazo. Suponhamos que uma empresa não tenha certeza sobre a demanda futura de seu produto e esteja considerando três alternativas de tamanho de fábrica. As curvas de custo médio no curto prazo para cada uma das fábricas estão indicadas por CMeCP_1, CMeCP_2 e CMeCP_3. Trata-se de uma decisão importante, pois, uma vez construída a fábrica, a empresa não poderá modificá-la durante certo tempo.

A Figura 7.9 mostra o caso em que há três possíveis tamanhos de fábrica. Se a empresa espera produzir q_0 unidades de produto, deve construir a fábrica de menor tamanho. Seu custo médio de produção será de \$8. (Se depois ela decidir produzir q_1 unidades, o custo médio no curto prazo continuará sendo de \$8.) No entanto, se ela espera produzir q_2 unidades, a fábrica de tamanho médio será a melhor alternativa. De maneira semelhante, com uma produção de q_3 unidades, a maior das três fábricas será a escolha mais eficiente.

Qual será a curva do custo médio no longo prazo para essa empresa? No longo prazo, a empresa poderá alterar o tamanho de sua fábrica. Ao fazê-lo, sempre escolherá a opção que minimize o custo médio de produção.

A curva de custo médio no longo prazo é indicada pelos trechos com pequenas linhas transversais das curvas de custo médio no curto prazo, pois tais trechos apresentam o mínimo custo de produção para quaisquer níveis de produção. A curva de custo médio no longo prazo corresponde à *envolvente* das curvas de custo médio no curto prazo, ou seja, a curva tangente que passa externamente por estas últimas.

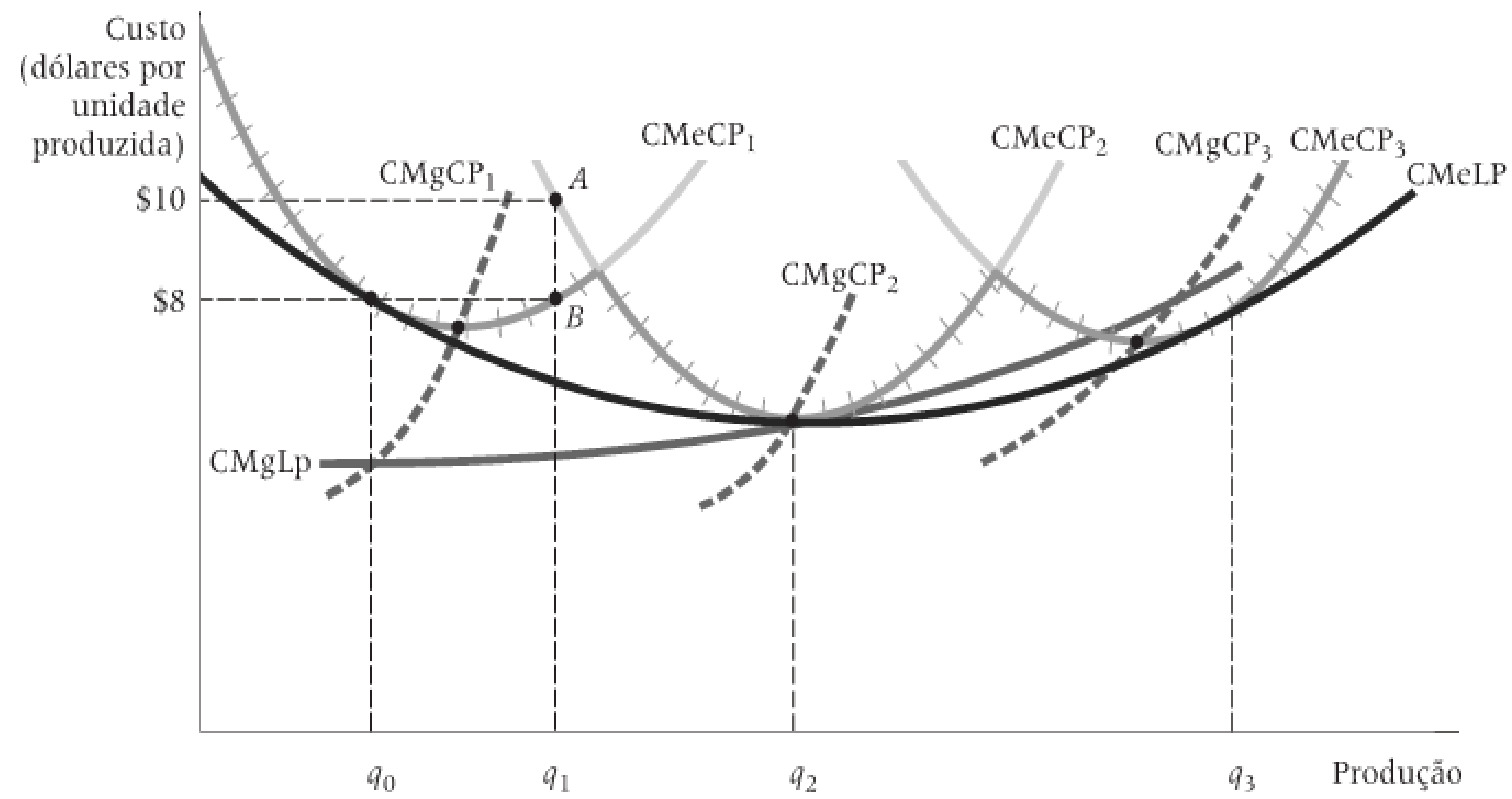


Figura 7.9 Custos no longo prazo com economias e deseconomias de escala

A curva de custo médio no longo prazo, CMeLP, corresponde à envolvente das curvas de custo médio no curto prazo, CMeCP_1, CMeCP_2 e CMeCP_3. Havendo economias e deseconomias de escala, os pontos mínimos das curvas de custo médio no curto prazo não se encontram situados na curva de custo médio no longo prazo.

Agora suponhamos que existam muitas opções em termos de tamanho de fábrica, cada qual com uma curva de custo médio no curto prazo. Novamente, a curva de custo médio no longo prazo corresponde à envolvente das curvas de curto prazo. Na Figura 7.9, isso corresponde à curva CMeLP. Portanto, qualquer que seja o nível de produção escolhido pela empresa, ela pode optar por um tamanho de fábrica (e por uma combinação de capital e trabalho) que lhe permita obter tal produção com o custo médio mínimo. A curva de custo médio no longo prazo inicialmente exibe, portanto, rendimentos crescentes de escala, mas, ao atingir níveis mais elevados de produção, passa a exibir rendimentos decrescentes de escala.

Para esclarecermos a relação entre as curvas de custo no curto e no longo prazos, consideremos uma empresa que tenha interesse em atingir um nível de produção q_1. Se ela optar por construir uma fábrica pequena, a curva de custo médio no curto prazo, $CMeCP_1$, é relevante. O custo médio do produto (no ponto *B* em $CMeCP_1$) é de \$8. Uma fábrica pequena seria uma opção melhor do que uma fábrica de tamanho intermediário, que apresentaria um custo médio de produção igual a \$10 (no ponto *A* em $CMeCP_2$). Por conseguinte, o ponto *B* se tornaria um ponto da função de custo no longo prazo quando existem apenas três alternativas possíveis de tamanho de fábrica. Se fábricas de outros tamanhos pudessem ser construídas, e pelo menos um dos tamanhos permitisse que a empresa pudesse produzir q_1 por menos de \$8 por unidade de produto, então o ponto *B* não estaria mais situado sobre a curva de custo no longo prazo.

Na Figura 7.9, a envolvente que surgiria caso fosse possível construir fábricas de qualquer tamanho apresenta formato em U. Observe novamente que a curva CMeLP jamais se situa acima de quaisquer curvas de custo médio no curto prazo. Observe também que os pontos de custo médio mínimo da menor e da maior fábrica *não* estão situados sobre a curva de custo médio no longo prazo, pois existem economias e deseconomias de escala no longo prazo. Por exemplo, uma pequena fábrica operando ao custo médio mínimo não seria eficiente, pois uma fábrica maior poderia ser mais vantajosa em decorrência de seus rendimentos crescentes de escala, por meio dos quais é possível produzir a um custo médio inferior.

Por fim, observe que a curva de custo marginal no longo prazo, CMgLP, não se apresenta como envolvente das curvas de custo marginal no curto prazo. Os custos marginais no curto prazo se referem a uma fábrica determinada; por outro lado, os custos marginais no longo prazo se referem a todos os possíveis tamanhos de fábrica. Cada ponto da curva de custo marginal no longo prazo corresponde ao custo marginal no curto prazo obtido pela fábrica com maior eficiência de custos. De acordo com as relações expostas anteriormente, na Figura 7.9 a curva $CMgCP_1$ cruza com a curva CMgLP no nível de produção q_0, no qual $CMeCP_1$ é tangente a CMeLP.

7.5 PRODUÇÃO COM DOIS PRODUTOS – ECONOMIAS DE ESCOPO

Muitas empresas produzem mais de um produto. Em alguns casos, os produtos de uma empresa estão bastante relacionados entre si – uma granja de galinhas produz aves e ovos, uma indústria automobilística produz automóveis, caminhões e tratores e uma universidade produz ensino e pesquisa. Em outros casos, as empresas produzem produtos que não estão fisicamente relacionados. Em ambos os casos, porém, a empresa provavelmente terá vantagens de produção ou de custo quando produzir dois ou mais produtos, em vez de apenas um. Tais vantagens poderiam advir do uso de insumos ou de instalações de produção, de programas conjuntos de marketing ou possivelmente da economia nos custos feita por uma mesma administração. Em alguns casos, a produção de um produto resulta em um subproduto inevitável que tem valor para a empresa. Por exemplo, os fabricantes de chapas de aço produzem sucata e rebarbas que podem ser vendidas.

CURVAS DE TRANSFORMAÇÃO DO PRODUTO

Para estudarmos as vantagens econômicas da produção conjunta, consideraremos uma indústria automobilística que tenha dois produtos – automóveis e tratores. Ambos os produtos utilizam os insumos capital (fábricas e equipamentos) e trabalho. Os automóveis e os tratores não são necessariamente produzidos pela mesma fábrica, porém, para a fabricação de ambos, são usados os mesmos recursos administrativos e são necessários equipamentos semelhantes e mão-de-obra especializada. Os administradores da empresa devem escolher as quantidades de cada produto que fabricarão. A Figura 7.10 apresenta duas **curvas de transformação de produto**. Cada uma mostra as diversas combinações de automóveis e tratores que podem ser produzidas com determinada quantidade de mão-de-obra e de máquinas. A curva O_1 descreve todas as combinações dos dois produtos que podem ser obtidas com um nível relativamente baixo de insumos, e a curva O_2 descreve as combinações de produto obtidas com o dobro dessas quantidades.

curva de transformação do produto Curva que mostra as várias combinações possíveis de dois diferentes produtos que podem ser produzidos com dado conjunto de insumos.

Por que a curva de transformação de produto apresenta uma inclinação negativa? Porque, para obter maior quantidade de um produto, a empresa necessita deixar de produzir alguma quantidade de

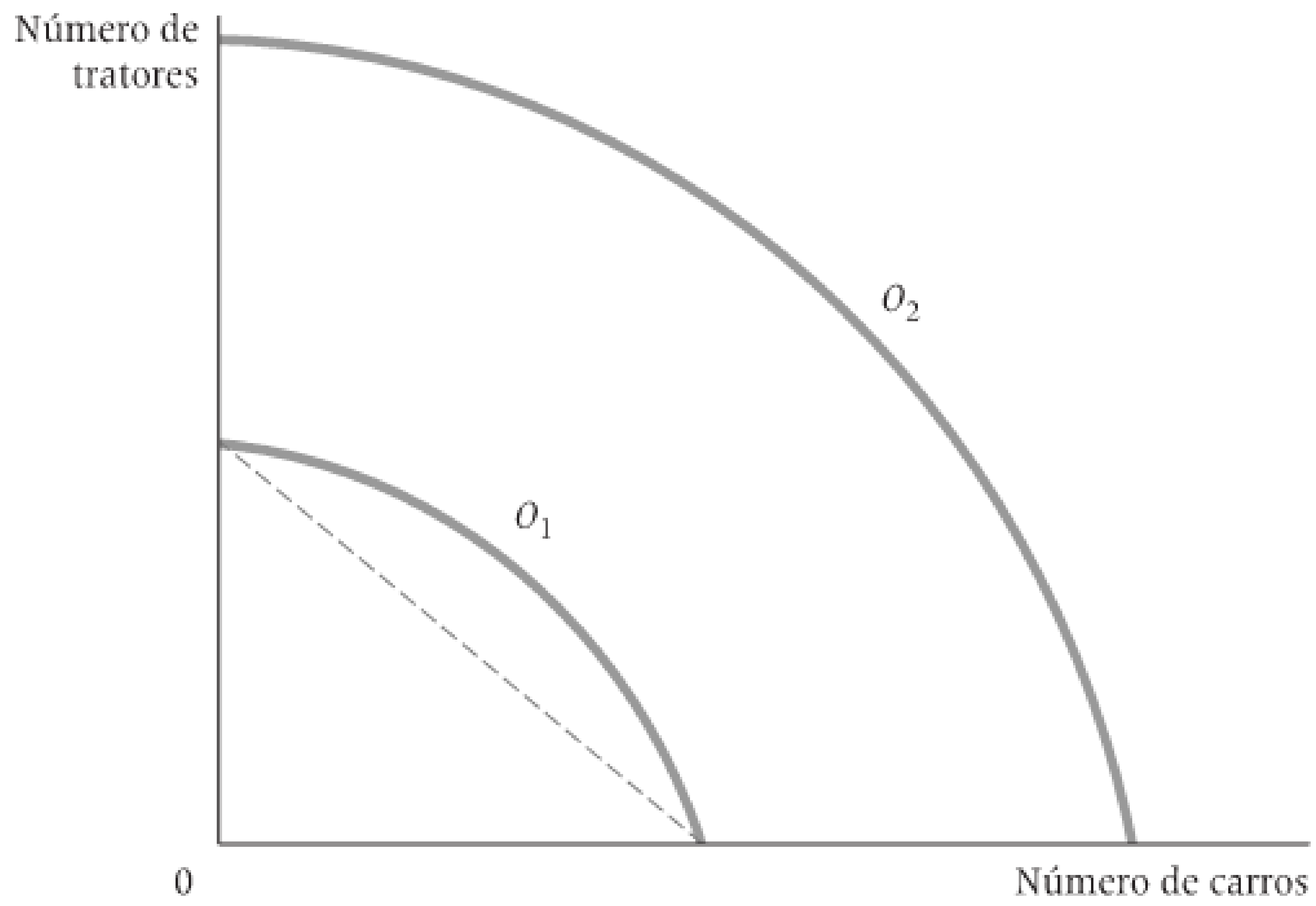


Figura 7.10 Curva de transformação de produtos

A curva de transformação de produtos descreve as diferentes combinações de dois produtos que podem ser produzidos com uma quantidade fixa de insumos. As curvas de transformação O_1 e O_2 são côncavas, pois existe economia de escopo na produção.

outro. Por exemplo, uma empresa que dê maior importância à produção de automóveis dedicará menos de seus recursos à produção de tratores. Na Figura 7.10, a curva O_2 se encontra situada duas vezes mais longe do ponto de origem do que a curva O_1, indicando que o processo produtivo da empresa apresenta rendimentos constantes de escala na produção de ambos os produtos.

Se a curva O_1 fosse uma linha reta, a produção conjunta não resultaria em ganhos (nem em perdas). Uma pequena empresa especializada em automóveis e uma outra especializada em tratores seriam, juntas, capazes de atingir o mesmo nível de produção de uma única empresa que produzisse ambos os produtos. Entretanto, a curva de transformação de produto é arqueada para fora (ou *côncava*), porque a produção conjunta geralmente apresenta vantagens que possibilitam a uma única empresa produzir com os mesmos recursos mais automóveis e tratores do que duas empresas que estivessem produzindo cada produto separadamente. Tais vantagens de produção envolvem o compartilhamento de insumos. Uma única administração freqüentemente é capaz de programar e organizar a produção e de lidar com as atividades contábeis e financeiras com mais eficácia do que duas administrações separadas.

ECONOMIAS E DESECONOMIAS DE ESCOPO

economias de escopo Ocorrem quando a produção conjunta de uma única empresa é maior do que aquilo que poderia ser produzido por duas empresas diferentes, cada uma das quais gerando um único produto.

deseconomias de escopo Ocorrem quando a produção conjunta de uma única empresa é menor do que aquilo que poderia ser produzido por duas empresas que geram produtos únicos.

Em geral, as **economias de escopo** encontram-se presentes quando a produção conjunta de uma única empresa é maior do que as produções obtidas por duas empresas diferentes, cada uma produzindo um único produto (com equivalentes insumos de produção alocados entre elas). Caso uma empresa apresente uma produção conjunta que seja *menor* do que a obtida por empresas separadas, então tal processo de produção envolve **deseconomias de escopo**. Isso pode ocorrer se a produção de um produto for de alguma forma conflitante com a produção do segundo produto.

Não existe relação direta entre economias de escala e economias de escopo. Uma empresa fabricante de dois produtos pode ter vantagens decorrentes de economias de escopo, mesmo que seu processo produtivo envolva deseconomias de escala. Suponhamos, por exemplo, que a produção conjunta de flautas e flautins apresentasse custo menor do que a produção separada de ambos os produtos. Ainda assim, o processo produtivo envolveria mão-de-obra altamente especializada e seria mais eficaz caso fosse empreendido em pequena escala. Da mesma forma, uma empresa com produção conjunta poderia apresentar rendimentos crescentes de escala, individualmente, para cada produto e, mesmo assim, não apresentar economias de escopo. Imaginemos, por exemplo, um grande conglomerado que seja proprietário de diversas empresas capazes de produzir eficientemente em larga escala, mas que não apresentem vantagens associadas às economias de escopo, pois estão sendo administradas separadamente.

GRAU DAS ECONOMIAS DE ESCOPO

A extensão da presença de economias de escopo poderia também ser determinada por meio do estudo dos custos de uma empresa. Se uma combinação de insumos utilizada por uma empresa fosse capaz de gerar mais produção do que a obtida por duas empresas independentes, então custaria menos para uma única empresa produzir ambos os produtos do que para as duas empresas independentes. Para medirmos o *grau* de presença de economias de escopo, devemos perguntar que porcentagem do custo da produção poderia ser economizada caso dois (ou mais) produtos fossem produzidos em conjunto em vez de individualmente. A equação 7.7 fornece o **grau das economias de escopo (GES)** que mede tais economias de custos:

grau das economias de escopo (GES) Porcentagem de economia nos custos quando dois ou mais produtos são produzidos em conjunto em vez de serem gerados individualmente.

$$\text{GES} = \frac{C(q_1) + C(q_2) - C(q_1, q_2)}{C(q_1, q_2)} \quad \textbf{(7.7)}$$

$C(q_1)$ representa o custo de produção do produto q_1, $C(q_2)$ representa o custo da produção do produto q_2, e $C(q_1,q_2)$ corresponde ao custo conjunto da produção dos dois produtos. Quando as unidades físicas de produto podem ser adicionadas, como no exemplo dos automóveis e tratores, a expressão torna-se $C(q_1 + q_2)$. Havendo economias de escopo, o custo conjunto será inferior à soma dos custos individuais, de tal modo que GES será maior do que 0. Havendo deseconomias de escopo, GES será negativo. Em geral, quanto maior for o valor de GES, maiores serão as economias de escopo.

EXEMPLO 7.5 Economias de escopo em empresas transportadoras

Suponhamos que você esteja administrando uma empresa transportadora que realize o frete intermunicipal de cargas de diferentes tamanhos.[9] No ramo de transportes, diversos serviços relacionados, ainda que distintos entre si, podem ser oferecidos, dependendo do tamanho da carga e da distância do percurso. Em primeiro lugar, qualquer carga, pequena ou grande, pode ser transportada diretamente de um local a outro, sem paradas intermediárias. Em segundo lugar, uma carga pode ser combinada com outras (que podem estar sendo transportadas entre localidades diferentes) e ser despachada indiretamente a partir de sua origem para o destino apropriado. Cada tipo de carga, parcial ou total, pode envolver diferentes distâncias de percurso.

Essa gama de possibilidades envolve questões relacionadas tanto às economias de escala quanto às economias de escopo. No que se refere às de escala, a questão é saber se o transporte direto de grandes volumes agregados de carga apresenta menores custos e maiores lucros do que o transporte individual, carga por carga, por meio de pequenos veículos. No que se refere às de escopo, a questão é saber se as grandes transportadoras têm vantagens de custo por operar tanto com cargas rápidas, diretas, quanto com cargas lentas, indiretas, as quais são, porém, menos custosas. O planejamento centralizado e a organização das rotas podem gerar economias de escopo. Há um fator-chave para a presença de economias de escala: a organização das rotas e dos tipos de fretes pode ser feita com maior eficiência quando o número de fretes envolvidos é grande. Sendo assim, são maiores as chances de programar as viagens de modo que permitam que a maioria das cargas dos caminhões seja completa em vez de parcial.

Estudos do setor de transporte de cargas indicam a presença de economias de escopo. Por exemplo, uma análise envolvendo 105 empresas transportadoras verificou quatro tipos distintos de serviço: (1) transporte a curtas distâncias, com carregamento parcial, (2) transporte a distâncias intermediárias, com carregamento parcial, (3) transporte a longas distâncias, com carregamento parcial e (4) transporte com carregamentos plenos. Os resultados indicaram que o grau das economias de escopo (GES) era de 1,576 para empresas razoavelmente grandes. Entretanto, o grau de economias de escopo caía para 0,104 quando as empresas se tornavam muito grandes. Como as grandes empresas colocam carga suficiente em caminhões grandes, não existe interesse em paradas nos terminais localizados em trechos intermediários do percurso para completar um carregamento parcial. Viagens diretas entre o ponto de partida e o destino já bastam. Aparentemente, entretanto, como há outras desvantagens associadas à administração das empresas muito grandes, as economias de es-

[9] Esse exemplo é baseado no artigo de Judy S. Wang Chiang e Ann F. Friedlaender, "Truck technology and efficient market structure", *Review of Economics and Statistics* 67, 1985, p. 250-258.

copo tornam-se cada vez menores à medida que a empresa se torna maior. De qualquer forma, a capacidade de combinar carregamentos parciais em trechos intermediários do percurso reduz os custos da empresa, aumentando sua lucratividade.

O estudo sugere, portanto, que, para competir no ramo de transporte rodoviário de cargas, uma empresa deve ser grande o suficiente para que seja interessante para ela fazer carregamentos nos pontos de parada localizados nos trechos intermediários dos percursos.

*7.6 MUDANÇAS DINÂMICAS NOS CUSTOS – A CURVA DE APRENDIZAGEM

Nossa discussão até agora sugeriu uma razão pela qual uma empresa grande pode ter custos médios no longo prazo mais baixos do que uma empresa pequena – ou seja, os rendimentos crescentes de escala na produção. Tende-se a concluir que as empresas que possuem custos médios mais baixos ao longo do tempo são aquelas que apresentam rendimentos crescentes de escala. Contudo, isso não é necessariamente verdade. No caso de algumas empresas, os custos médios no longo prazo podem apresentar declínio no decorrer do tempo pelo fato de os trabalhadores e administradores absorverem novas informações tecnológicas à medida que se tornam mais experientes em suas funções.

À medida que os administradores e a mão-de-obra ganham maior prática na parceria produtiva, o custo marginal e o custo médio de determinado nível de produção apresentam redução por causa de quatro motivos:

1. Os funcionários demoram mais para realizar determinada tarefa nas primeiras vezes. Quando se tornam mais experientes, entretanto, sua velocidade aumenta desde o fluxo de materiais até a organização do próprio processo de fabricação.
2. Os administradores aprendem a programar o processo produtivo com maior eficácia, seja o fluxo de materiais, seja a organização da empresa como um todo.
3. Os engenheiros que a princípio se mantinham cautelosos no desenvolvimento de seus produtos podem adquirir experiência suficiente para fazer inovações no desenvolvimento do projeto, possibilitando reduções de custos sem o aumento de defeitos. Ferramentas e organização fabril de melhor qualidade e mais especializadas podem também reduzir custos.
4. Os fornecedores podem aprender maneiras de processar os materiais necessários com maior eficácia, podendo repassar parte dessa vantagem na forma de custos mais baixos.

Conseqüentemente, uma empresa 'aprende' ao longo do tempo, à medida que a produção acumulada aumenta. Os administradores utilizam esse processo de aprendizagem para ajudar a planejar a produção e fazer previsões para os custos futuros. A Figura 7.11 ilustra esse processo na forma de uma **curva de aprendizagem** – uma curva que descreve a relação entre a produção cumulativa das empresas e a quantidade de insumos necessários à produção de uma unidade de produto.

curva de aprendizagem Curva que relaciona as quantidades de insumos necessários para produzir uma unidade de produto à medida que aumenta a produção cumulativa da empresa.

GRÁFICO DA CURVA DE APRENDIZAGEM

A Figura 7.11 apresenta uma curva de aprendizagem para a produção de máquinas operatrizes por um fabricante. O eixo horizontal mede o número *cumulativo* de lotes de máquinas operatrizes que a empresa tem produzido (cada lote corresponde a um grupo de aproximadamente 40 máquinas), e o eixo vertical mede o número de horas de trabalho necessárias para produzir cada lote. O insumo trabalho por unidade de produto afeta diretamente o custo de produção da empresa, pois quanto menor for o número de horas de trabalho necessárias, menores serão o custo marginal e o custo médio da produção.

A curva de aprendizagem da Figura 7.11 se baseia na seguinte relação:

$$L = A + BN^{-\beta} \tag{7.8}$$

onde N é o número de unidades cumulativas de produto fabricado, L é o insumo trabalho por unidade de produto e A, B e β são constantes, sendo A e B positivos e β com valor entre 0 e 1. Quando N for igual a 1, L será igual a $A + B$, assim $A + B$ medirá o insumo trabalho necessário para a produção da primeira unidade de produto. Quando β for igual a 0, o insumo trabalho por unidade de produto permanecerá o mesmo à medida que o nível de produção cumulativa aumentar; portanto, não haverá aprendizagem. Quando β for positivo e N aumentar cada vez mais, L ficará arbitrariamente próximo de A, de tal forma que A representará o mínimo insumo trabalho por unidade de produto, depois que toda a aprendizagem já tiver ocorrido.

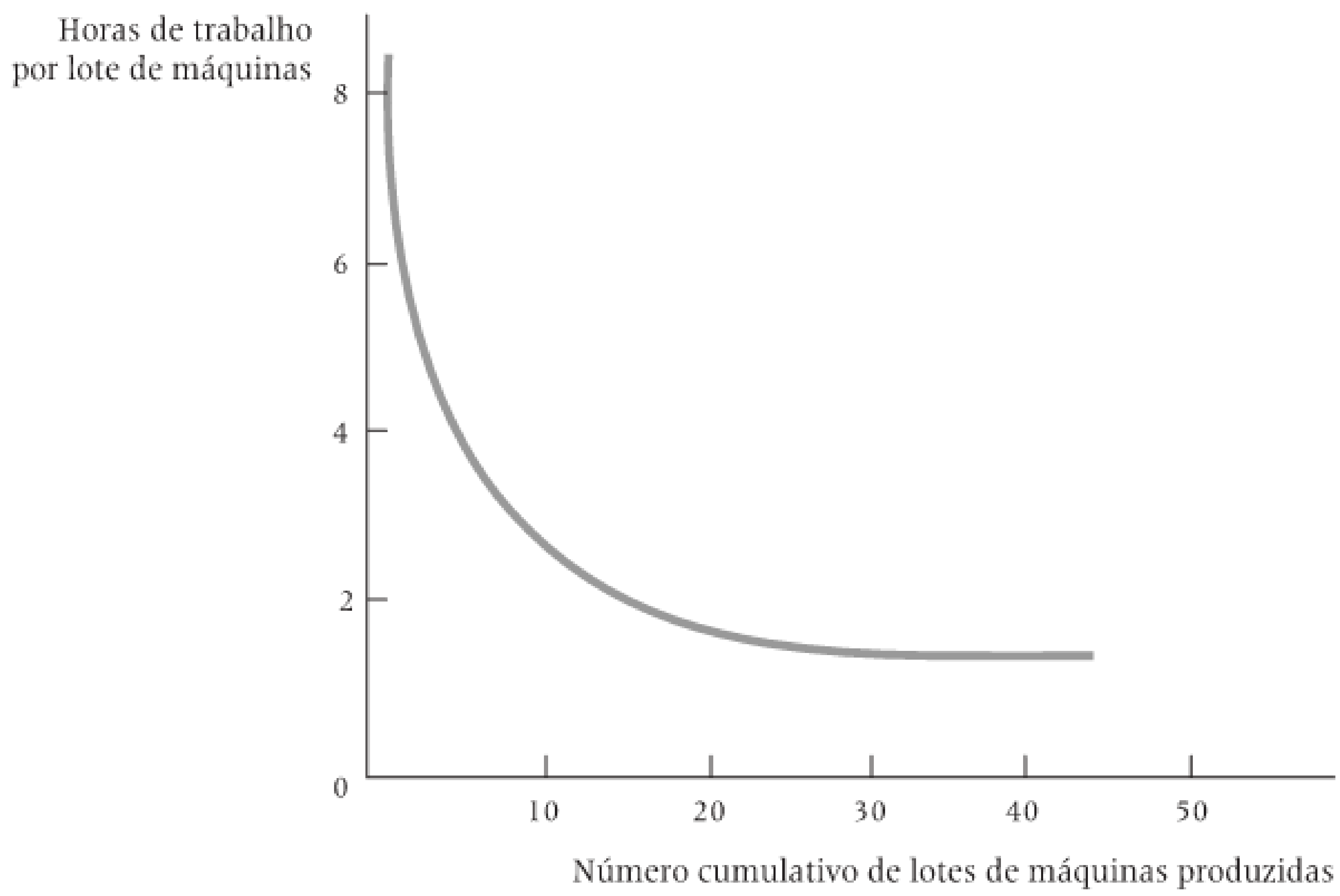


Figura 7.11 **A curva de aprendizagem**

O custo de produção de uma empresa pode diminuir ao longo do tempo à medida que administradores e trabalhadores se tornem mais experientes e eficientes na utilização da fábrica e dos equipamentos. A curva de aprendizagem mostra como as horas de trabalho necessárias para produzir uma unidade do produto diminuem à medida que aumenta a produção cumulativa.

Quanto maior for β, mais significativo será o efeito da aprendizagem. Quando β for igual a 0,5, por exemplo, o insumo trabalho por unidade de produto cairá na proporção da raiz quadrada da produção cumulativa. O grau de aprendizagem pode reduzir substancialmente os custos de produção da empresa à medida que aumenta a experiência.

Nesse exemplo com máquinas operatrizes, o valor de β é igual a 0,31. No caso específico dessa curva de aprendizagem, cada vez que a produção cumulativa dobra, a diferença entre o insumo necessário e o insumo mínimo alcançável exigido cai em cerca de 20%.[10] De acordo com a Figura 7.11, a curva de aprendizagem apresenta uma acentuada queda até que o número de lotes produzidos atinja aproximadamente 20 unidades. Acima da produção de 20 unidades, as economias de custo tornam-se relativamente pequenas.

APRENDIZAGEM *VERSUS* ECONOMIAS DE ESCALA

Uma vez que a empresa tenha produzido 20 ou mais lotes de máquinas operatrizes, o efeito total de aprendizagem estaria completo e a análise habitual de custos poderia ser utilizada. Se, entretanto, esse processo produtivo fosse relativamente novo, então os custos relativamente elevados para níveis baixos de produção (e custos relativamente baixos para níveis elevados de produção) indicariam a presença de efeitos da aprendizagem, e não de rendimentos crescentes de escala. Com a aprendizagem, os custos de produção de uma empresa com experiência tornam-se relativamente baixos, independentemente da escala de operação da empresa. Se uma empresa que produz máquinas operatrizes em grupos (ou lotes) souber que apresenta economias de escala, então deverá produzir suas máquinas operatrizes em lotes muito grandes para poder tirar proveito dos custos mais baixos associados ao seu tamanho. Quando existe uma curva de aprendizagem, a empresa consegue reduzir seus custos programando a produção de muitos lotes, independentemente do tamanho individual de cada um.

A Figura 7.12 apresenta esse fenômeno. CMe_1 representa a curva de custo médio no longo prazo da produção de uma empresa que possui economia de escala em sua produção. O aumento na taxa de produção entre os pontos A e B ao longo de CMe_1 resulta em custos menores devido às economias de escala. Entretanto, a passagem do ponto A, situado em CMe_1, para o ponto C, situado em CMe_2, resulta em custos mais baixos devido à aprendizagem, que desloca a curva de custo médio para baixo.

[10] Como $(L - A) = BN^{-0,31}$, podemos verificar que $0,8(L - A)$ é aproximadamente igual a $B(2N)^{-0,31}$.

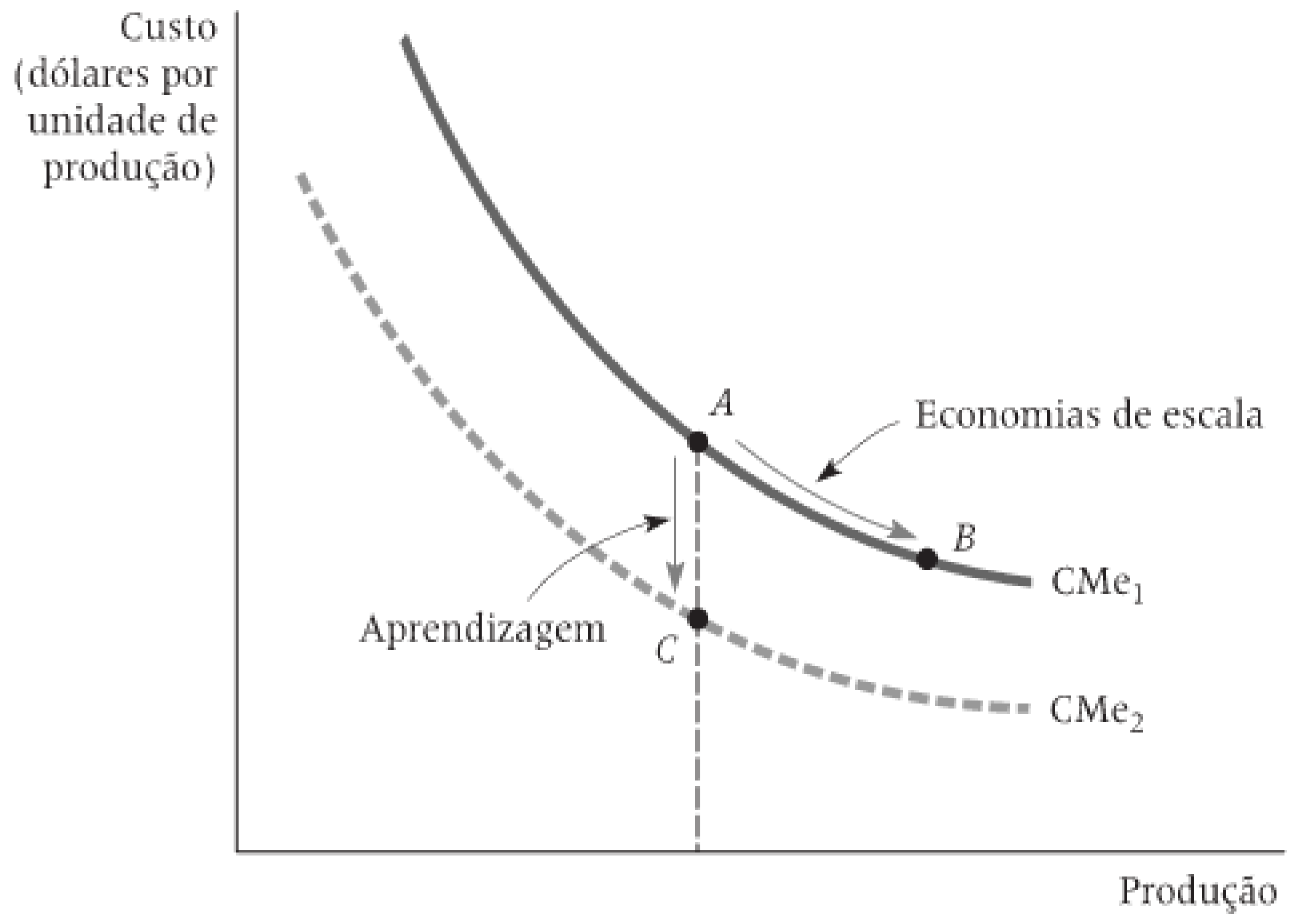


Figura 7.12 Economias de escala *versus* aprendizagem

O custo médio de produção de uma empresa pode diminuir ao longo do tempo devido a um crescimento das vendas quando rendimentos crescentes estiverem presentes (um movimento de *A* para *B*, na curva CMe_1) ou devido à existência de uma curva de aprendizagem (um movimento de *A*, na curva CMe_1, para *C*, na curva CMe_2).

A curva de aprendizagem é crucial para uma empresa que queira fazer previsões para o custo de produção de um novo produto. Suponhamos, por exemplo, que uma empresa que fabrica máquinas operatrizes saiba que sua necessidade de trabalho por máquina operatriz produzida é de 1 para as primeiras 10 unidades produzidas, que o mínimo insumo trabalho, *A*, é igual a zero e que β é aproximadamente igual a 0,32. A Tabela 7.3 calcula o trabalho total necessário para a produção de 80 máquinas operatrizes.

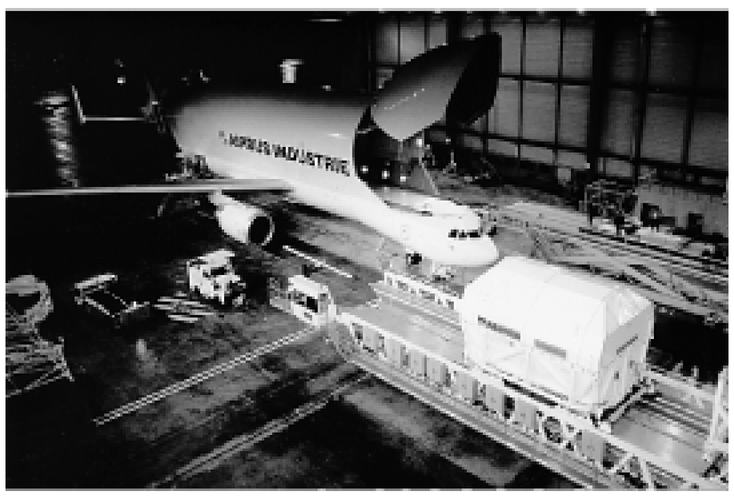
Pelo fato de existir uma curva de aprendizagem, a exigência de trabalho por unidade de produto cai com o aumento da produção. Conseqüentemente, o trabalho necessário para a obtenção de níveis de produção cada vez maiores aumenta cada vez menos. Portanto, ao se defrontar com a grande necessidade inicial de trabalho, a empresa pode ter uma impressão excessivamente pessimista do negócio. Suponhamos que ela esteja planejando permanecer em atividade por muitos anos, produzindo 10 unidades por ano. Suponhamos que o total de trabalho requerido no primeiro ano de produção seja de 10. No primeiro ano de atividade, os custos serão altos, pois a empresa estará em processo de aprendizagem. No entanto, uma vez que se tenha passado desse processo, os custos de produção serão menores. Após 8 anos, o trabalho necessário para produzir 10 unidades será de apenas 5,1, e o custo por unidade será aproximadamente a metade do custo no primeiro ano de produção. Dessa forma, os efeitos da curva de aprendizagem podem ser importantes para uma empresa que esteja decidindo se sua entrada em determinada atividade industrial seria ou não lucrativa.

TABELA 7.3 Trabalho necessário para a obtenção de um determinado nível de produção

Produção cumulativa (N)	*Trabalho por unidade para cada 10 unidades produzidas (L)**	*Trabalho total necessário*
10	1,00	10,0
20	0,80	18,0 (10,0 + 8,0)
30	0,70	25,0 (18,0 + 7,0)
40	0,64	31,4 (25,0 + 6,4)
50	0,60	37,4 (31,4 + 6,0)
60	0,56	43,0 (37,4 + 5,6)
70	0,53	48,3 (43,0 + 5,3)
80	0,51	53,4 (48,3 + 5,1)

* Os números dessa coluna foram calculados a partir da equação: $\log(L) = -0{,}322\log(N/10)$, onde *L* é o trabalho unitário e *N*, a produção cumulativa.

EXEMPLO 7.6 Curva de aprendizagem na prática



Suponhamos que você administre uma empresa que tenha acabado de entrar na atividade industrial de processamento químico e esteja diante do seguinte problema: você deve obter um nível de produção relativamente baixo, vendendo a preços elevados, ou deve vender a preços mais baixos, aumentando o ritmo de vendas de seu produto? A segunda alternativa seria particularmente atraente caso existisse uma curva de aprendizagem nessa atividade industrial. Ou seja, um volume maior poderia proporcionar uma redução nos custos de produção no longo prazo, aumentando assim a lucratividade.

Para tomar uma decisão, você precisa examinar as estatísticas que estejam disponíveis e que permitam distinguir os efeitos da curva de aprendizagem (ou seja, a aprendizagem de novos processos por parte dos trabalhadores, os melhoramentos de engenharia etc.) dos rendimentos crescentes de escala. Um estudo de 37 produtos químicos revela que as reduções de custo na indústria de processamento químico estão diretamente ligadas ao crescimento da produção cumulativa da empresa, ao investimento em equipamentos melhores e, em menor extensão, aos rendimentos crescentes de escala.[11] De fato, para toda a amostra de produtos químicos, os custos médios de produção caem em 5,5% ao ano. O estudo revela que, a cada duplicação da escala da fábrica, o custo médio apresenta queda de 11%. Para cada duplicação de produção cumulativa, entretanto, o custo médio de produção exibe uma redução de 27%. As estatísticas mostram claramente que os efeitos de aprendizagem são mais importantes do que os rendimentos crescentes de escala no caso da indústria de processamento químico.[12]

A curva de aprendizagem também se mostra importante na indústria de semicondutores. Um estudo sobre sete gerações de semicondutores com memória dinâmica de acesso aleatório, produzidos entre os anos de 1974 e 1992, concluiu que as taxas médias de aprendizagem eram cerca de 20%, de tal modo que cada 10% de aumento na produção cumulativa levaria a uma queda de 2% nos custos.[13] O estudo comparou também as empresas japonesas com as norte-americanas nesse aspecto, descobrindo que não havia diferenças significativas na velocidade de aprendizagem.

Outro exemplo é a indústria de aeronaves, na qual estudos detectaram que as taxas médias de aprendizagem eram cerca de 40%. Esse fato está ilustrado na Figura 7.13, que mostra a quantidade de trabalho (em horas) necessária à produção de cada aeronave pela Airbus. Observe que as primeiras 10 ou 20 aeronaves requerem bem mais trabalho que a centésima ou ducentésima aeronave. Note também que a curva se torna quase plana a partir de certo ponto; nesse caso, a aprendizagem ficou praticamente completa após a construção de 200 unidades de aeronaves.

Os efeitos da curva de aprendizagem podem ser importantes na determinação das curvas de custo no longo prazo, podendo assim ajudar a orientar os administradores das empresas. Eles podem utilizar as informações da curva de aprendizagem para decidir se determinado nível de produção é ou não lucrativo e, em caso afirmativo, para planejar de quanto deve ser o nível de operação e o volume de produção cumulativa para que seja gerado um fluxo de caixa positivo.

---

[11] O estudo citado é de autoria de Marvin Lieberman, "The learning curve and pricing in the chemical processing industries", *RAND Journal of Economics* 15, 1984, p. 213-228.

[12] O autor utilizou o custo médio, CMe, dos produtos químicos, a produção cumulativa, X, das indústrias e a escala média de produção, Z, de uma fábrica, estimando assim a relação: $\log(CMe) = -0{,}387\log(X) - 0{,}173\log(Z)$. O coeficiente –0,387 da produção cumulativa nos diz que, para cada aumento de 1% na produção cumulativa, o custo médio apresenta uma redução de 0,387%. Ao mesmo tempo, o coeficiente –0,173 da escala de produção nos diz que, para cada aumento de 1% na escala de produção, o custo apresenta uma redução de 0,173%.

Com a interpretação dos dois coeficientes, levando em consideração os níveis de variáveis de produção e de escala de produção, podemos considerar que aproximadamente 15% das reduções de custo se deveram aos aumentos na escala média de produção das fábricas, e 85%, aos aumentos de produção cumulativa das indústrias. Suponhamos que a escala de produção tenha duplicado, ao passo que a produção acumulada tenha aumentado em um fator 5 durante a elaboração dos estudos. Sendo assim, os custos cairão em aproximadamente 11% devido ao aumento da escala e em 62% devido ao aumento da produção cumulativa.

[13] O estudo foi feito por D. A. Irwin e P. J. Klenow, "Learning-by-doing spillovers in the semiconductor industry", *Journal of Political Economy* 102, dez. 1994, p. 1.200-1.227.

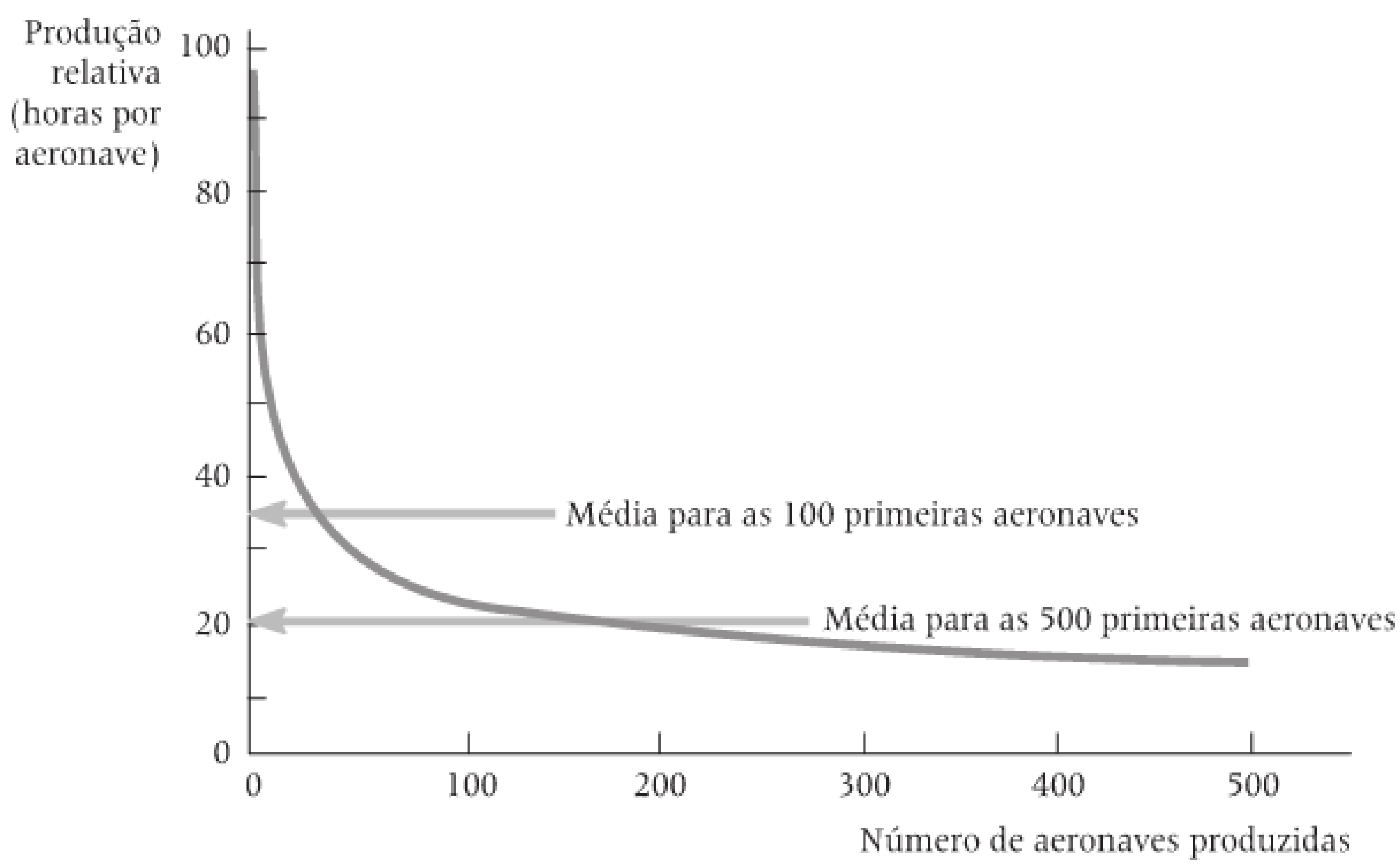


Figura 7.13 **Curva de aprendizagem para a Airbus**

A curva de aprendizagem relaciona o trabalho requerido por aeronave ao número cumulativo de aeronaves produzidas. À medida que o processo de produção se torna mais bem organizado e os trabalhadores adquirem experiência em suas atividades, o trabalho requerido cai significativamente.

*7.7 ESTIMATIVA E PREVISÃO DE CUSTOS

função de custo Função que relaciona o custo de produção ao nível de produto, assim como a outras variáveis que a empresa controla.

Uma empresa que esteja expandindo ou reduzindo suas operações precisa ser capaz de prever de que forma seus custos serão modificados, em decorrência da variação do nível de produção. As estimativas de custos futuros podem ser obtidas a partir de uma **função de custo**, que relaciona o custo da produção com o nível de produção e com outras variáveis que podem ser controladas pela empresa.

Suponhamos que estivéssemos interessados em caracterizar os custos no curto prazo da produção da indústria automobilística. Poderíamos obter dados a respeito do número de veículos, Q, que cada empresa anualmente produz para depois relacionar essas informações com os custos variáveis, CV, da produção de cada empresa. A utilização dos custos variáveis, em vez dos custos totais, permite evitar o problema de tentar alocar os custos fixos do processo produtivo de uma empresa de múltiplos produtos ao produto específico que está em estudo.[14]

A regressão por mínimos quadrados é explicada no apêndice deste livro.

A Figura 7.14 apresenta um padrão típico de dados sobre custos e produção. Cada ponto do gráfico relaciona a produção de determinada empresa automobilística com seu custo variável. Para prevermos os custos com exatidão, é necessário que determinemos, da forma mais exata possível, as relações implícitas entre custo variável e nível de produção. Sendo assim, se uma empresa aumenta sua produção, podemos calcular o custo que estaria associado a tal aumento. A curva da figura foi desenhada tendo-se em mente que ela deve se adequar razoavelmente bem aos dados de custo. (Normalmente, pode ser utilizada uma análise de regressão dos mínimos quadrados para adequar a curva aos dados.) Mas qual seria o formato mais apropriado da curva e de que forma poderíamos representar algebricamente tal formato?

Uma função de custo que poderia ser escolhida é:

$$CV = \beta q \tag{7.9}$$

Essa relação *linear* entre custo e produção é de fácil utilização, porém é aplicável somente quando o custo marginal for constante.[15] Para cada elevação unitária da produção, o custo variável aumenta em β, de tal modo que o custo marginal é constante e igual a β.

Caso estejamos interessados em permitir que a curva de custo médio tenha formato em U e que o custo marginal não seja constante, devemos então fazer uso de uma função de custo mais complexa.

[14] Caso uma unidade adicional de equipamento seja necessária à medida que o nível de produção se elevar, então o custo anual da locação de tal equipamento deverá ser computado como custo variável. Entretanto, se a mesma máquina puder ser utilizada em todos os níveis de produção, seu custo será fixo, não devendo, portanto, ser incluído.

[15] Em análises estatísticas de custo, outras variáveis podem ser acrescentadas à função de custo para calcular as diferenças de custos de insumos, processos produtivos, combinações de produção etc. entre as empresas.

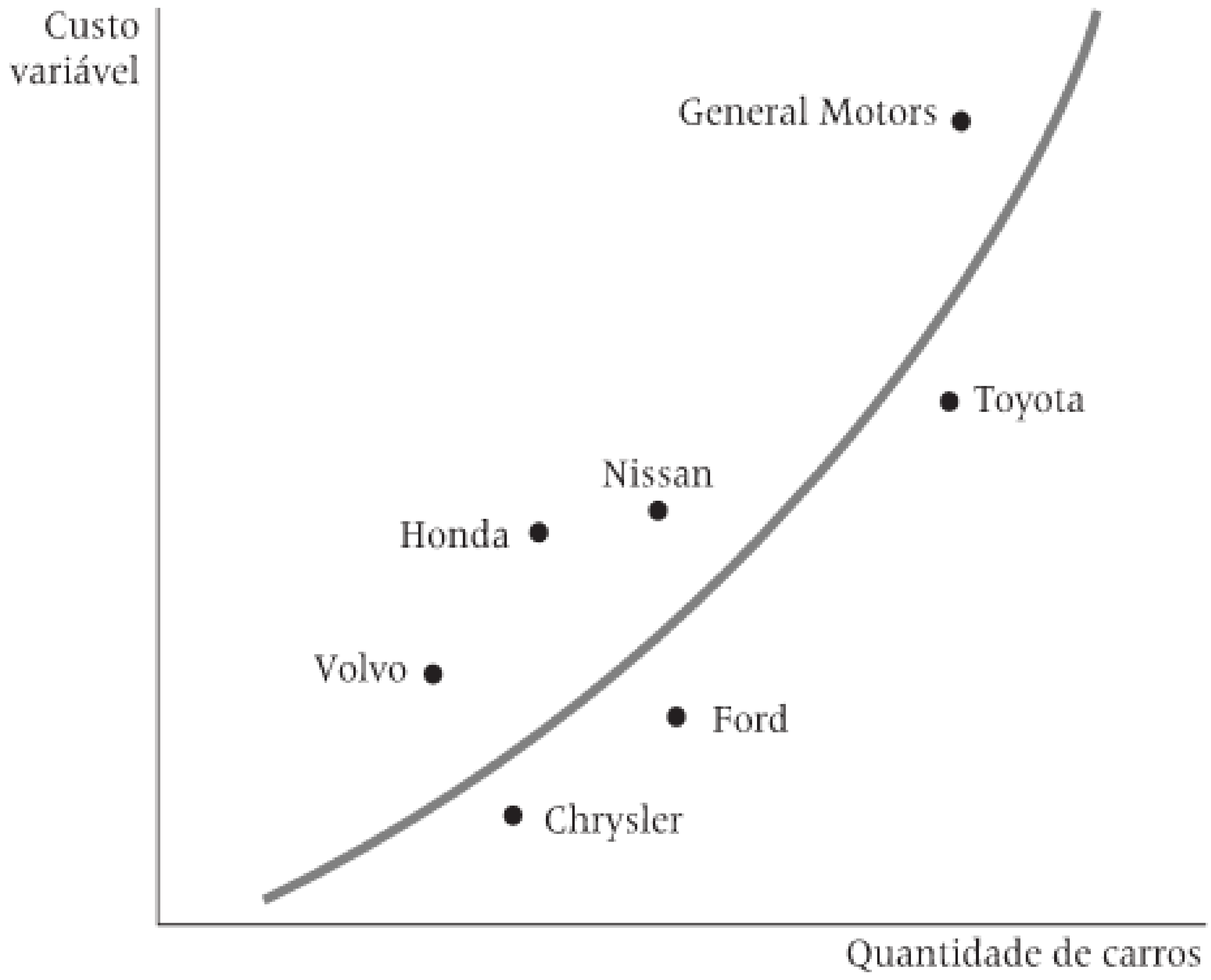


Figura 7.14 **Curva de custo variável para a indústria automobilística**

Uma estimativa empírica da curva de custo variável pode ser obtida por meio do uso de dados de empresas de um setor. A curva de custo variável do setor é obtida por meio da determinação estatística da curva que melhor se encaixa nos pontos que relacionam a produção de cada empresa com o custo variável da produção.

Uma alternativa possível é a função de custo *quadrática*, que relaciona o custo total com o quadrado da produção:

$$CV = \beta q + \gamma q^2 \qquad \textbf{(7.10)}$$

Isso implica uma curva de custo marginal com o formato $CMg = \beta + 2\gamma q$.[16] O custo marginal aumenta com a produção se γ for positivo e diminui com a produção se γ for negativo.

Se a curva de custo marginal não for linear, podemos utilizar uma função de custo *cúbica*:

$$CV = \beta q + \gamma q^2 + \delta q^3 \qquad \textbf{(7.11)}$$

A Figura 7.15 apresenta essa função cúbica de custo. Ela resulta em curvas de custo marginal e de custo médio com formato em U.

As funções de custo podem ser de difícil medição. Em primeiro lugar, os dados de produção freqüentemente correspondem a um agregado de diferentes tipos de produto. O total de automóveis pro-

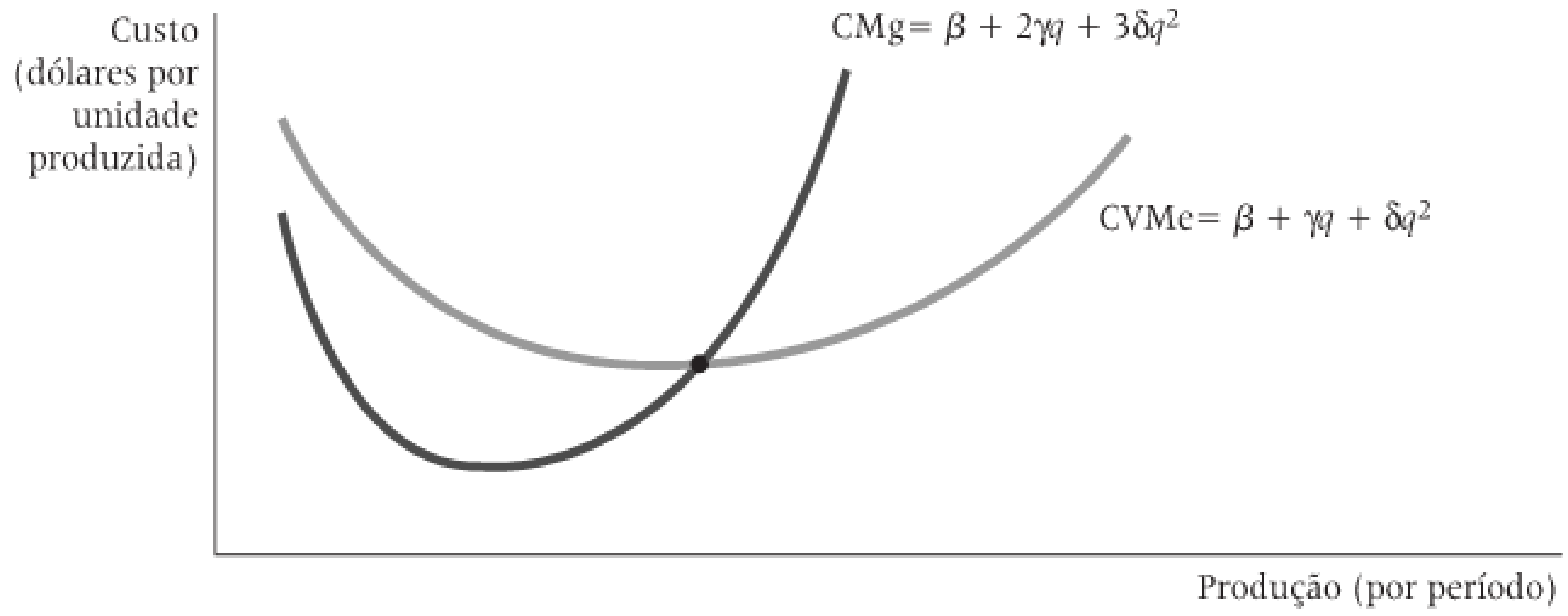


Figura 7.15 **Função de custo cúbica**

Uma função de custo cúbica implica que as curvas de custo médio e marginal têm formato em U.

[16] O custo marginal no curto prazo é expresso pela equação $\Delta CV/\Delta q = \beta + \gamma\Delta(q^2)$. Mas $\Delta(q^2)/\Delta q = 2q$. (Verifique a equação por meio de cálculo diferencial ou por meio de um exemplo numérico.) Portanto, $CMg = \beta + 2\gamma q$.

duzidos pela General Motors, por exemplo, envolve diferentes modelos de automóveis. Em segundo lugar, os dados sobre os custos quase sempre são obtidos diretamente a partir de informações contábeis, que não refletem os custos de oportunidade. Em terceiro lugar, a alocação de custos de manutenção e outros custos de fábrica para determinado produto torna-se difícil quando a empresa é um conglomerado que produz mais de uma linha de produtos.

FUNÇÕES DE CUSTO E MEDIÇÃO DE ECONOMIAS DE ESCALA

Lembre-se de que a elasticidade de custo do produto, E_C, é menor do que 1 quando há economias de escala e maior do que 1 quando há deseconomias de escala. O *índice de economias de escala* (IES) mostra se há ou não economias de escala. Esse índice é definido da seguinte forma:

$$\text{IES} = 1 - E_C \tag{7.12}$$

Quando $E_C = 1$, IES = 0 e, portanto, não há economias ou deseconomias de escala. Quando E_C é maior do que 1, IES é negativo e, portanto, há deseconomias de escala. Finalmente, quando E_C é menor do que 1, IES é positivo e há economias de escala.

EXEMPLO 7.7 Funções de custo para energia elétrica

Em 1955, o consumo de energia elétrica nos Estados Unidos foi de 369 bilhões de quilowatts-hora (kwh); em 1970, foi de 1 trilhão e 83 bilhões. Pelo fato de existirem menos empresas de energia elétrica em 1970, a produção por empresa havia apresentado um substancial aumento. Será que tal aumento de produção teria ocorrido devido a economias de escala ou poderia ter outras razões? Se a causa do aumento fosse proveniente de economias de escala, seria economicamente inviável que as autoridades governamentais desmontassem os monopólios das empresas fornecedoras de energia elétrica.

Um interessante estudo sobre economias de escala, baseado nos anos de 1955 e de 1970, apresentou uma análise a respeito de empresas de energia elétrica de propriedade de investidores com receita superior a $1 milhão.[17] O custo da energia elétrica foi estimado por meio do emprego de uma função de custo relativamente mais sofisticada do que as funções cúbicas e quadráticas discutidas anteriormente, porém dentro da mesma idéia básica.[18] A Tabela 7.4 apresenta as estimativas resultantes do índice de economias de escala (IES). Esses resultados estão baseados em uma classificação de todas as empresas, de acordo com cinco categorias distintas, apresentando a produção média (medida em quilowatts-hora) de cada categoria.

Os valores positivos do IES informam-nos que empresas de todos os tamanhos apresentaram alguma economia de escala em 1955. Entretanto, a magnitude das economias de escala diminuía à medida que aumentava o tamanho das empresas. A curva de custo médio referente ao ano de 1955 encontra-se desenhada na Figura 7.16, com a indicação '1955'. O ponto de custo médio mínimo é *A* para uma produção de aproximadamente 20 bilhões de quilowatts. Como não existiam empresas dessa dimensão em 1955, nenhuma empresa havia ainda esgotado a oportunidade de rendimentos de escala na produção. Observe, entretanto, que a curva de custo médio é relativamente plana a partir do nível de produção igual e superior a 9 bilhões de quilowatts, e essa era a faixa de produção em que se encontravam 7 das 124 empresas.

Quando as mesmas funções de custo foram estimadas com base nos dados de 1970, o resultado foi a curva de custo com a indicação '1970' na Figura 7.16. O gráfico apresenta de forma nítida que os custos médios de produção caíram entre 1955 e 1970. (Estes estão em dólares reais de 1970.) No entanto, agora a parte plana da curva tem seu início a partir de 15 bilhões de kwh. Em 1970, 24 dentre 80 empresas apresentavam produção nessa faixa. Assim, um número maior de empresas en-

TABELA 7.4 Economias de escala em empresas fornecedoras de energia elétrica

Nível de produção (milhões de kwh)	43	338	1.109	2.226	5.819
Valor do IES em 1955	0,41	0,26	0,16	0,10	0,04

[17] Esse exemplo é baseado no artigo de Laurits Christensen e William H. Greene, "Economies of scale in U.S. electric power generation", *Journal of Political Economy* 84, 1976, p. 655-676.

[18] A função de custo translog que foi utilizada oferece uma relação funcional mais geral do que aquelas já discutidas aqui.

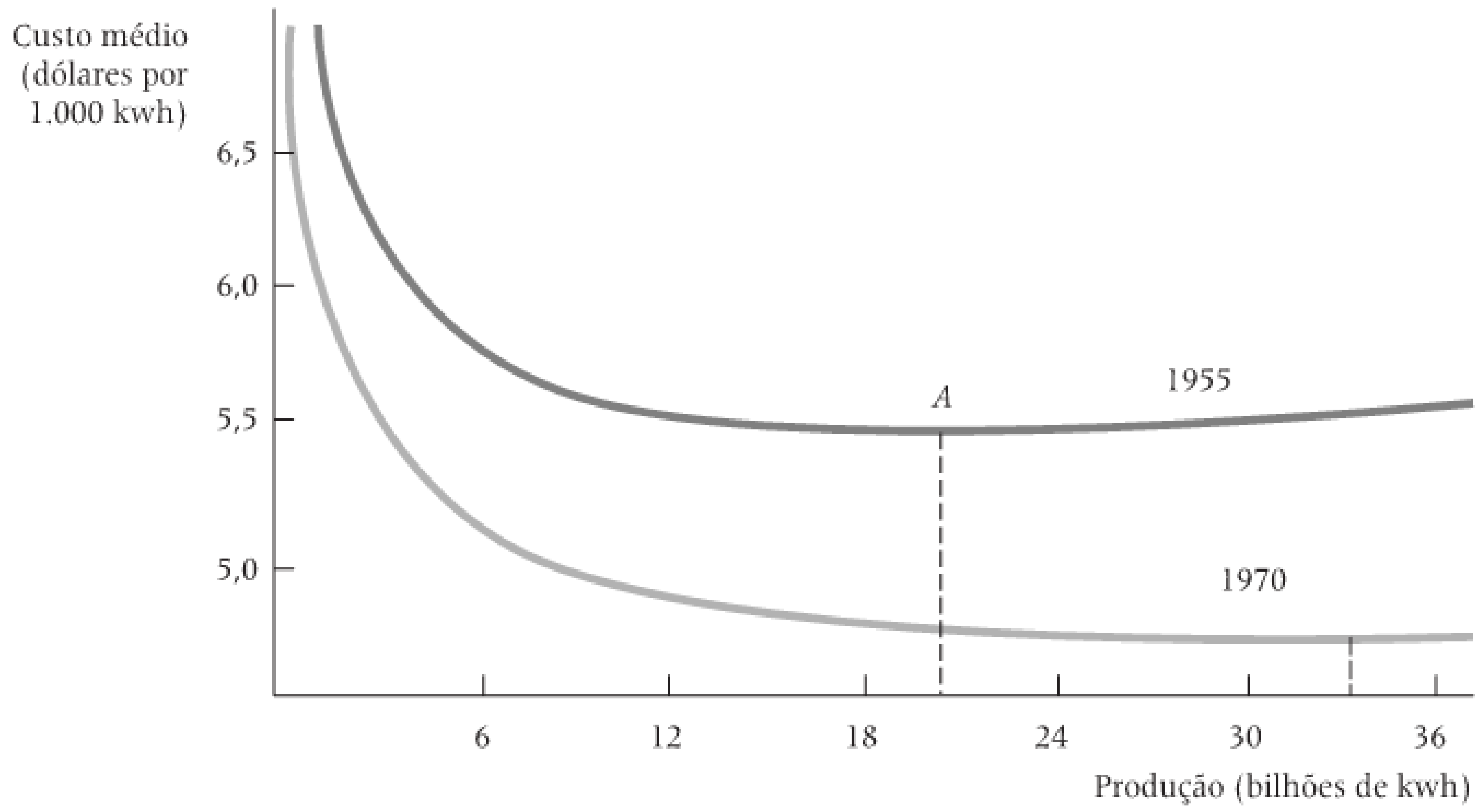


Figura 7.16 Custo médio de produção na indústria de energia elétrica

O custo médio de energia elétrica em 1955 atingiu um mínimo com uma produção de 20 bilhões de kwh. Em 1970, o custo médio de produção caiu sensivelmente, atingindo um mínimo com uma produção de mais de 33 bilhões de kwh.

contrava-se operando no trecho plano da curva de custo médio, no qual as economias de escala não são um fenômeno significativo. Mais importante: em 1970, grande parte das empresas estava produzindo em um trecho da curva de custo mais plano do que seu ponto de operação na curva de 1955. (Cinco empresas já se encontravam no ponto em que aparecem as deseconomias de escala: a Consolidated Edison [IES = –0,003], a Detroit Edison [IES = –0,004], a Duke Power [IES = –0,012], a Commonwealth Edison [IES = –0,014] e a Southern [IES = –0,028].) Dessa maneira, as economias de escala inexploradas eram muito menores em 1970 do que em 1955.

Essa análise da função de custo torna claro que o declínio no custo da produção de energia elétrica não poderia ser explicado pela capacidade de as empresas maiores tirarem proveito de economias de escala. Em vez disso, os avanços na tecnologia não relacionada com a escala de operação das empresas e o declínio no custo real dos insumos de produção de energia, como carvão e petróleo, são importantes razões para tais reduções de custo. A tendência a custos médios mais baixos, refletindo um deslocamento para a direita ao longo da curva de custo médio, é mínima quando comparada com o efeito dos avanços tecnológicos.

EXEMPLO 7.8 Uma função de custo para o setor de poupança e empréstimo

A compreensão de como ocorrem os rendimentos de escala nas empresas do setor de poupança e empréstimo é importante para aqueles que elaboram regulamentações e necessitam tomar decisões sobre como o setor deveria ser reestruturado, tendo em vista a ocorrência da falência de diversas organizações. Nesse caso, a estimativa empírica da função de custo no longo prazo pode ser útil.[19]

Foram coletados dados relativos a 86 sociedades de poupança e empréstimo em 1975 e 1976 em uma região que incluía os estados de Idaho, Montana, Oregon, Utah, Washington e Wyoming. Nesse caso, é difícil medir a produção, pois as empresas de poupança e crédito são fornecedoras de serviços para seus clientes, em vez de produtos físicos. A medida de produção q aqui relatada (e utilizada em outros estudos) corresponde aos ativos totais de cada sociedade de poupança e crédito. Em geral, quanto maior for a base de ativos de uma sociedade, maior será sua lucratividade. O custo médio no longo prazo, CMeLP, é medido por meio da despesa operacional média. A produção e os custos operacionais totais são medidos em centenas de milhões de dólares. Os custos operacionais médios são medidos como porcentagem dos ativos totais.

[19] Esse exemplo é baseado no artigo de J. Holton Wilson, "A note on scale economies in the savings and loan industry", *Business Economics*, jan. 1981, p. 45-49.

Foi estimada uma função quadrática de custo médio no longo prazo para o ano de 1975, expressa pela seguinte equação:

$$\text{CMeLP} = 2{,}38 - 0{,}6153q + 0{,}0536q^2$$

A função de custo médio no longo prazo estimada apresenta formato em U e chega a seu ponto de custo médio mínimo quando os ativos totais das sociedades de poupança e crédito atingem $574 milhões.[20] (Nesse ponto, as despesas médias operacionais das sociedades de poupança e empréstimo correspondem a 0,61% de seus ativos totais.) Pelo fato de praticamente todas as sociedades de poupança e empréstimo na região estudada terem substancialmente menos de $574 milhões em ativos, a análise da função de custo sugere que seria de grande valor uma expansão dessas empresas por meio de crescimento ou fusões.

Entretanto, o grau de adequação de uma política dessa natureza não pode ser plenamente avaliado aqui. Para tanto, necessitaríamos levar em consideração os possíveis custos sociais associados à redução de concorrência que resultaria de tais crescimentos ou fusões e precisaríamos nos assegurar de que essa análise de função de custo, em particular, seria capaz de determinar com exatidão o ponto do custo médio mínimo.

Resumo

1. Administradores, investidores e economistas devem levar em consideração os *custos de oportunidade* associados ao emprego dos recursos da empresa – isto é, os custos associados às oportunidades deixadas de lado, quando a empresa utiliza seus recursos na melhor alternativa seguinte.
2. *Custo irreversível* é um gasto que não pode ser diretamente recuperado. Depois de ocorrido deve ser ignorado nas futuras tomadas de decisão.
3. No curto prazo, um ou mais insumos da empresa são fixos. O custo total pode ser dividido em custo fixo e custo variável. O *custo marginal* de uma empresa é o custo variável adicional associado a cada unidade adicional de produto. O *custo variável médio* é o custo variável total dividido pelo número de unidades produzidas.
4. No curto prazo, quando nem todos os insumos são variáveis, a presença de rendimentos decrescentes determina o formato das curvas de custo. Em particular, existe uma relação inversa entre o produto marginal do insumo variável e o custo marginal da produção. As curvas de custo variável médio e de custo total apresentam formato em U. A curva de custo marginal no curto prazo apresenta elevação após determinado ponto e, vinda de baixo, cruza com ambas as curvas de custo médio em seus pontos mínimos.
5. No longo prazo, todos os insumos do processo produtivo são variáveis. Conseqüentemente, a escolha dos insumos dependerá tanto dos custos relativos aos fatores de produção quanto da capacidade da empresa de fazer substituições entre os insumos de seu processo produtivo. A escolha minimizadora de custos é feita encontrando-se o ponto de tangência entre a isoquanta que representa o nível desejado de produção e uma linha de isocusto.
6. O *caminho de expansão* da empresa descreve como as escolhas de insumos minimizadoras de custo variam à medida que aumenta a escala ou a produção de sua operação. Conseqüentemente, o caminho de expansão oferece informações úteis particularmente relevantes no caso de decisões de planejamento no longo prazo.
7. A curva de custo médio no longo prazo corresponde à envolvente das curvas de custo médio no curto prazo da empresa, refletindo assim a presença ou a ausência de rendimentos de escala. Quando há inicialmente rendimentos crescentes de escala e posteriormente rendimentos decrescentes de escala, a curva de custo médio no longo prazo apresenta formato em U e a envolvente não abrange todos os pontos de custo médio mínimo no curto prazo.
8. Uma empresa apresenta *economias de escala* quando pode dobrar sua produção com menos do que o dobro do custo. Da mesma forma, há deseconomias de escala quando é necessário mais do que o dobro do custo para dobrar a produção. Os conceitos de economias e deseconomias de escala aplicam-se até mesmo quando a proporção dos insumos é variável; o de rendimentos de escala aplica-se somente quando a proporção dos insumos é fixa.
9. Quando uma empresa produz dois (ou mais) produtos, é importante observar se existem *economias de escopo* em sua produção. Estas surgem quando a empresa pode produzir quaisquer combinações de dois produtos com menos gastos do que duas empresas independentes que produzissem um único produto cada. O nível de economias de escopo é medido por meio do percentual de reduções de custo quando uma empresa produz dois produtos, em relação ao custo de produzi-los individualmente.
10. O custo médio de produção pode apresentar uma redução no decorrer do tempo, caso a empresa 'aprenda' como produzir com maior eficácia. A *curva de aprendizagem* descreve em quanto um insumo necessário para a obtenção de determinado nível de produção diminui à medida que aumenta a produção cumulativa da empresa.
11. As funções de custo relacionam o custo da produção com o nível de produção da empresa. As funções podem ser medidas tanto no curto como no longo prazo pelo uso de dados relativos a empresas de determinado setor industrial em determinado período ou dados relativos ao setor ao longo do tempo. Diversas relações funcionais (lineares, quadráticas e cúbicas) podem ser utilizadas para representar funções de custo.

---

[20] Pode-se confirmar esse princípio desenhando-se a curva ou então por meio da execução do diferencial da função de custo médio em relação a q, igualando-a a zero e resolvendo a equação para a determinação de q.

Questões para revisão

1. Uma empresa paga anualmente ao seu contador honorários no valor de $10.000. Trata-se de um custo econômico?
2. A proprietária de uma pequena loja cuida pessoalmente do trabalho contábil. De que forma você mediria o custo de oportunidade desse trabalho?
3. Diga se as afirmações a seguir são verdadeiras ou falsas e explique por quê.
   a. Se um empresário não paga salário a si mesmo, o custo contábil é zero, mas o custo econômico é positivo.
   b. Uma empresa que tenha lucro contábil positivo não necessariamente tem lucro econômico positivo.
   c. Se uma empresa contrata um trabalhador atualmente desempregado, o custo de oportunidade de utilizar os serviços desse trabalhador é zero.
4. Suponhamos que o trabalho seja o único insumo variável no processo produtivo. Se o custo marginal de produção vai diminuindo à medida que mais unidades são produzidas, o que podemos dizer sobre o produto marginal do trabalho?
5. Suponhamos que uma fabricante de cadeiras descubra que a taxa marginal de substituição técnica de trabalho por capital em seu processo produtivo seja substancialmente maior do que a razão entre a taxa de locação das máquinas e o custo do trabalho na linha de montagem. De que forma você acha que ela deveria alterar sua utilização de capital e trabalho para poder minimizar seu custo de produção?
6. Por que as linhas de isocusto são retas?
7. Suponha que o custo marginal de produção esteja crescendo. Você pode dizer se o custo variável médio está diminuindo ou aumentando? Explique.
8. Suponha que o custo marginal de produção seja maior que o custo variável médio. Você pode dizer se o custo variável médio está diminuindo ou aumentando? Explique.
9. Se as curvas de custo médio de uma empresa apresentam formato em U, por que sua curva de custo variável médio atinge seu nível mínimo em um nível de produção mais baixo do que a curva de custo médio total?
10. Se uma empresa apresenta rendimentos crescentes de escala até determinado nível de produção e depois os custos começam a subir conforme a produção, o que você pode dizer a respeito do formato da curva de custo médio no longo prazo dessa empresa?
11. De que forma uma variação no preço de um insumo pode alterar o caminho de expansão de uma empresa no longo prazo?
12. Explique a diferença entre economias de escala e economias de escopo. Por que um pode estar presente sem o outro?
13. O caminho de expansão da empresa é sempre uma linha reta?
14. Qual a diferença entre economias de escala e rendimentos de escala?

Exercícios

1. Joe, um programador de computadores que ganhava $50.000 por ano, pede demissão e abre sua própria empresa de software, instalada em um imóvel próprio que ele antes alugava por $24.000 anuais. No primeiro ano do negócio, ele teve as seguintes despesas: $40.000 do salário pago a ele mesmo; $0 de aluguel; $25.000 de outras despesas. Calcule o custo contábil e o custo econômico associados à empresa de Joe.
2. a. Preencha as lacunas da tabela a seguir.
   b. Desenhe um gráfico que mostre o custo marginal, o custo variável médio e o custo total médio, com o custo no eixo vertical e a quantidade no eixo horizontal.

Unidades produzidas	Custo fixo	Custo variável	Custo total	Custo marginal	Custo fixo médio	Custo variável médio	Custo total médio
0			100				
1			125				
2			145				
3			157				
4			177				
5			202				
6			236				
7			270				
8			326				
9			398				
10			490				

3. Uma empresa tem um custo fixo de produção de $5.000 e um custo de produção marginal constante de $500 por unidade.
   a. Qual é a função de custo total da empresa? E de custo médio?
   b. Se quiser minimizar o custo total médio, a empresa deve optar por ser muito pequena ou muito grande? Explique.
4. Suponhamos que uma empresa deva pagar um imposto anual que corresponde a uma quantia fixa, independentemente de apresentar alguma produção ou não.
   a. Como esse imposto afetaria os custos fixos, marginais e variáveis da empresa?
   b. Agora suponhamos que o imposto seja proporcional ao número de unidades produzidas. Novamente, como esse imposto afetaria os custos fixos, marginais e variáveis da empresa?
5. Segundo um recente artigo da *Business Week*:

   Durante a queda nas vendas de automóveis, a GM, a Ford e a Chrysler decidiram que era mais econômico vender automóveis com prejuízos para locadoras do que demitir funcionários. Isso porque é caro fechar e abrir fábricas, em parte porque os acordos atuais com os sindicatos da indústria automobilística prevêem a obrigatoriedade de as empresas pagarem salários a muitos trabalhadores, mesmo que estes não estejam trabalhando.

   Quando o artigo menciona a venda de carros com prejuízos, está se referindo ao lucro contábil ou econômico? Explique brevemente como eles se distinguem nesse caso.
6. Suponhamos que a economia entre em recessão e o custo da mão-de-obra caia 50%, com perspectiva de que venha a permanecer em tal nível por um longo tempo. Mostre graficamente de que forma essa variação no preço do trabalho em relação ao preço do capital influenciaria o caminho de expansão da empresa.

7. O custo para um passageiro voar do ponto A até o ponto B é de \$50.000. A companhia aérea executa essa rota quatro vezes por dia, às 7h, às 10h, às 13h e às 16h. O primeiro e o último vôos vão lotados, com 240 passageiros. O segundo e o terceiro vão com metade da capacidade. Calcule o custo médio por passageiro de cada vôo. Suponha que a companhia o contrate como consultor de marketing e queira saber que tipo de cliente deve tentar atrair – o cliente dos horários de pico (o primeiro e o último vôos) ou o cliente dos vôos vazios (os dois do meio). Que orientação você lhes daria?

8. Você é gerente de uma fábrica que produz motores em grande quantidade por meio de equipes de trabalhadores que utilizam máquinas de montagem. A tecnologia pode ser resumida pela função de produção:

$$q = 5KL$$

onde q é o número de motores, K é o número de máquinas e L, o número de equipes de trabalho. Cada máquina é alugada ao custo r de \$10.000 por semana e cada equipe custa w = \$5.000 por semana. O custo dos motores é dado pelo custo das equipes e das máquinas mais \$2.000 de matérias-primas por máquina. Sua fábrica possui 5 máquinas de montagem.

a. Qual a função de custo de sua fábrica, isto é, quanto custa produzir q motores? Quais os custos médios e marginais para produzir q motores? Como os custos médios variam com a produção?

b. Quantas equipes são necessárias para produzir 250 motores? Qual o custo médio por motor?

c. Solicitaram a você que fizesse recomendações para o projeto de uma nova fábrica. O que você sugeriria? Em particular, se o objetivo fosse minimizar o custo total de produção a qualquer nível de q, com que relação capital/trabalho (K/L) a nova fábrica deveria operar?

9. A função de custo no curto prazo de uma empresa é expressa pela equação CT = 200 + 55q, em que CT é o custo total e q é a quantidade total produzida, ambos medidos em milhares de unidades.

a. Qual é o custo fixo da empresa?

b. Caso a empresa produzisse 100.000 unidades de produto, qual seria seu custo variável médio?

c. Qual seria seu custo marginal de produção?

d. Qual seria seu custo fixo médio?

e. Suponhamos que a empresa faça um empréstimo e expanda sua fábrica. Seu custo fixo subirá em \$50.000, porém seu custo variável cairá para \$45.000 por 1.000 unidades. O custo dos juros (J) também entra na equação. Cada aumento de 1% na taxa de juros eleva os custos em \$3.000. Escreva a nova equação de custo.

***10.** Um fabricante de cadeiras contrata sua mão-de-obra para a linha de montagem por \$30 por hora e calcula que o aluguel de suas máquinas seja de \$15 por hora. Suponhamos que uma cadeira possa ser produzida utilizando-se 4 horas entre tempo de trabalho e de máquina, sendo possível qualquer combinação entre os insumos. Se a empresa estiver utilizando atualmente 3 horas de trabalho para cada hora de máquina, ela está minimizando seus custos de produção? Em caso afirmativo, qual a razão disso? Em caso negativo, de que forma a empresa poderia melhorar essa situação? Ilustre graficamente a isoquanta e as duas linhas de isocusto para a combinação atual de trabalho e capital e para a combinação ótima de trabalho e capital.

***11.** Suponhamos que a função de produção de uma empresa seja $q = 10L^{\frac{1}{2}}K^{\frac{1}{2}}$. O custo de uma unidade de trabalho é \$20 e o custo de uma unidade de capital é \$80.

a. Atualmente, a empresa está produzindo 100 unidades e acredita que as quantidades de trabalho e capital minimizadoras de custo sejam 20 e 5, respectivamente. Ilustre isso graficamente, usando isoquantas e linhas de isocusto.

b. A empresa agora quer aumentar a produção para 140 unidades. Se o capital é fixo no curto prazo, quanto trabalho será necessário? Ilustre isso graficamente e calcule o novo custo total da empresa.

c. Identifique graficamente o nível de capital e trabalho minimizador de custos no longo prazo, caso a empresa queira produzir 140 unidades.

d. Se a taxa marginal de substituição técnica for K/L, calcule os níveis ótimos de capital e trabalho necessários para produzir 140 unidades.

***12.** A função de custo de uma empresa fabricante de computadores, relacionando seu custo médio de produção, CMe, com sua produção cumulativa, Q (em milhares de computadores produzidos), e com o tamanho de sua fábrica em termos de milhares de computadores produzidos anualmente, q, para uma produção na faixa de 10.000 a 50.000 computadores, é expressa pela equação:

$$\text{CMe} = 10 - 0{,}1Q + 0{,}3q$$

a. Existe um efeito de curva de aprendizagem?

b. Existem economias ou deseconomias de escala?

c. Ao longo de sua existência, a empresa já produziu um total de 40.000 computadores e está produzindo 10.000 máquinas este ano. No ano que vem, ela planeja aumentar sua produção para 12.000 computadores. Será que seu custo médio de produção aumentará ou diminuirá? Explique.

***13.** Suponhamos que a função de custo total no longo prazo para uma empresa seja expressa pela equação cúbica CT = a + bq + cq^2 + dq^3. Mostre (utilizando o cálculo integral) que essa função de custo é consistente com a curva de custo médio com formato em U, pelo menos para alguns valores dos parâmetros a, b, c e d.

***14.** Uma empresa de computadores produz hardware e software utilizando a mesma fábrica e os mesmos trabalhadores. O custo total da produção de unidades de hardware, H, e de unidades de software, S, é expresso pela equação:

$$\text{CT} = aH + bS - cHS$$

onde a, b e c são positivos. Será que essa função de custo total condiz com a presença de economias ou deseconomias de escala? E com economias ou deseconomias de escopo?

APÊNDICE DO CAPÍTULO 7

Teoria de Produção e Custo – Tratamento Algébrico

Este apêndice apresenta um tratamento algébrico dos fundamentos da teoria da produção e do custo. Da mesma forma que no apêndice do Capítulo 4, utilizaremos o método dos multiplicadores de Lagrange na solução do problema da minimização de custo da empresa.

MINIMIZAÇÃO DE CUSTO

A teoria da empresa baseia-se na suposição de que as empresas escolhem para seus processos produtivos os insumos capazes de minimizar o custo da produção. Se existirem dois insumos, o capital, K, e o trabalho, L, a função de produção $F(K,L)$ descreverá a maior produção que pode ser obtida com cada possível combinação de tais insumos. Estamos supondo que cada um dos insumos do processo produtivo apresente produtos marginais positivos, porém declinantes. Ao escrevermos a expressão do produto marginal do capital, $\text{PMg}_K(K,L) = \partial F(K,L)/\partial K$, estamos supondo que $\text{PMg}_K(K,L) > 0$ e também que $\partial\text{PMg}_K(K,L)/\partial K < 0$. Da mesma forma, se a expressão do produto marginal do trabalho for $\text{PMg}_L(K,L) = \partial F(K,L)/\partial L$, estamos supondo que $\text{PMg}_L(K,L) > 0$ e que $\partial\text{PMg}_L(K,L)/\partial L < 0$.

Uma empresa competitiva aceita os preços estipulados para o trabalho, w, e o capital, r. Portanto, o problema da minimização de custo poderia ser escrito na forma:

$$\text{Minimizar } C = wL + rK \qquad \textbf{(A7.1)}$$

sujeito à restrição de que um nível fixo de produção Q_0 deverá ser produzido:

$$F(K,L) = Q_0 \qquad \textbf{(A7.2)}$$

C representa o custo da produção de um nível fixo Q_0 unidades de produto.

Para podermos determinar a demanda da empresa pelos insumos capital e trabalho, escolhemos os valores de K e L capazes de minimizar a equação A7.1 e obedecer à restrição expressa pela equação A7.2. Resolvemos esse problema de otimização restrita por meio do método dos multiplicadores de Lagrange, já discutido no apêndice do Capítulo 4:

- **Passo 1.** Escrevemos o lagrangiano, que é a soma de dois componentes: o custo de produção (a ser minimizado) e o multiplicador de Lagrange, λ, multiplicado pela restrição de produto enfrentada pela empresa:

$$\Phi = wL + rK - \lambda[F(K,L) - Q_0] \qquad \textbf{(A7.3)}$$

- **Passo 2.** Efetuamos os diferenciais em relação a K, L e λ. Depois igualamos a zero as derivadas resultantes para obtermos as condições necessárias para que seja atingido um mínimo:[1]

$$\begin{aligned} \partial\Phi/\partial K &= r - \lambda\text{PMg}_K(K,L) = 0 \\ \partial\Phi/\partial L &= w - \lambda\text{PMg}_L(K,L) = 0 \\ \partial\Phi/\partial\lambda &= F(K,L) - Q_0 = 0 \end{aligned} \qquad \textbf{(A7.4)}$$

- **Passo 3.** Em geral, essas equações podem ser resolvidas para se obterem os melhores valores de K, L e λ. É particularmente instrutivo combinar as duas primeiras condições em A7.4. Ao fazê-lo, obtemos:

$$\text{PMg}_K(K,L)/r = \text{PMg}_L(K,L)/w \qquad \textbf{(A7.5)}$$

A equação A7.5 nos diz que, se a empresa está minimizando seus custos, ela escolherá seus fatores de produção de modo que igualem a razão do produto marginal de cada fator dividido por seu respectivo preço. Para vermos como isso faz sentido, suponhamos que PMg_K/r fosse maior do que PMg_L/w. Então, a empresa poderia reduzir seu custo, ainda produzindo no mesmo nível, por meio de maior uso de capital e de menos trabalho.

Por fim, podemos combinar as duas primeiras condições da equação A7.4 de uma forma diferente, para poder determinar o multiplicador de Lagrange:

$$\lambda = r/\text{PMg}_K(K,L) = w/\text{PMg}_L(K,L) \qquad \textbf{(A7.6)}$$

[1] Essas condições são necessárias para uma solução envolvendo quantidades positivas de ambos os insumos.

Suponhamos que a produção aumente em uma unidade. Como o produto marginal do capital mede a produção extra, associada a um acréscimo de insumo capital, $1/\mathrm{PMg}_K(K,L)$ mede o capital extra necessário para poder produzir uma unidade adicional de produto. Portanto, $r/\mathrm{PMg}_K(K,L)$ mede o custo do insumo adicional para a produção de uma unidade adicional de produto, por meio de um acréscimo de capital. Da mesma forma, $w/\mathrm{PMg}_L(K,L)$ mede o custo adicional para a produção de uma unidade adicional de produto, por meio de um acréscimo do insumo trabalho. Em ambos os casos, o multiplicador de Lagrange é igual ao custo marginal de produção, pois este nos informa em quanto o custo da produção aumentaria se o nível de produção aumentasse em uma unidade.

TAXA MARGINAL DE SUBSTITUIÇÃO TÉCNICA

Lembre-se de que a *isoquanta* é uma curva que representa o conjunto de todas as combinações de insumos que possibilitam à empresa obter um mesmo nível de produção, digamos, q^*. Portanto, a condição $F(K,L) = q^*$ representa uma isoquanta de produção. À medida que as combinações de insumos variam ao longo da isoquanta, a variação de produção, expressa pela derivada total de $F(K,L)$, iguala-se a zero (isto é, $\mathrm{d}q = 0$). Portanto:

$$\mathrm{PMg}_K(K,L)\mathrm{d}K + \mathrm{PMg}_L(K,L)\mathrm{d}L = \mathrm{d}q = 0 \qquad \textbf{(A7.7)}$$

Reordenando a equação anterior, tem-se:

$$-\mathrm{d}K/\mathrm{d}L = \mathrm{TMST}_{LK} = \mathrm{PMg}_L(K,L)/\mathrm{PMg}_K(K,L) \qquad \textbf{(A7.8)}$$

onde TMST_{LK} é a taxa marginal de substituição técnica entre trabalho e capital para a empresa.

Agora, reescrevendo a equação A7.5, temos:

$$\mathrm{PMg}_L(K,L)/\mathrm{PMg}_K(K,L) = w/r \qquad \textbf{(A7.9)}$$

Como o lado esquerdo da equação A7.8 representa o negativo da inclinação da isoquanta, segue-se que, no ponto de tangência entre a isoquanta e a linha de isocusto, a taxa marginal de substituição técnica da empresa (que pressupõe que há uma permuta entre os insumos ao mesmo tempo que o nível de produção é mantido constante) é igual à razão entre os preços dos insumos (que representa a inclinação da linha de isocusto da empresa).

Podemos visualizar esse resultado de outra forma, reescrevendo a equação A7.9:

$$\mathrm{PMg}_L/w = \mathrm{PMg}_K/r \qquad \textbf{(A7.10)}$$

A equação A7.10 nos diz que os produtos marginais de todos os insumos da produção devem ser iguais quando tais produtos marginais são ponderados pelo inverso do custo unitário de cada insumo. Se os produtos marginais ponderados não fossem iguais, a empresa ainda poderia variar seus insumos para poder obter a mesma produção a um custo mais baixo.

DUALIDADE NA TEORIA DE PRODUÇÃO E CUSTO

Como ocorre na teoria do consumidor, a decisão da empresa em relação a insumos apresenta uma natureza dual. A escolha da combinação ótima entre K e L pode ser analisada não apenas como um problema de escolha da linha de isocusto mais baixa que seja tangente à isoquanta de produção, mas também como um problema de escolha da mais alta isoquanta de produção que seja tangente a determinada linha de isocusto. Para entendermos, consideremos o seguinte problema dual do produtor:

$$\text{Maximizar } F(K,L)$$

obedecendo à seguinte restrição:

$$wL + rK = C_0 \qquad \textbf{(A7.11)}$$

O lagrangiano correspondente é expresso por:

$$\Phi = F(K,L) - \mu(wL + rK - C_0) \qquad \textbf{(A7.12)}$$

onde μ é o multiplicador de Lagrange. As condições necessárias para maximizar a produção são:

$$\begin{aligned} \mathrm{PMg}_K(K,L) - \mu r &= 0 \\ \mathrm{PMg}_L(K,L) - \mu w &= 0 \\ wL + rK - C_0 &= 0 \end{aligned} \qquad \textbf{(A7.13)}$$

Resolvendo as duas primeiras equações, temos:

$$PMg_K(K,L)/r = PMg_L(K,L)/w \quad \textbf{(A7.14)}$$

que vem a ser idêntica à condição necessária para a minimização do custo.

FUNÇÕES COBB-DOUGLAS DE CUSTO E PRODUÇÃO

Para determinada função de produção $F(K,L)$, as equações A7.13 e A7.14 podem ser utilizadas para a obtenção da *função de custo* $C(q)$. Para entendermos esse fato, vamos analisá-lo por meio do exemplo de uma **função de produção Cobb-Douglas**. Essa função de produção tem o seguinte formato:

função de produção Cobb-Douglas Função de produção da forma $q = AK^{\alpha}L^{\beta}$, onde q é a quantidade de produto, K é a quantidade de capital e L é a quantidade de trabalho – onde A, α e β são constantes.

$$F(K,L) = AK^{\alpha}L^{\beta}$$

ou, aplicando logaritmos em ambos os lados dessa equação:

$$\log[F(K,L)] = \log A + \alpha \log K + \beta \log L$$

Estamos supondo que $\alpha < 1$ e $\beta < 1$, de tal forma que a empresa tenha produtos marginais decrescentes para o trabalho e para o capital.[2] Se $\alpha + \beta = 1$, a empresa tem *rendimentos constantes de escala*, pois, ao duplicar K e L, duplica F. Se $\alpha + \beta > 1$, a empresa tem *rendimentos crescentes de escala*, e se $\alpha + \beta < 1$, a empresa tem *rendimentos decrescentes de escala*.

Para encontrarmos uma aplicação, consideremos a indústria de tapetes descrita no Exemplo 6.4. As produções das empresas pequenas, assim como das empresas grandes, podem ser descritas por funções de produção Cobb-Douglas. Para as empresas pequenas, $\alpha = 0{,}77$ e $\beta = 0{,}23$; como $\alpha + \beta = 1$, há rendimentos constantes de escala. Para as empresas grandes, $\alpha = 0{,}83$ e $\beta = 0{,}22$; portanto, $\alpha + \beta = 1{,}05$, e há rendimentos crescentes de escala.

Para determinarmos as quantidades de capital e trabalho que a empresa deve utilizar para poder minimizar o custo da produção de q_0 unidades, em primeiro lugar devemos escrever o lagrangiano:

$$\Phi = wL + rK - \lambda(AK^{\alpha}L^{\beta} - q_0) \quad \textbf{(A7.15)}$$

Diferenciando em relação a L, K e λ e igualando suas derivadas a zero, temos:

$$\partial\Phi/\partial L = w - \lambda(\beta AK^{\alpha}L^{\beta-1}) = 0 \quad \textbf{(A7.16)}$$
$$\partial\Phi/\partial K = r - \lambda(\alpha AK^{\alpha-1}L^{\beta}) = 0 \quad \textbf{(A7.17)}$$
$$\partial\Phi/\partial\lambda = AK^{\alpha}L^{\beta} - q_0 = 0 \quad \textbf{(A7.18)}$$

A partir da equação A7.16, temos:

$$\lambda = w/A\beta K^{\alpha}L^{\beta-1} \quad \textbf{(A7.19)}$$

Aplicando essa fórmula à equação A7.17, temos:

$$r\beta AK^{\alpha}L^{\beta-1} = w\alpha AK^{\alpha-1}L^{\beta} \quad \textbf{(A7.20)}$$

ou então:

$$L = \beta rK/\alpha w \quad \textbf{(A7.21)}$$

Agora, utilize a equação A7.21 para eliminar L da equação A7.18:

$$AK^{\alpha}\beta^{\beta}r^{\beta}K^{\beta}/\alpha^{\beta}w^{\beta} = q_0 \quad \textbf{(A7.22)}$$

Reescrevendo essa equação, temos:

$$K^{\alpha+\beta} = (\alpha w/\beta r)^{\beta}q_0/A \quad \textbf{(A7.23)}$$

ou então:

$$K = [(\alpha w/\beta r)^{\beta/(\alpha+\beta)}](q_0/A)^{1/(\alpha+\beta)} \quad \textbf{(A7.24)}$$

Dessa forma, determinamos a quantidade de capital capaz de minimizar os custos. Para a determinação da quantidade de trabalho capaz de minimizar os custos, aplicamos a equação A7.24 à equação A7.21:

$$L = [(\beta r/\alpha w)^{\alpha/(\alpha+\beta)}](q_0/A)^{1/(\alpha+\beta)} \quad \textbf{(A7.25)}$$

[2] Por exemplo, se o produto marginal do trabalho é expresso por $PMg_L = \partial[F(K,L)]/\partial L = \beta AK^{\alpha}L^{\beta-1}$, PMg_L apresenta diminuição à medida que L aumenta.

Observe que, à medida que a remuneração do trabalho, w, aumentar em relação ao preço do capital, r, a empresa passará a utilizar mais capital e menos trabalho. Se, digamos, por razões de modificações tecnológicas, A aumentar (de tal forma que a empresa possa atingir níveis mais elevados de produção com as mesmas quantidades de insumos), tanto K como L serão reduzidos.

Já mostramos de que maneira a minimização de custo sujeita a uma restrição de nível de produção pode ser utilizada para determinarmos a combinação de capital e trabalho. Agora, determinaremos a função de custo da empresa. O custo total da produção de *qualquer nível de produção, Q*, pode ser obtido por meio da substituição de K pela equação A7.24 e L pela A7.25 na equação $C = wL + rK$. Após algumas manipulações algébricas, podemos descobrir que:

$$C = w^{\beta/(\alpha+\beta)} r^{\alpha/(\alpha+\beta)} \left[\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^{\beta/(\alpha+\beta)} + \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^{-\alpha/(\alpha+\beta)} \right] \left(\frac{q}{A}\right)^{1/(\alpha+\beta)} \qquad \textbf{(A7.26)}$$

Essa *função de custo* informa: (1) como o custo total de produção aumenta à medida que o nível de produção, q, aumenta e (2) como o custo varia quando variam os preços dos insumos. Quando $\alpha + \beta$ for igual a 1, a equação A7.26 pode ser simplificada da seguinte forma:

$$C = w^{\beta} r^{\alpha} [(\alpha/\beta)^{\beta} + (\alpha/\beta)^{-\alpha}](1/A)q$$

Nesse caso, o custo aumenta proporcionalmente à produção, o que significa que o processo produtivo exibe rendimentos constantes de escala. Da mesma forma, se $\alpha + \beta$ for maior do que 1, existem rendimentos crescentes de escala, e se $\alpha + \beta$ for menor do que 1, existem rendimentos decrescentes de escala.

Consideremos agora o problema dual da maximização da produção que pode ser obtida por meio do gasto de C_0 dólares. Deixaremos para você a resolução desse problema por meio da função de produção Cobb-Douglas: mostre que as equações A7.24 e A7.25 descrevem as escolhas capazes de minimizar os custos. Para começar, observe que o lagrangiano para esse problema dual é: $\Phi = AK^{\alpha}L^{\beta} - \mu(wL + rK - C_0)$.

Exercícios

1. Dentre as funções de produção a seguir, quais apresentam rendimentos crescentes, constantes ou decrescentes de escala?

a. $F(K,L) = K^2L$

b. $F(K,L) = 10K + 5L$

c. $F(K,L) = (KL)^{0,5}$

2. A função de produção de determinado produto tem a expressão $q = 100KL$. Sendo o custo do capital \$120 por dia e o do trabalho \$30 por dia, qual será o custo mínimo de produção para 1.000 unidades de produto?

3. Suponhamos que uma função de produção tenha a expressão $F(K,L) = KL^2$ e que o custo do capital seja \$10 e o do trabalho seja \$15. Qual será a combinação de trabalho e capital capaz de minimizar o custo de produção para qualquer quantidade de produto?

4. Suponhamos que o processo de produção de agasalhos esportivos da empresa Polly's Parkas seja descrito pela função:

$$q = 10K^{0,8}(L - 40)^{0,2}$$

onde q é o número de unidades produzidas, K é o número de horas-máquina e L é o número de horas de trabalho. Além de capital e trabalho, \$10 de matérias-primas são consumidos na produção de cada agasalho.

a. Minimizando o custo sujeito à função de produção, derive as demandas de K e L como função do produto (q), salários (w) e aluguel das máquinas (r). Derive a função de custo total (custos como função de q, r, w e da constante referente aos \$10 de matéria-prima por unidade produzida).

b. Esse processo requer trabalhadores qualificados, que ganham \$32 por hora. O valor do aluguel das máquinas é de \$64 por hora. Sendo esses os preços dos fatores, qual o custo total como função de q? Essa tecnologia apresenta rendimentos crescentes, decrescentes ou constantes de escala?

c. A empresa planeja produzir 2.000 unidades por semana. Com os preços dos fatores indicados anteriormente, quantos trabalhadores deve contratar (considere 40 horas de trabalho semanal) e quantas máquinas deve alugar (também considere utilização de 40 horas semanais)? Quais são os custos marginal e médio nesse nível da produção?