

OBJETIVO DE ESTUDO 1

Entender o papel estratégico da estimativa de custos.

Estimação de Custo

Depois de estudar este Capítulo, você deverá ser capaz de:

1. Entender o papel estratégico da estimativa de custos
2. Aplicar as seis etapas da estimativa de custos
3. Usar cada um dos métodos da estimativa de custos: o método alto-baixo, medida de trabalho e análise de regressão
4. Explicar os dados requeridos e os problemas de implementação dos métodos da estimativa de custos
5. Usar as curvas de aprendizagem na estimativa de custos quando a aprendizagem está presente
6. Usar as medidas estatísticas para avaliar uma análise de regressão

A informação sobre gestão de custos é fundamental no planejamento dos custos e nas tomadas de decisões (no planejamento de um novo produto ou expansão de uma instalação e na tomada de outras decisões). Entretanto, um requisito básico para o planejamento eficaz dos custos é usar *estimativas precisas de custo* no processo de planejamento. Este Capítulo mostra os métodos para desenvolver estimativas precisas.

A estimativa de custos é particularmente importante para a indústria de construção civil. Os grandes projetos de construção são freqüentemente obtidos com base em licitações. Os empreiteiros que participam dessas licitações precisam ter métodos precisos de estimativa de custos para ganhar suas parcelas nas licitações e para ser lucrativos. Os métodos de estimativa de custos para os empreiteiros desenvolvem análises detalhadas dos custos de material e mão-de-obra que são diretamente rastreados para o projeto, assim como das projeções dos custos indiretos, usando, preferencialmente, a análise da atividade, como descrito no Capítulo 5.

A estimativa de custos para os empreiteiros de construção é um aspecto tão importante do sucesso dessas empresas que muitos consultores e programadores de software criaram ferramentas e técnicas para auxiliá-los na estimativa de custos. A American Society of Professional Estimators (www.aspenational.com) e outras organizações profissionais proporcionam treinamento e oportunidades para o desenvolvimento profissional para os gerentes de custos envolvidos na estimativa de custos de construção. Diversas empresas de consultoria – Cost Concepts, Inc. (www.costconcepts.com); e Davis Langdon Adamson Associates (www.davislangdon.com) e provedores de software como a Prosoft Inc. (www.prosoftinc.com), por exemplo – fornecem serviços adicionais.

Uma das maiores empresas de construção do mundo é a Daewoo Construction Corp., da Coreia, que tem escritórios de construção residencial, comercial e civil e projetos de construção em 30 países por toda a Ásia, América do Norte e outras partes do mundo (http://www.dwconst.co.kr/english/e_main.htm). A missão corporativa da Daewoo é construir “uma empresa criativa para liderar a construção global por meio de tecnologia e excelência de qualidade”. Uma parte crítica da implementação dessa missão corporativa é o uso de estimativa de custos de classe mundial.

Função Estratégica da Estimativa de Custos

A literatura sobre custo estratégico sugere que os contadores gerenciais deveriam participar ativamente na tomada de decisão estratégica inicial. Suas contribuições nos estágios iniciais provavelmente serão na forma de previsões de 1. custos de atividades alternativas, processos ou formas organizacionais – da empresa e de seus concorrentes;

Estimação de custo

é a elaboração de uma relação bem-definida entre um objeto de custo e seus direcionadores de custo com o propósito de prever o custo.

2. impactos financeiros e operacionais das escolhas estratégicas alternativas; e 3. custos (dinheiro e tempo) das estratégias alternativas de implementação. Se os contadores gerenciais não cumprirem essa função, outros cumprirão.¹

Como indicam Jalinski e Selto, um ponto inicial crítico para a gestão estratégica de custo é ter estimativas precisas de custos. A abordagem estratégica se prepara para o futuro, e, assim sendo, a estimação de custo é um elemento essencial desta. **Estimação de custo** é a elaboração de uma relação bem-definida entre um objeto de custo e seus direcionadores de custo com o propósito de prever o custo.

A estimação de custo facilita a gestão estratégica de duas maneiras importantes. Primeira, ela ajuda a prever os custos futuros usando direcionadores de custo por atividade, por volume, estruturais e executáveis previamente identificados. Segunda, a estimação de custo ajuda a identificar os principais direcionadores de custo para um objeto de custo e quais desses direcionadores de custo são mais úteis na previsão dos custos.

Usando a Estimação de Custo para Prever Custos Futuros

A gestão estratégica requer estimativas precisas de custos para muitas aplicações, incluindo:

1. Facilitar a análise do posicionamento estratégico. As estimações de custo são especialmente importantes para as empresas que competem com base na liderança de custos. As estimações de custo orientam a administração para determinar quais as técnicas de gestão contemporânea, como o custeio-meta ou a gestão da qualidade total (TQM), a empresa deve empregar para ter sucesso em sua estratégia escolhida.

2. Facilitar a análise da cadeia de valores. As estimações de custo ajudam a empresa a identificar as oportunidades potenciais para a redução de custos, configurando novamente a cadeia de valores. Por exemplo, as estimações de custo são úteis em determinar se os custos gerais e os valores para o produto podem ser aperfeiçoados pela fabricação de um de seus componentes internamente ou de sua compra de um fornecedor.

3. Facilitar o custeio-meta e o custeio do ciclo de vida. As estimações de custo são uma parte integral do custeio-meta e do custeio do ciclo de vida. A administração usa as estimações de custo de projetos diferentes de produtos como parte do processo de seleção do projeto específico que proporciona a melhor relação de valor para o cliente *versus* os custos de produção e outros custos. Similarmente, as estimações de custo são usadas para determinar o custo mínimo esperado do ciclo de vida de um produto ou serviço. Custeio-meta e custeio do ciclo de vida são abordados no Capítulo 10.

Estimação de Custo para os Diferentes Tipos de Direcionadores de Custo

Os métodos de estimação de custo, explicados neste Capítulo, podem ser usados para qualquer um dos quatro tipos de direcionadores de custo: atividade, volume, estrutural e de execução. As relações entre custos e direcionadores de custo baseados em atividades e baseados em volume freqüentemente se encaixam melhor nos métodos lineares de estimação de custo explicados neste Capítulo, pois essas relações são, pelo menos, aproximadamente, lineares dentro do intervalo relevante das operações da empresa.

Os direcionadores de custo estruturais envolvem os planos e decisões que têm impacto em longo prazo e, conseqüentemente, estratégico sobre a empresa. Tais decisões incluem a experiência de fabricação, escala de produto, tecnologia do produto ou da produção e complexidade do produto ou da produção. As questões de tecnologia e complexidade muitas vezes levam a administração a usar o custeio baseado em atividades (ABC) e os métodos lineares de estimação. No entanto, a experiência e a escala freqüentemente requerem métodos não-lineares. Como direcionador de custo, a experiência representa a redução no custo por unidade em virtude da aprendizagem. O efeito no total de custo da experiência é não-linear; isto é, o custo diminui com o

¹ JALINSKI, Dale W.; SELTO, Frank H. *Integration of Accounting and Strategy: A Longitudinal Field Study, working paper*, University of Colorado em Boulder, jul. 1995.

FOCO NO MUNDO REAL**A Subida da Escada do Sucesso para Contadores Gerenciais**

Uma pesquisa recente com 400 companhias identificou o *mix* de habilidades pessoais e de negócios desejado para o profissional da área financeira. Entre as quatro habilidades tidas em mais alta conta, duas delas estão diretamente relacionadas à estimação de custo: análise de tendências e previsões. As outras habilidades identificadas estão relacionadas à tecnologia da informação e orçamentos.

As habilidades pessoais mais desejadas incluem liderança, relacionamentos interpessoais, comunicação e foco na resolução de problemas.

Fonte: Up the ladder of Success. *The Journal of Accountancy*, p. 24, nov. 2000.

aumento na experiência de fabricação. O efeito de aprendizagem é explicado no Anexo A do Capítulo. Da mesma forma, a relação entre o direcionador de custo estrutural, a escala e o custo total é não-linear. *Escala* é o termo usado para descrever a produção de produtos similares que diferem em tamanho – por exemplo, válvulas de tubos de capacidades diferentes. Um efeito comum da escala é que o total de custos de produção aumenta mais rapidamente que o aumento no tamanho do produto. Por exemplo, o fabricante de uma válvula industrial de 22 polegadas requer mais que duas vezes o custo de uma válvula de 11 polegadas. A relação entre custos de fabricação e tamanho da válvula pode ser prevista por um modelo matemático de estimação chamado *lei de potências*, que é usado na engenharia industrial.²

Usando a Estimação de Custo para Identificar os Direcionadores de Custo

Freqüentemente, a maneira mais prática de identificar os direcionadores de custo é contar com o julgamento dos projetistas de produtos, engenheiros e operários na produção. Aqueles que têm mais conhecimento sobre o produto e os processos de produção têm as informações mais úteis sobre os direcionadores de custo. A estimação de custo tem, algumas vezes, uma função de descoberta e outras vezes, uma função colaborativa para validar e confirmar os julgamentos dos projetistas e engenheiros. Por exemplo, a Hewlett-Packard usa a estimação de custo para confirmar a utilidade dos direcionadores de custo selecionados pelas equipes de engenheiros e o pessoal de produção.³

Seis Etapas da Estimação de Custo

OBJETIVO DE ESTUDO 2
Aplicar as seis etapas da estimação de custo.

As seis etapas da estimação de custo são 1. definir o objeto de custo para o qual os custos relacionados serão estimados; 2. determinar os direcionadores de custo; 3. coletar dados consistentes e precisos sobre o objeto de custo e os direcionadores de custo; 4. fazer um gráfico dos dados; 5. selecionar e empregar um método de estimação adequado; e 6. avaliar a precisão da estimação de custo.

Etapa 1: Definir o Objeto de Custo a Ser Estimado

Embora isso possa parecer elementar, definir o custo específico a ser estimado requer muito cuidado. Por exemplo, se o objetivo é estimar os custos do produto para melhorar a definição do preço do produto, os objetos de custo relevantes são os produtos manufaturados na fábrica; o custo do produto é relevante para a precificação. Em contraste, se o objetivo é recompensar os gerentes que foram mais eficazes na redução dos custos, os objetos de custo mais apropriados seriam os departamentos de produção na fábrica, uma vez que os custos são mais diretamente controláveis pelos gerentes de departamentos.

Etapa 2: Definir os Direcionadores de Custo

Os direcionadores de custo são os fatores causais usados na estimação de custo. A seguir, alguns exemplos de custos estimados e seus direcionadores de custo relacionados:

² Com base nas informações em OSTWALD, Phillip F.; Mc LAREN, Timothy S. *Cost Estimating for Engineering and Management*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 2003.

³ Baseado nas informações de MERZ, Mike; HARDY, Arlene. ABC Puts Accountants on Design Team at HP. *Management Accounting*, p. 22-27, set. 1993.

Custo a Ser Estimado	Direcionador de Custo
Despesa com combustível para o carro	Quilômetros rodados
Despesa com calefação para um prédio	Temperatura a ser mantida no prédio
Custo de manutenção em uma fábrica	Horas/máquina, horas de mão-de-obra
Custo do projeto do produto	Número de elementos no projeto, mudanças no projeto

A identificação dos direcionadores de custo é a etapa mais importante no desenvolvimento da estimativa de custo. Podem existir diferentes direcionadores de custo relevantes, e alguns podem não ser imediatamente óbvios. As despesas com combustível para um grande caminhão de entregas, por exemplo, pode ser primariamente em função dos quilômetros rodados, mas também é afetada pela média de peso entregue, o número de horas de operação e a natureza da área de entrega.

Etapa 3: Coletar Dados Consistentes e Precisos

Depois que os direcionadores de custo foram selecionados, o contador gerencial coleta os dados sobre o objeto de custo e os direcionadores de custo. Os dados precisam ser consistentes e precisos. *Consistente* significa que cada período de dados seja calculado sobre a mesma base contábil e que todas as transações sejam apropriadamente registradas no período em que ocorreram.

A precisão dos dados depende da natureza da fonte. Algumas vezes, os dados desenvolvidos dentro da empresa são bastante confiáveis, como resultado das políticas e procedimentos administrativos para assegurar a precisão. A precisão também varia entre as fontes externas de dados, incluindo as fontes governamentais, publicações comerciais e industriais, universidades e outras fontes. A escolha dos direcionadores de custo exige o equilíbrio entre a relevância dos direcionadores e a consistência e precisão dos dados.

Etapa 4: Fazer um Gráfico dos Dados

O objetivo de fazer um gráfico dos dados é identificar os padrões incomuns. Qualquer deslocamento ou desalinhamento nos dados precisa receber uma atenção especial no desenvolvimento da estimativa. Por exemplo, o tempo de manutenção de uma semana para a instalação de novos equipamentos causa dados incomuns de produção para aquela semana; esses dados devem ser excluídos quando se estiver desenvolvendo uma estimativa de custo. Quaisquer ocorrências incomuns podem ser facilmente detectadas com o estudo do gráfico.

Etapa 5: Selecionar e Empregar o Método de Estimação

Os três métodos de estimativa apresentados na próxima seção do Capítulo diferem em sua capacidade de proporcionar precisão superior na estimativa de custo em relação ao custo da especialização ou recursos exigidos. O contador gerencial escolhe o método que apresenta a melhor relação precisão-custo para os objetivos de estimativa.

Etapa 6: Avaliar a Precisão da Estimativa de Custos

Uma etapa final, essencial na estimativa de custo, é considerar o potencial para erros quando a estimativa é preparada. Isso envolve considerar a totalidade e adequação dos direcionadores de custo selecionados na etapa 2, a consistência e precisão dos dados selecionados na etapa 3, o estudo do gráfico na etapa 4 e a precisão do método selecionado na etapa 5.

Uma abordagem comum para avaliar a precisão de um método de estimativa é a comparação entre os resultados estimados e os resultados reais através do tempo. Por exemplo, quando uma empresa prevê os gastos gerais de fabricação para cada ano, durante um período de 10 anos, existem 10 erros de estimativa para avaliação. Esses erros podem ser avaliados usando o **percentual médio absoluto de erros (Mape)** que é calculado tomando-se o valor absoluto de cada erro, calculando-se a média desses erros e convertendo o resultado em uma porcentagem dos valores efetivos dos gastos gerais de fabricação.

O percentual médio absoluto de erros (Mape)

é calculado tomando-se o valor absoluto de cada erro, calculando-se a média desses erros e convertendo o resultado em uma porcentagem dos valores efetivos dos gastos gerais de fabricação.

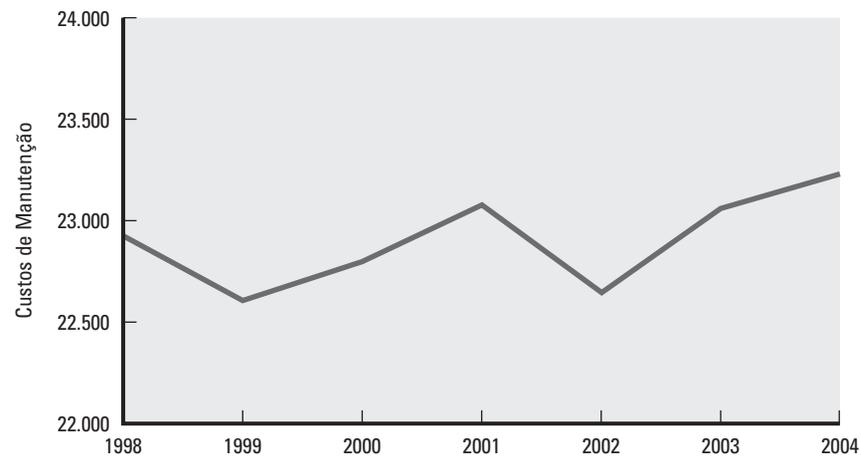
Métodos de Estimativa de Custo

Os três métodos de estimativa são 1. o método alto-baixo; 2. a mensuração de trabalho; e 3. a análise de regressão. Os métodos são listados do menos para o mais preciso. No entanto, o custo e o esforço em empregar os métodos são inversos a esta seqüência;

FIGURA 6.1
Relação entre os Métodos de Estimativa



FIGURA 6.2
Gráfico dos Custos de Manutenção



OBJETIVO DE ESTUDO 3

Usar cada um dos métodos de estimação de custo: o método alto-baixo, a mensuração de trabalho e a análise de regressão.

o método alto-baixo é o mais simples e o mais barato, e o método de análise de regressão é o mais preciso e mais custoso, exige mais tempo, coleta de dados e especialização (ver Figura 6.1). Ao escolher o melhor método de estimação, os contadores gerenciais precisam considerar o nível de precisão desejado e quaisquer limitações no custo, tempo e esforço.⁴

Dados de Ben Garcia sobre os Custos de Manutenção

Para ilustrar os três métodos, usamos o exemplo de um contador gerencial, chamado Ben Garcia, que está desenvolvendo estimação de custo dos gastos de manutenção para uma grande empresa industrial. Garcia tem os seguintes dados sobre os custos de manutenção:

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Custos de manutenção (\$)	22.843	22.510	22.706	23.030	22.413	22.935	23.175

O primeiro passo de Ben é fazer um gráfico dos dados (Figura 6.2) e observar que os custos de manutenção estão aumentando, embora não estavelmente. Baseado apenas nos gráficos, ele também prevê que os custos de manutenção ficarão entre \$ 22.500 e \$ 23.500 no próximo ano, 2005. Uma vez que a sua previsão é aproximada, e ele quer melhorar a sua precisão, parte para os métodos de estimação de custo, começando com o método alto-baixo.

4 Um quarto método de estimação, o método de classificação contábil, é usado quando as informações do contador gerencial para o propósito de estimação de custo são limitadas aos saldos nas contas da demonstração financeira. Nesse caso, o contador simplesmente escolhe para cada conta de custo (aluguel, mão-de-obra, materiais etc.) se os custos na conta forem fixos (como despesas com aluguel) ou variáveis (por exemplo, mão-de-obra direta de fabricação). Uma dificuldade com esse método é que os custos na maioria das contas são mistos (isto é, a conta de despesa de pessoal inclui a mão-de-obra direta e indireta, e, em conseqüência, custos fixos e variáveis) e não podem ser classificados simplesmente como fixos ou variáveis. Por causa do uso limitado desse método e a disponibilidade de métodos muito melhores, não o consideraremos mais além.

O método alto-baixo

usa a álgebra para determinar uma linha de estimativa *única* entre os pontos representativos dos altos e baixos nos dados.

Método Alto-Baixo

O **método alto-baixo** usa a álgebra para determinar uma linha de estimativa *única* entre os pontos altos e baixos nos dados. O método alto-baixo cumpre dois objetivos importantes para Garcia. Primeiro, ele adiciona um grau de precisão quantitativa à estimativa, o qual é baseado em uma linha de custo única e não em uma estimativa aproximada baseada na visão do gráfico. Segundo, ele permite que se adicionem informações que poderão ser úteis na previsão dos custos de manutenção. Por exemplo, ele sabe que o total de custos de manutenção provavelmente incluirá os custos variáveis e fixos. A parte dos custos fixos é a manutenção planejada (preventiva) que é realizada, independentemente do volume de atividade da fábrica. E, também, uma parte dos custos de manutenção varia com o número de horas em operação; mais horas em operação significam mais desgaste nas máquinas e, conseqüentemente, mais custos de manutenção. Garcia coleta as horas em operação como uma informação adicional, como segue:

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Total de horas em operação	3.451	3.325	3.383	3.614	3.423	3.410	3.500
Custos de manutenção (\$)	22.843	22.510	22.706	23.030	22.413	22.935	23.175

Para usar o método alto-baixo, Garcia entra com os dados em um gráfico, como mostra a Figura 6.3, e depois seleciona dois pontos dos dados, um representando os pontos mais baixos e outro, os pontos mais altos. Frequentemente, esses podem ser os pontos mais altos e mais baixos nos dados. Entretanto, se o ponto mais alto ou mais baixo estiver a uma distância grande dos outros pontos à sua volta, pode resultar em uma estimativa tendenciosa. Ambos os pontos precisam ser representativas dos dados à sua volta.

A estimacão de alto-baixo é representada da seguinte maneira:

$$Y = a + b \times H$$

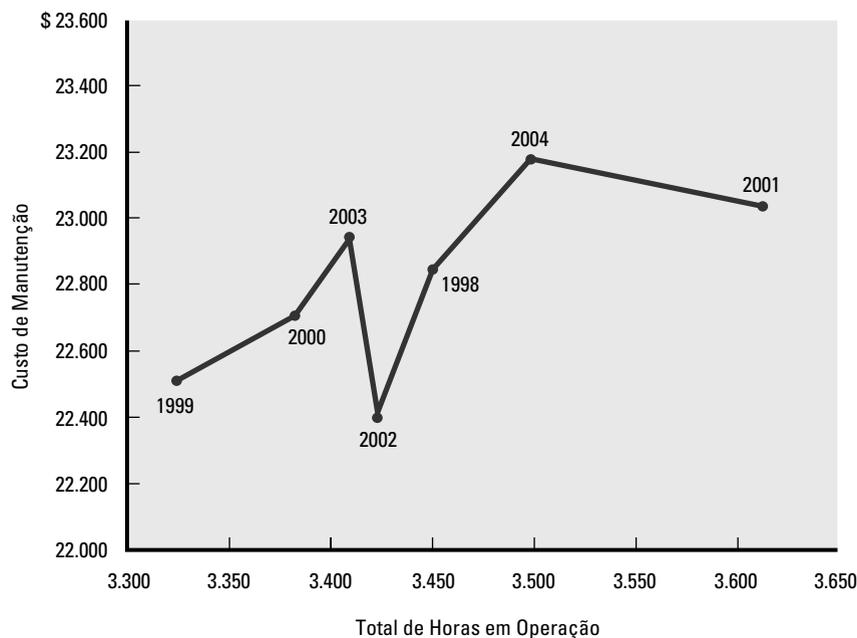
em que: Y = valor do custo estimado de manutenção.

H = direcionador de custo, número de horas de operação da fábrica

a = um valor fixo que representa o valor de Y quando $H = 0$.

b = a inclinação da linha. No exemplo da manutenção da fábrica, ela é o custo variável unitário para a manutenção.

FIGURA 6.3
Dados de Ben Garcia sobre o
Custo de Manutenção e Horas



Para obter os pontos alto e baixo, Garcia desenha uma linha através dos dados para ajudar a selecionar os pontos alto e baixo (tente fazer isso você mesmo na Figura 6.3). Em seguida, escolhe um ponto alto e um ponto baixo razoavelmente próximos da linha traçada. Suponha que ele tenha escolhido os pontos para 1999 e 2001. Então, calcula o valor de b :

$$b = \text{Custo variável por hora}$$

$$= \frac{\text{Diferença entre custos para os pontos alto-baixo}}{\text{Diferença pelo valor do direcionador de custo para os pontos alto-baixo}}$$

$$b = \frac{\$ 23.030 - \$ 22.510}{3.614 - 3.325} = \$ 1,80 \text{ por hora}$$

Em seguida, o valor para a (a quantidade fixa) pode ser calculado usando os dados de 1999 ou 2001:

Usando os Dados de 2001

$$a = Y - (b \times H) = \$ 23.030 - \$ 1,80 \times 3.614 = \$ 16.525$$

Usando os dados para 1999, temos o mesmo valor para a porque o custo fixo é o mesmo, em ambos os níveis de horas em operação; apenas o total dos custos variáveis para os dois níveis difere:

Usando os Dados de 1999

$$a = Y - (b \times H) = \$ 22.510 - \$ 1,80 \times 3.325 = \$ 16.525$$

Portanto, a equação da estimação utilizando o método alto-baixo é:

$$Y = \$ 16.525 + \$ 1,80 \times H$$

Essa equação pode ser usada para estimar os custos de manutenção para 2005. Suponha que sejam esperadas 3.600 horas em operação, em 2005. Então, os custos de manutenção são estimados da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} \text{Custo de manutenção em 2005} &= \$ 16.525 + \$ 1,80 \times 3.600 \\ &= \$ 23.005 \end{aligned}$$

Os contadores gerenciais acham a equação de alto-baixo útil para estimar os *custos totais*, mas não apenas o montante dos custos fixos. O motivo é que a estimativa se aplica somente ao *intervalo relevante* do direcionador de custo usado para desenvolver a estimação – o intervalo de 3.325 para 3.614 horas. O valor de a , uma medida que é relevante só com zero hora, é muito distante do intervalo relevante para ser propriamente interpretada como um custo fixo. Sua função é servir apenas como custo parte constante da equação da estimação usada para *prever o custo total*.

A principal vantagem do método alto-baixo é proporcionar uma equação de custo matemática e precisa. Entretanto, o método alto-baixo é limitado; ele pode representar somente a melhor linha possível para os dois pontos selecionados, e a seleção dos dois pontos requer julgamento. Os próximos dois métodos, mensuração de trabalho e regressão, são mais precisos porque ambos usam estimativas estatísticas, as quais proporcionam precisão matemática maior. Ao incluir os erros de estimação diretamente na análise, eles também proporcionam medidas úteis de sua precisão de estimativas. A precisão do método alto-baixo pode ser avaliada apenas subjetivamente; a mensuração de trabalho e a regressão têm medidas objetivas e quantitativas da acuracidade de suas estimações. Portanto, os dois últimos métodos fornecem uma base muito superior para completar o 6º passo na estimação de custo: avaliar a acuracidade da estimação de custo.

Mensuração de trabalho

é um método de estimação estatística de custos que faz um estudo detalhado de alguma atividade de produção ou de serviço para medir o tempo ou os recursos necessários por unidade produzida.

Mensuração de Trabalho

Mensuração de trabalho é um método de estimação estatística de custos que faz um estudo detalhado de alguma atividade de produção ou serviço para medir o tempo ou recursos necessários por unidade de produção. Por exemplo, a mensuração de trabalho é aplicada às operações de produção para determinar a mão-de-obra e/ou materiais

Amostragem de trabalho

é um método estatístico que faz uma série de medidas sobre a atividade em estudo.

Análise de regressão

é um método estatístico para obter uma única equação para estimar custo, que melhor se ajuste a um conjunto de dados.

Regressão dos mínimos quadrados, que minimiza a soma dos quadrados dos erros de estimativa, é amplamente vista como um dos métodos mais eficazes para estimar custos.

A variável dependente

é o custo a ser estimado.

A variável independente

é o direcionador de custo usado para estimar o valor da variável dependente.

necessários para produzir a peça ou submontagem completada naquela operação. Fora do ambiente de manufatura, o método é utilizado para medir o tempo requerido para completar certas tarefas, como o processamento de recibos ou o processamento de contas a pagar.

Embora uma variedade de métodos de mensuração de trabalho seja usada na prática, o mais comum é a **amostragem de trabalho**, um método estatístico que faz uma série de medidas sobre a atividade em estudo. Essas medidas são analisadas estatisticamente para obter estimativas do tempo e/ou materiais que a atividade requer.

Como exemplo, suponha que a Companhia de Seguros Kupper ofereça cobertura de seguro para motoristas de automóveis. O custo de processamento dos pedidos aumentou significativamente nos últimos anos, e a empresa está estudando esse custo. Uma análise estatística cuidadosa, incluindo os dados de vários funcionários diferentes e diversos tipos de pedidos, é completada durante um período de três semanas. O tempo médio de processamento é de 18 minutos e o intervalo que abrange 95% dos pedidos requeria de 14 a 22 minutos. Com base nesse estudo, Kupper consegue estimar os custos de processamento mais precisamente e avaliar os funcionários de processamento mais eficaz e adequadamente. Por exemplo, se certo funcionário de processamento de pedidos precisa de, em média, 24 minutos por pedido, este provavelmente necessita de treinamento ou supervisão porque a quantidade de tempo está fora do intervalo de probabilidade de 95%. Kupper considera a medida de trabalho uma atividade contínua e faz amostragens dos tempos de processamento durante todo o ano e promove ajustes nos tempos estimados, conforme a necessidade.⁵

Análise de Regressão

Análise de regressão é um método estatístico para obter uma única equação para estimar custos que melhor se ajustem a um conjunto de dados. A análise de regressão encaixa os dados *minimizando a soma dos quadrados dos erros de estimativa*. Cada erro é a distância medida da linha de regressão para um dos pontos dos dados. Pelo fato de análise de regressão sistematicamente minimizar os erros de estimativa dessa maneira, ela é chamada **regressão dos mínimos quadrados**.

A análise de regressão tem dois tipos de variáveis. A **variável dependente** é o custo a ser estimado.⁶ A **variável independente** é o direcionador de custo usado para estimar o valor da variável dependente. Quando um direcionador de custo é empregado, a análise é denominada *análise de regressão simples*. Quando dois ou mais direcionadores são utilizados, ela é dita *regressão múltipla*.

A equação da regressão tem uma intercepto e um valor de inclinação muito parecidos com o método alto-baixo. Além disso, o valor dos erros de estimativa é considerado explicitamente na estimativa de regressão, a qual é

$$Y = a + bX + e$$

em que: Y = o valor da *variável dependente*, o custo a ser estimado.

a = um *valor fixo*, também chamado *intercepto* ou *termo constante*, que representa o valor de Y quando $X = 0$.

X = o valor da *variável independente*, o direcionador de custo para o custo a ser estimado; pode haver um ou mais direcionadores de custo.

b = o *custo variável unitário*, também denominado *coeficiente da variável independente*, isto é, o aumento em Y (custo) para cada aumento unitário em X (direcionador de custo).

e = o *erro de estimativa*, o qual é a distância entre a linha de regressão e o ponto dos dados.

Para ilustrar o método, a Figura 6.4A e a tabela que a acompanha exibem três meses de dados em despesas com suprimentos e níveis de produção. (Para simplificar a apresentação, são usadas apenas três pontos de dados; as aplicações de regressão geralmente envolvem

⁵ Aplicações para mensuração de amostragens de trabalho são encontradas no *website* da empresa de software SimpleWorks (www.simpleworks.com/WS/whycare.htm).

⁶ Embora a variável dependente seja um custo que consideramos na maioria dos casos, esta poderia também ser uma receita ou algum outro tipo de dado financeiro ou operacional.

FIGURA 6.4A Dados das Despesas com Suprimentos para Aplicação da Regressão

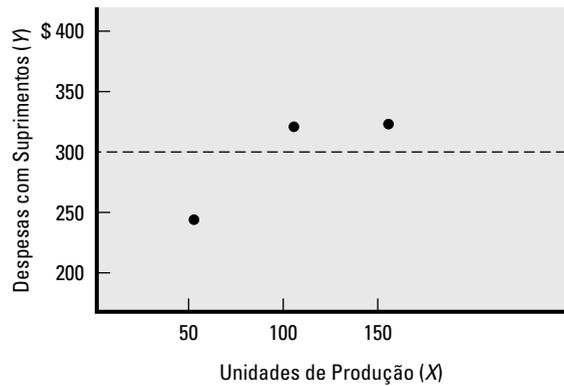
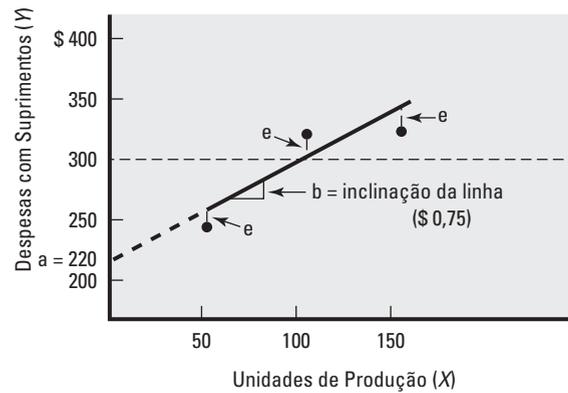


FIGURA 6.4B A Linha de Regressão para as Despesas com Suprimentos com Unidades de Produção como o Diretor de Custo (isto é, variável independente)



12 ou mais pontos de dados). A tarefa do contador gerencial é estimar as despesas com suprimentos para o mês 4, no qual espera-se que o nível de produção seja de 125 unidades.

Mês	Despesas com Suprimentos (Y)	Nível de Produção (X)
1	\$ 250	50 unidades
2	310	100
3	325	150
4	?	125

A regressão dos dados é determinada por um procedimento estatístico que encontra a linha única através dos três pontos de dados que minimizam a soma das distâncias ao quadrado dos erros. A linha de regressão (ver a Figura 6.4B) é⁷

$$Y = \$ 220 + \$ 0,75 X$$

E o valor estimado para as despesas com suprimentos no mês 4 é

$$Y = \$ 220 + \$ 0,75 \times 125 = \$ 313,75$$

Outliers

são observações pouco frequentes que distorcem fortemente uma análise de regressão.

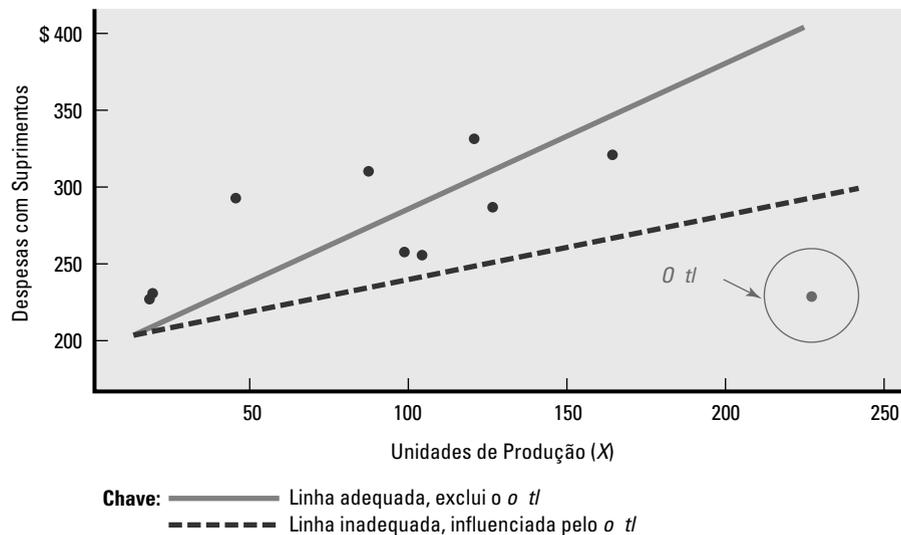
A análise de regressão proporciona aos contadores gerenciais um método objetivo, estatisticamente preciso para estimar as despesas com suprimentos. Sua principal vantagem é uma estimativa única que produz o mínimo de erros de estimativa para os dados. No entanto, uma vez que os erros são enquadrados para se encontrar a linha que melhor se encaixe, a análise de regressão pode ser fortemente influenciada pelos pontos de dados incomuns chamados *outliers* cujo resultado é que a linha de estimativa não representa a maior parte dos dados. Essa situação está ilustrada na Figura 6.5. Para evitar esse tipo de distorção, os contadores gerenciais muitas vezes preparam um gráfico dos dados antes de usar a regressão e determinam se os *outliers* estão presentes. Cada *outlier* é revisto para determinar se é consequência de um erro no registro de dados, uma condição de operação normal ou um evento único e não recorrente. Guiado pelo objetivo de desenvolver a regressão que seja mais representativa dos dados, o contador decide corrigir ou remover o *outlier*.

Escolhendo a Variável Dependente

O desenvolvimento de uma análise de regressão começa com a escolha do objeto de custo, a variável dependente. A variável dependente pode estar em um nível bastante agregado, como o total de custos de manutenção para toda a empresa ou em um nível

⁷ A derivação do intercepto (\$ 220) e o coeficiente (\$ 0,75) para esta linha de regressão são feitos em Excel ou outro software. Ver também livros sobre probabilidade básica e estatística, como o de BOWERMAN, Bruce; O'CONNEL, Richard. *Essentials of Business Statistics*. Nova York: McGraw-Hill, 2004. O Anexo B deste Capítulo também traz uma referência técnica sobre a análise de regressão.

FIGURA 6.5
O Efeito dos *Outliers* sobre a Regressão



detalhado, como os custos de manutenção para cada fábrica ou departamento. A escolha do nível de agregação depende dos objetivos para a estimação de custos, da disponibilidade e confiabilidade dos dados e das considerações do custo/benefício. Quando o objetivo principal é a precisão, geralmente é preferido um nível detalhado de análise.

Escolhendo a Variável Independente (Direcionador de Custo)

Para identificar as variáveis independentes, os contadores gerenciais consideram todos os dados financeiros, operacionais e outros dados econômicos que possam ser relevantes para a estimativa da variável dependente. A meta é escolher variáveis que 1. sejam relevantes, isto é, elas mudam quando as variáveis dependentes se alteram; e 2. não duplicar outras variáveis independentes. Como exemplo, o Quadro 6.1 apresenta algumas variáveis dependentes e independentes que podem ser adequadas para o estudo dos custos em uma cadeia de lojas varejistas.

QUADRO 6.1 Variáveis Independentes para Variáveis Dependentes Seleccionadas
Tipos de Variáveis Independentes: Financeira, Operacional, Econômica e Outras

Variáveis Dependentes Seleccionadas	Variáveis Independentes			
	Dados Financeiros	Dados Operacionais	Indicadores Econômicos	Outras
<ul style="list-style-type: none"> Vendas 	<ul style="list-style-type: none"> Despesa de vendas Despesa com publicidade 	<ul style="list-style-type: none"> Tamanho da loja Tipo de loja 	<ul style="list-style-type: none"> Índice de nível de preço Índice das condições econômicas locais 	<ul style="list-style-type: none"> Variável <i>dummy</i> para mudança na política de crédito
<ul style="list-style-type: none"> Despesa com mão-de-obra 	<ul style="list-style-type: none"> Taxas salariais Vendas Unidades produzidas 	<ul style="list-style-type: none"> Horas trabalhadas Variável <i>dummy</i> para mudança na composição de mão-de-obra Número de empregados 	<ul style="list-style-type: none"> Índice das taxas salariais locais 	<ul style="list-style-type: none"> Variável da tendência Variável <i>dummy</i> para mudança significativa na taxa salarial
<ul style="list-style-type: none"> Despesa com energia água, gás etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Vendas Unidades produzidas 	<ul style="list-style-type: none"> Média de temperatura diária Variáveis <i>dummy</i> para mudanças no ajuste do termostato Número de horas que a loja permanece aberta 		<ul style="list-style-type: none"> Variável <i>dummy</i> para mudança na taxa de energia, água, gás etc. Variável de tendência
<ul style="list-style-type: none"> Despesas gerais: salários do escritório e suprimentos, telefone, impressão e xerox, e consertos 	<ul style="list-style-type: none"> Vendas Total de despesas Ativos fixos líquidos 	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de loja Tamanho da loja Número de funcionários 	<ul style="list-style-type: none"> Índice do nível de preço local 	<ul style="list-style-type: none"> Tempo de existência da loja Variável <i>dummy</i> para mudança na automação do escritório

FIGURA 6.6A Regressão com Alto R-Quadrado

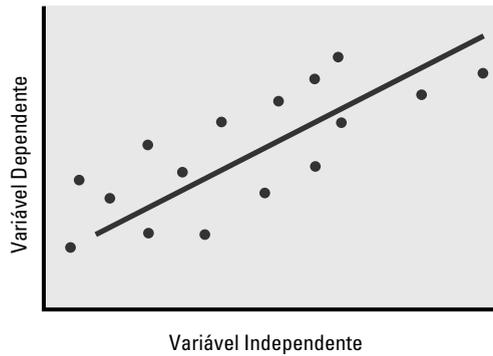
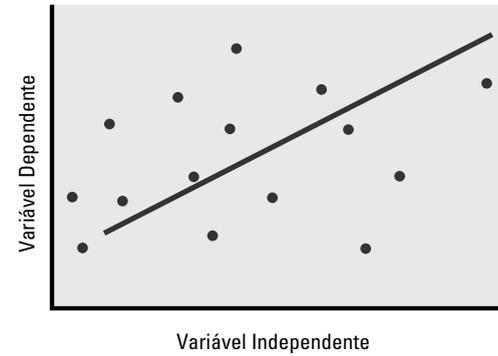


FIGURA 6.6B Regressão com Baixo R-Quadrado



Uma **variável dummy** é usada para representar a presença ou a ausência de uma condição.

Freqüentemente, os dados em uma análise de regressão são quantias numéricas em unidades monetárias ou quantidade. Outro tipo de variável, chamada **variável dummy**, representa a presença ou ausência de uma condição. Por exemplo, as variáveis *dummys* podem ser usadas para indicar sazonalidade. Se o contador gerencial está estimando os custos de produção, e a produção é sempre alta no mês de março, poderia ser usada uma variável *dummy* com valor de 1 para março e 0 para os outros meses.

Avaliando uma Análise de Regressão

Além da estimação de custos, a análise da regressão também fornece medidas quantitativas de sua precisão e confiabilidade. *Precisão* se refere à acuracidade das estimativas da regressão, e *confiabilidade* indica se a regressão reflete as relações reais entre as variáveis, isto é, ela continuará a prever precisamente? Essas medidas podem ajudar os contadores gerenciais na avaliação da utilidade da regressão. Três medidas principais são explicadas aqui. Essas e outras medidas estatísticas são explicadas mais profundamente no Anexo B deste Capítulo.

1. R-quadrado, também denominada *coeficiente de determinação*.
2. O valor *t*.
3. O erro-padrão da estimativa (EP).

O R-quadrado e o valor *t* são usados para medir a confiabilidade da regressão, o erro-padrão é uma medida útil da precisão da regressão.

R-quadrado

é um número entre zero e 1 e é freqüentemente descrito como medida do poder explicativo da regressão, isto é, o grau no qual as mudanças na variável dependente podem ser previstas pelas mudanças na(s) variável(is) independente(s).

R-quadrado é um número entre zero e 1 e é freqüentemente descrito como uma medida do poder explicativo da regressão, isto é, o grau no qual as mudanças na variável dependente podem ser previstas pelas mudanças nas variáveis independentes. Uma regressão mais confiável é aquela que tem um R-quadrado mais próximo de 1. Quando vistas graficamente, as regressões com alto R-quadrado mostram os pontos de dados perto da linha de regressão; nas regressões com baixo R-quadrado, os pontos de dados estão espalhadas, como demonstra a Figura 6.6A (alto R-quadrado) e 6.6B (baixo R-quadrado). A maioria das análises de regressão que envolvem dados financeiros possui valores de R-quadrado acima de 0,5 e muitas têm valores na casa de 0,8 a 0,9.⁸

O valor *t*

é uma medida da confiabilidade de cada variável independente, isto é, o grau no qual uma variável independente tem relação válida, estável e de longo prazo com a variável dependente.

O **valor *t*** é uma medida da confiabilidade de cada variável independente. *Confiabilidade* é o grau no qual uma variável independente tem uma relação válida, estável e de longo prazo com a variável dependente. Um valor *t* relativamente pequeno (geralmente, o valor *t* deveria ser mais de 2) indica pouca ou nenhuma relação entre as variáveis independente e dependente. Uma variável com um valor *t* baixo deveria ser removida da regressão para simplificar o modelo e porque ela pode levar à estimação de custo menos precisas.⁹

⁸ A raiz quadrada de R-quadrado, ou simplesmente *R*, é chamada *coeficiente de correlação* e é interpretada da mesma maneira que R-quadrado. O coeficiente de correlação é um número entre -1 e +1; um valor perto de zero é interpretado como falta de relação entre as variáveis independente e dependente. Quando *R* é positivo, a relação é direta; isto é, quando uma variável aumenta, a outra também sobe. Quando *R* é negativo, a relação é inversa; isto é, quando uma variável aumenta, a outra diminui.

⁹ Considerando o coeficiente de correlação (NOTA 8) o valor *t* pode ser positivo ou negativo, dependendo da natureza do relacionamento entre as variáveis dependente e independente.

FIGURA 6.7A Regressão com Erro-padrão Estreito (Bom)

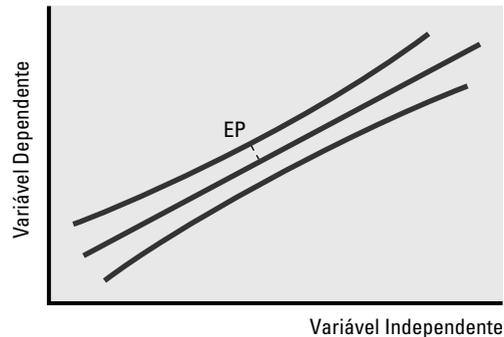
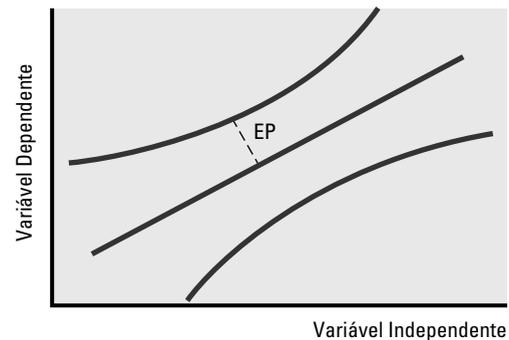


FIGURA 6.7B Regressão com Erro-padrão Amplo (Inferior)

**Multicolinearidade**

condição na qual duas ou mais variáveis independentes são altamente correlacionadas, uma com a outra.

Correlação

significa que uma certa variável tende a mudar previsivelmente na mesma direção (ou oposta) para uma certa mudança na outra variável correlacionada.

O erro-padrão da estimativa (EP)

é uma medida da precisão das estimativas de regressão.

Quando existem duas ou mais variáveis independentes, a presença do baixo valor t para uma ou mais dessas variáveis é um possível sinal do que chamamos **multicolinearidade**, o que significa que duas ou mais variáveis independentes estão altamente correlacionadas entre si. Como sugere o nome, supõe-se que as variáveis independentes sejam independentes uma da outra, e não correlacionadas. **Correlação** entre variáveis significa que certa variável tende a mudar previsivelmente na mesma direção (ou na oposta) a dada mudança em outra variável. Por exemplo, o número de horas-máquina usado na fabricação está correlacionado com o número de horas de mão-de-obra, pois ambos são afetados pelo mesmo fator – o número de unidades produzidas. Além disso, porque uma tendência comum tende a afetar muitos tipos de dados financeiros, os dados contábeis e operacionais são comumente muito correlacionados.

O efeito da multicolinearidade é que a regressão é menos confiável e a estimativa menos precisa. Assim sendo, quando um contador gerencial tem motivos para acreditar que duas ou mais variáveis em uma equação estão correlacionadas e os valores t são relativamente baixos, regressões adicionais, que removem uma ou mais dessas variáveis independentes, deveriam ser consideradas.

O **erro-padrão da estimativa (EP)** é uma medida da precisão das estimativas de regressão. É um intervalo ao redor da estimativa de regressão no qual podemos estar razoavelmente certos de que o valor real desconhecido cairá. Por exemplo, se a estimativa de regressão é de \$ 4.500 e o EP é de \$ 500, há uma confiança razoável de que o valor real desconhecido esteja por volta de \$ 4.500 \pm \$ 500, isto é, entre \$ 4.000 e \$ 5.000.¹⁰

Por ele ser usado para medir um intervalo de confiança, o EP precisa ser interpretado pela sua relação com a média de tamanho da variável dependente. Se o EP for pequeno em relação à variável dependente, a precisão da regressão pode ser avaliada como relativamente boa. O tamanho que o EP deve ser para uma avaliação favorável da precisão é uma questão de julgamento, mas pode-se usar um limite de aproximadamente 5% a 10% da média da variável dependente. Os intervalos de confiança para as duas regressões estão ilustrados nas Figuras 6.7A (precisão boa) e 6.7B (precisão relativamente inferior).

Observe que, nas Figuras 6.7A e 6.7B, o valor do EP aumenta à medida que os pontos na linha de regressão se distanciam em qualquer direção da média da variável independente. Isso é consistente com o conceito do intervalo relevante. A estimativa é mais precisa perto da média da variável independente e menos precisa quanto mais distante ela estiver da média.

¹⁰ O erro-padrão da estimativa fornece uma medida quantitativa da confiança que uma pessoa tem na precisão da estimativa. Ver o Anexo B para uma explicação mais detalhada. Uma discussão excelente sobre o erro-padrão e outras medidas de regressão, incluindo uma planilha ilustrativa, é encontrado em NOVIN, Adel M. Applying Overhead: How to find the Right Bases and Rates. *Management Accounting*, p. 40-43, mar. 1992.

FOCO NO MUNDO REAL

Aplicação das Análises de Regressão

Análise de regressão é utilizada para estimação de custo e para uma variedade de funções na administração financeira mais ampla do que um contador gerencial pode encontrar. Cinco funções (e referências para leituras adicionais) são apresentadas aqui.

PREVISÃO DOS GASTOS GERAIS DE FABRICAÇÃO

A regressão é utilizada para identificar a melhor, entre várias alternativas de base para aplicação dos Custos Indiretos de Fabricação (CLUSKEY JR., G. R. et al. Multiple-Cost Flexible Budgets and PC-Based Regression Analysis. *Journal of Cost Management*, pg.35-47, jul./ago. 2000, e NOVIN, Adel M. Applying Overhead: how to Find the Right Bases and Rates. *Management Accounting*, p. 40-43, mar. 1992.

AVALIAÇÃO DE BENS IMOBILIÁRIOS

A regressão é utilizada para estimar o valor de bens imobiliários comerciais, utilizando uma variedade de variáveis independentes financeiras, econômicas, operacionais e genéricas. (CROSSON, Stephen T. et al. Regression Analysis: A Cost-Effective Approach for the Valuation of Commercial Property. *Real Estate Finance*, inverno 1996.)

PROJEÇÕES DE FLUXO DE CAIXA PARA RESTAURANTES

Luby's Inc. (www.lubys.com), uma rede de restaurantes baseadas no Texas, utiliza a análise de regressão para prever fluxos de caixa em suas diferentes unidades, como parte de planejamento financeiro geral no plano corporativo (ver Relatório Anual de 2001 da Luby's em www.lubys.com/financials/2001ar.pdf).

ESTIMAÇÃO DE CUSTOS E GESTÃO DE CUSTOS EM FARMÁCIAS

Farmacêuticos utilizam análise de regressão para estimar e gerenciar os custos de serviços ao paciente em suas farmácias. Aproximadamente 35% dos pacientes que recebem prescrições médicas exigem que os farmacêuticos providenciem um ou mais de cinco tipos de serviços ao paciente:

- **Consulta do paciente**, incluindo discussão das expectativas e preocupações do paciente.
- **Monitoramento do paciente**, ou acompanhamento em intervalos planejados para assegurar que não surjam problemas decorrentes de terapia com um novo medicamento.
- **Educação do paciente**, incluindo recomendações e referências.
- **Avaliação do paciente**, cobrindo todo o seu tratamento com medicamentos para identificar interações atuais ou potenciais entre drogas ou outros problemas.

- **Plano de cuidados do paciente**, para estabelecer metas terapêuticas específicas, incluindo um registro escrito sobre como os problemas do paciente são resolvidos.

Ao aplicarem a análise de regressão aos seus custos, farmacêuticos observaram que um direcionador de custo relevante é a acuidade ou o grau de seriedade dos problemas médicos do paciente. Aqueles com mais alta acuidade, ou problemas mais sérios, necessitam de mais serviços farmacêuticos. Uma análise demonstrou que, em nível inferior de acuidade, os custos de planejamento e avaliação dos cuidados ao paciente foram de \$ 1,30 por paciente, enquanto para aqueles com maior nível de acuidade, os custos atingiram \$ 6,49 por paciente. (TIPTON, David. Pharmaceutical Care: Cost Estimation and Cost Management. *Drug Store News*, 16 fev. 1998.)

REGULAMENTAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS

O Departamento de Controle dos Serviços Públicos de Connecticut (CDPUC) concluiu que métodos de análise de regressão, se aplicados corretamente, são precisos o bastante para prever o consumo de gás natural. Regressões simples foram eficientes para prever o uso médio, baseado em dias-grau. Dias-grau são definidos pelo Serviço Nacional de Meteorologia dos Estados Unidos como "um índice quantitativo demonstrado para refletir a demanda por energia para esfriar ou aquecer casas e empresas. Esse índice é derivado das observações diárias de temperatura nas aproximadamente 200 maiores estações meteorológicas nos Estados Unidos. Outras possíveis variáveis independentes observadas pelo CDPUC incluem:

- Tendências meteorológicas;
- Dias da semana (a demanda difere em fins de semana);
- Feriados;
- Estações do ano;
- Períodos de estreitamento (*shoulder periods*) no começo e no fim do inverno.

A maioria dos serviços de gás que servem Connecticut reporta níveis de precisão entre 4% e 10%, utilizando regressão. Estado de Connecticut: Departamento de Controle dos Serviços Públicos de Connecticut. *Application of the Yankee Gas Services Company for an Increase in Rates*. 17 mar. 1999, www.nega.com.ctdpuc31799.doc.

Usando a Análise de Regressão para Estimar os Custos de Manutenção

Continuamos o caso desenvolvido anteriormente, a estimação de custos de manutenção de Ben Garcia. Seguindo as 6 etapas esboçadas na primeira seção do Capítulo, Garcia definiu o objeto de custo e o direcionador de custo relevante como custo de manutenção e horas em operação, respectivamente. Ele também coletou os dados e os colocou em um gráfico (Figura 6.3). A próxima etapa é solucionar a regressão usando um software de regressão, como o programa de planilha do Excel, com as seguintes descobertas (Y representa o custo de manutenção e H , as horas em operação):

$$Y = \$ 15.843 + \$ 2,02 \times H$$

Garcia espera aproximadamente 3.600 horas de operação em 2005, portanto estima-se que o custo de manutenção, para 2005, seja

$$Y = \$ 15.843 + \$ 2,02 \times 3.600 = \$ 23.115$$

A análise de regressão é comumente usada como meio para estimar o valor de propriedades imobiliárias comerciais. Ela é usada para dois tipos de propriedades: as que produzem renda, como os prédios de apartamentos e prédios de escritórios, e propriedades que não produzem renda, como os armazéns e fábricas.

Identifique quais você acha que sejam as duas ou três variáveis independentes para estimar o valor para cada tipo de propriedade. (Ver comentários sobre Gestão de Custos em Ação no final do Capítulo.)

As medidas estatísticas são:

$$R\text{-quadrado} = 0,461$$

$$\text{valor } t = 2,07$$

$$\text{erro-padrão da estimativa} = \$ 221,71$$

$$\text{Índice do EP para a média da variável dependente} = 0,98\%$$

Garcia observou que o R -quadrado é menor que 0,5, o valor t é maior do que 2, e o EP é aproximadamente 1% da média da variável dependente. O EP e o valor t são muito bons. Entretanto, uma vez que o R -quadrado é baixo, Garcia pede à sua contadora-assistente, Jan, que reveja a regressão.

Jan dá uma olhada na regressão e nos gráficos relacionados e comenta imediatamente que os custos de manutenção, para 2002, caíram significativamente, e que as horas em operação tiveram queda modesta. Garcia observou que a queda em 2002 foi provavelmente causada pelas condições econômicas anormalmente ruins daquele ano; assim sendo, a produção foi reduzida e as horas em operação e manutenção caíram de maneira coerente. Lembrando-se de que a variável *dummy* pode ser usada para corrigir variações isoladas ou sazonais e outros padrões, Jan sugeriu a Garcia que fizesse a regressão novamente com uma variável *dummy* tendo um valor de 1 em 2002 e, de outro modo, um valor zero (o símbolo D representa a variável *dummy*). A nova regressão é

$$Y = \$ 16.467 + \$ 1.856 \times H - \$ 408.638 \times D$$

Com a regressão revista, a estimação de custos de manutenção, para 2005, é a seguinte (supondo que não ocorreria nenhum evento excepcional desfavorável em 2005, e assim $D = 0$):

$$\begin{aligned} Y &= \$ 16.467 + \$ 1.856 \times 3.600 - \$ 408.638 \times 0 \\ &= \$ 23.149 \end{aligned}$$

As medidas estatísticas são as seguintes:

$$R\text{-quadrado} = 0,772$$

valor t :

$$\text{Horas} = 2,60$$

$$\text{Variável } \textit{dummy} = 22,33$$

$$\text{erro-padrão da estimativa (EP)} = \$ 161,27$$

$$\text{Índice do EP para a média da variável dependente} = 0,71\%$$

Garcia observou que a inclusão da variável *dummy* melhorou o R -quadrado, os valores de t , e o EP da regressão. Por essa razão, ele confia na estimativa que considera a última regressão.

Usando Software de Planilhas para a Análise de Regressão

Suponha que a WinDoor Inc. esteja desenvolvendo uma regressão da equação de custos para os custos indiretos na sua fábrica. WinDoor fabrica janelas e portas usadas na construção residencial; ambos os produtos são feitos em tamanhos-padrão e personalizados.

QUADRO 6.2
Custos Indiretos, Horas de
Mão-de-obra e Máquina
para a WinDoor, Inc.

Data	Total de Custos Indiretos	Horas de Mão-de-obra	Horas-máquina
Junho de 2003	\$ 274.500	26.940	2.009
Julho	320.000	35.690	3.057
Agosto	323.200	32.580	3.523
Setembro	219.900	24.580	1.856
Outubro	232.100	19.950	2.168
Novembro	342.300	34.330	3.056
Dezembro	427.800	43.180	3.848
Janeiro de 2004	231.000	21.290	1.999
Fevereiro	257.300	28.430	2.290
Março	248.700	24.660	1.894
Abril	248.400	27.870	2.134
Maior	338.400	31.940	3.145

Ocasionalmente, um pedido muito grande aumenta substancialmente os custos diretos e indiretos em dado mês. Os custos indiretos consistem primariamente em suprimentos, controle de qualidade e testes, horas extras e mão-de-obra indireta. A regressão é para ser usada para orçar os custos indiretos para o próximo ano, principalmente com o propósito de gestão de caixa. A contadora gerencial, Charlotte Williams, sabe que, de anos anteriores, as horas de mão-de-obra e horas-máquina são boas variáveis independentes para se estimar os custos indiretos. Ela agrupa os dados no Quadro 6.2 para os 12 meses mais recentes.

Williams desenvolve uma regressão para esses dados usando um programa de planilha, Excel. Para usar o Excel, ela seleciona a opção de Regressão do menu Ferramentas/Análise de Dados, depois seleciona os intervalos de X e Y para as variáveis independente e dependente, e obtém os resultados de regressão na Figura 6.10 (em que L representa as horas de mão-de-obra e M as horas-máquina):

$$Y = \$ 35.070 + \$ 5.090 \times L + \$ 40.471 \times M$$

As medidas estatísticas são as seguintes:

$$R\text{-quadrado} = 0,935$$

valor t :

$$\text{Horas de mão-de-obra} = 2,976$$

$$\text{Horas-máquina} = 2,505$$

$$\text{erro-padrão da estimativa} = \$ 17.480$$

$$\text{Índice do EP para a média da variável dependente} = 6,05\%$$

A regressão satisfaz nosso critério estatístico: R -quadrado é relativamente alto e os valores t e EP são bons. Assim, a WinDoor pode usar a regressão para fazer a estimativa com um grau razoável de confiança.

Dados Exigidos e Problemas de Implementação

OBJETIVO DE ESTUDO 4

Explicar as exigências de dados e problemas de implementação dos métodos de estimação de custos.

Para desenvolver uma estimação de custos usando a regressão ou qualquer outro método, os contadores gerenciais precisam considerar os aspectos da coleta de dados que podem afetar significativamente a precisão e a confiabilidade. As três questões mais importantes são 1. precisão dos dados; 2. escolha do período; e 3. não-linearidade.

Precisão dos Dados

Todos os métodos explicados anteriormente contam com a precisão dos dados na estimativa. Sejam eles dados financeiros, dados operacionais ou indicadores econômicos (exemplos mostrados no Quadro 6.1), a administração precisa considerar cuidadosamente a fonte dos dados e sua confiabilidade. Se a fonte estiver dentro da empresa

QUADRO 6.3
Ajuste para Tendência e Sazonalidade Usando a Primeira Diferença ou um Índice de Preço

Despesas com Suprimentos	Primeira Diferença	Adequação ao Índice de Preços	
		Índice de Preços Hipotético para as Despesas com Suprimentos	Despesas com Suprimentos Ajustadas para o Índice de Preços
\$ 250	—	1,00	\$ 250/1,00 = \$ 250
310	\$ 60	1,08	310/1,08 = 287
325	15	1,12	325/1,12 = 290

poder explanatório. Além disso, um período mais longo reduz o número de pontos de dados necessários para melhorar a precisão e a confiabilidade da regressão. Os contadores gerenciais precisam determinar qual período satisfaz os objetivos competitivos para uma regressão confiável e precisa.

Problemas de Não-linearidade

A não-linearidade faz que surjam outros problemas por causa de certos padrões temporais dos dados. Esses padrões são tendência, sazonalidade, *outliers* e deslocamento de dados.

1. **Tendência e/ou sazonalidade.** Uma característica comum dos dados contábeis é a tendência significativa resultante das mudanças de preços e/ou sazonalidade, que podem afetar a precisão e confiabilidade da estimativa. Quando a tendência ou sazonalidade está presente, uma regressão linear não é apropriada para os dados, e o contador gerencial deveria usar um método para dessazonalizar e eliminar as tendências da variável. A seguir, os métodos mais comuns para se fazer isso:

- Uso de um índice de mudança de preço para ajustar os valores de cada variável para algum período comum.
- Utilização de uma técnica de decomposição que extraia os componentes sazonais, cíclicos e tendenciais das séries de dados.¹¹
- Uso de uma variável de tendência. Uma **variável de tendência** toma os valores de 1, 2, 3,... para cada período da série.
- Substituição dos valores originais de cada uma das variáveis com as primeiras diferenças. A **primeira diferença** para cada variável é a diferença entre cada valor e o valor subsequente na série cronológica.

Você pode ver a abordagem do índice e a abordagem da primeira diferença no Quadro 6.3, usando os dados de despesa com suprimentos da Figura 6.2.

A tendência está presente em virtualmente todos os dados de séries cronológicas financeiras usadas na contabilidade gerencial por causa da inflação e do crescimento na economia. Assim, é uma questão difusa no desenvolvimento apropriado de uma análise de regressão.

2. **Outliers.** Como foi mencionado anteriormente, quando um erro nos dados ou uma condição econômica rara ou não recorrente afeta as operações por certo período, o resultado pode ser um ponto de dados que esteja muito longe dos outros, um *outlier*. Pelo fato de os *outliers* poderem diminuir significativamente a precisão e confiabilidade da estimativa, eles devem ser corrigidos ou ajustados (usando-se, por exemplo, uma variável *dummy*) se estiver claro que eles são raros e não recorrentes.

3. **Deslocamento dos Dados.** Em contraste com os *outliers*, se a condição econômica durar muito tempo, como a introdução de uma nova tecnologia do produto ou outra mudança permanente, a direção média dos dados tem uma mudança distinta que deveria ser incluída na estimativa. Uma maneira de se fazer isso é usar uma variável *dummy* para indicar os períodos antes e depois do deslocamento.

Uma **variável de tendência** é uma variável que assume os valores de 1, 2, 3,... para cada período na seqüência.

A **primeira diferença** para cada variável é a diferença entre cada valor e o valor subsequente nas séries de tempo.

¹¹ Uma explicação da decomposição das séries de tempo está além dos objetivos deste material introdutório. A decomposição é apresentada em textos básicos sobre probabilidade e estatística, como o de ROSS, S. *Introductory Statistics*

Resumo

A estimaco de custo é uma das atividades mais importantes de contador gerencial para apoiar a estratégia da empresa. Ela tem papel importante no desenvolvimento de uma posio estratégica competitiva, da mesma forma que as análises de cadeia de valor, custeio-meta, além de outros contextos de planejamento e avaliao na gestão de custos.

Para usar a estimaco de custo efetivamente, o contador gerencial desenvolve e avalia um modelo de estimaco de custo em seis passos: 1. definir o objeto de custo; 2. determinar os direcionadores de custo; 3. coletar dados consistentes e precisos; 4. elaborar um gráfico com os dados; 5. selecionar e aplicar um método de estimaco de custo; e 6. avaliar a precisão da estimaco de custo.

Este Capítulo apresenta três métodos de estimaco. O método alto-baixo desenvolve equao única, usando a  lgebra e os pontos representativos alto e baixo nos dados. Dois métodos estatísticos, mensurao de trabalho e análise de regressão também são apresentados. Mensurao de trabalho   o estudo de uma atividade de trabalho para medir o tempo ou recursos necessários por unidade produzida. A análise de regressão obt m uma única linha que melhor enquadre os dados. O Capítulo foca-se na interpretao apropriada das três medidas principais de precisão e confiabilidade da regressão: R -quadrado, o valor t e o erro-padrão da estimaco.

Ao aplicarem qualquer método de estimaco de custo, contadores gerenciais consideram os três principais problemas de implementao: 1. dados imprecisos; 2. dados malcombinados relativos a diferentes períodos, além de períodos muito curtos ou muito longos; e 3. falta de linearidade nos dados.

O método mais preciso e confiável   disposio dos contadores gerenciais é a análise de regressão, que pode ser aplicada por meio de programas de computador como Microsoft Excel. Uma vantagem da análise de regressão é que os seus resultados incluem medidas quantitativas e objetivas da precisão e confiabilidade da estimativa de regressão.

Apêndice A

OBJETIVO DE ESTUDO 5

Usar as curvas de aprendizagem na estimaco de custo quando a aprendizagem está presente.

Uma análise da curva de aprendizagem

É um método sistemático para a estimaco de custo quando a aprendizagem está presente.

A taxa de aprendizagem

É a porcentagem pela qual o tempo médio (ou tempo total) decai de níveis anteriores à medida que a produo dobra.

Análise da Curva de Aprendizagem

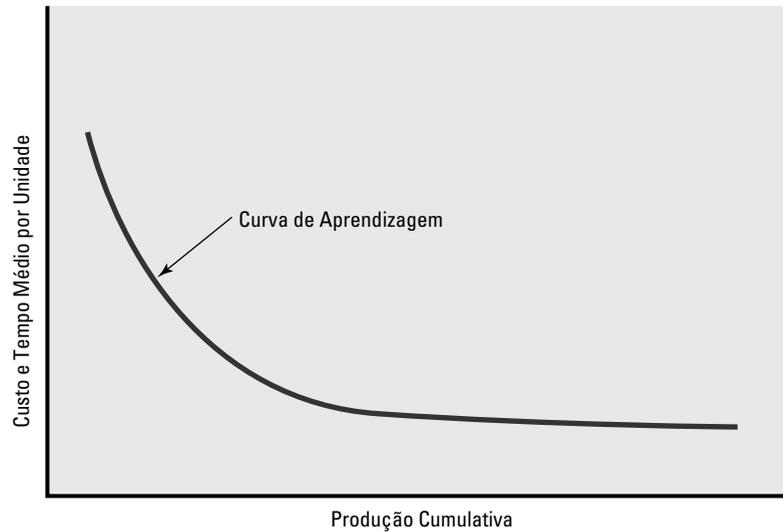
Um exemplo proeminente do comportamento não-linear dos custos é um custo influenciado pela aprendizagem. Quando uma atividade tem certo componente de mão-de-obra e a repetio da mesma atividade ou operao torna o trabalho mais eficiente, essa tarefa é completada mais rapidamente com o mesmo nível, ou mais alto, de qualidade. A aprendizagem pode ocorrer de várias maneiras, do nível individual,   medida que novos funcionários ganham experiência, para o nível agregado, no qual o grupo de funcionários experimenta as melhorias na produtividade. Adiante, neste Anexo, consideraremos esse último exemplo.

Os custos são afetados pela aprendizagem em uma variedade ampla de contextos, especialmente nos ajustamentos de produo de larga escala, como a fabricao de aviões e navios. Em cada caso, podemos modelar a melhoria esperada na produtividade e usar essa informao na estimaco de custos futuros. Uma **análise da curva de aprendizagem**   um método sistemático para a estimaco de custos quando a aprendizagem está presente.

Uma das primeiras aplicaes bem documentadas das curvas de aprendizagem ocorreu na indústria de aviões na Segunda Guerra Mundial.¹ Os estudos mostravam que o tempo total para fabricar dois aviões declinou aproximadamente 20% do tempo total sem a aprendizagem. Em outras palavras, a média de tempo *por unidade* para construir as duas primeiras unidades foi de 80% do tempo da primeira unidade. Por exemplo, se o tempo para construir a primeira unidade for de 20 horas, o tempo *médio* para construir as duas primeiras unidades será de 16 horas ($20 \times 0,8$), ou um total de 32 horas (16×2) para as duas unidades. Sem a aprendizagem, levaria 40 horas (20×2). A **taxa de aprendizagem**   a porcentagem pela qual o tempo médio (ou tempo total)

¹ ANDRESS, Frank J. The Learning Curve as a Production Tool. *Harvard Business Review*, jan./fev. 1954; e ASHER, Harold. Cost Quality Relationship in the Airframe Industry. Relatório R-291. Santa Monica, CA: The RAND Corporation, jul. 1956.

FIGURA 6.9
Média de Custo com a Aprendizagem



decai de níveis anteriores à medida que a *produção dobra*. Nesse exemplo, a taxa é de 80%. O comportamento do custo por unidade da curva de aprendizagem é ilustrado na Figura 6.9.

Uma evidência adicional da importância prática das curvas de aprendizagem é a referência aos custos iniciais nos relatórios corporativos anuais e na imprensa financeira. Um princípio comumente aceito no mundo dos negócios é que os novos produtos e processos de produção têm um período de baixa produtividade que é seguido pelo aumento da produtividade. Conseqüentemente, a taxa de melhoria na produtividade tende a declinar com o tempo até que ela alcance algum nível de equilíbrio, em que permanece relativamente estável até que ocorra outra mudança na linha de produto ou no processo produtivo.²

CURVAS DE APRENDIZAGEM NO DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARES

SofTech, Inc. é um fornecedor de software para analistas financeiros. A equipe de desenvolvimento da SofTech recentemente mudou sua linguagem de desenvolvimento, T-Base, para uma nova linguagem, Z-Base, que permite desenvolvimento mais rápido e proporciona certos benefícios de programação voltada para o objeto. Agora, a SofTech está calculando o tempo de aprendizagem necessário para que seus programadores adquiram velocidade na nova linguagem. Essas estimativas são importantes porque os custos de programação aumentaram 10%, para \$ 65 por hora, no ano passado e espera-se que eles subam na mesma velocidade no próximo ano. Para os propósitos dessa análise, a SofTech estima que a taxa de aprendizagem para o Z-Base seja de 80% e o tempo inicial para codificar 500 linhas de código no Z-Base seja de 100 horas. O tempo e custos relacionados necessários para o desenvolvimento da primeira aplicação de 4.000 linhas no Z-Base pode ser determinado usando-se a curva de aprendizagem (ver Quadro 6.4).

QUADRO 6.4
Curva de Aprendizagem para o Z-Base da SofTech Inc.

Produção Cumulativa (múltiplo de 500 linhas)	Tempo Médio (codificação para 500 linhas)	Tempo Total
500 linhas	100 horas	100 horas
1.000 linhas	100 x 0,8 = 80 horas	80 x 2 = 160 horas
2.000 linhas	80 x 0,8 = 64 horas	64 x 4 = 256 horas
4.000 linhas	64 x 0,8 = 51,2 horas	51,2 x 8 = 409,6 horas

² Como no exemplo da produção de aviões na Segunda Guerra Mundial, a taxa comum de aprendizagem é de aproximadamente 80%. Dois modelos convencionais são usados na análise da curva de aprendizagem. Um mede a aprendizagem com base no custo médio unitário, o outro com base no custo marginal. Ambos os modelos são conceitual e matematicamente similares, embora o modelo do custo médio tenda a levar a custos mais baixos por unidade. O modelo do custo médio é o mais comum e, para esclarecimento e simplicidade, é o único modelo que apresentamos aqui. Para uma explicação plena e comparação dos dois modelos, ver CHEN, J.; MANES, R. Distinguishing the Two Forms of the Constant Percentage Learning Curve Model. *Contemporary Accounting Research*, p. 242-252, primavera 1985.

FOCO NO MUNDO REAL

Aplicação das Curvas de Aprendizagem

A análise da curva de aprendizagem é comumente usada para melhorar a estimação de custo em situações quando a aprendizagem provavelmente ocorrerá. A seguir, temos dois exemplos de aplicações.

SISTEMAS DE ORIENTAÇÃO DE AERONAVES

Uma das primeiras aplicações da curva de aprendizagem foi na fabricação de aviões. A empresa britânica Above & Beyond Ltd. continua essa tradição usando a curva de aprendizagem para estimar a redução nos custos para o desenvolvimento de sistemas de orientação nos ônibus espaciais. Os engenheiros da

empresa estimam que a taxa de aprendizagem seja de aproximadamente 87%. (STEVEN, G. J. The Learning Curve: From Aircraft to Spacecraft?. *Management Accounting*, Londres, p. 64-65, maio 1999.

GESTÃO DE PROJETOS

Quando os projetos envolvem operações repetitivas, a curva de aprendizagem é aplicável, como ilustra este estudo. AMOR, Jean-Pierre; TEPLITZ, Charles J. An Efficient Approximation for Project Composite Learning Curves. *Project Management Journal*, p. 28-42, set. 1998.

As taxas de aprendizagem são obtidas pela revisão e pela análise dos dados históricos. Os métodos variam, do simples método alto-baixo para a análise de regressão, com base no ajuste de uma relação não-linear aos dados históricos.³

Observe também que a taxa de aprendizagem de 1 é equivalente a não aprendizagem. Uma taxa de aprendizagem de 0,5 é melhor interpretada como a taxa máxima de aprendizagem porque o tempo total para a produção real é igual ao tempo para uma única unidade. Desse modo, a taxa de aprendizagem é sempre um número maior que 0,5 e menor que 1. Estudos de casos reais revelam que a taxa de aprendizagem freqüentemente fica próxima de 0,8.

QUAIS SÃO AS DECISÕES INFLUENCIADAS PELA APRENDIZAGEM?

Pelo fato de a produtividade da mão-de-obra ser um aspecto vital em qualquer processo de produção, a análise da curva de aprendizagem pode ser uma maneira importante de melhorar a qualidade de uma variedade ampla de decisões. Por exemplo, quando os preços dos produtos são baseados em parte nos custos, as curvas de aprendizagem poderiam ser usadas para determinar um plano do ciclo de vida para um novo produto para a precificação do produto. Adicionalmente, as curvas de aprendizagem seriam mais úteis nessas áreas:

1. **A decisão de fazer ou comprar (Capítulo 9).** Quando o custo de fazer uma peça é afetado pela aprendizagem, a análise pode ser usada para refletir mais precisamente o custo total de horas extras da opção de fazer.
2. **Preparação de licitações para os contratos de produção; custeio do ciclo de vida (Capítulo 10).** As curvas de aprendizagem têm papel importante em garantir que as estimativas de custo dos contratos sejam precisas durante a vida do contrato.
3. **Análise de custo-volume-lucro (Capítulo 7).** A determinação de um ponto de equilíbrio pode ser significativamente influenciada pela presença da aprendizagem.⁴ Deixar de considerar a aprendizagem causa superestimação do número real de unidades necessárias para o equilíbrio.
4. **Determinação dos custos-padrão de produtos (Capítulos 13 e 14).** Quando ocorre a aprendizagem, os custos-padrão mudam com o tempo, e os custos projetados de mão-de-obra precisam ser ajustados freqüentemente.⁵
5. **Orçamento de capital (Capítulo 20).** As curvas de aprendizagem captam o comportamento dos custos mais precisamente durante a vida do investimento de capital pela inclusão das melhorias esperadas na produtividade da mão-de-obra em virtude da aprendizagem.

³ Por exemplo, ver os métodos descritos no livro de McKENZIE, Patrick B. *An Alternative Learning Curve Formula. Issues in Accounting Education*, p. 383-388, outono de 1987. Softwares podem ser utilizados para facilitar o uso de curvas de aprendizagem. Exemplos incluem o implemento Foresee em Excel. Ver BAILEY, Charles D. Estimation of Production Costs and Labor Hours Using an Excel Add-in. *Management Accounting Quarterly*, p. 25-31, verão 2000; www.bus.ucf.edu/bailey

⁴ McINTIRE, Edward V. Cost-Volume-Profit Analysis Adjusted for Learning. *Management Science*, p. 149-160, out. 1977.

⁵ GILLESPIE, Jackson F. An Application of Learning Curves to Standard Costing. *Management Accounting*, p. 63-65, set. 1981.

6. **Orçamento dos níveis de produção e das necessidades de mão-de-obra (Capítulo 8).** Outra aplicação útil das curvas de aprendizagem é o desenvolvimento do plano anual ou trimestral de produção e o orçamento da necessidade de mão-de-obra relacionada. Quando a atividade ou a operação é afetada pela aprendizagem, os orçamentos de produção e a mão-de-obra devem ser ajustados.
7. **Controle administrativo (Capítulos 17 e 18).** O uso das curvas de aprendizagem é importante para avaliar adequadamente os gerentes quando os custos são afetados pela aprendizagem. A avaliação deveria reconhecer o nível de custos relativamente mais alto na fase inicial do ciclo de vida do produto.

LIMITAÇÕES DA ANÁLISE DA CURVA DE APRENDIZAGEM

Embora a análise da curva de aprendizagem possa realçar significativamente a habilidade de prever os custos quando ocorre o aprendizado, três limitações e problemas inerentes estão associados ao uso desse método.

A primeira e mais importante limitação do uso das curvas de aprendizagem é que a abordagem é mais adequada para os contextos de mão-de-obra intensiva, que envolvem tarefas repetitivas realizadas para as grandes operações de produção, para as quais as tentativas repetidas melhoram o desempenho ou a aprendizagem. Quando o processo de produção é feito para maximizar a flexibilidade e os tempos de ajustes muito curtos para as máquinas de fabricação, usando robótica e controles por computador como muitos fabricantes fazem hoje, os ajustes de fabricação necessitam de relativamente pouca mão-de-obra repetitiva e, conseqüentemente, pouca oportunidade para a aprendizagem.

Uma segunda limitação é que se presume que a taxa de aprendizagem seja constante (o tempo médio de mão-de-obra diminui a uma taxa fixa à medida que a produção dobra). Nas aplicações reais, o declínio no tempo de mão-de-obra pode não ser constante. Por exemplo, a taxa de aprendizagem poderia ser 80% para as primeiras 20.000 unidades, 90% para as próximas 35.000 unidades e 95% daí em diante. Tais diferenças indicam a necessidade de atualizar as projeções baseadas no progresso observado da aprendizagem.

A terceira, uma curva de aprendizagem cuidadosamente estimada, pode não ser confiável porque a mudança observada na produtividade nos dados usados para ajustar o modelo estava, na realidade, associada a outros fatores que não a aprendizagem. Por exemplo, o aumento na produtividade pode ter sido devido à mudança na composição da mão-de-obra, mudança no *mix* de produtos ou alguma combinação de outros fatores relacionados. Nesses casos, o modelo de aprendizagem não é confiável e produz estimativa imprecisa do tempo de mão-de-obra e dos custos.

Apêndice B

OBJETIVO DE ESTUDO 6

Usar as medidas estatísticas para avaliar uma análise de regressão.

Análise de Regressão

Este Apêndice usa um exemplo para explicar o desenvolvimento de uma estimativa de regressão e as medidas estatísticas relacionadas. Em seguida, interpretamos as medidas estatísticas para avaliar a precisão e a confiabilidade da regressão.

A ESTIMATIVA DE REGRESSÃO

Para ilustrar como uma estimativa de regressão é obtida, usamos os dados no Quadro 6.4. Lembre-se de que a análise de regressão encontra uma única linha através dos dados que minimizam a soma dos quadrados dos erros, na qual o erro é medido como a diferença entre os valores previstos pela regressão e os valores reais para a variável dependente. Nesse exemplo, a variável dependente, as despesas com suprimentos (Y), é estimada com uma única variável independente, nível de produção (X). A regressão para os três pontos de dados

$$Y = a + b \times X = \$ 220 + \$ 0,75 \times X$$

O intercepto, rotulado a , e o coeficiente da variável independente, rotulado b , são obtidos de um conjunto de cálculos feitos por programas de planilhas, entre outros, e

estão descritos nos livros didáticos básicos sobre probabilidade e estatística. Os cálculos em si estão além dos objetivos deste livro. Nosso foco está na derivação e interpretação das medidas estatísticas que revelam aos contadores gerenciais algo sobre a confiabilidade e a precisão da regressão.

MEDIDAS ESTATÍSTICAS

As medidas estatísticas da confiabilidade e precisão da regressão são derivadas de uma análise da variância da variável dependente. *Variância* é a medida do grau para o qual os valores da variável dependente se desviam da sua média. O termo *análise da variância* é usado porque a análise de regressão é baseada na separação da variância total da variável dependente entre o erro e os componentes explicados. O conceito básico é que na previsão dos valores individuais para a variável dependente, a regressão está *explicando as mudanças (isto é, desvios) na variável dependente* associadas com as alterações na variável independente. O desvio da variável dependente que não é explicada é chamado resíduo ou *erro*. Assim, a habilidade da regressão em prever corretamente as mudanças na variável dependente é uma medida-chave da sua confiabilidade e é medida pela proporção da variância explicada em relação a variância do erro. Com base nos dados da Figura 6.4, o Quadro 6.5 mostra como os desvios são obtidos.

As duas primeiras colunas do Quadro 6.5 revelam os dados para as variáveis independente (*X*) e dependente (*Y*). A coluna (3) indica a média da variável dependente (*YM*) e a coluna (4), a previsão da regressão (*YE*) para cada um dos pontos. As últimas três colunas indicam as três medidas de desvio. A coluna (5) mostra o desvio total, ou o desvio da variável dependente, medida como a diferença entre cada ponto de dado e a média da variável dependente ($Y - YM$). A coluna (6) aponta o desvio explicado pela regressão ($YE - YM$) e a coluna (7) o erro, ($Y - YE$). As medidas nessas últimas três colunas são elevadas ao quadrado e somadas, para chegar aos valores desejados da variância total, da variância explicada e da variância do erro, respectivamente. A soma da variância explicada e da variância do erro é igual a variância total. A soma dos quadrados dos desvios dos erros (SQE) mais a soma dos quadrados dos desvios do modelo de regressão (SQR) é igual à soma dos quadrados dos desvios totais (SQT). Esses termos estão ilustrados na Figura 6.10 e os valores são calculados no Quadro 6.6.

Os três períodos de variância são os elementos básicos da análise estatística da regressão. Isso está claramente ilustrado na análise da tabela de variância no Quadro 6.6. A **análise da tabela de variância** separa a variância total da variável dependente entre o erro e os componentes do desvio explicado. As duas primeiras colunas da tabela mostram o tipo de desvio e a soma dos quadrados dos desvios, respectivamente. A terceira coluna revela os **graus de liberdade** para cada componente da variância, o qual representa o número de escolhas independentes que podem ser feitas para aquele componente. Assim, o número de graus de liberdade para o componente de variância explicada (modelo) é sempre igual ao número de variáveis independentes, e o total de graus de liberdade é sempre igual ao número de pontos de dados menos 1. Os graus de liberdade de erros são iguais ao total menos os graus de liberdade explicados.

A quarta coluna, **desvio quadrado médio (variância)**, é a razão do valor da variância de um componente (na segunda coluna) em relação ao número de graus de liberdade (na terceira coluna).

A **análise da tabela de variância** separa a variância total da variável dependente entre o erro e os componentes do desvio explicado.

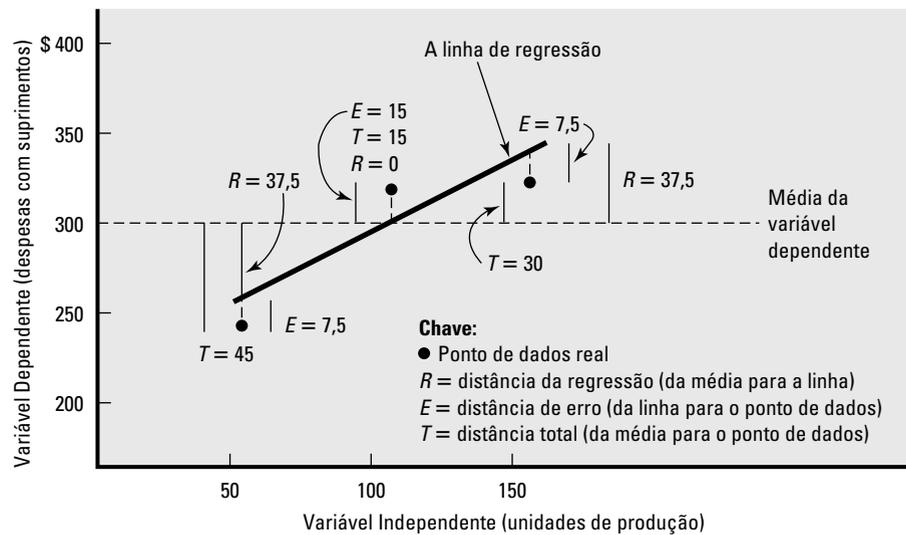
Os **graus de liberdade** para cada componente da variância representa o número de escolhas independentes que podem ser feitas para aquele componente.

Desvio quadrado médio (variância) é a razão do valor da variância de um componente em relação ao número de graus de liberdade daquele componente.

QUADRO 6.5 Componentes de Variância para a Análise de Regressão: Desvio Total, Desvio da Regressão e Erro

1	2	3	4	Componentes de Variância		
				5	6	7
Variável Dependente <i>Y</i>	Variable Independente <i>X</i>	Média de <i>Y</i> <i>YM</i>	Valor Estimado para <i>Y</i> <i>YE</i>	Desvio Total de <i>Y</i> $(T) = (Y - YM)$	Desvio da Regressão $(R) = (YE - YM)$	Erro $(E) = (Y - YE)$
250	50	295	257,5	(45)	(37,5)	(7,5)
310	100	295	295	15	0	15
325	150	295	332,5	30	37,5	(7,5)

FIGURA 6.10
Componentes de Variância para a Análise de Regressão



QUADRO 6.6
Análise da Tabela da Análise da Variância para a Análise de Regressão

Fonte de Variação	Variância de cada componente da regressão (também denominada Soma dos Quadrados dos Desvios)	Graus de Liberdade	Desvio Quadrado Médio (Variância)
Desvio Explicado (regressão)	$37,5^2 + 0^2 + 37,5^2 = 2.812,5$	1	2.812,5
Erro	$7,5^2 + 15^2 + 7,5^2 = 337,5$	1	337,5
Total	$(45)^2 + (15)^2 + (30)^2 = 3.150$	2	1.575

QUADRO 6.7
Seis Medidas de Estatísticas-chave

Precisão
1. Precisão da regressão (medida pelo erro-padrão da estimativa)
Confiabilidade
2. Qualidade da adequação (<i>R</i> -quadrado)
3. Confiabilidade estatística (estatístico <i>F</i>)
4. Confiabilidade estatística para cada variável independente (valor <i>t</i>)
5. Confiabilidade da precisão (correlação de ordem/classificação)
6. Não independência dos erros (estatística de Durbin-Watson)

A análise da tabela de variância serve como uma base útil para discutir as medidas de estatísticas-chave da regressão. Das seis principais medidas no Quadro 6.7, uma corresponde à precisão da regressão e cinco se referem à confiabilidade da regressão. *Precisão* se refere à habilidade da regressão em proporcionar estimativas acuradas – quão próximas estão as estimativas da regressão do valor verdadeiro desconhecido. *Confiabilidade* se refere à confiança que o usuário pode ter de que a regressão seja válida; isto é, qual a probabilidade de a regressão continuar a proporcionar previsões acuradas com o tempo e para os níveis diferentes das variáveis independentes.

Após analisar cada uma das medidas estatísticas, resumimos a explicação no Quadro 6.8.

Precisão da Regressão

O erro-padrão da estimativa (EP) é uma medida útil da precisão das estimativas de regressão. O erro-padrão é interpretado como um intervalo de valores ao redor da estimativa de regressão, de modo que podemos estar confiantes de que aproximadamente 67% dos valores reais estão nesse intervalo (ver Figuras 6.7A e 6.7B). Existe uma relação inversa e, conseqüentemente, uma relação de troca entre o nível de confiança e

a largura do intervalo. O valor do EP para certa regressão pode ser obtido diretamente da análise da tabela de variância da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} EP &= \sqrt{\text{Média do erro ao quadrado}} \\ &= \sqrt{337,5} = 18,37 \end{aligned}$$

A precisão da regressão melhora à medida que a variação por erro é reduzida e à medida que o número de pontos de dados aumenta, como ilustrado na fórmula anterior para EP.

Um **intervalo de confiança** é um limite ao redor da linha de regressão dentro do qual o contador gerencial pode estar confiante de que o valor real do custo previsto cairá.

O erro-padrão da estimativa também pode ser usado para desenvolver intervalos de confiança para a precisão da previsão, como mostrado nos Quadros 6.8A e 6.8B. Um **intervalo de confiança** é um limite ao redor da linha de regressão dentro do qual o contador gerencial pode estar confiante de que o valor real do custo previsto cairá. Um intervalo de confiança de 67% é determinado tomando-se a linha de regressão e identificando um limite que esteja a uma distância de 1 erro-padrão em qualquer um dos lados da linha de regressão; um intervalo de confiança de 95% seria estabelecido da distância de 2 erros-padrão. Os intervalos de confiança são ferramentas úteis e precisas para que os contadores gerenciais possam descrever o grau de precisão obtido com a regressão.

Excelência de Adequação (*R*-quadrado)

R-quadrado (também chamado *coeficiente de determinação*) é uma medida direta do poder explanatório da regressão. Ele mede a porcentagem de variação na variável dependente que pode ser explicada pela variável independente. O *R*-quadrado é calculado no Quadro 6.6:

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{\sum \text{dos desvios quadrados (explicado)}}{\sum \text{dos desvios quadrados (total)}} \\ &= \frac{2.812,5}{3.150} = 0,892 \end{aligned}$$

O poder explanatório da regressão melhora à medida que a soma dos desvios quadrados explicada (modelo) aumenta em relação à soma total dos quadrados. Um valor próximo de 1 reflete uma regressão de adequação boa com forte poder explanatório.

Confiabilidade Estatística

A **estatística *F*** é uma medida útil da confiabilidade estatística da regressão.

A **estatística *F*** é uma medida útil da confiabilidade estatística da regressão. A confiabilidade estatística indaga se a relação entre as variáveis na regressão realmente existe ou se a correlação entre as variáveis é acidental. Se for usado apenas pequeno número de pontos de dados, é possível ter um *R*-quadrado relativamente alto (se a regressão se ajustar bem aos dados), mas este oferece relativamente pouca confiança de que existam relações reais estáveis.

Quanto maior for o *F*, menores serão os riscos de que a regressão seja estatisticamente não confiável. A determinação de um valor aceitável de *F* depende do número de pontos de dados, mas o valor *F* requerido diminui à medida que o número de pontos de dados aumenta. A maioria dos programas de software de regressão mostra o valor de *F* e o nível de risco relacionado, o qual deveria ser de menos que aproximadamente 5%. A estatística *F* pode ser obtida da análise da tabela de variância demonstrada a seguir:

$$\begin{aligned} F &= \frac{\text{Desvio quadrado médio (explicado)}}{\text{Desvio quadrado médio (erros)}} \\ &= \frac{2.812,5}{337,5} = 8,333 \end{aligned}$$

O valor de *R*-quadrado e a estatística *F* geralmente nos contam a mesma história; isto é, eles são ambos favoráveis ou desfavoráveis. Entretanto, se a regressão usou número muito grande de pontos de dados (centenas ou mais), é possível ter um bom

FOCO NO MUNDO REAL**Aprendizagem e Regressão em Transplantes de Coração**

Um estudo recente usou as curvas de aprendizagem e a regressão múltipla para examinar o efeito da aprendizagem no custo de transplantes do coração. Baseado em um estudo de 71 pacientes com transplantes do coração, o estudo descobriu evidências de uma taxa de aprendizagem de aproximadamente 95%. Previa-se que o custo da cirurgia para o quinquagésimo paciente

de transplante do coração fosse menos que metade do custo da cirurgia para o primeiro paciente!

Fonte: WOODS, John R. et al. The Learning Curve and the Cost of Heart Transplantation. *Health Services Research*, p. 219-239, jun. 1992.

placar para a estatística F , mas a adequação inferior baseada no valor do R -quadrado. O número de pontos de dados nesse caso é tão grande que a média de erros ao quadrado é muito pequena (e como consequência, F será grande), seja embora a soma dos quadrados para o erro seja grande, e, como consequência R -quadrado seja inferior. Nesse caso, os contadores gerenciais deveriam interpretar a regressão como tendo confiabilidade estatística (ela não é por acaso), porém, tendo talvez pouca confiabilidade prática (qualidade do ajuste). Isto é, o contador gerencial pode ficar certo de que tem uma regressão pobre. O reverso é verdadeiro para as pequenas amostras. A implicação é de que o R -quadrado e a estatística F precisam ser cuidadosamente interpretados quando o tamanho da amostra for muito pequeno ou muito grande.

Confiabilidade Estatística para Cada uma das Variáveis Independentes (valor t)

O valor t é uma medida da confiabilidade de cada variável independente e, como tal, tem uma interpretação muito parecida com aquela da estatística F . O valor t é igual ao índice do coeficiente da variável independente para o erro-padrão do coeficiente para esta variável independente. O erro-padrão do coeficiente não é o mesmo que o erro-padrão da estimativa, mas é interpretado da mesma maneira. Entretanto, o EP não pode ser obtido diretamente da análise da tabela de variância. Para os dados no Quadro 6.5, o valor do erro-padrão para o coeficiente é de 0,2598.⁶ O valor t é, portanto:

$$t = 0,75/0,2598 = 2,8868$$

Um valor t maior que 2 indica que a variável independente é confiável a nível de risco de aproximadamente 5% e é, portanto, uma variável independente confiável para incluir na regressão. Um software de regressão como o Excel mostra o intervalo de confiança de 95% para o coeficiente de cada uma das variáveis independentes. O limite do erro-padrão da estimativa deveria ser relativamente pequeno. Um intervalo pequeno proporciona confiança na precisão do valor do coeficiente.

Confiabilidade da Precisão (Variância Não Constante)

Para certos conjuntos de dados, o erro-padrão da estimativa varia sobre o limite da variável independente. A variação dos erros não é uma constante sobre a variável independente. Esse é o caso, por exemplo, quando a relação entre as variáveis independente e dependente se torna menos estável com o tempo. Esse tipo de comportamento está ilustrado na Figura 6.11.

Se houver uma variação não constante, o valor EP fornecido pela regressão não é uniformemente preciso sobre o limite da variável independente. Para detectar a variação não constante, calculamos a correlação de ordem/classificação entre a posição dos dados e o tamanho do erro. A **correlação de ordem/classificação** é uma estatística que mede o grau para o qual dois conjuntos de números tendem a ter a mesma ordem ou classificação. Uma correlação de ordem/classificação relativamente alta é evidência da variação não constante. Para os dados no Quadro 6.5, o coeficiente da correlação de

Variância não constante

é a condição quando a variância dos erros não é constante no intervalo da variável independente.

A correlação de ordem/classificação

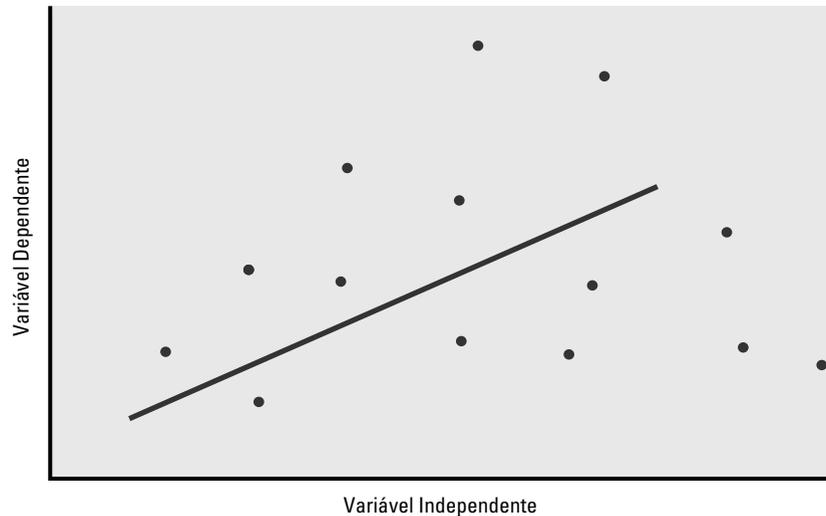
é uma estatística que mede o grau para o qual dois conjuntos de números tendem a ter a mesma ordem ou classificação.

⁶ O erro-padrão do coeficiente é calculado da seguinte maneira:

$$\text{Erro-padrão} = SE/(\text{Desvio-padrão da variável independente})$$

$$= \frac{18,37}{\sqrt{(50 - 100)^2 + (100 - 100)^2 + (150 - 100)^2}} = 0,2598$$

FIGURA 6.11
Variação não Constante



classificação de Spearman é de 0,125, uma correlação relativamente pequena que indica pouca evidência da variação não constante. O cálculo da correlação de ordem/classificação está além dos objetivos deste Capítulo introdutório, mas pode ser encontrado em muitos livros sobre estatística.

Para consertar o problema da variância não constante, os contadores gerenciais deveriam transformar a variável dependente com um logaritmo ou uma raiz quadrada para ver se isso melhora o comportamento dos erros. Se isso não consertar a condição, os contadores gerenciais deveriam ser cautelosos na interpretação do valor de EP.

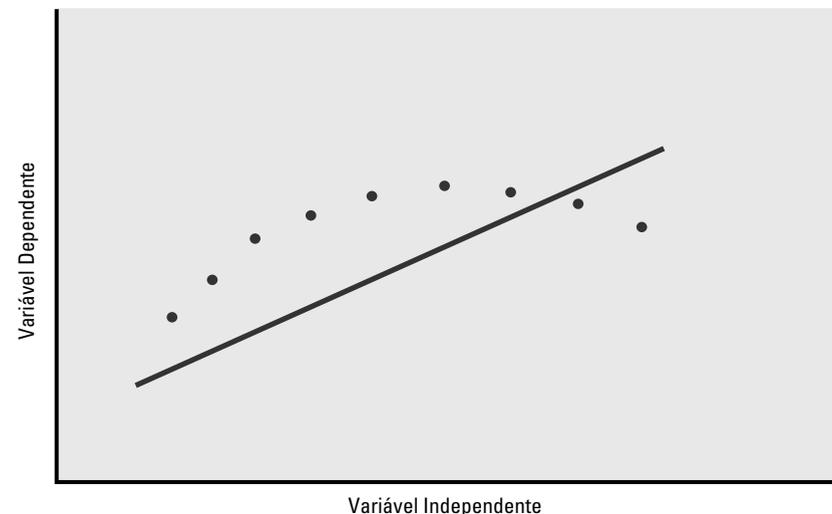
Erros Não Independentes (Estatística de Durbin-Watson)

Uma suposição importante da regressão é que a relação entre as variáveis independente e dependente é linear. Se os dados são não-lineares por causa da sazonalidade ou de um padrão cíclico, por exemplo, os erros estão sistematicamente relacionados um com o outro, isto é, não são independentes. Essa suposição é freqüentemente violada porque os dados financeiros são muitas vezes afetados pela tendência, sazonalidade e influências cíclicas. A relação entre as variáveis também precisa ser inerentemente não-linear, como quando a aprendizagem ocorre ou quando existe uma relação multiplicativa e não aditiva (como prever os custos da folha de pagamento com horas trabalhadas e taxas salariais). Então a regressão não é confiável e está sujeita a erros de estimativas maiores do que o esperado. Um tipo de não-linearidade (a não independência dos erros) está ilustrado na Figura 6.12.

Um método comum que detecta a não-linearidade é a **estatística de Durbin-Watson (DW)**. Ela é calculada com base na quantidade e mudança dos erros sob o intervalo da

A **estatística de Durbin-Watson** é uma medida do grau de não-linearidade da regressão.

FIGURA 6.12
Não Independência dos Erros



QUADRO 6.8 Resumo das Medidas Estatísticas

Tópicos de Medidas	Medidas Estatísticas	O Que É um Valor Bom?*	Qual É o Melhor Conserto Se Não Estiver Bom?	Conseqüências, Se Não Consertadas
Confiabilidade – qualidade do ajuste	<i>R</i> -quadrado	Deveria ser de aproximadamente 0,75 ou melhor	<ul style="list-style-type: none"> • Acrescentar ou excluir as variáveis independentes • Se o DW não for favorável, poderia precisar de transformação (defasagem, logaritmo, primeiras diferenças... • Corrigir os erros de medida nos dados, por exemplo, erros de amostragem, ou defasagens 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimativas imprecisas
Confiabilidade estatística para a regressão	Estatística <i>F</i>	Depende do tamanho da amostra	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar o tamanho da amostra • Outras mudanças como as sugeridas para a confiabilidade/qualidade do ajuste 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimativas imprecisas
Confiabilidade estatística para as variáveis independentes	Valor <i>t</i>	Deveria ser maior que 2	<ul style="list-style-type: none"> • Excluir ou transformar a variável independente 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimativas imprecisas
Precisão da regressão	Erro-padrão das estimativas (EP)	Deveria ser pequeno em relação à variável dependente	<ul style="list-style-type: none"> • As mesmas considerações que para confiabilidade – qualidade do ajuste acima 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimativas imprecisas
Confiabilidade da precisão (variância não constante)	Correlação de ordem/classificação	Deveria ser pequeno	<ul style="list-style-type: none"> • Raiz quadrada ou logaritmo para transformar a variável dependente • Acrescentar uma variável <i>dummy</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • EP não é confiável
Confiabilidade – não-linearidade potencial (não independência dos erros)	Estatística Durbin-Watson (DW)	Entre 2 e 3	<p><i>Para certas séries:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Dessazonalizar • Remover a tendência • Usar variável <i>dummy</i> para a mudança <p><i>Para relação não-linear</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Transformação logarítmica • Alguma outra transformação não-linear 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimativas imprecisas • EP não é confiável

* Os valores mostrados aqui são úteis para ampla variedade de regressões. Os valores exatos para uma regressão específica dependem de um número de fatores, incluindo o tamanho da amostra e o número de variáveis independentes. Um estudo recente sobre a análise de regressão aplicada a 20 contas diferentes de custos dos gastos gerais mostrou que os valores de *R*-quadrado estão entre 0,83 e 0,93. Os valores do erro-padrão da estimativa esteve na média de 12% da média da variável dependente, com a maioria entre 5% e 20%. Ver CLUSKEY JR., G. R. et al. Multiple Cost Flexible Budgets and PC=Based Regression Analysis. *Journal of Cost Management*, p. 35-47, jul./ago. 2000.

variável independente. O valor de DW está entre 0 e 4; com 20 ou mais pontos de dados, um valor de DW entre aproximadamente 1 e 3 indica pouca mudança de não-linearidade, como descrito anteriormente; valores menores que 1 ou maiores que 3 indicariam a necessidade de estudar os dados e de escolher os acertos apropriados.

O problema de erros não independentes geralmente pode ser solucionado com a dessazonalização dos dados, usando uma variável *dummy* para a sazonalidade, ou usando um índice para remover a tendência. Alternativamente, o que poderá ser necessário é que se faça a conversão de uma relação multiplicativa para uma relação aditiva equivalente (isto é, linear), tornando-se o logaritmo das variáveis independente e dependente. As medidas estatísticas, seus indicadores e meios de consertar as condições básicas estão resumidos no Quadro 6.8.

REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

Embora a discussão anterior tenha ilustrado a regressão linear simples (uma variável independente), as mesmas considerações são aplicáveis para duas ou mais variáveis independentes. Uma consideração adicional surge com as variáveis independentes múltiplas: multicolinearidade, a qual existe quando duas ou mais das variáveis independentes estão significativamente correlacionadas. A multicolinearidade pode ser detectada pela revisão dos valores de correlação fornecidos na produção da regressão. A multicolinearidade viola a suposição da regressão de que as variáveis independentes são independentes

e que as relações são lineares e aditivas. Quando presente, a multicolinearidade mostra valores bons do R -quadrado, mas também pode levar os contadores gerenciais a exagerar o grau de confiabilidade realmente presente na regressão. Assim, a multicolinearidade não só degrada o desempenho da estimativa da regressão como também distorce a confiança que os contadores gerenciais deveriam ter na regressão.

Termos-chave

amostragem de trabalho, 8	estatística de Durbin-Watson (DW), 26	primeira diferença, 17
análise da curva de aprendizagem, 18	estatística F , 24	regressão dos mínimos quadrados, 8
análise da tabela de variância, 22	estimação de custos, 2	R -Quadrado, 11
análise de regressão, 8	graus de liberdade, 22	taxa de aprendizagem, 18
correlação, 12	intervalo de confiança, 24	valor t , 11
correlação de ordem/classificação, 25	mensuração de trabalho, 7	variância não constante, 25
desvio quadrado médio (variância), 22	método alto-baixo, 6	variável de tendência, 17
erro-padrão da estimativa, 12	multicolinearidade, 12	variável dependente, 8
	<i>outliers</i> , 9	variável independente, 8
	percentual médio absoluto de erros (Mape), 4	variável <i>dummy</i> , 11

Comentários sobre Gestão de Custos em Ação

Usando a Regressão para Estimar o Valor de Imóveis Comerciais

Estimando os Valores Imobiliários para Prédios de Apartamento e Escritórios

Como esperado, um avaliador que esteja fazendo a análise de regressão para avaliar o valor de um prédio de apartamentos ou de escritórios usa, como a variável independente dominante, o lucro operacional líquido do passado, do presente e do futuro esperado da propriedade. Isso é, o principal determinante do valor da propriedade é a sua habilidade em produzir fluxos de caixa e lucros. Outras variáveis a respeito da propriedade incluem seu tamanho (como medido pelo número de unidades, número de pés quadrados, número de apartamentos com dois quartos e um quarto etc.), há quantos anos foi construída, e o índice relevante de desocupação da propriedade e em que área ela está localizada. Uma vez que a regressão seja geralmente construída de números reais de vendas durante um período, esses avaliadores também usam uma variável de tendência para vincular o preço de venda da propriedade ao ano em que ela foi vendida.

Estimando os Valores Imobiliários para Armazéns e Instalações Industriais

Similarmente, os avaliadores imobiliários desenvolveram análises de regressão para os armazéns e as instalações industriais usando seus tamanhos, idades e localizações. A variável lucro operacional líquido geralmente não é relevante. Eles também usam uma variável de tendência para distinguir as vendas das propriedades em anos diferentes. Por exemplo, uma análise do valor das vendas (por pé quadrado) das propriedades industriais na área de Los Angeles, no início dos anos 1990, mostrou uma variável de tendência significativa ($-\$ 2,83$ por metro quadrado por ano); o coeficiente sobre a variável de tendência foi negativo, porque os preços estavam caindo naquele período. Uma variável de tamanho significativo ($-\$ 2,43$ por metro quadrado, por um espaço de 100.000 pés quadrados) indicava que os grandes prédios tinham, em média, preços de vendas mais baixos por pé quadrado. A idade também foi um fator, o coeficiente sendo de $-\$ 0,41$ por metro quadro por ano de idade. A variável da localização também foi significativa, mostrando que as propriedades em certos bairros, na área de Los Angeles (Orange County, San Bernardino etc.), estavam previstas para ter uma diferença em valor por metro quadrado de até $\$ 2,32$.

Fonte: CROSSON, Stephen T. et al. Regression Analysis: A Cost-Effective Approach for the Valuation of Commercial Property. *Real State Finance*, inverno 1996; RAMSLAND JR., Maxwell O.; MARKHAM, Daniel E. Market-Supported Adjustments Using Multiple Regression Analysis. *The Appraisal Journal*, p. 181-191, abr. 1998; KINCHELOE, Stephen C. Linear Regression Analysis of Economic Variables in the Sales Comparison and Income Approaches. *The Appraisal Journal*, out. 1993.

Estudos de Caso (Soluções no final do Capítulo.)

1. Usando o método alto-baixo

O Hector's Delivery Service usa quatro pequenas vans e seis caminhonetes para entregar pacotes pequenos na área metropolitana de Charlotte, Carolina do Norte. Hector gasta um montante considerável em abastecimento de gasolina, óleo e manutenção regular de seus veículos, em diversos postos de gasolina e oficinas de manutenção. Para orçar suas despesas com veículos para o próximo ano, ele obtém dados de suas despesas e número de entregas para cada mês do ano corrente.

	Despesas com Veículos Totais	Entregas Totais
Janeiro	\$ 145.329	5.882
Fevereiro	133.245	5.567
Março	123.245	5.166
Abril	164.295	6.621
Maiο	163.937	6.433
Junho	176.229	6.681
Julho	180.553	7.182
Agosto	177.293	6.577
Setembro	155.389	5.942
Outubro	150.832	5.622
Novembro	152.993	5.599
Dezembro	201.783	7.433

Pede-se Use o método alto-baixo de estimativa para determinar a relação entre o número de entregas e o custo de manutenção dos veículos.

2. Usando análise de regressão

George Harder é o gerente de unidade de uma das fábricas da Foods Company. Ele está preocupado com o crescimento dos gastos gerais de fabricação nos últimos meses. Ele coletou os dados relativos aos gastos gerais de fabricação dos últimos 24 meses e decidiu usar a regressão para estudar os fatores que influenciam esses custos. George também coletou dados sobre custo materiais, mão-de-obra direta e horas-máquina como variáveis potencialmente independentes para usá-las na previsão dos custos gerais.

George prepara duas análises de regressão sobre esses dados, com os seguintes resultados:

	Regressão 1 (somente horas de trabalho)	Regressão 2 (horas de trabalho e horas-máquina)
R-quadrado	0,65	0,58
Erro-padrão	\$ 12.554	\$ 13.793
Erro-padrão como percentual da variável dependente	12%	14%
Valores t		
Custo de material	2,0	-1,6
Horas de trabalho	4,5	3,8
Horas-máquina		1,4

Pede-se Qual das duas regressões é a melhor e por quê?

3. Usando o método alto-baixo e a regressão

A John Meeks Company é uma empresa industrial de médio porte com fábricas em três pequenas cidades da região do médio Atlântico. A companhia produz peças plásticas para automóveis e caminhões, principalmente painéis de portas, peças de acabamento externo e itens relacionados. As peças têm um custo médio de \$ 5 a \$ 20. A companhia tem uma demanda estável de seus produtos tanto no mercado doméstico como em montadoras estrangeiras e tem experimentado crescimento de vendas médio entre 10% e 20% nos últimos oito a 10 anos.

Atualmente, a administração está revendo a incidência de sucata e refugo no processo fabril de uma das unidades industriais. A Meeks define sucata e refugo como qualquer unidade defeituosa por falta de funcionalidade ou qualquer outro aspecto da qualidade. As fábricas têm um número de diferentes pontos de vistoria, e falhas ou rejeições podem ocorrer em qualquer ponto de vistoria. O número de unidades defeituosas está listado na tabela seguinte; a administração estima que o custo desse desperdício em trabalho e materiais é de aproximadamente \$ 10 por unidade.

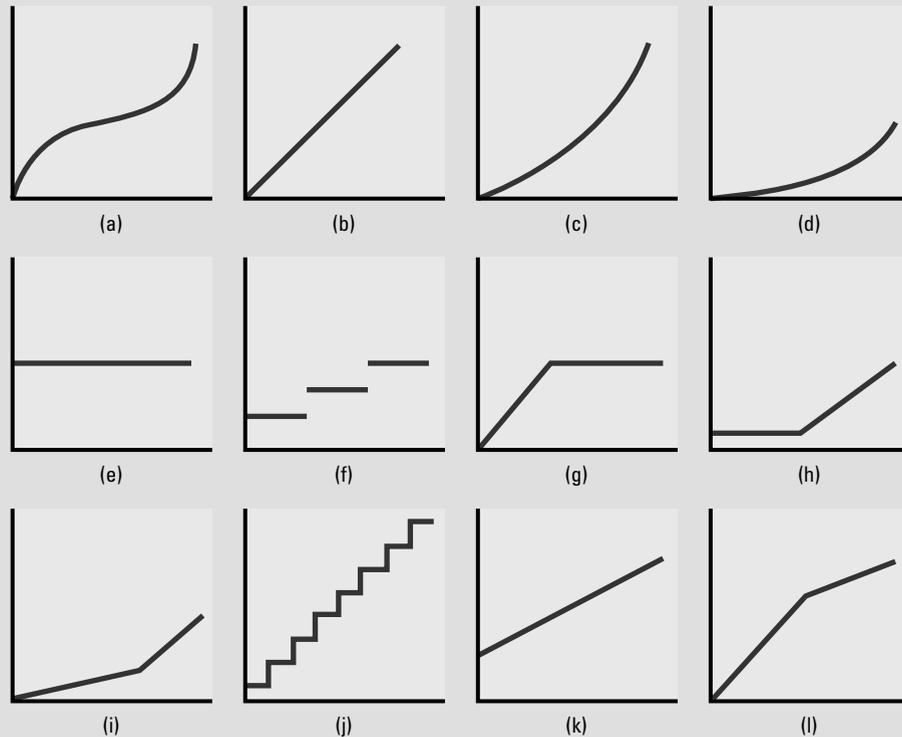
Uma tendência desfavorável parece existir com relação aos defeitos, e a administração pediu a você para investigar e estimar as unidades defeituosas nos próximos meses. Um primeiro passo na sua investigação é a identificação dos direcionadores de custo das unidades defeituosas, para compreender o que as causou, e providenciar uma base para estimar os defeitos futuros. Para esse propósito, você obteve dados recentes, em unidades produzidas, unidades embarcadas e o custo das vendas, números estes que são facilmente identificáveis e relativamente confiáveis em uma base mensal.

Mês	Unidades produzidas (milhares)	Custo de vendas (milhares)	Unidades expedidas (milhares)	Unidades defeituosas
Janeiro de 2003	55	\$ 689	50	856
Fevereiro	58	737	53	1.335
Março	69	886	64	1.610
Abril	61	768	56	1.405
Mai	65	828	60	1.511
Junho	69	878	64	1.600
Julho	75	962	70	1.570
Agosto	81	1.052	76	1.910
Setembro	70	1.104	80	2.011
Outubro	79	1.224	89	2.230
Novembro	82	1.261	92	2.300
Dezembro	70	1.020	74	1.849
Janeiro de 2004	67	850	62	1.549
Fevereiro	72	916	67	1.669
Março	85	1.107	80	2.012
Abril	75	968	70	1.756
Mai	81	1.037	76	1.889
Junho	85	1.103	80	1.650
Julho	92	1.208	87	2.187
Agosto	100	1.310	95	2.387
Setembro	91	1.380	101	2.514
Outubro	101	1.536	111	2.787
Novembro	105	1.580	115	2.310
Dezembro	88	1.270	92	2.311

Pede-se Use o método alto-baixo e a análise de regressão para estimar as unidades defeituosas nos próximos meses e determinar que método melhor se enquadra nesse propósito.

Questões

- 6-1 Defina a *estimação de custos* e explique seu propósito em cada uma das funções gerenciais.
- 6-2 Explique as suposições usadas na estimação de custo.
- 6-3 Cite os três métodos de estimação de custo. Explique as vantagens e desvantagens de cada um deles.
- 6-4 Explique os problemas de implementação na estimação de custo.
- 6-5 Quais são as seis etapas na estimação de custo? Qual é a mais importante? Por quê?
- 6-6 Compare o uso da análise de regressão e do método alto-baixo para estimação dos custos.
- 6-7 Como a estimação de custo é usada no custeio baseado em atividades (ABC)?
- 6-8 Explique como escolher as variáveis independente e dependente na análise de regressão.
- 6-9 O que são relações de custo não-lineares? Dê dois exemplos.
- 6-10 Descreva quatro vantagens da análise de regressão.
- 6-11 Explique o que são variáveis *dummy* e como elas são usadas na análise de regressão.
- 6-12 Como sabemos quando existe uma correlação alta? Correlação alta é o mesmo que causa e efeito?
- 6-13 O que o coeficiente de determinação (*R*-quadrado) mede?
- 6-14 Classificação de custos: combine cada custo descrito aqui com o padrão apropriado de comportamento dos custos mostrado nos gráficos de (a) a (l). Qualquer gráfico pode se ajustar a dois ou mais padrões.
 1. O custo da madeira usada para fabricar mesas de cozinha de madeira.
 2. O custo de pessoas que preenchem pedidos em um armazém. Quando a demanda se eleva, o número é aumentado, e quando a demanda diminui, o número é reduzido.
 3. O salário de um inspetor de controle de qualidade da instalação, que inspeciona cada lote de produtos.
 4. O custo dos serviços de água e esgoto para a instalação da fábrica. A municipalidade local cobra uma taxa fixa por galão para uso de até 10.000 galões, e uma cobrança mais alta por galão para uso acima desse ponto.



5. O custo de uma conexão com a Internet de \$ 23 por mês.
6. O custo de uma conexão com a Internet de \$ 10 por mês mais \$ 2 por hora de uso acima de 10 horas.
7. O custo de se fazer cópias de certo documento em uma xerocopiadora, que reduz a cobrança por cópia para os clientes que fazem mais de 100 cópias do documento.
8. O custo total de fabricação de uma nova câmera durante todo o seu ciclo de vida.
9. Para desencorajar o uso em excesso e nivelar a demanda, especialmente nas horas de pico, o serviço de eletricidade local aumentou a cobrança por quilowatt/hora para cada uso adicional de 5.000 quilowatts/hora.
10. Uma loja de roupas no SunnyVale Mall paga um aluguel fixo de \$ 1.000 por mês mais 2% do recebimento bruto das vendas.
11. O custo do conserto para uma máquina usada em uma indústria.
12. Uma loja de sapatos no SunnyVale Mall paga 6% dos recebimentos brutos das vendas, até um máximo de \$ 3.000 por mês, como cobrança de aluguel.

Exercícios

6-15 **Relações dos Custos** A Comptech contratou a Erwin & Associates para projetar uma nova instalação de produção auxiliada por computadores para produzir 250 computadores por dia. Os custos variáveis para cada computador são de \$ 150 e o total de custos fixos é de \$ 62.250 por mês.

Pede-se Qual é o custo médio unitário se a instalação normalmente espera operar a 80% da capacidade?

6-16 **Relações de Custos** Os dados seguintes são para a Optical View Inc., um fabricante de lentes de contato:

Produção em Unidades	Custos Fixos	Custos Variáveis	Total de Custos
250	\$ 4.750	\$ 7.500	\$ 12.250
300	4.750	9.000	13.750
350	4.750	10.500	15.250
400	4.750	12.000	16.750

Pede-se

1. Faça um gráfico de custos totais, dos custos variáveis totais e dos custos fixos totais.
2. Faça um gráfico do total de custo unitário, do custo variável unitário e do custo fixo unitário.
3. Discuta o comportamento dos custos fixos, variáveis e totais.

6-17 **Estimação de Custo, Média de Custos** O Maribeth's Café faz *croissants* que são vendidos para os restaurantes e supermercados locais na área de Raleigh, Carolina do Norte. O custo médio para se fazer os *croissants* é de \$ 0,55 para 500 unidades e \$ 0,50 para 600 unidades.

Pede-se Se a função de custo total para os *croissants* é linear, qual será o custo médio para fazer 560?



6-18 **Estimação de Custo Usando Gráficos, Serviço** A Empresa de Propaganda Lawson está tentando convencer a Kansas City Sailboards Company a gastar mais com propaganda. O argumento da agência é de que existe uma relação linear positiva entre a propaganda e as vendas na indústria de barcos à vela. Sue Lawson apresenta esses dados, tirados de dados da indústria para lojas similares em tamanho e participação de mercado à Kansas City Sailboards:

Despesa com Propaganda	Vendas Anuais
\$ 2.500	\$ 95.000
3.000	110.000
3.500	124.000
4.000	138.000
4.500	143.000
5.000	147.000
5.500	150.000

Pede-se

1. Faça um gráfico das vendas anuais e das despesas com propaganda.
2. Os dados provam o argumento de Sue?

6-19 **Estimação de Custo: Método Alto-Baixo** Better Blind Manufacturing Inc. produz persianas e outros acabamentos para janelas residenciais e de escritórios. O proprietário está preocupado com os custos de manutenção das máquinas da produção, visto que os custos de manutenção para o ano fiscal anterior foram maiores que o esperado. Ele pediu a você para ajudá-lo a estimar os futuros custos de manutenção, para que possa prever melhor a rentabilidade de sua empresa. Juntos, vocês determinaram que o melhor direcionador de custo para os custos de manutenção é a hora-máquina. Os dados a seguir referem-se ao ano fiscal anterior para despesa de manutenção e horas-máquina:

Mês	Despesa	Horas	Mês	Despesa	Horas
1	\$ 2.625	1.575	7	\$ 2.865	1.785
2	2.670	1.590	8	2.830	1.720
3	2.720	1.605	9	2.780	1.695
4	2.750	1.620	10	2.760	1.625
5	2.855	1.775	11	2.590	1.550
6	2.930	1.800	12	2.570	1.525

Pede-se Qual é a equação do custo de manutenção usando-se o método alto-baixo?

6-20 **Estimação de Custo, Método Alto-baixo** Ethan Manufacturing Inc. produz carpetes para carros. O proprietário Joseph Ethan pediu que você o ajudasse na estimação de seus custos de manutenção. Juntos, você e Joseph determinam que o único e melhor direcionador de custo para os custos de manutenção é a hora-máquina. Esses dados são do ano anterior para as despesas com manutenção e horas-máquina:

Mês	Despesa com Manutenção	Horas-Máquina
1	\$ 2.600	1.690
2	2.760	1.770
3	2.910	1.850
4	3.020	1.870
5	3.100	1.900
6	3.070	1.880
7	3.010	1.860
8	2.850	1.840
9	2.620	1.700
10	2.220	1.100
11	2.230	1.300
12	2.450	1.590

Pede-se Qual é a equação dos custos de manutenção usando-se o método alto-baixo?

6-21 **Interpretação dos resultados da regressão** Uma pesquisa recente nos custos de diversos procedimentos médicos mostrou o impacto de certas complicações encontradas em cirurgias sobre o custo total da estada do paciente no hospital. Os pesquisadores usaram a análise de regressão e identificaram os seguintes resultados:

Custo Total por Paciente = Constante, mais

$a \times$ duração da estada (medida em dias), mais

$b \times$ presença de uma ou mais complicações (= 1 se verdadeiro, 0 se falso), mais

$c \times$ uso de laparoscópio (= 1 se verdadeiro, 0 se falso)

Em que:

- a, b e c são coeficientes do modelo de regressão, e
- O laparoscópio é um instrumento semelhante a um telescópio em miniatura, com um sistema de fibra óptica que traz luz para dentro do abdome. É do tamanho aproximado de uma caneta-tinteiro e duas vezes mais comprido.

A pesquisa, baseada em 57 pacientes, mostrou os seguintes resultados da regressão:

r -quadrado: 53%

termo constante: \$ 3.719

Coefficientes e valores t para as variáveis independentes:

	Duração da estada	Complicação	Laparoscópio
coeficiente	\$ 861	\$ 1.986	\$ 908
valor t	10,76	4,89	2,54

Pede-se

1. Qual é o custo estimado para um paciente que teve complicações, permaneceu dois dias no hospital cuja cirurgia necessitou de um laparoscópio?
2. Quais variáveis *dummy*, se houver alguma, seriam necessárias nessa regressão?
3. Comente as medidas estatísticas do modelo.

Problemas

6-22 **Estimação de Custo, Método Alto-baixo** A Jay Bauer Company se especializa na compra, renovação e revenda de casas antigas. Jay Bauer emprega vários carpinteiros e pintores para fazer o serviço para ele. É essencial que ele tenha estimações de custo precisas para que possa determinar o total dos custos de renovação antes de comprar a propriedade. Se os custos estimados de renovação mais a compra de uma casa forem mais altos do que o valor estimado de revenda, a casa não é um bom investimento.

Jay tem usado pés quadrados internos da casa para as suas estimações de custo da pintura externa. Recentemente, ele decidiu incluir o número de aberturas – o número total de portas e janelas em uma casa – como um direcionador de custo. O custo delas é significativo porque requerem trabalho preparatório que leva mais tempo e a pintura é mais cuidadosa. O restante da casa geralmente é pintado com rolos ou pistolas de pintura, as quais são maneiras relativamente eficientes para aplicar pintura em uma área grande. Jay tem mantido registros cuidadosos dessas despesas de seus últimos 12 projetos:

Casa	Pés quadrados	Aberturas	Custo
1	2.600	13	\$ 3.300
2	3.010	15	3.750
3	2.800	12	3.100
4	2.850	12	3.150
5	4.050	19	4.700
6	2.700	13	3.250
7	2.375	11	2.800
8	2.450	11	2.800
9	2.600	10	2.875
10	3.700	16	4.100
11	2.650	13	3.200
12	3.550	16	3.950

Pede-se

- Usando a técnica de estimacão de custo alto-baixo, determine o custo da pintura de uma casa de 3.300 pés quadrados com 14 aberturas. Determine também o custo da pintura de uma casa de 2.400 pés quadrados com oito aberturas.
- Elabore uma análise gráfica com os dados de custos contra o total de pés quadrados e as aberturas. Qual variável é o melhor direcionador de custo? Por quê?

6-23 **Estimacão de Custo, Substituição da Máquina, Ética** A SpectroGlass Company fabrica vidros para prédios de escritórios no Arizona e no sudeste da Califórnia. Como resultado da idade e desgaste, uma máquina essencial no processo de produção começou a produzir defeitos que comprometiam a qualidade. A SpectroGlass está considerando substituir a máquina velha por uma marca nova, seja a marca A ou a marca B. Os fabricantes de cada máquina forneceram à SpectroGlass esses dados sobre o custo de operação de suas máquinas em vários níveis de produção:



Produção (jardas quadradas)	Máquina A Custos Totais Estimados	Máquina B Custos Totais Estimados
4.000	\$ 54.600	\$ 70.000
7.000	78.800	100.000
9.000	90.300	115.000
14.000	114.900	137.000
16.000	132.400	146.000
24.000	210.000	192.000

Pede-se

- Se for esperado que a produção da SpectroGlass seja de 22.000 jardas quadradas, qual máquina deveria ser comprada? E para 15.000 jardas quadradas?
- Como um analista de custo na SpectroGlass, você recebeu a tarefa de completar o pedido 1. Um supervisor de produção vem lhe dizer que a natureza dos defeitos é realmente muito difícil de detectar e que a maioria dos clientes não os perceberá, questionando, assim, a substituição da máquina. Ele sugere que você modifique seus cálculos para justificar que se mantenha a máquina atual e as coisas do jeito que estão, e economizar algum dinheiro para a empresa. O que você diz?
- Suponha que a marca A seja produzida na Alemanha e que a marca B seja produzida no Canadá. Como uma empresa com base nos Estados Unidos, quais considerações são importantes para a SpectroGlass, além daquelas que foram anteriormente mencionadas na sua resposta ao pedido 1?

6-24 **Estimação de Custo, Método Alto-baixo** Antelope Park Amoco (APA), em Antelope Park, no Alasca, percebeu que as contas de energia eram substancialmente mais altas quando a média mensal da temperatura é mais fria. A única coisa na loja que usa o gás natural é a caldeira. Por causa das temperaturas baixas predominantes, a caldeira é usada todos os meses do ano (embora menos nos meses de verão e muito pouco em agosto). Todas as outras coisas na loja são operadas pela eletricidade, e o uso da eletricidade é bastante constante durante todo o ano.

Por um ano, APA tem mantido um registro da temperatura média diária e do custo de suas contas mensais de utilidades para o gás natural e a eletricidade.

	Temperatura Média	Custo da Energia
Janeiro	31 °F	\$ 760
Fevereiro	41	629
Março	43	543
Abril	44	410
Maio	46	275
Junho	50	233
Julho	53	220
Agosto	60	210
Setembro	50	305
Outubro	40	530
Novembro	30	750
Dezembro	20	870

Pede-se Use o método alto-baixo para estimar o custo da energia para os meses vindouros de janeiro e fevereiro. A previsão para janeiro é de uma média de temperatura próxima a um recorde de 10 °F; espera-se que as temperaturas em fevereiro sejam em média de 40 °F.

6-25 a 6-29 **Análise de Regressão** Os problemas 6-25 a 6-29 são baseados na Armer Company, a qual está acumulando dados para usar no preparo de seu plano anual de lucros para o próximo ano. O padrão de comportamento dos custos de manutenção precisa ser determinado. O pessoal da contabilidade sugeriu o uso da regressão linear para derivar uma equação para as horas e custos de manutenção. A seguir, os dados a respeito das horas e custos de manutenção para o último ano e os resultados da análise de regressão:

	Horas de Atividade	Custos de Manutenção
Janeiro	480	\$ 4.200
Fevereiro	320	3.000
Março	400	3.600
Abril	300	2.820
Maio	500	4.350
Junho	310	2.960
Julho	320	3.030
Agosto	520	4.470
Setembro	490	4.260
Outubro	470	4.050
Novembro	350	3.300
Dezembro	340	3.160
Soma	4.800	\$ 43.200
Média	400	3.600

Custo médio por hora ($\$ 43.200/4.800$) = \$ 9,00

<i>a</i> (intercepto)	684,65
Coefficiente <i>b</i>	7,2884
Erro-padrão da estimativa	34,469
<i>R</i> -quadrado	0,99724
Valor <i>t</i> para <i>b</i>	60,105

Pede-se (6-25) Se a Armer Company usar o método alto-baixo de análise, a equação para a relação entre horas de atividade e custo de manutenção é a seguinte:

- a. $y = 400 + 9x$
- b. $y = 570 + 7,5x$
- c. $y = 3.600 + 400x$
- d. $y = 570 + 9x$
- e. Nenhuma das alternativas

(Adaptado do CMA)

Pede-se (6-26) Com base nos dados derivados da análise de regressão, 420 horas de manutenção em um mês significam que os custos de manutenção deveriam ser orçados em

- a. \$ 3.780
- b. \$ 3.461
- c. \$ 3.797
- d. \$ 3.746
- e. Nenhuma das alternativas

(Adaptado do CMA)

Pede-se (6-27) O coeficiente de determinação para a equação de regressão da Armer para as atividades de manutenção é

- a. 34,469/49,515
- b. 0,99724
- c. raiz quadrada de 0,99724
- d. $(0,99724)^2$
- e. Nenhuma das alternativas

(Adaptado do CMA)

Pede-se (6-28) A porcentagem do total de variação que pode ser explicada pela equação da regressão é

- a. 99,724%
- b. 69,613%
- c. 80,982%
- d. 99,862%
- e. Nenhuma das alternativas

(Adaptado do CMA)

Pede-se (6-29) Em 400 horas de atividade, a administração da Armer pode estar aproximadamente dois terços confiante de que os custos de manutenção estarão na faixa de

- a. \$ 3.550,50 a \$ 3.649,53
- b. \$ 3.551,37 a \$ 3.648,51
- c. \$ 3.586,18 a \$ 3.613,93
- d. \$ 3.565,54 a \$ 3.634,47
- e. Nenhuma das alternativas

(Adaptado do CMA)

6-30 **Análise de Regressão** Whittenberg Distributors, um grande varejista e de vendas pelo correio, está funcionando há 10 anos. Durante esse tempo, as operações de vendas pelo correio cresceram de uma atividade secundária para representar mais de 80% das vendas anuais da empresa. É claro que a empresa tem sofrido as dores do crescimento. Às vezes, programas de computadores sobrecarregados ou defeituosos resultaram em vendas perdidas, e a contratação de funcionários temporários, para aumentar o quadro permanente durante os períodos de pico, sempre foi um problema.

Peter Bloom, gerente das operações de vendas pelo correio, desenvolveu procedimentos para lidar com a maioria dos problemas. Entretanto, ele ainda está tentando melhorar a contratação de funcionários temporários para responder aos pedidos por telefone. Sob o sistema atual, Peter mantém um quadro permanente de 60 funcionários que lidam com a carga de trabalho básica por telefone, e suplementa esse quadro com funcionários

temporários, conforme a necessidade. Os funcionários temporários são empregados por dia; ele determina o número necessário para o dia seguinte na tarde anterior, baseado na sua estimativa do volume de pedidos que virá por telefone.

Peter decidiu tentar a análise de regressão para melhorar a contratação de funcionários temporários. Resumindo as horas de mão-de-obra diária em totais semanais para o último ano, ele determinou o número de funcionários usados a cada semana. Adicionalmente, ele listou o número de pedidos processados a cada semana. Após entrar os dados em uma planilha, Peter fez duas regressões. A regressão 1 relacionava o total do número de funcionários (permanentes e temporários) ao número de pedidos recebidos. A regressão 2 relacionava apenas os funcionários temporários ao número de pedidos recebidos. O resultado dessas análises segue:

$$\text{Modelo de regressão: } W = a + b \times T$$

Em que: W = funcionários; T = pedidos por telefone

	Regressão 1	Regressão 2
a	21,938	-46,569
b	0,0043	0,0051
Erro-padrão da estimativa	3,721	1,495
Valor t	1,95	2,04
Coefficiente de determinação	0,624	0,755
Estatística de Durbin-Watson	1,33	1,67

Pede-se

1. Peter Bloom estima que a Whittenberg Distributors receberá 12.740 pedidos durante a segunda semana de dezembro.
 - a. Faça uma previsão do número de funcionários temporários necessários para essa semana usando a regressão 1. Arredonde sua resposta para o número inteiro mais próximo.
 - b. Usando a regressão 2, faça uma previsão do número de funcionários temporários necessários durante essa semana. Arredonde sua resposta para o número inteiro mais próximo.
2. Qual das duas análises de regressão parece melhor? Explique sua resposta.
3. Descreva pelo menos três maneiras de como Peter Bloom poderia melhorar a sua análise para fazer previsões melhores do que o resultado que qualquer uma dessas duas regressões proporcionaria.

(Adaptado do CMA)

6-31 **Análise de Regressão** Pilot Shop é uma empresa de vendas por catálogo que fornece grande variedade de produtos de aviação para pilotos ao redor do mundo. Maynard Shephard, o *controller*-assistente recentemente contratado recebeu a solicitação de desenvolver uma função de custo para prever o custo de expedição. O *controller*-assistente anterior tinha previsto os custos do departamento de expedição a cada ano pela comparação gráfica dos dados de custo contra a mão-de-obra direta dos últimos 12 meses, e ajustando visualmente uma linha pelos pontos. Os resultados não foram satisfatórios.

Após discussões com a equipe do departamento de expedição, Maynard decidiu que os custos de expedição poderiam ser estreitamente relacionados com o número de pedidos preenchidos. Ele baseou sua conclusão no fato de que 10 meses atrás o departamento de expedição adquiriu alguns equipamentos automáticos. Além disso, ele acredita que o uso da análise de regressão linear vai melhorar as previsões dos custos de expedição. Os dados de custos de expedição foram acumulados nas últimas 25 semanas. Maynard preparou duas análises de regressão; uma usando mão-de-obra direta e outra utilizando o número de pacotes despachados. A informação para as duas regressões lineares é dada a seguir:

	Regressão 1	Regressão 2
Equação	$SC = 804,3 + 15,68 DL$	$SC = 642,9 + 3,92 NR$
R -quadrado	0,365	0,729
Erro-padrão da estimativa	2,652	1,884
Valor t	1,89	3,46

em que: SC = custos totais do departamento de expedição
 DL = total de horas de trabalho diretas
 NR = número de pacotes despachados

Pede-se:

1. Identifique qual função de custo (regressão 1 ou regressão 2) que a Pilot Shop deveria adotar para prever os custos totais do departamento de expedição e explique por quê.
2. Se a Pilot Shop projeta que 600 pedidos serão atendidos na próxima semana, calcule o total de custos de expedição do departamento usando a regressão que você selecionou no item 1.
3. Explique duas ou três limitações importantes da regressão que você selecionou no item 1 e identifique uma ou duas maneiras para contornar essas limitações. Inclua em sua discussão o efeito, se é que existe algum, da natureza global dos negócios da Pilot Shop.

(Adaptado do CMA)

- 6-32 **Análise de Regressão** A United States Motors Inc. (USMI) fabrica automóveis e caminhonetes e os distribui para venda aos consumidores por meio de lojas varejistas franqueadas. Como parte do acordo de franquia, as concessionárias precisam fornecer demonstrações financeiras mensais, seguindo o manual de procedimentos contábeis da empresa. A USMI desenvolveu o seguinte perfil financeiro de uma concessionária média que vende 1.500 veículos anualmente.



PERFIL FINANCEIRO DA CONCESSIONÁRIA MÉDIA	
Demonstração de Resultado Combinado	
Vendas	\$ 30.000.000
Custo dos produtos vendidos	<u>24.750.000</u>
Lucro bruto	\$ 5.250.000
Custos operacionais	
Despesas variáveis	862.500
Despesas mistas	2.300.000
Despesas fixas	<u>1.854.000</u>
Renda operacional	\$ 233.500

A USMI está considerando grande expansão na sua cadeia de concessionárias. O vice-presidente de marketing pediu que Jack Snyder, *controller* corporativo, desenvolvesse algumas medidas do risco associado com a adição dessas franquias. Jack estima que 90% das despesas mistas mostradas sejam variáveis para os propósitos dessa análise. Ele também sugeriu a realização de análises de regressão nos vários componentes das despesas mistas para determinar, mais definitivamente, suas variabilidades.

Pede-se

1. Calcule o lucro combinado da concessionária se forem vendidas 2.000 unidades.
2. Suponha que as análises de regressão foram feitas sobre os componentes separados das despesas mistas e que o coeficiente do valor de determinação, de 0,60, foi determinado como aplicável às despesas mistas agregadas sobre o intervalo relevante.
 - a. Defina a expressão *intervalo relevante*.
 - b. Explique a significância de um valor de *R*-quadrado de 0,60 para análise da USMI.
 - c. Descreva as limitações que podem existir na aplicação das relações por combinação para as novas concessionárias específicas que foram propostas.
 - d. Defina o *erro-padrão da estimativa*.
3. A equação de regressão que John Snyder desenvolveu para projetar as vendas anuais de uma concessionária tem um *R*-quadrado de 60% e um erro-padrão da estimativa de \$ 4.500.000. Se as vendas anuais projetadas para uma concessionária totalizam \$ 28.500.000, determine o intervalo de confiança aproximado de 95% para a previsão de vendas de John.
4. Qual é a função estratégica da análise de regressão para a USMI?

(Adaptado do CMA)

- 6-33 **Estimação de Custo, Método Alto-baixo, Análise de Regressão** A DVD Express é uma grande fábrica de aparelhos de DVD de preços razoáveis. A gerência recentemente ficou preocupada com o aumento dos custos resultante da devolução de produtos com falhas de funcionamento. Como um ponto de partida para as análises subsequentes, Bridget Forrester, *controller*, quer testar diferentes métodos de previsão e então utilizar o melhor deles para prever as despesas trimestrais para 2004. Os dados relevantes dos três anos anteriores são os seguintes:



Trimestres de 2001	Despesas de Devolução	Trimestres de 2002	Despesas de Devolução	Trimestres de 2003	Despesas de Devolução
1	\$ 15.000	1	\$ 16.200	1	\$ 16.600
2	17.500	2	17.800	2	18.100
3	18.500	3	18.800	3	19.000
4	18.600	4	17.700	4	19.200

O resultado de uma análise de regressão simples usando todos os 12 pontos indicou o intercepto de \$ 16.559,09 e coeficiente para a variável independente de \$ 183,22 (R -quadrado = 0,27, $t = 1,94$, EP = 1.128).

Pede-se

1. Calcule as previsões trimestrais para 2004 utilizando o método alto-baixo e a análise de regressão. Recomende qual método Bridget deve utilizar.
2. Como a sua análise do tópico 1 muda se DVD Express passar a fabricar seus produtos em diversas instalações ao redor do mundo para atender ao mercado global?

6-34 **Estimação de Custo, Método Alto-baixo, Análise de Regressão** Roupas para VC é um grande comerciante de roupas para famílias que se preocupa com o orçamento. A administração recentemente começou a se preocupar com a quantia dos custos financeiros do estoque e com os custos de transporte entre os armazéns e as lojas varejistas. Como ponto de partida nas análises adicionais, Gregory Gonzales, o *controller*, quer testar métodos diferentes de previsão e depois usar o melhor para prever as despesas trimestrais para 2004. Seguem os dados relevantes dos três anos anteriores:



Trimestre	Despesa de Armazenagem Transporte (\$ 000)
1/2001	\$ 12.500
2	11.300
3	11.600
4	13.700
1/2002	12.900
2	12.100
3	11.700
4	14.000
1/2003	13.300
2	12.300
3	12.100
4	14.600

Os resultados de uma análise de regressão simples usando todos os 12 pontos de dados produziram o intercepto de \$ 11.854,55 e o coeficiente para a variável independente de \$ 126,22 (R -quadrado = 0,19, $t = 1,5$, EP = 974).

Pede-se

1. Calcule as previsões trimestrais para 2004 usando o método alto-baixo e a análise de regressão. Recomende qual método Gregory deveria usar.
2. Como a sua análise no item 1 muda se a Roupas para VC estiver envolvida em fontes globais de produtos para as suas lojas?

6-35 **Curvas de Aprendizagem** A Air Force Museum Foundation autorizou a compra de 16 Four F Sixes, aeronaves pré-Segunda Guerra Mundial. Elas serão construídas do zero com as especificações exatas que foram utilizadas para as originais. Para ficar mais autênticas, as aeronaves serão construídas usando-se a tecnologia e os processos produtivos disponíveis quando as originais foram construídas. Cada uma das 16 unidades voará até museus de aviação e da Força Aérea por todo o país para exibição. Entusiastas da aviação também poderão visitar a instalação de produção para ver exatamente como as aeronaves foram construídas em 1938.

As indústrias Soren querem participar da licitação das aeronaves e conseguiram certas informações de custos sobre as Four F Sixes da Força Aérea. As informações incluem

alguns dos dados antigos de custos dos construtores das aeronaves originais. As informações disponíveis são sobre o tempo total acumulado de produção quando a primeira, a oitava e a trigésima segunda aeronaves foram completadas.

Produção	Horas Totais
1	250
8	1.458
32	4.724

Pede-se

1. Se as Indústrias Soren esperam que o tempo gasto por unidade seja o mesmo que em 1938, quantas horas levarão para construir as 16 aeronaves para a contratante?
2. Qual é o papel das curvas de aprendizagem no negócio das Indústrias Soren para contratos desse tipo?

6-36 **Curvas de Aprendizagem** Ben Matthews e David Everhart trabalham para uma empresa de terraplanagem em Twin Cities, Oklahoma. O serviço principal deles é vender dormentes de ferrovias para alinhar as calçadas ao redor dos condomínios de apartamentos e instalar caixas de flores. Na primeira vez que Ben e David fizeram um desses projetos, gastaram 17 horas. O objetivo deles, no final do verão, era conseguir acabar um condomínio de apartamentos em oito horas, um dia de trabalho. Eles fizeram oito desses serviços e tiveram uma curva de aprendizagem de 80%. Suponha que todos os complexos de apartamentos sejam do mesmo tamanho.

Pede-se Eles atingiram seus objetivos? Se não, qual deveria ter sido a taxa de aprendizagem para eles atingirem seus objetivos?

6-37 **Curvas de Aprendizagem** A Emotional Headdress (EH) é fabricante de chapéus e acessórios para cabeça de Des Moines, Iowa. Em 11 de março de 2004, a empresa comprou uma nova máquina para ajudar na produção de várias linhas de produto estabelecidas. A eficiência da produção na nova máquina aumenta com a experiência da força de trabalho. Tem sido mostrado que, conforme a produção acumulada na nova máquina aumenta, o tempo médio da mão-de-obra por unidade diminui para a produção de pelo menos 3.200 unidades. À medida que a produção acumulada da EH dobra de uma base de 100 unidades produzidas, a média de tempo de mão-de-obra por unidade declina 15%. A produção da EH varia muito pouco de mês para mês e atinge uma média de 800 chapéus por mês.

A EH desenvolveu um novo estilo de chapéu masculino, o Morrisey, para ser produzido na nova máquina. Cem chapéus Morrisey podem ser produzidos em um total de 25 horas de mão-de-obra. Todos os outros custos diretos para produzir cada chapéu Morrisey são de \$ 16,25, excluindo a mão-de-obra direta. O custo da mão-de-obra direta da EH por hora é de \$ 15. Os custos fixos são de \$ 8.000 por mês, e a EH tem capacidade de produzir 3.200 chapéus por mês.

Pede-se

1. A EH deseja estabelecer o preço de venda para o chapéu Morrisey em 125% do custo de produção do chapéu. No nível de produção de 100 unidades, qual é o preço de venda?
2. A empresa recebeu um pedido para 1.600 chapéus Morrisey da Smiths, Inc. A Smiths está oferecendo \$ 20 por chapéu. A empresa deveria aceitar o pedido da Smiths e produzir os 1.600 chapéus? Explique.

6-38 **Curvas de Aprendizagem** A Hauser Company, uma empresa de propriedade familiar, faz a engenharia e fabricação de bicicletas motorizadas e motos de corrida sob o nome de Trailite. A empresa está em funcionamento há quase 20 anos e tem mantido uma participação lucrativa no mercado de veículos recreativos por causa de sua reputação de ter produtos de alta qualidade. Além disso, o departamento de engenharia da Hauser manteve a empresa na dianteira incorporando a tecnologia mais avançada nas bicicletas Trailite. Grande parte do serviço de submontagem é terceirizada para vendedores confiáveis. Entretanto, a montagem final e inspeção de todos os produtos são feitas na fábrica da Hauser. A Hauser recentemente desenvolveu um novo sistema de freios para a bicicleta de corrida Trailite Modelo 500. Em razão da disponibilidade atual da capacidade de produção da empresa, Jim Walsh, gerente de produção, recomendou que o primeiro lote do novo sistema de freios fosse fabricado no local, e não terceirizado. Essa operação de produção de 80 unidades acabou de ser completada. A média de horas cumulativas de mão-de-obra por unidade para



o sistema de freios foi de 60 horas. A experiência da Hauser com produtos similares indica que uma curva de aprendizagem de 80% é aplicável, e que se pode esperar que o fator de aprendizagem se estenda somente até a quarta operação de produção. O custo de mão-de-obra de \$ 14,50 por hora. A administração precisa decidir se continua a produção do sistema de freios na sua fábrica ou terceiriza esse serviço. Joyce Lane, agente de compras da Hauser, recebeu uma proposta da MACQ, uma empresa especializada na montagem de componentes. A MACQ trabalhou para a Hauser no passado e provou ser eficiente e confiável. Os termos da proposta da MACQ são negociáveis, e, antes de começar a discutir com eles, Joyce decidiu conduzir algumas análises financeiras relevantes.

Pede-se

1. A Hauser Company tem um pedido imediato para um total de 1.000 unidades do sistema de freios. Determine os custos futuros de mão-de-obra direta da empresa para produzir as unidades do sistema de freios pedidas se fabricá-las no local.
2. Um consultor avisou Joyce que a taxa de aprendizagem para essa aplicação pode estar próxima de 75%. Qual é o efeito nos custos projetados de usar uma curva de aprendizagem de 75%, em oposição a uma curva de aprendizagem de 80%?
3. Quais condições na fábrica, se houver alguma, poderiam compensar os benefícios potenciais da curva de aprendizagem? Qual é a função estratégica da análise da curva de aprendizagem para a Hauser Company?

(Adaptado do CMA)



6-39 **Estimação de Custo, Análise de Regressão** Plantcity é uma estufa e loja de varejo especializada em plantas e suprimentos para casas e jardins. Jean Raouth, a gerente-assistente, está no processo de orçar as despesas mensais com suprimentos para 2004. Ela presume que, de certa maneira, os suprimentos estejam relacionados às vendas, seja em unidades, sejam em unidades monetárias. Ela coletou esses dados para as vendas e despesa com suprimentos de junho de 2001 até dezembro de 2003 e estimou as vendas para 2004:

Data	Despesas com Suprimentos	Vendas de Unidades	Vendas em Unidades Monetárias
Junho de 2001	\$ 2.745	354	\$ 2.009
Julho	3.200	436	2.190
Agosto	3.232	525	1.878
Setembro	2.199	145	1.856
Outubro	2.321	199	2.168
Novembro	3.432	543	2.152
Dezembro	4.278	1.189	2.463
Janeiro de 2002	2.310	212	1.999
Fevereiro	2.573	284	2.190
Março	2.487	246	1.894
Abril	2.484	278	2.134
Maio	3.384	498	2.210
Junho	2.945	424	2.850
Julho	2.758	312	2.265
Agosto	3.394	485	2.435
Setembro	2.254	188	1.893
Outubro	2.763	276	2.232
Novembro	3.245	489	3.004
Dezembro	4.576	1.045	3.109
Janeiro de 2003	2.103	104	2.195
Fevereiro	2.056	167	2.045
Março	4.874	298	2.301
Abril	2.784	398	2.345
Maio	2.345	187	1.815
Junho	2.912	334	2.094
Julho	2.093	264	1.934
Agosto	2.873	333	2.054
Setembro	2.563	143	1.977
Outubro	2.384	245	1.857
Novembro	2.476	232	2.189
Dezembro	2.364	1.122	2.433

(continua)

Data	Despesas com Suprimentos	Vendas de Unidades	Vendas em Unidades Monetárias
Janeiro de 2004 (estimado)			
Fevereiro		180	1.600
Março		230	2.000
Abril		190	1.900
Maio		450	2.400
Junho		350	2.300
Julho		350	2.300
Agosto		450	2.500
Setembro		550	3.000
Outubro		300	2.500
Novembro		300	2.500
Dezembro		450	3.200
		950	3.900

Pede-se

1. Desenvolva a regressão que Jane deveria usar com base nesses dados, empregando o procedimento de regressão no Excel ou em um programa equivalente de software de regressão. Avalie a confiabilidade e precisão da regressão que você escolheu.
2. Quais são os números mensais previstos para a despesa com suprimentos para 2004?



6-40 Análise de Regressão: Análise entre Perfis, Cálculo de uma Equação de Regressão Jim Manzano é sócio de um grupo de investimento que tem várias propriedades comerciais e industriais, incluindo uma rede de 15 lojas de conveniência localizadas na área metropolitana de Cleveland, Ohio. Jim está preocupado com o recente aumento no roubo de estoque e desperdício (ele chama “estragos”) nas suas lojas. O estrago aumentou mais de 20% em cada um dos últimos dois anos. Em algumas lojas, o motivo principal é o roubo; em outras, são danos e vandalismo; e em algumas outras, a mercadoria realmente estraga e precisa ser jogada fora. Jim coletou os dados dos estragos em cada uma das suas lojas no último mês e está procurando padrões de estragos em relação ao tamanho da loja (medida por pés quadrados de área, número de funcionários e total de vendas) e em relação à localização da loja (localização 1 é uma área onde são feitas poucas detenções por roubo, conduta desordeira ou vandalismo, e a localização 3 refere-se às áreas onde são feitas muitas detenções). Jim não tem certeza, mas suspeita, baseado na sua experiência em gerenciar lojas de conveniência, que existe uma relação entre esses fatores. Um colega lhe disse que um tipo de regressão chamado regressão “entre perfis” satisfaria sua necessidade. A regressão entre perfis pega os dados de um único período e determina as previsões para a variável dependente em objetos de custo diferentes (nesse caso, lojas diferentes). O objetivo da regressão entre perfis é comparar o valor real conhecido para a variável dependente com o valor previsto como uma base para avaliar a racionalidade do valor real. Essa abordagem é muitas vezes usada em casos similares ao de Jim, no qual a precisão ou a racionalidade da variável dependente relatada é uma preocupação. De fato, a regressão entre perfis desenvolve um modelo que representa os padrões gerais em todos os dados, e as lojas incomuns serão identificadas pelos maiores valores de erros na regressão. Os dados seguintes são para as operações do mês mais recente:

Número da Loja	Estragos de Estoque	Pés Quadrados	Número de Funcionários	Localização	Vendas
1	\$ 1.512	2.400	8	1	\$ 312.389
2	3.005	3.900	10	2	346.235
3	1.686	3.200	12	1	376.465
4	1.908	3.400	12	1	345.723
5	2.384	3.750	9	2	453.983
6	4.806	4.800	10	3	502.984
7	2.253	3.500	8	1	325.436
8	1.443	3.000	10	1	253.647
9	3.755	5.550	15	2	562.534
10	1.023	2.250	15	1	287.364
11	1.552	2.500	9	1	198.374

(continua)

Número da Loja	Estragos de Estoque	Pés Quadrados	Número de Funcionários	Localização	Vendas
12	2.119	3.500	16	2	\$ 333.984
13	5.506	7.500	15	3	673.345
14	3.034	5.700	16	2	588.947
15	<u>772</u>	<u>2.200</u>	<u>8</u>	1	<u>225.364</u>
Totais	\$ 36.758	57.150	173		\$ 5.786.774

Pede-se

1. Usando Excel, ou um programa de software equivalente, prepare uma análise de regressão que preveja os estragos de estoque em cada uma das 15 lojas. Use qualquer uma das quatro variáveis independentes potenciais (ou uma combinação) que você ache apropriada e explique a sua resposta. Também, avalie a precisão e a confiabilidade da regressão que você selecionou.
2. Usando a equação de regressão que você desenvolveu no item 1, determine qual das 15 lojas pode ter estragos de estoque que estejam fora de linha em relação a toda a cadeia de lojas. Explique a sua escolha.



6-41 **Análise de Regressão, Termos Multiplicativos** Desde os primeiros meses do ano 2000, os mercados de ações ao redor do mundo têm sido submetidos a significativas oscilações de valor. É comum atualmente ver os índices flutuarem entre 2 e 3 pontos percentuais ou mais, por dia. A volatilidade no preço das ações tem incomodado os investidores e tem sido uma das causas, segundo algumas pessoas, da redução no investimento em ações (ver em *BusinessWeek*, 10 de março de 2003, um artigo detalhado sobre o tema).

Para investigar os amplos efeitos da volatilidade nos mercados de ações, pesquisadores planejam estudar os efeitos da volatilidade das ações em estratégias de investimentos e suas medidas financeiras correlatas, como taxa de juros. Além disso, é provável que os relacionamentos mudem de país para país. Por exemplo, suponha que os pesquisadores coletem uma amostra de ações de 30 países e calculem a volatilidade para cada uma dessas ações e obtenham uma média ponderada da volatilidade para cada um desses países (aqui a volatilidade pode ser medida como o desvio-padrão do preço da ação). Também observamos o Fundo Monetário Internacional e organizações semelhantes para determinar uma avaliação de crédito geral para cada um dos 30 países. Aqui, a avaliação de crédito é medida em uma escala de zero a 1, com número próximo de um indicando melhor avaliação de crédito. Suponha que os dados obtidos estejam apresentados na tabela seguinte. Identificamos cada país como uma economia emergente ou desenvolvida, pois essa diferença pode ter grande impacto nos dados.

País	Emergente/ Desenvolvido	Volatilidade	Avaliação de Crédito
1	E	55,7	8,3
2	D	23,9	71,2
3	E	27,2	57,0
4	E	55,0	8,7
5	D	20,3	90,9
6	D	20,6	89,1
7	E	30,3	46,1
8	D	22,3	79,2
9	D	22,1	80,3
10	E	47,9	14,1
11	E	54,9	8,8
12	D	20,2	91,6
13	E	36,7	30,0
14	E	24,3	69,1
15	E	31,8	41,6
16	D	24,3	69,4
17	E	46,2	15,8
18	D	28,6	51,8
19	E	38,6	26,4
20	D	23,4	73,7

(continua)

País	Emergente/ Desenvolvido	Volatilidade	Avaliação de Crédito
21	E	60,5	6,0
22	D	22,2	79,9
23	D	21,4	84,6
24	D	23,3	74,1
25	E	45,1	17,0
26	E	46,3	15,7
27	D	20,8	87,8
28	D	20,3	90,7
29	E	36,9	29,5
30	E	36,2	31,0

Pede-se

1. Calcule a equação de regressão utilizando Excel ou um software equivalente para prever a volatilidade das ações de um país, baseado na avaliação de crédito e na classificação da economia (desenvolvida ou emergente). Apresente uma breve interpretação de seus resultados.
2. Os resultados do item 1 supunham que duas variáveis independentes eram realmente independentes. Suponha que você acredite que as duas variáveis são correlacionadas, e que países desenvolvidos tendam a ter avaliações de crédito mais altas que os países emergentes. Calcule a nova regressão, usando, além das variáveis apresentadas, a seguinte variável nova: o produto de classificação do país e avaliação de crédito. Se as duas variáveis são correlacionadas, essa nova variável deveria ser um fator importante na regressão, com um valor t significativo. O que você acha?

6-42 **Análise de Regressão em Casos de Tribunais Fiscais** Desde o final da década de 1960, os sistemas judiciários nos Estados Unidos, e em todos os lugares, têm aceitado análise de regressão como evidência nos casos jurídicos. Em muitos casos, no entanto, por causa das limitações ou erros no desenvolvimento da análise de regressão, os tribunais fiscais questionam ou negam a evidência da regressão. Recentemente, foi realizado um estudo para determinar os fatores na análise de regressão que o tribunal considerou em determinar se a evidência da regressão era admissível.

Pede-se Quais fatores, com vistas ao desenvolvimento de uma análise de regressão, você suspeita que os tribunais fiscais considerariam ao determinar a aceitação de uma análise de regressão como evidência?

Soluções dos Estudos de Caso

1. Usando o Método Alto-baixo

Comece por montar um gráfico com os dados para determinar se há algum padrão não usual (por exemplo, sazonalidade) ou *outliers* na Figura 6.12.

O gráfico não mostra padrões não usuais nem *outliers*, assim, a estimativa alto-baixo pode ser determinada diretamente do ponto baixo (março) e do ponto alto (dezembro), como demonstrado:

Para determinar a inclinação da linha (custo variável unitário)

$$(\$ 201.783 - \$ 123.245)/(7.433 - 5.166) = \$ 34.644 \text{ por entrega}$$

Para determinar o intercepto:

$$\$ 210.783 - 7.433 \times \$ 34.644 = \$ 55.726$$

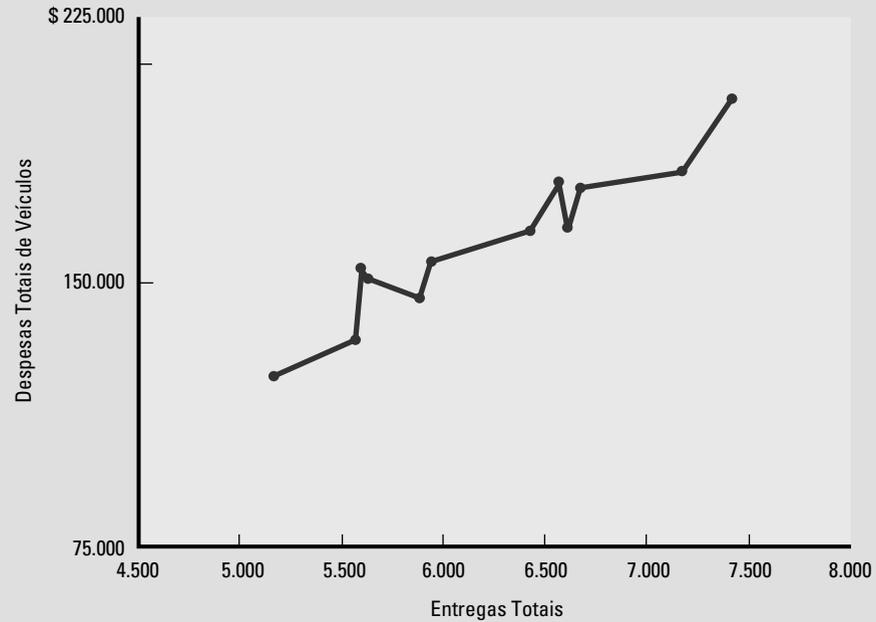
$$\$ 123.245 - 5.166 \times \$ 34.644 = \$ 55.726$$

A equação de estimativa é

$$\text{Custos dos veículos} = -\$ 55.726 + \$ 34.644 \times \text{Número de entregas por mês.}$$

Note que o intercepto é um número negativo, o que indica que o intervalo relevante de 5.166 até 7.433 entregas é tão distante do ponto zero (em que o intercepto está) que o intercepto não pode ser interpretado adequadamente como um custo fixo. Portanto, a equação de estimativa é útil somente dentro do intervalo relevante de aproximadamente 5.000 a 7.500 entregas e não deveria ser utilizada para estimar custos fora desse intervalo.

FIGURA 6.13
Gráfico dos Dados de
Hector's Delivery Service



2. Usando Análise de Regressão

Todos os critérios relevantes favorecem a primeira regressão, baseada em alto *R*-quadrado, valor *t* e baixo erro-padrão. Além disso, o sinal da variação do custo de materiais na regressão 2 é negativo, o que é difícil de explicar. A variável deveria ter uma relação direta com os gastos gerais de fabricação; assim o sinal desta variável deveria ser positivo. A razão para a melhora da regressão 1 sobre a regressão 2 pode ser de que as horas-máquina sejam altamente correlacionadas com custos de material, horas de trabalho, ou mesmo ambos, causando multicolinearidade. Ao excluir horas-máquina como uma variável independente, George reduziu ou removeu a multicolinearidade, e, como resultado a regressão melhorou. Conseqüentemente, ele deve utilizar a regressão 1.

3. Usando os Métodos Alto-baixo e Regressão

Comece por montar o gráfico para os dados para o número de unidades defeituosas, como ilustrado na Figura 6.14. O objetivo é identificar qualquer padrão não usual que deva ser considerado no desenvolvimento da estimativa.

A Figura 6.14 mostra que o número de unidades defeituosas varia consideravelmente de mês a mês, e um crescimento constante ocorreu nos últimos dois anos. Sabendo que o nível de produção também cresceu (conforme indicado por custo das vendas, unidades produzidas ou unidades

FIGURA 6.14
Unidades Defeituosas Versus Nível
de Produção de Janeiro de 2003
a Dezembro de 2004

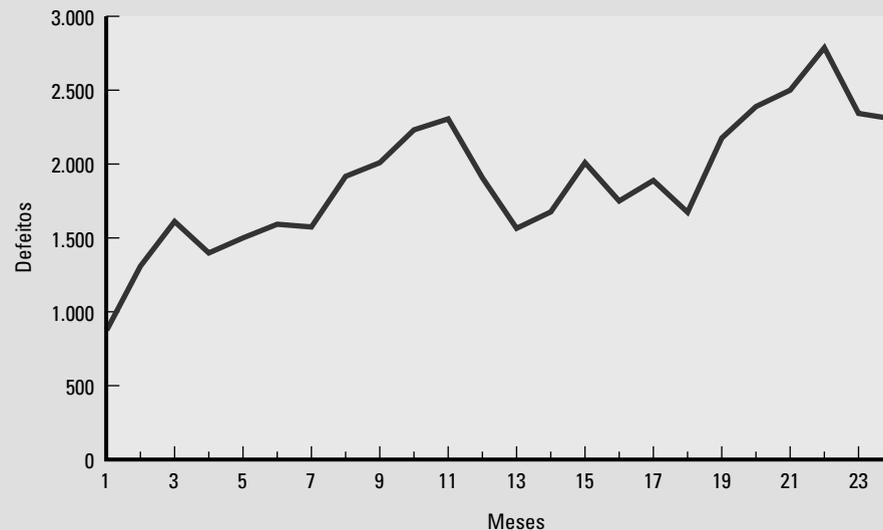
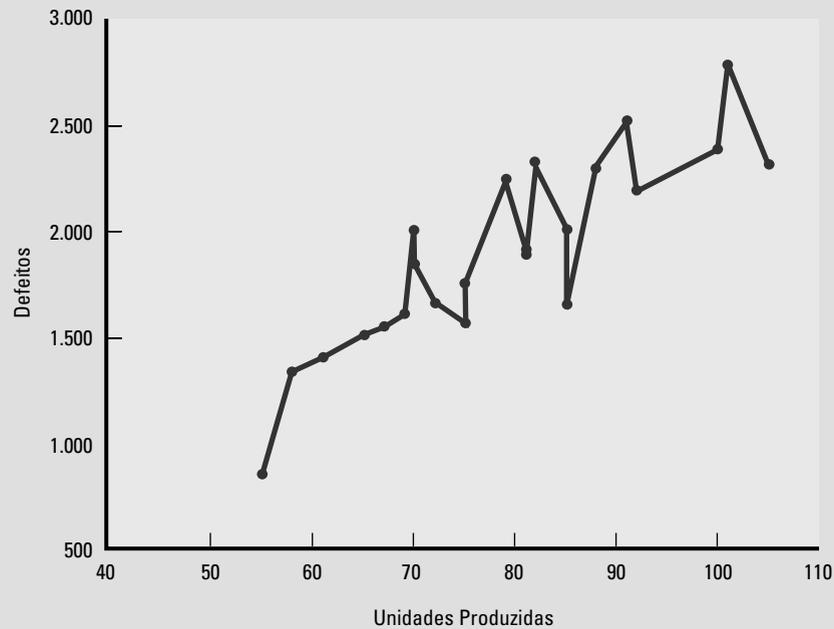


FIGURA 6.15
Unidades Defeituosas Versus Nível
de Produção de Janeiro de 2003
a Dezembro de 2004



embarcadas), agora queremos determinar se o relacionamento entre os defeitos e nível de produção (Figura 6.15) também mudou.

Começamos com unidades produzidas, como a variável independente, visto que ela deve ter relacionamento mais direto com defeitos; as outras variáveis independentes podem ser testadas mais tarde. O segundo gráfico (Figura 6.15) deixa claro que existe um relacionamento entre as unidades produzidas e o número de defeitos.

O passo seguinte é a quantificação desse relacionamento com o método alto-baixo e a análise de regressão. Começaremos com a análise alto-baixo. Para a Figura 6.15 identificamos fevereiro de 2003 e dezembro de 2004 como períodos representativos alto e baixo, respectivamente.

Calculamos a estimativa alto-baixo como demonstrado a seguir (esses dois pontos não são nem o mais baixo nem o mais alto absoluto, mas eles produzem uma linha que é representativa dos dados):

$$\text{Inclinação} = (2.311 - 1.335)/(88 - 58) = 32.533$$

E

$$\text{Intercepto} = 2.311 - 32.533 \times 88 = 1.335 - 32.533 \times 58 = - 552$$

Portanto, a equação de estimativa é

$$\text{Número de defeitos} = - 552 + 32.533 \times \text{Nível de produção.}$$

A estimativa alto-baixo está sujeita às limitações de subjetividade na escolha dos pontos alto e baixo e também porque ela utiliza apenas dois pontos para desenvolver a estimativa. A regressão, portanto, tem condições de apresentar uma estimativa mais precisa. Assim, o próximo passo é obter a análise de regressão dos dados preliminares e avaliar a precisão e confiabilidade da estimativa de regressão. A regressão pode ser concluída com uma planilha ou qualquer outro software entre diversas ferramentas disponíveis. Os resultados para as três análises de regressão estão apresentados no Quadro 6.9. A variável dependente em cada caso é o número de unidades defeituosas.

As variáveis independentes para a regressão 1 são: custo das vendas, unidades embarcadas e unidades produzidas, R -quadrado e o EP estão corretos, mas observamos que todos os três valores t são menores que 2, o que indica variáveis independentes não confiáveis. Como a priori esperamos correlação entre aquelas variáveis e porque temos baixos valores t , suspeitamos da existência de multicolinearidade entre essas variáveis. Para reduzir o efeito da multicolinearidade, tentamos a regressão 2, que remove a variável unidades embarcadas, uma vez que a variável provavelmente é menos associada a unidades defeituosas e está entre os menores valores t . O R -quadrado para a regressão 2 é essencialmente o mesmo da regressão 1, apesar de o EP melhorar muito discretamente e o valor t para os custos de vendas agora estar correto. Os resultados da regressão 3, com os custos das vendas como única variável, mostra que EP e o valor t melhoram novamente, enquanto R -quadrado permanece inalterado. Dessa forma, a regressão 3 é a melhor alternativa, pois tem os melhores valores EP e valores t , e um R -quadrado muito bom.

QUADRO 6.9 Regressão para o Número de Defeitos

Intercepto	Coefficiente da variável independente	Valor <i>t</i> para a variável independente	R-quadrado	Erro-padrão da Estimativa
Regressão 1				
103,20	– 38,974 (unidades embarcadas)	– 0,44	0,883	161
	– 2,849 (unidades produzidas)	– 0,38		
	4,702 (custo das vendas)	0,72		
Regressão 2				
92,24	– 2,230 (unidades produzidas)	– 0,309	0,881	158
	1,837 (custo de vendas)	4,54		
Regressão 3				
43,95	1,720 (custo de vendas)	12,77	0,881	155