

CEC00121 - Tóp. Esp. em Pesquisa Operacional I

Capítulo 15 - Análise de Decisão

Samuel Campos

Instituto de Ciências da Sociedade e Desenvolvimento Regional- Universidade Federal Fluminense (ESR/UFF)

samuelfcampos@id.uff.br

13 de novembro de 2018

- 1 Análise de Decisão
- 2 Exemplo Protótipo
- 3 Tomada de decisão sem experimentação
 - Formulação do Exemplo-Protótipo nessa Estrutura
 - Critério do maximin para o prêmio
 - Critério da Probabilidade Máxima
 - Regra de Decisão de Bayes
 - Análise de sensibilidade com a regra de decisão de Bayes
- 4 Tomada de decisão com experimentação
 - O valor da experimentação
 - Valor Esperado da Informação Perfeita
 - Valor Esperado da Informação Experimental
- 5 Árvores de Decisão
 - Realização da Análise

Seção 1

Análise de Decisão

- Supomos anteriormente que as consequências da decisão da escolha das alternativas eram conhecidas com um **razoável grau de certeza**.
 - As funções objetivo especificavam as consequências estimadas de qualquer combinação de decisões.
 - As consequências normalmente não podem ser previstas com absoluta certeza, mas elas poderiam, ao menos ser, **estimadas com precisão suficiente** para justificar o emprego de tais modelos (junto com a análise de sensibilidade).

Muitas decisões devem ser tomadas em ambientes mais propensos às incertezas

- 1 Um fabricante lançando um novo produto no mercado. Quanto deve ser produzido? O produto deve ser comercializado de forma experimental em uma pequena região antes de decidir pela distribuição plena? Qual é o nível de propaganda necessário?
- 2 Uma financeira investindo em títulos. Quais são os segmentos de mercado e títulos individuais com melhores perspectivas? Para quais caminhos a economia está se dirigindo? E as taxas de juros?
- 3 Uma empresa do setor agrícola selecionando o mix de plantações para a próxima temporada. Quais serão as condições climáticas? Quais serão os preços? Quais serão os custos?
- 4 Uma empresa petrolífera decidindo se deve ou não perfurar um poço em determinado local. Qual a probabilidade de existir petróleo aí? Em que volumes? Qual é a profundidade necessária para perfuração?

Análise de Decisão

- Desenvolvida para o auxílio na tomada de decisão quando há um grande grau de incerteza.
- Divide a tomada de decisão em:
 - Sem experimentação;
 - Com experimentação.

Seção 2

Exemplo Protótipo

- A Goferbroke Company é proprietária de uma área de terra que pode conter petróleo.
- Um geólogo acredita que haja 1 chance em 4 de encontrar petróleo.
- Outra companhia petrolífera ofereceu US\$ 90.000 para compra do terreno.
- O custo de perfuração é de US\$ 100.000.
- Se for encontrado petróleo, a receita esperada resultante será de US\$ 800.000;
- A empresa arcará com uma perda de US\$ 100.000 (o custo de perfuração) caso o terreno seja seco (Figura 1).

Análise de Decisão

Exemplo Protótipo

■ TABELA 15.1 Eventuais lucros da Goferbroke Company

Alternativa	Condição do terreno	Prêmio	
		Petróleo	Seco
Perfurar para procurar petróleo		US\$ 700.000	−US\$ 100.000
Vender o terreno		US\$ 90.000	US\$ 90.000
Chance da condição		1 em 4	3 em 4

Figura 1: Eventuais lucros da Goferbroke Company

Seção 3

Tomada de decisão sem experimentação

Análise de Decisão

Tomada de decisão sem experimentação

- O tomador de decisão deve escolher uma alternativa de um conjunto de possíveis alternativas de decisão.
- O **conjunto** contém todas as alternativas viáveis para o problema em questão.
- A escolha deve ser feita diante da incerteza: o resultado será afetado por **fatores aleatórios** que estão fora do controle do tomador de decisão.
- Esses fatores aleatórios determinam que situação será encontrada no momento que a alternativa de decisão for executada. Cada uma das possíveis situações é chamada um **estado de natureza** possível.
- Para cada alternativa de decisão e estado de natureza, o tomador de decisão sabe qual será o **prêmio**.
 - O **prêmio** é uma medida quantitativa do valor do resultado da decisão (lucro, receita, etc.).

Análise de Decisão

Tomada de decisão sem experimentação

- O prêmio se toma um **valor esperado** (no sentido estatístico) se o resultado não se tomar completamente certo mesmo quando o estado de natureza é fornecido.
- A **tabela de prêmios** é usada para fornecer o prêmio para cada combinação de uma ação e um estado de natureza.
- O tomador de decisão geralmente terá alguma informação que deveria ser levada em conta em relação à probabilidade relativa (**probabilidades prévias**) dos estados de natureza possíveis.

Estrutura básica

- 1 O tomador de decisão precisa escolher uma das alternativas de decisão.
- 2 A natureza escolherá então um dos estados de natureza possíveis.
- 3 Cada combinação de uma alternativa de decisão e um estado de natureza resultaria em um prêmio, que é dado como uma das entradas da tabela de prêmios.
- 4 Essa tabela de prêmios deve ser usada para encontrar uma alternativa ótima para o tomador de decisão de acordo com um critério apropriado.

Subseção 1

Formulação do Exemplo-Protótipo nessa Estrutura

Formulação do Exemplo-Protótipo na estrutura básica

- A Goferbroke Co. está considerando duas alternativas: perfurar em busca de petróleo ou vender o terreno (Figura 1).
- Os **estados de natureza** possíveis são:
 - O terreno contém petróleo;
 - O terreno não contém petróleo (seco).
- Foi estimada 1 chance em 4 de existir petróleo (3 chances em 4 de não ter petróleo).
 - As **probabilidades prévias** dos dois estados de natureza são, respectivamente, 0,25 e 0,75.

Análise de Decisão

Tomada de decisão sem experimentação

■ TABELA 15.2 Tabela de prêmios para a formulação da análise de decisão do primeiro problema da Goferbroke Co.

Alternativa	Estado de Natureza	
	Petróleo	Seco
1. Perfurar para procurar petróleo	700	-100
2. Vender o terreno	90	90
Probabilidade prévia	0,25	0,75

Figura 2: Tabela de prêmios para a formulação da análise de decisão - Goferbroke - sem experimentação

- Usaremos a tabela de prêmios (Figura 2) para encontrar a alternativa ótima de acordo com três critérios:
 - 1 Critério do maximin para o prêmio
 - 2 Critério de probabilidade máxima
 - 3 Regra de decisão de Bayes

Subseção 2

Critério do maximin para o prêmio

Critério do maximin para o prêmio

Para cada uma das possíveis alternativas de decisão, encontre o prêmio mínimo ao longo de todos os estados de natureza possíveis. Em seguida, encontre o máximo desses prêmios mínimos. Escolha a alternativa cujo prêmio mínimo fornece esse máximo.

Análise de Decisão

Tomada de decisão sem experimentação

■ TABELA 15.3 Aplicação do critério do prêmio maximin ao primeiro problema da Goferbroke Co.

Alternativa	Estado de natureza		Mínimo	← Valor máximo
	Petróleo	Seco		
1. Perfurar para procurar petróleo	700	-100	-100	
2. Vender o terreno	90	90	90	
Probabilidade prévia	0,25	0,75		

Figura 3: Aplicação do critério do prêmio máximin

Critério do maximin para o prêmio

- O prêmio mínimo para venda (90) é maior que aquela para perfuração (-100)
 - A primeira alternativa (vender o terreno) será escolhida.
- Fornece a **melhor garantia do prêmio** que será obtido.
- Adota o ponto de vista **pessimista**.
- Pressupõe que a natureza seja um oponente que quer infligir o máximo de danos possível ao tomador de decisão.

Subseção 3

Critério da Probabilidade Máxima

Critério da Probabilidade Máxima

Identifique o **estado de natureza mais provável** (aquele com a maior probabilidade prévia). Para esse estado de natureza, encontre a alternativa de decisão com o **prêmio máximo**. Escolha essa alternativa de decisão.

Análise de Decisão

Tomada de decisão sem experimentação

■ TABELA 15.4 Aplicação do critério de probabilidade máxima ao primeiro problema da Goferbroke Co.

Alternativa	Estado de natureza		
	Petróleo	Seco	
1. Perfurar para procurar petróleo	700	-100	-100
2. Vender o terreno	90	90	90 ← Máximo nesta coluna
Probabilidade prévia	0,25	0,75	
		↑ Máximo	

Figura 4: Aplicação do critério de probabilidade máxima

Critério da Probabilidade Máxima

- O estado de natureza mais importante é aquele mais provável;
- Ignora completamente muitas informações relevantes;
- Não é considerado nenhum outro estado de natureza a não ser aquele mais provável.
 - Em um problema com diversos estados de natureza possíveis, a probabilidade do mais provável pode ser bastante reduzida

Subseção 4

Regra de Decisão de Bayes

Regra de Decisão de Bayes

Usando as melhores estimativas disponíveis das probabilidades dos respectivos estados de natureza (no momento as probabilidades prévias), calcule o **valor esperado do prêmio** para cada uma das possíveis alternativas de decisão. Escolha a alternativa de decisão com o **prêmio esperado máximo**.

Regra de Decisão de Bayes

- Os prêmios esperados são calculados diretamente da Figura (2):

Regra de Decisão de Bayes

- Os prêmios esperados são calculados diretamente da Figura (2):

$$E[\text{Prêmio (perfuração)}] = 0,25(700) + 0,75(-100) = 100$$

$$E[\text{Prêmio (venda)}] = 0,25(90) + 0,75(90) = 90$$

Regra de Decisão de Bayes

- Os prêmios esperados são calculados diretamente da Figura (2):
 $E[\text{Prêmio (perfuração)}] = 0,25(700) + 0,75(-100) = 100$
 $E[\text{Prêmio (venda)}] = 0,25(90) + 0,75(90) = 90$
- $E[\text{Prêmio (perfuração)}] > E[\text{Prêmio (venda)}] \Rightarrow$ A alternativa escolhida é perfurar para procurar petróleo!

Regra de Decisão de Bayes

- Incorpora todas as informações disponíveis
 - Todos os prêmios;
 - As melhores estimativas disponíveis das probabilidades dos respectivos estados de natureza.
- Probabilidades necessariamente são altamente subjetivas;
- A razoabilidade das estimativas das probabilidades deve ser avaliada em cada situação individual;
- Experimentações para melhorar as estimativas;
- Podemos avaliar o efeito de possíveis imprecisões nas probabilidades prévias por meio da análise de sensibilidade.

Análise de sensibilidade com a regra de decisão de Bayes

Análise de sensibilidade com a regra de decisão de Bayes

- As **probabilidades prévias** são os dados mais **questionáveis** (Figura 2).
- Concentraremos a análise de sensibilidade sobre elas. Abordagem similar poderia ser aplicada aos prêmios.
- A soma das duas probabilidades prévias deve ser igual a 1!
 - Aumentar uma das probabilidades diminui automaticamente a outra pelo mesmo valor e vice-versa.

Análise de sensibilidade com a regra de decisão de Bayes

- A direção da Goferbroke acredita que as reais chances de se encontrar petróleo no terreno devem estar em torno de 15% a 35%.
 - A probabilidade prévia real de encontrar-se petróleo deve estar na faixa de 0,15 a 0,35
 - A probabilidade prévia correspondente do terreno ser seco estaria entre 0,85 e 0,65.

Análise de sensibilidade com a regra de decisão de Bayes

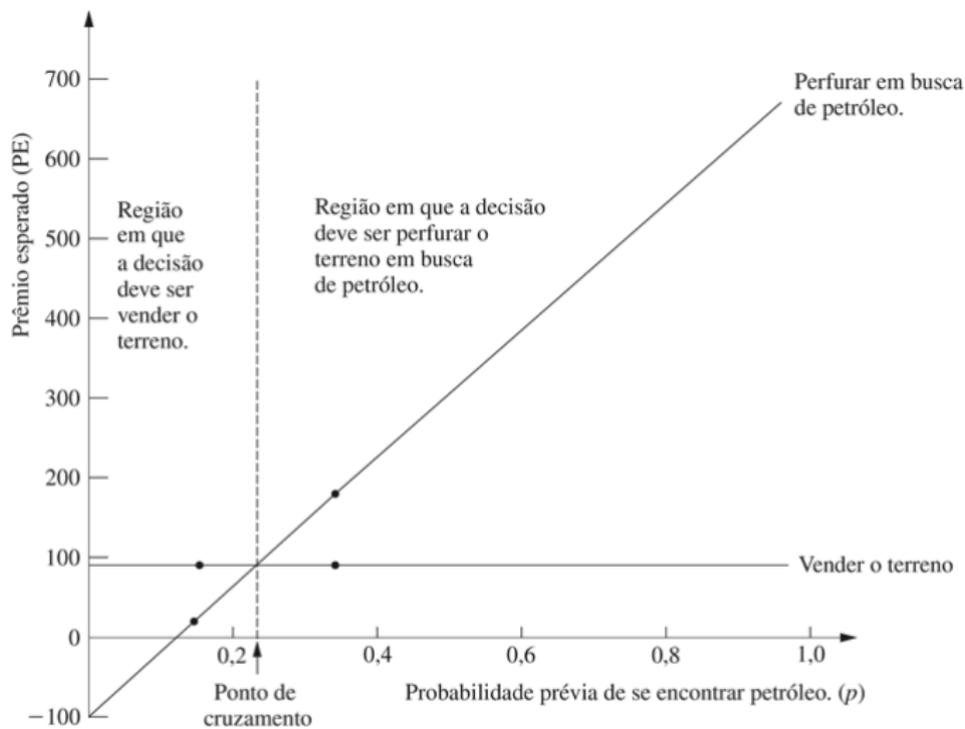
- Se p = probabilidade prévia de encontrar petróleo.
- O prêmio esperado para se perfurar para qualquer p é de:
 $E[\text{Prêmio (perfuração)}] = 700p - 100(1 - p) = 800p - 100.$

Análise de sensibilidade com a regra de decisão de Bayes

- Para $p = 0,15 \Rightarrow E[\text{Prêmio (perfuração)}]$
 $= 800(0,15) - 100 = 120 - 100 = 20 < 90 \Rightarrow$ **Venda do terreno**
- Para $p = 0,35 \Rightarrow E[\text{Prêmio (perfuração)}]$
 $= 800(0,35) - 100 = 280 - 100 = 180 > 90 \Rightarrow$ Perfurar o terreno
- A decisão é muito sensível a p .
- Essa análise de sensibilidade revela que é importante, se possível, desenvolver uma estimativa mais precisa do valor real de p .
- Os quatro pontos na Figura (5) representam o prêmio esperado para as duas alternativas de decisão quando $p = 0,15$ ou $p = 0,35$.

Análise de Decisão

Tomada de decisão sem experimentação



■ FIGURA 15.1 Representação gráfica de como o prêmio esperado para cada alternativa de decisão muda quando a probabilidade prévia de se encontrar petróleo se altera, referente ao primeiro

Análise de sensibilidade com a regra de decisão de Bayes

- O ponto na Figura (5) no qual as duas retas se interceptam é o **ponto de cruzamento** em que a decisão muda de uma alternativa (vender o terreno) para a outra (perfurar em busca de petróleo) à medida que a probabilidade prévia aumenta.
- Para encontrar esse ponto:
$$E[\text{Prêmio (perfuração)}] = E[\text{Prêmio(venda)}]$$
$$800p - 100 = 90$$
$$p = \frac{190}{800} = 0,2375$$
- Vender o terreno se $p < 0,2375$.
- Perfurar em busca de petróleo se $p > 0,2375$.

Seção 4

Tomada de decisão com experimentação

Probabilidades posteriores

- Testes adicionais (experimentação) podem ser realizados para **aperfeiçoar** estimativas preliminares das probabilidades dos respectivos estados de natureza fornecidos pelas probabilidades prévias.

Continuação do exemplo

- Realizar um levantamento sísmico detalhado do terreno para obter uma melhor estimativa da probabilidade de se encontrar petróleo. O custo do levantamento é de US\$ 30.000.

Continuação do exemplo

- As possíveis descobertas desse levantamento são:
 - SSD: Sondagens sísmicas desfavoráveis; a presença de petróleo é bastante improvável.
 - SSF: Sondagens sísmicas favoráveis; a presença de petróleo é bastante provável.
- Se **existir** petróleo, a probabilidade de sondagens sísmicas **desfavoráveis** é:
 - $P[\text{SSD} | \text{Estado} = \text{Petróleo}] = 0,4$
 - $P[\text{SSF} | \text{Estado} = \text{Petróleo}] = 1 - 0,4 = 0,6$
- Se **não existir** petróleo (estado verdadeiro da natureza é Seco), a probabilidade de sondagens sísmicas **desfavoráveis** é:
 - $P[\text{SSD} | \text{Estado} = \text{Seco}] = 0,8$
 - $P[\text{SSF} | \text{Estado} = \text{Seco}] = 1 - 0,8 = 0,2$

Teorema de Bayes

$$\begin{aligned} P[\text{Estado} = \text{estado } i | \text{Descoberta} = \text{descoberta } j] &= \\ &= \frac{P(\text{Descoberta} = j | \text{Estado} = i)P(\text{Estado} = i)}{\sum_{k=1}^n P(\text{Descoberta} = j | \text{Estado} = k)P(\text{Estado} = k)} \end{aligned} \quad (1)$$

Continuação do exemplo - Probabilidades posteriores

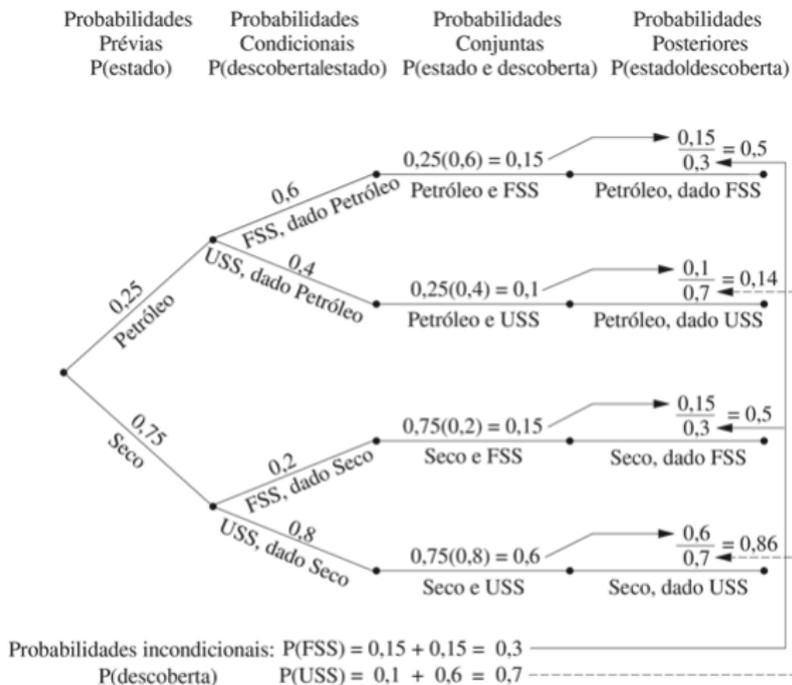
- $P(\text{Estado}=\text{Petróleo}|\text{Descoberta}=\text{SSD}) = \frac{0,4(0,25)}{0,4(0,25) + 0,8(0,75)} = \frac{1}{7}$
- $P(\text{Estado}=\text{Seco}|\text{Descoberta}=\text{SSD}) = 1 - \frac{1}{7} = \frac{6}{7}$
- $P(\text{Estado}=\text{Petróleo}|\text{Descoberta}=\text{SSF}) = \frac{0,6(0,25)}{0,6(0,25) + 0,2(0,75)} = \frac{1}{2}$
- $P(\text{Estado}=\text{Seco}|\text{Descoberta}=\text{SSF}) = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$

Continuação do exemplo

- O **diagrama de árvore de probabilidades** Figura (6) mostra uma forma elegante de organizar esses cálculos de maneira intuitiva.
- As probabilidades **prévias** na primeira coluna
- As probabilidades **condicionais** na segunda coluna.
- **Multiplicar** cada probabilidade na primeira coluna pela probabilidade na segunda coluna fornece a probabilidade conjunta correspondente na terceira coluna.
- Cada probabilidade conjunta se torna então o numerador no cálculo da probabilidade posterior correspondente na quarta coluna.
- **Acumular** as probabilidades conjuntas com a mesma descoberta (conforme ilustrado na parte inferior da figura) fornece o denominador para cada uma das probabilidades posteriores com essa descoberta.

Análise de Decisão

Tomada de decisão com experimentação



■ FIGURA 15.2 Diagrama de árvore de probabilidade para o problema completo da Goferbroke Co. mostra todas as probabilidades que conduzem ao cálculo de cada probabilidade posterior. Diagrama de árvore de probabilidade para o problema completo da Goferbroke Co. mostra todas as probabilidades que conduzem ao cálculo de cada probabilidade posterior do estado de natureza dada a descoberta do

Continuação do exemplo - Prêmios Esperados

- Prêmios esperados para descoberta desfavorável com as sondagens:
 - $E[\text{Prêmio(perfuração|Descoberta = SSD)}]=$
 $\frac{1}{7}(700) + \frac{6}{7}(-100) - 30 = -15,7$
 - $E[\text{Prêmio(venda|Descoberta = SSD)}]= \frac{1}{7}(90) + \frac{6}{7}(90) - 30 = 60$
- Prêmios esperados para descoberta vorável com as sondagens:
 - $E[\text{Prêmio(perfuração|Descoberta = SSF)}]=$
 $\frac{1}{2}(700) + \frac{1}{2}(-100) - 30 = 270$
 - $E[\text{Prêmio(venda|Descoberta = SSF)}]= \frac{1}{2}(90) + \frac{1}{2}(90) - 30 = 60$

Análise de Decisão

Tomada de decisão com experimentação

■ TABELA 15.5 A política ótima com experimentação, segundo a regra de decisão de Bayes, para o problema completo da Goferbroke Co.

Descoberta do levantamento sísmico	Alternativa ótima	Prêmio esperado excluindo o custo de levantamento	Prêmio esperado incluindo o custo de levantamento
USS	Vender o terreno	90	60
FSS	Perfurar para procurar petróleo	300	270

Figura 7: Política ótima com experimentação

Subseção 1

O valor da experimentação

O valor da experimentação

- Devemos determinar o **valor potencial** da realizar experimentação antes de a realizar.

Valor Esperado da Informação Perfeita

Valor esperado da informação perfeita

- Suponha (de maneira irrealista) que a experimentação eliminará **toda** a incerteza sobre qual seja o verdadeiro estado de natureza
- Calcule o incremento resultante no prêmio esperado (ignorando o custo da experimentação).
 - Atribua pesos ao prêmio máximo para cada estado de natureza pela probabilidade prévia daquele estado de natureza.
- Essa quantidade, chamada **valor esperado da informação perfeita**, fornece um **limite superior** do valor potencial do experimento.
- Se o limite superior for **menor** que o custo do experimento, este deve ser efetivamente descartado.

■ TABELA 15.6 Prêmio esperado com a informação perfeita para o problema completo da Goferbroke Co.

Alternativa	Estado de natureza	
	Petróleo	Seco
1. Perfurar para procurar petróleo	700	-100
2. Vender o terreno	90	90
Prêmio máximo	700	90
Probabilidade prévia	0,25	0,75

Prêmio esperado com informação perfeita = $0,25(700) + 0,75(90) = 242,5$

Figura 8: Prêmio esperado com a informação perfeita

Valor Esperado da Informação Perfeita (EVPI)

O valor esperado da informação perfeita (EVPI) é calculado como:

$EVPI = \text{prêmio esperado com informação perfeita} - \text{prêmio esperado sem experimentação}$.

Continuação do exemplo - EVPI

- A experimentação normalmente não é capaz de fornecer informações perfeitas: o EVPI fornece um limite superior do valor esperado da experimentação.
- Para o exemplo $EVPI = 242,5 - 100 = 142,5$.
 - 100 = prêmio esperado sem experimentação (segundo a regra de decisão de Bayes).
- Como $142,5 > 30$ (o custo da experimentação), pode valer a pena prosseguir com um levantamento sísmico.

Valor Esperado da Informação Experimental

Valor Esperado da Informação Experimental

Valor Esperado da Informação Experimental (ou Valor Esperado da Experimentação): Acréscimo esperado no prêmio em virtude da realização da experimentação (excluindo o custo do experimento).

O valor da experimentação

- Calcular o prêmio esperado com experimentação (excluindo o custo do experimento)
 - 1 Todas as probabilidades posteriores;
 - 2 Política ótima resultante com experimentação;
 - 3 Prêmio esperado correspondente (excluindo o custo do experimento) para cada uma das possíveis descobertas do experimento.
 - 4 Ponderar cada um desses prêmios esperados pela probabilidade da descoberta correspondente:
- Premio Esperado com experimentação =
$$\sum_j P(\text{Descoberta} = j)E[\text{Prêmio} | \text{Descoberta} = j],$$
em que o somatório é calculado com todos os valores possíveis de j .

Continuação do Exemplo: O valor da experimentação

- Já calculamos $P(SSD) = 0,7$ e $P(SSF) = 0,3$ na Figura (6).
- O prêmio esperado para cada política (Figura 7):
 $E(\text{Prêmio} | \text{Descoberta} = SSD) = 90$
 $E(\text{Prêmio} | \text{Descoberta} = SSF) = 300$
- Prêmio Esperado com experimentação = $0,7(90) + 0,3(300) = 153$
- O valor esperado da experimentação (EVE): EVE = prêmio esperado com experimentação - prêmio esperado sem experimentação
 $= 153 - 100 = 53$.
- Já que esse **valor excede 30**, o custo de realizar um **levantamento** sísmico detalhado (em unidades de milhares de dólares), essa experimentação deve ser **realizada**.

Seção 5

Árvores de Decisão

- Mostra visualmente o problema;
- Organiza o trabalho computacional (descrito anteriormente).
- Úteis quando deve ser feita uma sequência de decisões

Construindo a Árvore de Decisão

- O exemplo-protótipo envolve uma sequência de duas decisões:
 - 1 Devemos realizar um levantamento sísmico antes de ser tomada uma decisão?
 - 2 Que decisão (perfurar em busca de petróleo ou vender o terreno) deve ser escolhida?
- A árvore de decisão correspondente (antes de acrescentar números e realizar cálculos) é mostrada na Figura (9).
- Os pontos de junção na árvore de decisão são conhecidos como **nós** (ou forquilhas) e as linhas são chamadas **ramificações**.

Análise de Decisão

Arvores de Decisão

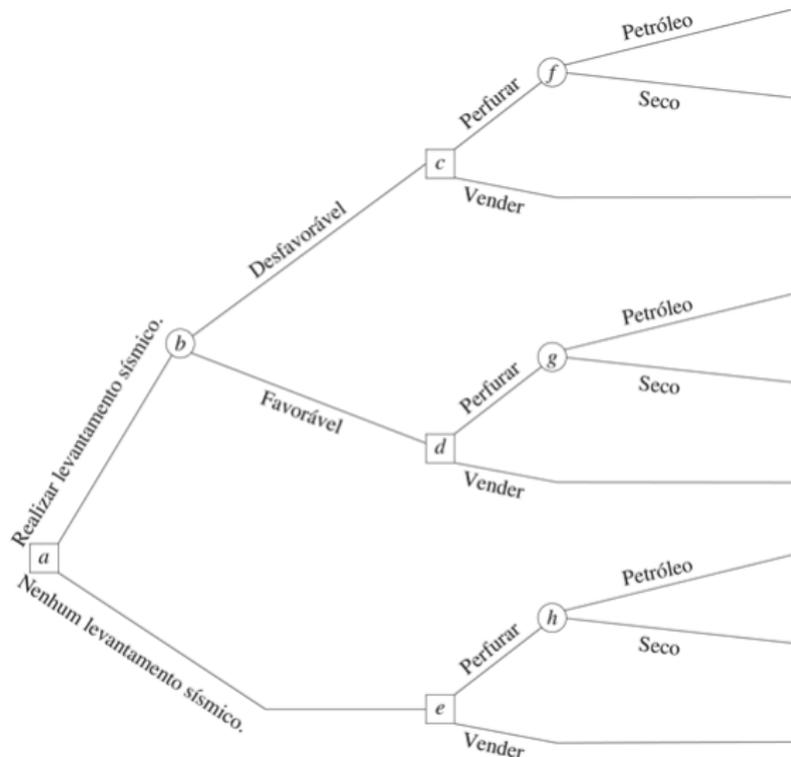


FIGURA 15.4

A árvore de decisão (antes de incluir qualquer número) para o problema com

Um **nó de decisão**, representado por um quadrado, indica que uma decisão precisa ser tomada naquele ponto do processo. Um **nó de evento** (ou nó-chance), representado por um círculo, indica que um evento aleatório ocorre naquele ponto.

- Os **números** abaixo ou acima das ramificações que não se encontram dentro de parênteses são os **fluxos de caixa** (em milhares de dólares) que ocorrem nessas ramificações (Figura 10).
 - Esses mesmos números são acrescentados para obter o prêmio total resultante em negrito à direita dessa ramificação.
- A partir do nó de evento h , temos que não foi conduzido nenhum levantamento sísmico
 - As probabilidades são as probabilidades **prévias**.
- Os nós de evento f e g levam a uma decisão de levantamento sísmico (e depois perfurar).
 - As probabilidades desses nós de evento são as **posteriores** dos estados de natureza, dada a descoberta do levantamento sísmico (Os números são dados nas Figuras (2) e (3)).

Análise de Decisão

Arvores de Decisão

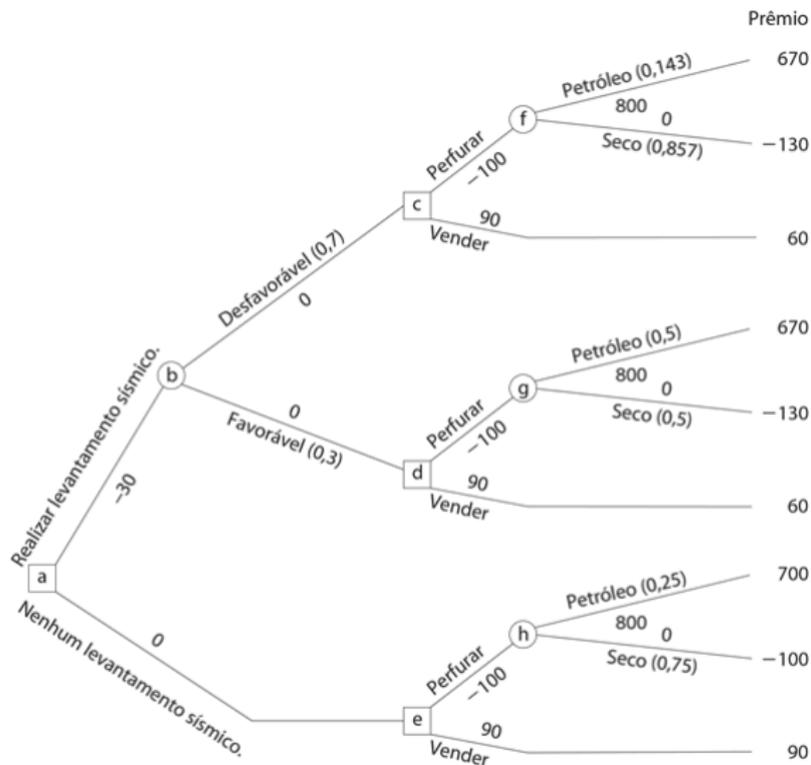


FIGURA 15.5 A árvore de decisão na Figura 15.4, após acrescentar tanto as probabilidades de

Realização da Análise

Etapas da Análise na Árvore de Decisão

- 1 **Comece no lado direito** da árvore de decisão e desloque-se para esquerda, uma coluna por vez. Para cada coluna, realize as etapas 2 (nó de evento) ou 3 (nó de decisão).
- 2 **Nó de evento:** calcule seu prêmio esperado multiplicando o prêmio esperado de cada ramificação (mostrado em **negrito** à direita da ramificação) pela probabilidade dessa ramificação e depois somando esses produtos. Registre esse prêmio esperado para cada nó próximo do nó e designe essa quantidade como também o prêmio esperado para a ramificação levando a esse nó.
- 3 Para cada **nó de decisão**, compare os prêmios esperados de suas ramificações e escolha a alternativa cuja ramificação tem o maior prêmio esperado. Insira um traço duplo como barreira na ramificação rejeitada.

Passo 2 (nós de evento)

- Para o nó f $EP = \frac{1}{7}(670) + \frac{6}{7}(-130) = -15,7$
- Para o nó g $EP = \frac{1}{2}(670) + \frac{1}{2}(-130) = 270$
- Para o nó h $EP = \frac{1}{4}(700) + \frac{3}{4}(-100) = 100$

Passo 3 (nós de decisão)

- Nó c
 - Perfurar: Prêmio Esperado (EP) = -15,7.
 - Vender: EP = 60.
 - $60 > -15,7$: escolha a alternativa Vender.
- Nó d
 - Perfurar: EP = 270.
 - Vender: EP = 60.
 - $270 > 60$: escolha a alternativa Perfurar.
- Nó e
 - Perfurar: EP = 100.
 - Vender: EP = 90.
 - $100 > 90$: escolha a alternativa Perfurar.

Passo 2 (nó de evento)

- Nó b
 - $EP = 0,7(60) + 0,3(270) = 123$

Passo 3 (nó de decisão)

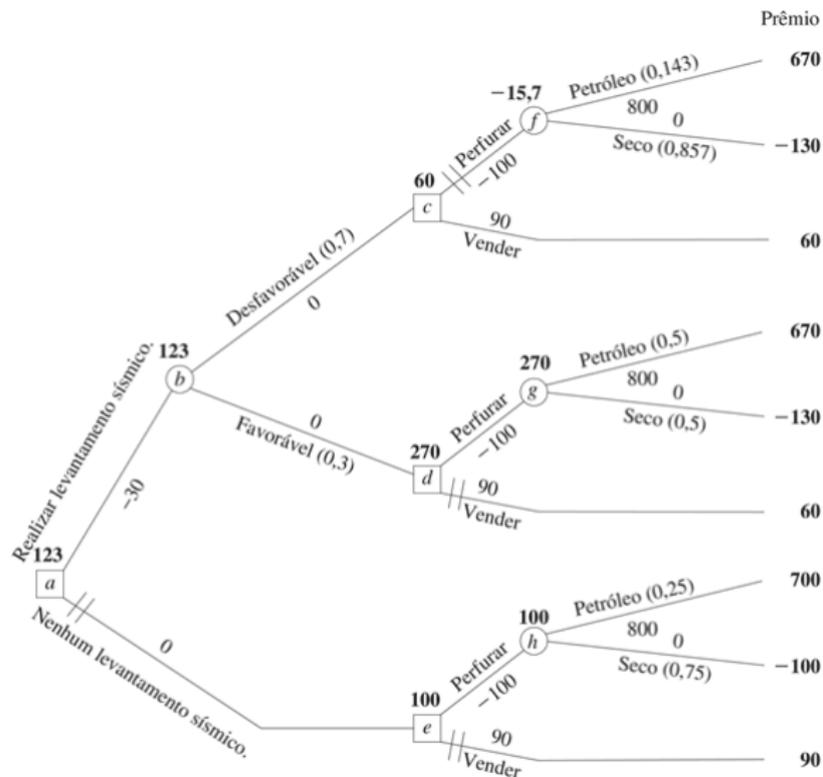
- Nó a
 - Realizar levantamento sísmico: $EP = 123$.
 - Nenhum levantamento sísmico: $EP = 100$.
 - $123 > 100$: escolha realizar levantamento sísmico

- O procedimento se deslocou da direita para a esquerda para fins de análise.
- Tendo completado a árvore de decisão, o tomador de decisão pode ler a árvore da esquerda para a direita para ver a progressão real dos eventos.
- Os traços duplos bloquearam os caminhos indesejados.
- A regra de decisão de Bayes diz para seguir apenas os caminhos abertos da esquerda para a direita para alcançar o maior prêmio esperado possível.

- Seguindo os caminhos abertos da esquerda para a direita na Figura (11) tempos política ótima:
 - Realizar um levantamento sísmico.
 - Se o resultado for desfavorável, vender o terreno.
 - Se o resultado for favorável, perfurar em busca de petróleo.
 - O prêmio esperado (incluindo o custo do levantamento sísmico) é 123 (US\$ 123.000).

Análise de Decisão

Árvores de Decisão



Obrigado!