4. MÉTODOS GERAIS PARA AVALIAR OS RECURSOS NATURAIS

A elaboração de métodos para avaliar economicamente os recursos naturais deve se sustentar, por um lado, na teoria econômica pertinente e, por outro, nas particularidades próprias de cada recurso natural. Como já visto no capítulo anterior, na teoria econômica encontram-se os critérios de utilidade, produtividade, escassez, tempo e outros condicionantes do valor e preço dos recursos naturais. Falta ainda considerar a natureza de cada recurso natural, bem como sua localização geográfica, seu estoque, transporte, tecnologia e outros condicionantes que também participam do valor e preço destes recursos.

Idealmente, o valor e preço dos recursos naturais deveria derivar-se de um modelo amplo, de equilíbrio geral, onde seria considerado todo o conjunto de elementos da economia, tais como as externalidades; no entanto, dada a complexidade desta alternativa, decidiu-se por uma outra menos complexa e visando suas possibilidades de utilização prática.

Num primeiro momento se apresentam os métodos gerais que, em maior ou menor escala, podem ser aplicados a todos os recursos naturais; em seguida, e no capítulo seguinte se apresentam os métodos que têm uma aplicação particular em cada um desses recursos.

4.1. A demanda derivada

Segundo esta proposta, a demanda dos recursos naturais depende ou está em função da demanda dos bens finais em que eles participam, sejam como fluxos ou como fundos de produção. [51] Conhecendo-se a função demanda do bem final e a participação dos recursos naturais na oferta do bem final, pode-se deduzir a demanda dos recursos naturais para cada nível do consumo e extração dos mesmos.

---

[51] Ver o item 3.4 deste documento para as referências teóricas sobre a “demanda derivada”.

Os passos para determinar o valor e o preço, usando esse método são:

1º) Estuda-se a natureza e utilidade do recurso natural em análise, especialmente na parte referente a todos os usos possíveis do mesmo. Um exemplo seria a extração e a transformação dos peixes. As possibilidades de seu consumo seriam:

Consumo Humano Direto:	
Consumo Humano Indireto:	- farinha de peixe para alimentos balanceados
	- conservas de pescado
	- óleo de pescado
	- secos - salgados

2º) Estima-se a equação da demanda para cada um destes itens, identificando as variáveis dependentes e independentes mais apropriadas e, por meio de métodos estatísticos mais significativos (cross section ou séries de tempo), estimam-se os parâmetros correspondentes. Por exemplo, numa situação *ceteris paribus,* em que permanecem fixos a renda, a população, tecnologia, tempo etc. e correlacionando somente P_q e Q, ter-se-ia:

$$P_q^d = f(Q)$$

3º) Similarmente, deve-se estimar a equação da oferta para cada um destes itens, seja pelo método dos custos médios ou dos requerimentos físicos, para cada nível de produção:

$$P_q^s = g(Q)$$

4º) Da etapa anterior obtém-se a curva de oferta para os outros componentes (L), além dos recursos naturais (T):

$$W^s = h[g(Q)]$$

5º) A curva da demanda derivada dos recursos naturais, por unidade do bem final, é obtida do seguinte modo:

$$R^d = P_q^d - W^s$$
$$R^d = f(Q) - h[g(Q)]$$

6º) Então, para cada nível de Q (bem final), deduz-se o R^d correspondente (disposição de pagar ou remuneração dos recursos naturais).

7º) Tão logo são definidos todos os Q_i possíveis, ter-se-á também todos os R_i^d correspondentes, e dado o princípio da fixação simultânea e a continuidade da disposição de pagar, o R^d deve tender a se igualar em todos seus usos possíveis, ao menos a médio e longo prazos.

8º) Finalmente, a somatória de todos os R_i^d seria a demanda agregada do recurso natural em análise, que confrontada com a oferta existente, daria o preço de equilíbrio deste recurso natural.

4.2. A renda capitalizada

Este método indica que o valor e o preço de um recurso natural qualquer é igual à somatória de todo o fluxo de rendas futuras, devidamente descontados ao valor presente. No caso de recurso não renovável, até seu esgotamento total, e no caso dos renováveis, desde que adequadamente explorados, ou seja, a perpetuidade.

A primeira referência implícita sobre este conceito encontra-se no "Capital" de Karl Marx, quando este assinala que a renda capitalizada do aluguel pago pelo uso de uma queda d'água com os juros médios do mercado aparece como o valor-capital deste recurso (Vol. III, T 2, p. 146). Igualmente, Marshall, já de forma explícita (1890), indica que o valor atual de um terreno agrícola deve ser igual à somatória de todos os pagamentos do arrendamento futuro desse terreno, devidamente descontados ao valor presente (Vol. II, p. 103). Hoje em dia, o método continua válido e é aceito, mais ainda pelas constatações empíricas correspondentes (Falk, 1991).

O método em sua versão mais simples estabelece que o valor de um recurso natural qualquer (V_0) é igual à somatória de todas as rendas ou retornos futuros (R_t) que a extração do recurso tem condições de fornecer, devidamente descontados ao valor presente, por uma taxa apropriada [52]:

$$V_0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{R_t}{(1+r)^t}$$

A renda (R_t) pode ser entendida como "renda residual", como "royalties" ou como "aluguel líquido". O conceito de renda como resíduo vem desde Smith (1776), quando este afirma que a renda da terra é igual ao benefício bruto da exploração agrícola, menos a remuneração dos fatores capital e trabalho (Vol. I, p. 151). De igual forma isto é assumido por contemporâneos, como Strauss (1969), Reinsel-Reinsel (1979) e outros. Por exemplo, Strauss apresenta a seguinte fórmula (1969, p. 8):

Se $Q_j P_j = A_{ij} P_i + M_j W + N_j R + C_j (\rho + d)$

onde:

Q_j = quantidade produzida de um bem qualquer (que utiliza o recurso natural j)

P_j = custo médio de produção, dos elementos Q_j

A_{ij} = insumos vários

P_i = preço unitário dos insumos i (*)

M_j = mão-de-obra

W = salário (*)

N_j = quantidade do recurso natural

R = renda unitária ou remuneração do recurso natural (*)

C_j = capital

ρ = taxa interna de retorno (*)

d = taxa de depreciação do capital (*)

(*) *todos estes preços, segundo seu valor de oportunidade.*

---

[52] A respeito da taxa, diz Irving Fisher (1930, p. 26): "... (1) capital-valor é renda capitalizada ou descontada. - (2) se a taxa de juros cai, o valor-capital (valor capitalizado da renda esperada) sobe e vice-versa..."

Então: $$R = \frac{Q_j P_j}{N_j} - \left[\frac{A_{ij} P_i}{N_j} + \frac{M_j W}{N_j} + \frac{C_j(\rho + d)}{N_j} \right]$$

No entanto, existem críticos da “renda residual”, como Alston (1986), que afirma que o método contabiliza indevidamente os ganhos de um empreendimento em favor da renda do recurso natural, quando ele deveria corresponder com mais propriedade ao autor do empreendimento; igualmente, cita Alston, como no período 1940-1960, em que a renda residual foi negativa na lavoura dos E.U.A.; no entanto, ninguém chegaria a afirmar que, nesse período, estas terras não tinham valor nenhum. Uma saída para estas críticas seria assumir que a terra é o único fator fixo na produção.

A renda formada como a somatória dos “royalties”, ou “regalias” a cobrar pelo uso dos recursos naturais, particularmente dos não renováveis ou exauríveis, tem seu melhor exemplo no trabalho de Boskin e outros (1985), para a mineração, petróleo e gás dos E.U.A.

$$V_{1981} = PVR_p + PVR_u + PVB$$

$$PVR_p = \sum_k P_k (r.q)$$

$$PVR_U = \sum_k P_k (r.q)$$

onde:

V = valor presente dos direitos a cobrar, pela exploração dos recursos naturais

PVR_p = valor presente dos direitos de cobrar pelas reservas provadas

PVR_u = valor presente dos direitos de cobrar pelas reservas possíveis

PVB = valor presente dos direitos de cobrar pelos alvarás respectivos

P_k = preço do mineral bruto, previsto no mercado

r = taxa do royalty, que varia entre 12,5% e 16,67%, segundo as condições de acessibilidade

q = montante do recurso natural a se extrair

Segundo Davidson (1963, p. 90-1), os royalties usualmente são fixados antes que se dê início à exploração, e para a mineração geralmente ele atinge os 12,5% da receita bruta anual.

Este método é criticado por Farzin (1990), que considera grandemente exageradas as estimações feitas por Boskin.

Sobre a renda como “aluguel líquido”, o método consiste em utilizar os montantes fixados nos contratos de aluguel da terra ou de um recurso natural qualquer (bosques, jazidas minerais, fontes de água, pastos naturais etc.) e assumir que ele continuará indefinidamente no futuro. Por exemplo, Alston (1986) aplicou o modelo econométrico mostrado a seguir, para a agricultura, nos E.U.A., no período 1963-1982, com resultados significativos (R^2 = 0,95):

$$V_t = \int_0^{\infty} B^*_{t+n}.e^{-\rho.n}dn$$

onde:

V_t = preço da terra no tempo t

B^*_{t+n} = benefício esperado líquido (aluguel) da propriedade da terra no tempo t + n (n períodos no futuro)

ρ = taxa de desconto (custo de oportunidade da propriedade da terra)

$$B^* = \begin{matrix}\text{renda de}\\ \text{aluguel bruto}\end{matrix} - \left[\begin{matrix}\text{custo de}\\ \text{manutenção}\end{matrix} + \text{depreciação} + \begin{matrix}\text{impostos (propriedade,}\\ \text{renda, ganhos de capital)}\end{matrix}\right]$$

Sobre a taxa de desconto, existem posições no sentido que ela deveria ser a “taxa de juros do mercado” r, ou a “taxa social de preferência intertemporal” ρ [53] e ainda a “taxa de capitalização” k (Harris, 1979); esta última seria uma média ponderada

[53] Para informações adicionais sobre as referidas taxas, ver rodapé 42,

entre as taxas cobradas nos empréstimos comprometidos e as taxas do rendimento interno do próprio capital comprometido. O mais freqüente é usar a "taxa de juros do mercado", para empréstimos (taxa ativa).

As previsões do comportamento de R_t e r ao longo do tempo dependem, por sua vez, do comportamento das outras variáveis onde eles se originam. A análise do comportamento destas outras variáveis exige a construção de um fluxo de caixa, em que se deve observar alguns critérios:

1º) Assume-se que os preços finais dos bens em que participam os recursos naturais (como ofertante ou demandante) permanecem constantes ao longo do tempo, [54] salvo se existirem evidências de significativas mudanças na oferta e na procura de alguns bens; em tal caso, ter-se-ia que estimar os novos preços resultantes.

2º) Sobre a quantidade extraída, devem ser consideradas as particularidades do recurso, como seu estoque atual, o tempo de vida provável (no caso dos não-renováveis) ou o período de regeneração e a taxa de extração apropriada (no caso dos renováveis) e a própria natureza do recurso. Por exemplo, Irving Fisher (1930, p. 85-8) pressupõe que um mesmo terreno pode se dedicar à agricultura, ao reflorestamento ou à mineração, e o volume do produto a ser obtido, nestes casos, pode ser constante ao longo do tempo, no caso da agricultura, crescente, no caso do reflorestamento, e decrescente para a mineração.

3º) As apurações de receitas e despesas geralmente são feitas ano a ano, porém é possível considerar maiores ou menores períodos de tempo em função da natureza do recurso. No período definido, apuram-se os lucros normais e os impostos e taxas correspondentes, registrando-se estes dois últimos como saídas nas datas efetivas de pagamento. A diferença receita - despesa dá o lucro líquido anual, que passa a ser descontado ao valor presente.

4º) Sobre a taxa de desconto, r, existem posições no sentido que ela é decrescente ao longo do tempo (Fisher, 1930, p. 301-7), que é constante (Burt, 1986, p. 12) ou que varia proporcionalmente aos ciclos econômicos (Tanzi, 1980, p. 16-20); quer dizer, neste último caso, crescente em épocas de expansão e decrescente nas épocas de recessão. O aconselhável seria assumir uma taxa constante ao longo do tempo, salvo evidência contrária.

---

[54] Este pressuposto se fundamenta nas três referências de Keynes (1937), no sentido de que o presente é um bom guia para o futuro, que o presente é um resumo apropriado do futuro e que o juízo convencional do mercado pesa mais que o juízo individual (1937, p. 212-4).

No caso em que R_t e r forem constantes ao longo do tempo, num horizonte quase perpétuo ou perpétuo, a fórmula inicial será grandemente simplificada como se segue:

$$V_0 = \frac{R}{r}$$ [55]

4.3. O custo de uso

Baseando-se nos conceitos citados anteriormente sobre este assunto, tanto no Capítulo 1 como no Capítulo 3, pode-se fazer esta síntese: é de se supor que em todo processo de produção que envolve a exploração dos recursos naturais o(s) produtor(es)

---

55 A este resultado pode-se chegar por meio da progressão geométrica ou das integrais. No primeiro caso (Renne, 1947, p. 222), tem-se:

$$V_0 = \frac{R_1}{(1+r)} + \frac{R_2}{(1+r)^2} - \ldots \frac{R_n}{(1+r)^t}$$ em que R_t e r são constantes ao longo do tempo

$$\frac{V_0}{(1+r)} = \frac{R_1}{(1+r)^2} + \frac{R_2}{(1+r)^3}\Lambda + \frac{R_n}{(1+r)^{t+1}}$$ Ao multiplicar tudo por $\frac{1}{(1-r)}$

$$V_0 - \frac{V_0}{(1+r)} = \frac{R_1}{(1+r)} - \frac{R_n}{(1+r)^{t+1}}$$ Ao subtrair esta última, da primeira

$$V_0\left(1 - \frac{1}{1+r}\right) = \frac{R_1}{(1+r)} - \frac{R_n}{(1+r)^{t+1}}$$ Simplificando a primeira parte da equação

$$V_0 = \frac{\frac{R}{(1+r)} - \frac{R}{(1+r)^{t+1}}}{1 - \frac{1}{(1+r)}}$$ Quando $t \to \infty$, então $(1+r)^{t+1} \to \infty$ e $R/\infty = 0$

$$V_0 = \frac{\frac{R}{(1+r)}}{1 - \frac{1}{(1+r)}} \to V_0 = \frac{R}{r}$$

Utilizando-se as integrais (Chiang, 1967, p. 424), chega-se ao mesmo resultado.

$$V_0 = \int_0^\infty R.e^{-r.t}dt = \lim_{y\to\infty}\int_0^y R.e^{-r.t}dt = R.\int_0^y e^{-r.t}dt = \left.\frac{-R.e^{-r.t}}{r}\right|_0^y =$$

$$= \frac{-R}{r}.\left[e^{-r.y} - e^{-r.0}\right] = \frac{-R}{r}.\left[e^{-r.y} - 1\right] = \frac{-R.e^{-r.y}}{r} + \frac{R}{r} = \frac{R}{r}.(1 - e^{-r.y})$$

Porém, se $y \to \infty$, o valor de e diminui até anular-se e, então: (1 - 0) = 1, logo:

$$V_0 = \int_0^\infty R.e^{-r.t} = \frac{R}{r}$$

ou o(s) empreendedor(es) sempre está(ão) se esforçando por maximizar ao longo do tempo, conforme a seguinte expressão:

$$\text{Max.}\Pi = \int_0^\infty \left[P.Q - C(Q,X)\right].e^{-r.t}dt$$

Sujeito a dX/dt = g(X) - f(Q,X)

Aplicando a teoria do controle ótimo (Hamiltoniano), determinam-se estas relações:

$$J = \left\{\left[PQ - C\left(Q,X\right)\right] + \lambda\left[g(X) - f(Q,X)\right]\right\}e^{-rt}$$

onde:

Π = valor presente descontado dos lucros líquidos

P = preço de venda (mercado)

Q = quantidade extraída de recursos (e vendida)

C = custo de produção

X = tamanho da reserva natural (ou biomassa)

J = multiplicador de Hamilton

λ = custo de uso marginal ou preço sombra do recurso no campo

g(•) = taxa de crescimento ou de ampliação da reserva X

f(•) = taxa de esgotamento ou extração dos recursos

r = taxa de desconto ou atualização

Como conseqüência, surgem as questões de como definir as funções de demanda e de custos para o futuro, bem como reconhecer as leis de regeneração natural das espécies ou os programas de expansão de reservas dos não renováveis e igualmente a programação prevista de extração dos recursos.

Conhecendo todas estas funções e baseando-se nas técnicas de otimização com restrições, poder-se-ia definir os valores ótimos de cada uma destas variáveis, como os preços, quantidades e o custo de uso marginal.

Embora o método seja válido para recursos renováveis e não renováveis, só se encontraram aplicações teóricas e empíricas para estes últimos [56].

Kay & Mirrlees (1975, p. 159-163) estimam hipoteticamente o valor do custo de uso marginal, assumindo um cenário de economia concorrencial, com uma estrutura de demanda e custos constantes ao longo do tempo:

Se $\mathrm{P_t} = \mathrm{C}' + \lambda.\mathrm{e}^{\mathrm{r.t}}$ e $\mathrm{P_t} = \mathrm{Q_t}^{-1/\varepsilon}$

onde:

C' = Custo marginal constante e igual a 1

ε = Elasticidade-preço da demanda, constante

R = Volume total da reserva

Logo:

$$Q_t = \left(1 + \lambda.e^{rt}\right)^{-\varepsilon}$$

$$R = \int Q_t dt = \int_0^{\infty} \frac{dt}{(1 + \lambda.e^{rt})^{\varepsilon}}$$

No caso em que ε = 1:

$$\mathrm{R} = \int_0^{\infty} \frac{\mathrm{dt}}{1 + \lambda.\mathrm{e}^{\mathrm{r.t}}} = \frac{1}{\mathrm{r}} \cdot \log \frac{1 + \lambda}{\lambda} \quad \text{e} \quad \lambda = \frac{1}{\mathrm{e}^{\mathrm{r.R}} - 1}$$

[56] Nas três aplicações seguintes procurar-se-á utilizar a mesma simbologia apresentada, assinalando-se os casos em que isto não seja possível.

No caso em que ε = ½:

$$R = \int_0^{\infty} \frac{dt}{\sqrt{1+\lambda.e^{r.t}}} = \frac{2}{r} \cdot \log \frac{1+\sqrt{1+\lambda}}{\sqrt{\lambda}} \qquad \text{e} \qquad \lambda = \frac{4.e^{r.R}}{(e^{r.R}-1)^2}$$

Representando em uma tabela estas relações para r.R, ● e ♏, tem-se:

	λ	
r.R	ε = 1	ε = ½
1	0,58	3,68
2	0,16	0,72
4	0,02	0,08
6	0,00	0,01

Da tabela acima deduz-se que quando r.R ≥ 6 o custo de uso marginal desaparece, ou é mínimo, especialmente no caso da maior elasticidade. Igualmente, se a taxa de juros fosse de 5%, então para toda reserva maior de 120 anos não existiria valor nenhum como custo de uso marginal; no entanto, quanto maior a taxa de juros e menor o montante da reserva crítica, maior será o custo de uso marginal correspondente e vice-versa.

Como conclusão de todo o exposto, Kay e Mirrlees afirmam que para todos os recursos não renováveis, cuja reserva exceda os 100 anos de consumo corrente, não existe o perigo de superexploração e esgotamento, nem de encarecimento correspondente. Isto porque, nesse período, o custo de uso marginal de tais recursos terá sido baixo ou insignificante. Assim, eles rejeitam as afirmações de Meadows (1972) e do "Clube de Roma" sobre o perigo de exaustão dos recursos não renováveis.

O primeiro esforço, empreendido para calcular empiricamente o custo de uso corresponderia a Stollery (1983), que apresenta estas estimativas para o níquel canadense, e que é explorado de forma monopolizada. Ele parte desta relação:

$$\text{Maximizar } \Pi = \int_0^{T} \left[P.Q - C(Q,g,X)\right].e^{-r.t}dt$$

sujeito a $X = \sum_{1}^{t} Q$

onde:

g = qualidade do mineral (em graus de conteúdo fino do material)

X = extração acumulada até o período t

Encontrando-se os valores extremos, tem-se:

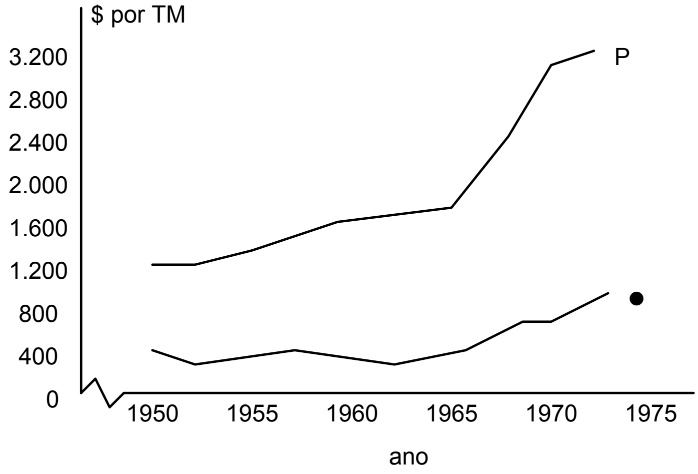
$$\frac{\partial J}{\partial Q} = \frac{\partial PQ}{\partial Q} - \frac{\partial C(Q,g,X)}{\partial Q} - \lambda$$

onde λ é o preço sombra ou custo de uso marginal do mineral — $\lambda = RM_g - CM_g$.

Desde que nesta indústria os custos médios sejam constantes, tem-se, então, $CM_e = CM_g$ (custos médios iguais aos custos marginais); no caso de se ter a receita marginal como: $RM_g = P.(1+\frac{1}{\eta})$, onde η é a elasticidade preço e $CM_e = \frac{WL + P_k.K}{Q}$, onde W é salário, L é a mão-de-obra, P_k, remuneração do capital e K, capital, segue que:

$\lambda = P.\left(1+\frac{1}{\eta}\right) - \frac{WL+P_k.K}{Q}$. Stollery apresenta esta relação como aparece no Gráfico 19, a seguir:

Gráfico 19: O preço e o custo de uso marginal do níquel, segundo Stollery



Quer dizer, tanto o preço como o custo de uso marginal seriam crescentes ao longo do tempo, proporcionalmente ao maior esgotamento das reservas.

Similarmente, Mueller (1985) também apresenta suas estimativas do custo de uso, porém o faz para o petróleo de Oklahoma, EUA. Ele parte da seguinte relação:

$$Max.\Pi = \int_0^\infty \left[P.Q - C(Q,R) - D(E,F) \right].e^{-r.t} dt$$

sujeito a estas restrições:

$$\dot{R} = -Q + H(E,F)$$
$$\dot{F} = E$$

onde:

R = reserva provada de petróleo

D = custo de desenvolvimento (ou avaliação) de reservas

E = esforço desenvolvido na perfuração dos poços (em pés)

F = esforço acumulado até o período t

$\dot{R} = \frac{dR}{dt}$ $\dot{F} = \frac{dF}{dt}$

H = adição bruta às reservas

e

$$J = \left\{ P.Q - C(Q,R) - D(E,F) + \theta.\left[-Q + H(E,F)\right] + \varphi(E) \right\}.e^{-rt}$$

onde:

θ = custo de uso marginal ou renda de escassez ou valor sombra do petróleo no campo (US$ / barril)

φ = valor da informação deduzido da perfuração de poços (US$ / pe)

Determinando os valores extremos:

$$\frac{\partial J}{\partial Q} = P - \frac{\partial C}{\partial Q} - \theta \text{, ou } P = \frac{\partial C}{\partial Q} + \theta$$

$$\frac{\partial J}{\partial E} = -\frac{\partial D}{\partial E} + \frac{\theta . \partial H}{\partial E} + \varphi \text{, ou } \frac{\partial D}{\partial E} = \frac{\theta . \partial H}{\partial E} + \varphi$$

O custo de uso marginal pode ser obtido tanto da primeira equação (quando θ = P - C'), como na segunda (quando θ = CMg/PMg).

Da segunda equação, se deduz:

$$\theta = \frac{\partial D / \partial E - \varphi}{\partial H / \partial E} = \frac{\text{Custo Marginal do Desenvolvimento} - \text{Valor Sombra do Esforco e Informacao}}{\text{Produto Marginal do Desenvolvimento}}$$

O custo de uso marginal θ é o custo de adicionar ou substituir um barril de petróleo, ajustado pelo valor das informações obtidas dos poços já perfurados.

Com base em uma amostra de poços petrolíferos estratificada em cinco níveis, de acordo com seus diferentes graus de profundidade, Mueller determina o valor destas variáveis, por regressão de mínimos quadrados (OLS), para o período 1969-1978, e assim ele estima θ_i para cada nível. O maior θ_i em cada ano, e para todos os níveis de profundidade, seria o custo de uso marginal ou a renda de escassez do conjunto. Na tabela a seguir apresentam-se estes resultados.

Tabela 3: Preço e custo de uso do petróleo em Oklahoma

(US$ / barril do ano base 1974)

Ano	Preço Real	Custo de Uso Marginal	$\frac{\text{Custo de Uso Marginal}}{\text{Preco Real}}$
1969	4,20	2,36	0,56
1970	4,05	2,28	0,56
1971	4,14	2,09	0,50
1972	4,02	2,31	0,57
1973	4,20	3,43	0,82
1974	7,18	3,33	0,46
1975	7,81	4,81	0,62
1976	7,96	6,02	0,76
1977	8,12	7,05	0,87
1978	8,27	10,56	1,28

Fonte: Elaborado com base em Mueller, Op. Cit., p. 718, Tabela 3.

Desta tabela deduz-se como o custo de uso marginal tem uma participação elevada e crescente no preço real, que também é crescente; isto é sinal de que gradualmente a economia exige a exploração de poços de maiores custos e/ou de menor produtividade. Sobre o elevado valor do custo de uso marginal em 1978, Mueller tem esta explicação: "... desde que a renda da escassez deve refletir expectativas em relação aos preços futuros, o θ (1978) pode mostrar o otimismo relacionado com a falta de controle da produção adicional..." (tradução pessoal).

Em conclusão, seria possível afirmar-se, diante das deduções teóricas de Kay & Mirrlees, que assumindo uma estrutura de demanda e custos constantes ao longo do tempo, o custo de uso marginal apresenta valores insignificantes e até desprezíveis, quando as reservas sobrepassam somas para mais de 120 anos; Stollery e Mueller mostram, com dados históricos, que o custo de uso marginal é elevado e crescente ao longo do tempo como sinal da maior procura e escassez das aludidas reservas.

4.4. Os custos diferenciais ou renda ricardiana

Este conceito se sustenta nos trabalhos de economistas como Ricardo e outros, como já assinalado neste documento (ver Capítulos 2 e 3).

Em resumo, poder-se-ia indicar que pelo fato de existirem diferenças na produtividade e nos custos de produção entre unidades produtivas distintas de um mesmo bem, seja por desigualdades de fertilidade e/ou localização, e como o preço do mercado é o mesmo para todos esses bens (já que a unidade produtiva marginal, que é a de maiores custos, determina o preço para o conjunto de produtores), surgem diferenças entre os preços de venda e os custos de produção de cada uma das unidades produtoras. Disto deduz-se que as unidades de menores custos médios auferirão ganhos extraordinários, que passam a ser uma fonte de capitalização ou de valorização dos recursos naturais que são responsáveis por estes ganhos.

Torna-se possível chegar ao "valor" da renda capitalizada de cada uma das unidades produtivas, que exploram um determinado recurso natural, inventariando-se todas as unidades que operam num mercado determinado, até identificar a unidade marginal cuja oferta permite preencher a demanda total deste mercado e cujo custo médio sinalizaria o preço único nesse mercado. Na Tabela 4 simula-se o processo ora sintetizado, incluindo a determinação da renda diferencial e o valor correspondente por este conceito, derivado do valor atual destes fluxos futuros.

Tabela 4: Processo simulado da geração da renda diferencial e o valor dos recursos naturais

Unidade Produtiva		Custo Médio de Produção	Preço de Venda	Renda Diferencial	Valor Π RR.NN.
unidades de custos menores	A	CMe_A	$CMe_A + 4.\Delta$	$4.\Delta$	$\int 4.\Delta.e^{-r.t}dt$
	B	$CMe_A + \Delta$	$CMe_A + 4.\Delta$	$3.\Delta$	$\int 3.\Delta.e^{-r.t}dt$
	C	$CMe_A + 2\Delta$	$CMe_A + 4.\Delta$	$2.\Delta$	$\int 2.\Delta.e^{-r.t}dt$
unidades de custos maiores	D	$CMe_A + 3\Delta$	$CMe_A + 4.\Delta$	$1.\Delta$	$\int 1.\Delta.e^{-r.t}dt$

unidade marginal ⇒	E	$CMe_A + 4\Delta$	$CMe_A + 4.\Delta$	-	-

A somatória dos fluxos futuros da renda diferencial se daria até o infinito, no caso de um recurso natural renovável e adequadamente explorado, e até o período T de esgotamento total da reserva, no caso de um recurso não renovável.

Uma experiência empírica de mensuração da renda ricardiana de um recurso não renovável foi efetuada por Mueller (1985), no trabalho já citado sobre o petróleo de Oklahoma. Nesse caso, Mueller identifica o custo de uso para cada um dos cinco níveis de petróleo, de acordo com a maior profundidade destes poços. Ele considera que este custo de uso está em relação direta ao custo marginal de desenvolvimento e em relação inversa à produtividade marginal destes poços. Igualmente, considera que a renda ricardiana é igual à diferença entre o custo de uso para todo o conjunto do petróleo de Oklahoma e o custo de uso particular de cada nível dos poços, quer dizer:

$$MRR_{it} = \bar{\theta}_t - \theta_{it}$$

onde:

MRR_{it} = Renda marginal ricardiana, no período t e no nível i

$\bar{\theta}_t$ = Custo de uso marginal do petróleo em Oklahoma no período t (é o maior entre os correspondentes aos cinco níveis)

θ_{it} = Custo de uso para cada nível de profundidade e para cada período t

O valor deste recurso natural e para cada poço seria a somatória de todos os seus MRR identificados ao longo do tempo.

Moncur e Pollock (1988) aplicam o conceito de renda ricardiana para um recurso renovável, como a água potável de Honolulu, num caso em que consideram que o aumento da procura por este recurso ao longo do tempo deva obrigar o uso de água salgada, de maior custo de tratamento. Em seu modelo de análise, os referidos autores consideram estas pressuposições:

1º) Num primeiro período OT, explora-se o recurso de qualidade Q_1 e custos constantes C_1 (reta C_1, ∞', no Gráfico 20).

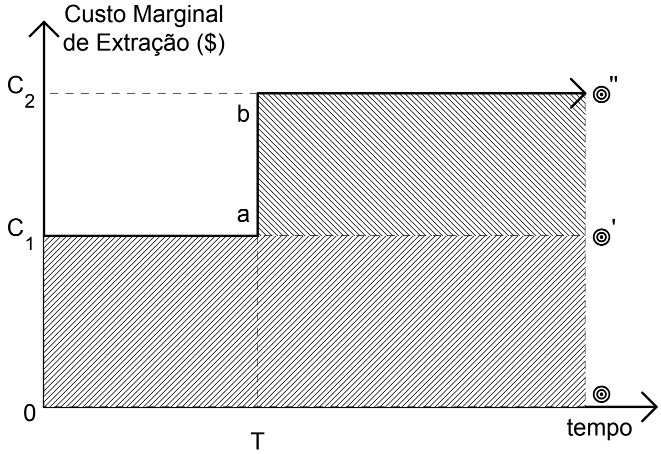
2º) Num segundo momento, quando a demanda aumenta, passar-se-ia a explorar outra reserva de qualidade inferior Q_2 e o custo maior C_2 (reta b∞", no Gráfico 20).

3º) Quanto mais se retarda a passagem de Q_1 a Q_2, mais se retardam os efeitos dos custos mais elevados.

4º) Todo aumento, hoje, do consumo do recurso de qualidade Q_1 , significa maiores custos futuros.

Segue-se que o valor deste recurso será igual às diferenças atualizadas nos custos, considerando os cenários previsíveis (C_1 + C_2) e o cenário atual (C_1) (Desaigues e Point, 1990a, p. 305-7).

Gráfico 20: A renda ricardiana no tempo



Este raciocínio pode ser explicado pelo Gráfico 20, onde o valor do recurso água, considerando um horizonte de tempo indefinido, seria igual à diferença entre a área dos custos previstos e a área dos custos atuais.

Custos Previsíveis =	Área C_1 a b ∞'' ∞ 0
Custos Atuais =	Área C_1 ∞' ∞ 0
Valor do Recurso =	Área b ∞'' ∞' a

Matematicamente, isto também pode ser expresso da seguinte forma:

$$\text{Custos Previsíveis} = \int_{t=0}^{T} C_1 . e^{-r.t} dt + \int_{t=T}^{\infty} C_2 . e^{-r.t} dt$$

$$\text{Custos Atuais} = \int_{t=0}^{\infty} C_1 . e^{-r.t} dt$$

$$\text{Valor do recurso água} = VA_0 = \int_{t=0}^{T} C_1 . e^{-r.t} dt + \int_{t=T}^{\infty} C_2 . e^{-r.t} dt - \int_{t=0}^{\infty} C_1 . e^{-r.t} dt$$

$$VA_0 = \frac{C_2 - C_1}{r . e^{r.T}}$$ [57]

[57] Efetuando-se a integração assinalada, com ajuda das técnicas correspondentes (A. Chiang, 1967, 4a e 5a. partes), chega-se a esse resultado.

Em $\int_{t=0}^{T} C_1 . e^{-r.t} dt = \frac{C_1}{r} . \left(1 - e^{-r.t}\right)$

Em $\int_{t=T}^{\infty} C_2 . e^{-r.t} dt = -\frac{C_2}{r} . \left(e^{-r.\infty} - e^{-r.T}\right)$. Se $e^{-r.\infty} \to 0 \therefore -\frac{C_2}{r} . \left(0 - e^{-r.T}\right) = \frac{C_2 . e^{-r.T}}{r}$

Em $\int_{t=0}^{\infty} C_1 . e^{-r.t} dt = -\frac{C_1}{r}$

Ao longo do tempo, este valor deve fazer jus a uma remuneração, que seria o valor ou preço de venda do recurso em cada período.

$$\text{Preço} = \frac{dVA_0}{dt} = \frac{C_2 - C_1}{e^{r.T}}$$ [58]

Logo:

$$VA_0 = \frac{C_1}{r}.\left(1 - e^{-r.t}\right) + \frac{C_2}{r}.e^{-r.T} - \frac{C_1}{r} = \frac{C_1}{r} - \frac{C_1}{r}.e^{-r.T} + \frac{C_2}{r}.e^{-r.T} - \frac{C_1}{r} = -\frac{C_1}{r.e^{r.T}} + \frac{C_2}{r.e^{r.T}}$$

$$VA_0 = \frac{C_2 - C_1}{r.e^{r.T}}$$

[58] Esta derivação é semelhante ao conceito de investimento e formação de capital (A. Chiang, 1967, 13,5), no sentido de que o capital seria o recurso natural e o investimento seu preço. Igualmente, ele se assemelha a $\lambda_0 = \frac{PRS - C'}{(1+r)^T}$, revisado no item 3.5.