

CAPÍTULO 2

A ECONOMIA E O AMBIENTE

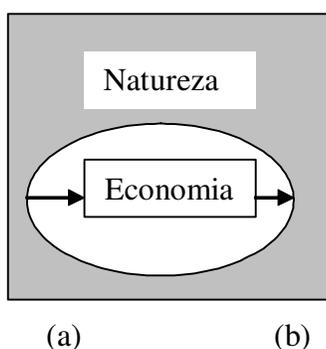
1. Introdução

Neste capítulo apresentamos a estrutura conceitual usada na economia para abordar problemas ambientais. Inicialmente examinando as relações entre as ações humanas, como manifestadas através do sistema econômico, e o ambiente como conseqüências destas ações. A partir daí, podemos estabelecer critérios para julgar quão desejáveis são os resultados destas relações. Esses critérios oferecem a base para identificar a natureza e a gravidade dos problemas ambientais, e a fundação para elaboração efetiva de políticas para tratar de tais problemas.

2. Relação Homem-Natureza

Em qualquer sistema econômico, as funções elementares de produção, distribuição, e consumo ocorrem dentro do mundo natural. O mundo natural oferece a matéria-prima e a energia, sem as quais a produção e consumo seriam impossíveis. Portanto, um tipo de impacto que um sistema econômico tem sobre a natureza é pela retirada de matéria-prima para manter o sistema funcionando.

As atividades de produção e consumo produzem produtos residuais, chamados "resíduos", e que cedo ou tarde devem encontrar seu caminho de volta à natureza. Dependendo de como eles vão ser manejados, os resíduos podem levar à poluição ou à degradação do ambiente natural.



Matéria prima fluindo para
produção e consumo

Impacto da economia na
qualidade do ambiente natural

Figura 1.

O estudo da natureza e seu papel como fornecedor de matéria prima é chamado de *economia dos recursos naturais*.

O estudo do fluxo de resíduos e seus impactos resultantes na natureza é chamado de *economia ambiental*.

Embora o controle de poluição seja o tópico mais importante dentro da economia ambiental, os impactos resultantes das atividades humanas podem estar relacionados, por exemplo, com a destruição de habitats naturais e degradação de paisagens.

3. Ambiente e os Bens

Na economia, o ambiente é visto como um bem composto que oferece uma variedade de serviços: o sistema de suporte à vida o qual mantém nossa existência. Como qualquer outro bem, deve-se prevenir indesejável depreciação de valor deste bem de tal forma que continue a oferecer serviços estéticos e sustentadores da vida.

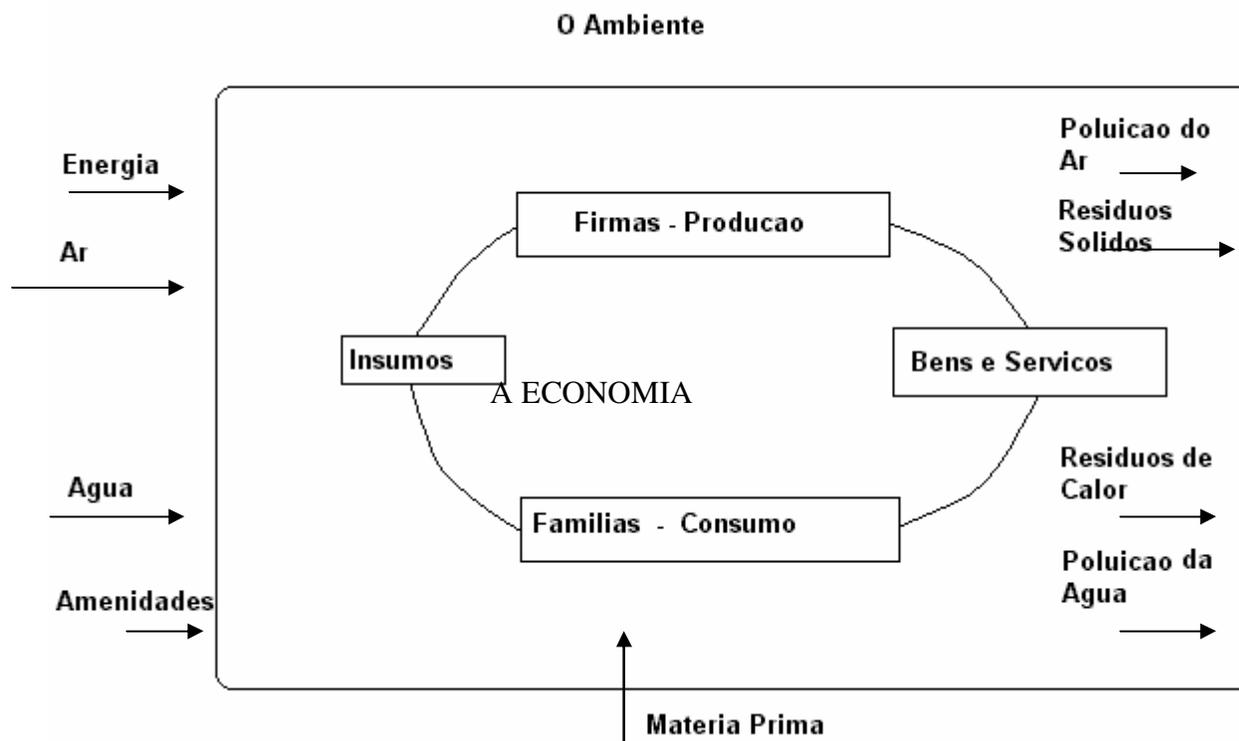


Figura 2.

O ambiente provê à economia as matérias-primas, as quais são transformadas em produtos de consumo pelo processo produtivo, e energia, que impulsiona a transformação. Finalmente estas matérias-primas e energia retornam ao ambiente como produtos residuais.

O ambiente também provém serviços diretamente aos consumidores. O ar que respiramos, a nutrição que recebemos da comida e bebida, e a proteção que se deriva do abrigo e roupas são todos benefícios recebidos diretamente ou indiretamente do ambiente.

O ambiente também provém amenidades para os quais não existem substitutos tais como a experiência excitante da canoagem em águas correntes, ou a surpreendente beleza do por do sol, ou a serenidade de uma caminhada na floresta.

4. Economia dos Recursos Naturais

Eventos em anos recentes têm nos alertado para a importância do uso da grande variedade dos recursos naturais:

- Carvão, petróleo, e gás natural é a base para a indústria petroquímica;
- A água é um fator importante para muitos processos produtivos como também para o consumo das famílias;
- A produção de alimentos depende da base dos recursos naturais, seja pela colheita direta (extrativismo), tal como a atividade pesqueira, ou como provedor de insumos essenciais para o crescimento das plantas e animais;
- O ar é um fator essencial em todos os processos econômicos de produção.

A distinção mais comum para a variedade dos recursos naturais é entre **recursos renováveis e não-renováveis**.

Recursos renováveis crescem no tempo de acordo com o processo biológico, tais como os recursos vivos, peixes e madeira (florestas).

Recursos não-renováveis são aqueles para os quais não há reposição – uma vez usada, eles desaparecem - tais como as reservas de petróleo e os depósitos minerais não-energéticos. Certos recursos, tais como muitos aquíferos subterrâneos, têm taxas de reposição que são tão lentos que são de fato não-renováveis.

Uma importante característica dos problemas de recursos naturais é a sua "dependência a dimensão tempo": o uso dos recursos naturais é normalmente distribuído no tempo, portanto taxas de uso em um período afetam disponibilidade e taxas de uso em outros períodos. Esta é uma questão da dimensão intertemporal que envolve decisões entre hoje e amanhã. Por exemplo:

- Quanto de petróleo deve ser bombeado do depósito este ano, uma vez que quanto mais se bombeia hoje menos estará disponível em anos futuros? (recursos não-renováveis)
- Quanto se deve cortar de madeira este ano, ou estaria a taxa de crescimento alta o suficiente para justificar a espera até um período posterior?

5. Ambiente: Sistema Aberto vs. Sistema Fechado

O ambiente é considerado um sistema fechado se nenhum dos insumos (energia, matéria, etc.) são provenientes de fora do sistema e nenhum dos produtos são transferidos para fora do sistema. O ambiente é considerado um sistema aberto se o sistema importa ou exporta matéria e energia. Como poderíamos classificar o sistema do planeta terra?

O tratamento do planeta como um sistema fechado tem uma consequência importante, a qual determina **a primeira lei da termodinâmica** - energia e matéria não podem ser criadas ou destruídas. A lei implica que a massa de materiais que fluem para o sistema econômico proveniente do ambiente acumula no sistema econômico ou retornam para o ambiente como resíduos. Quando a acumulação cessa, a massa de materiais fluindo para o ecossistema é igual em magnitude à massa de resíduos fluindo para o ambiente.

Excesso de resíduos pode depreciar os bens. Quando os resíduos excedem a capacidade de absorção da natureza, os serviços que os bens oferecem são reduzidos.

A relação entre as pessoas e o ambiente é também condicionada por outra lei física, **a segunda lei da termodinâmica**, conhecida popularmente como lei da *entropia*, a qual estabelece o aumento da entropia. *Entropia* é o aumento de energia não disponível para o trabalho. Parte da energia é sempre perdida durante a conversão de uma forma de energia para outra, e uma vez usada, não fica mais disponível para outro trabalho. A segunda lei também implica que na ausência de acréscimos de nova energia, um sistema fechado deve eventualmente usar toda a sua energia. Sendo que a energia é necessária à vida, a vida cessará quando a energia se esgotar.

Nosso planeta não é um sistema fechado com relação a energia; nós recebemos energia do sol. A lei da entropia sugere que este fluxo de energia solar estabelece um limite superior para a energia sustentável. Uma vez esgotados os estoques de energia (fosseis e energia nuclear), a quantidade de energia disponível para o trabalho será determinado somente pelo fluxo de energia solar e pela quantidade que pode ser armazenada (reservatórios, árvores, etc.). Portanto, no longo prazo, o processo de crescimento será limitado pela disponibilidade de energia solar e nossa habilidade de colocá-la disponível para trabalho.

6. Formas de Análise Econômica

Dois tipos de análise econômica podem ser aplicados para aumentar nossa compreensão sobre as relações entre o sistema econômico e o ambiente: a economia positiva tenta descrever *o que é, o que foi, ou o que será*. A economia normativa, ao contrario, trata *do que deve ser*. Contradições criadas pela economia positiva podem ser solucionadas pela investigação dos fatos, enquanto que na normativa envolve julgamento de valores.

A essência da abordagem normativa na economia é maximizar o valor dos bens. Enquanto os homens existirem, eles não podem evitar de afetarem o ambiente. Portanto, o problema não é se os homens devem criar impactos no ambiente; mas, definir o nível ótimo de impacto.

7. Valoração de Bens

A abordagem normativa tenta maximizar o valor dos bens ambientais através do balanço entre a preservação e o uso dos bens. No intuito de definir o balanço, é necessário colocar algum tipo de valor nos vários fluxos de serviços, incluindo os efeitos negativos de uso do ambiente.

Do ponto de vista econômico, esta avaliação é *antropocêntrica*, isto é, os efeitos no ecossistema são avaliados em termos de seus últimos efeitos na humanidade. O que você acha sobre esta abordagem? Seria ela universalmente aceita?

De acordo com a abordagem econômica, em muitas situações a escolha racional do indivíduo difere da escolha racional da coletividade. Portanto, o problema não é o *valor* que está sendo usado para as escolhas, mas o *processo* pelo qual as escolhas são feitas.

8. Critério Normativo para a Tomada de Decisão

Dois critérios normativos para tomada de decisão serão examinados: a **eficiência estática e dinâmica**. A **eficiência estática** é tipicamente usada para julgar alocação de recursos em um ponto no tempo. Este critério é útil quando as escolhas em vários períodos de tempo são independentes. A **eficiência dinâmica** é usada para escolhas que afetam não somente nossa geração, mas também as gerações seguintes.

8.1. Eficiência Estática

A eficiência estática ou simplesmente eficiência é o critério chave da economia normativa para escolha entre as várias alocações ocorrendo no mesmo ponto no tempo.

Os benefícios podem ser derivados da curva de demanda para o recurso em questão. As curvas de demanda medem a quantidade de um bem particular que as pessoas estariam desejando comprar a preços variados. Em uma situação típica, uma pessoa compraria menos de um bem (ou serviço ambiental) quanto maior fosse seu custo. Para cada quantidade comprada, o ponto correspondente na curva de demanda de mercado representa a quantidade de dinheiro que algumas pessoas estão dispostas a pagar pela última unidade do bem.

A **disposição a pagar total** para algumas quantidades deste bem é a soma da disposição a pagar para cada uma das unidades compradas. Esta medida pode ser determinada pela área abaixo da curva (contínua) de demanda de mercado à esquerda da alocação em questão. A disposição a pagar total também é chamada de **Benefício Total**.

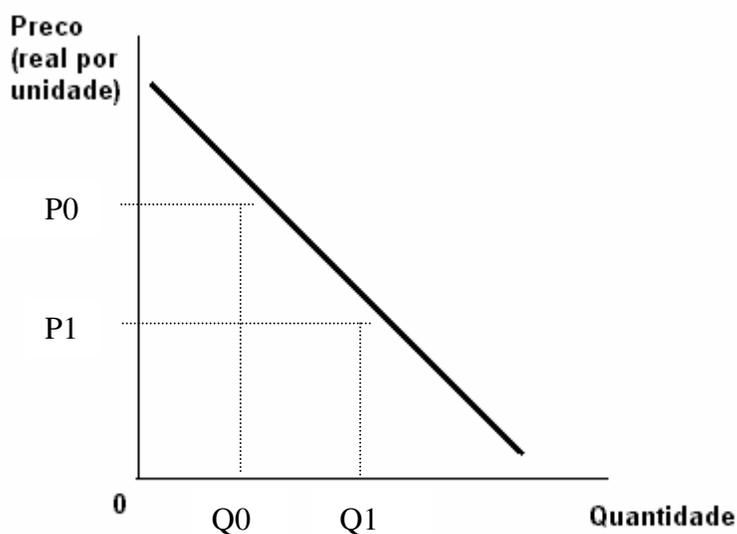


Figura 3.

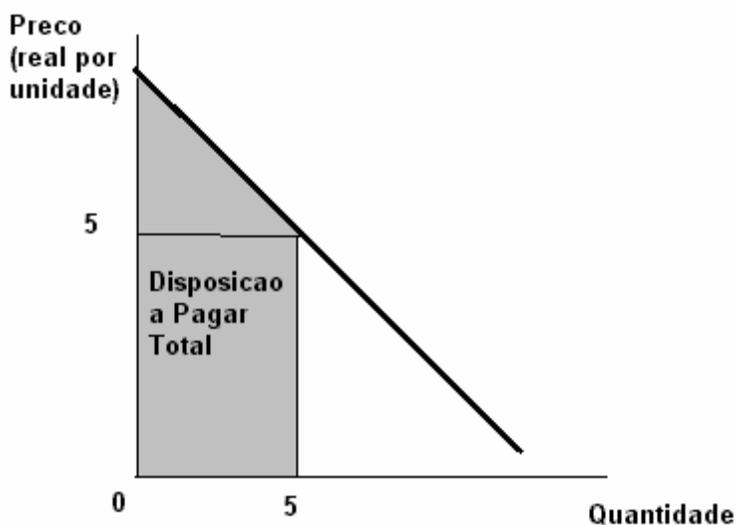


Figura 4.

Os serviços ambientais têm custos embora sejam produzidos sem qualquer recurso humano. Todos os custos devem ser medidos como custos de oportunidade que é o benefício líquido perdido porque os recursos geradores dos serviços não são

usados no seu uso alternativo de maior benefício. Recursos não são livres se eles podem ser utilizados em usos alternativos.

Por exemplo, suponha que um trecho de um rio pode ser usado para canoagem ou para geração de eletricidade. Já que o reservatório para a hidroelétrica inunda as corredeiras, os dois usos são incompatíveis. O custo de oportunidade de salvar o rio para canoagem é o benefício líquido perdido (depois de considerar os custos de geração e distribuição) da eletricidade não gerada.

Para representar os custos será usado o custo de oportunidade marginal. A curva de *custo de oportunidade marginal* define o custo adicional para produzir a última unidade do bem. Em mercados de competição perfeita, a curva de custo de oportunidade marginal é idêntica a curva de oferta. O *custo total* é a soma dos custos marginais. No gráfico, o custo total é a área abaixo da curva de custo marginal.

O benefício líquido será igual à área abaixo da curva de demanda e acima da curva de oferta. O benefício líquido é maximizado quando o benefício marginal é igual ao custo marginal.

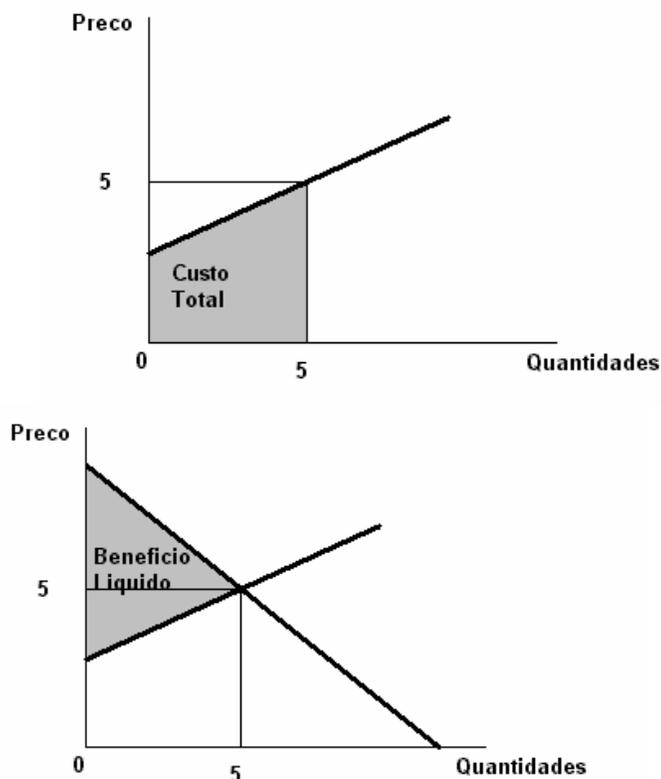


Figura 5.

A base ética deste critério é derivada do conceito de *Pareto Optimality* (Pareto Ótimo): alocações são ditas Pareto ótimo se o rearranjo desta alocação pode beneficiar algumas pessoas sem nenhum efeito danoso para pelo menos uma das pessoas. O rearranjo da alocação de recursos pode ser a mudança no nível produzido ou a mudança nas parcelas recebidas por cada um dos usuários destes recursos.

As alocações que não satisfazem esta definição são sub-ótimas. As alocações subótimas podem sempre ser rearranjadas de tal forma que algumas pessoas são beneficiadas e outras não são prejudicadas pelo rearranjo. No rearranjo de uma alocação sub-ótima para uma alocação ótima, os ganhadores ganhariam mais do que os perdedores perderiam. Portanto, os ganhadores poderiam usar uma parte dos seus ganhos para compensar suficientemente os perdedores para garantir que todos fiquem pelo menos tão bem quanto eles estavam antes da realocação.

As alocações eficientes são Pareto ótimo. As alocações ineficientes são julgadas inferiores por que não maximizam o benefício líquido. Por deixar de maximizar o benefício líquido, eles estão perdendo a oportunidade de beneficiar algumas pessoas sem prejudicar outras.

8.2. Eficiência Dinâmica

O critério de eficiência estática é útil para comparar alocações quando o tempo não é um fator importante. Muitas das decisões feitas hoje afetam o valor do bem para gerações futuras como é o caso dos recursos energéticos esgotáveis (combustíveis fósseis) e os recursos biológicos renováveis (peixes e florestas) quando explorados em excesso.

A **eficiência dinâmica** incorpora a **dimensão tempo**, através do **valor presente**, que permite comparar o benefício líquido recebido em um período com o benefício líquido recebido em outro.

O valor presente incorpora explicitamente o valor monetário no tempo. O valor presente de qualquer quantidade monetária (X) recebido um ano mais tarde pode ser calculado através de $X/(1+r)$, onde r é a taxa de juros apropriada. O valor presente recebido dois anos mais tarde é portanto $X/(1+r)^2$. O valor presente de um benefício líquido recebido n anos mais tarde é dado por:

$$VP[B_n] = B_n / (1+r)^n.$$

O valor presente de uma seqüência de benefícios líquidos $\{B_0, \dots, B_n\}$ recebido sobre um período de n anos é calculado por:

$$VP[B_0, \dots, B_n] = \sum_{i=0}^n B_i / (1+r)^i.$$

O processo de calcular o valor presente é chamado *desconto*, e a taxa r é chamada de *taxa de desconto*. A taxa de desconto deve ser igual ao custo de oportunidade social do capital.

Uma alocação de recursos ao longo de n períodos é dinamicamente eficiente se maximizar o valor presente do benefício líquido que seria recebido em todas as possíveis alocações destes recursos em n períodos. A eficiência dinâmica assume que o objetivo da sociedade é balancear os usos correntes e subseqüentes dos recursos a fim de maximizar o valor presente do benefício líquido derivado do uso dos recursos.

Como exemplo, assumamos que o custo marginal de extração é constante, e existe uma oferta fixa do recurso para ser alocado entre dois períodos. Considere que a

demanda é constante nos dois períodos, e que a função disposição-a-pagar marginal é dada pela fórmula $P=8-0,4q$, e o custo marginal constante é R\$ 2 por unidade (ver Figura 6). Se a oferta total fosse 30 ou maior, uma alocação eficiente seria produzir 15 unidades em cada período, independente da *taxa de desconto*. Veja o cálculo a seguir:

$$2 = 8 - 0,4q \Rightarrow q = (8 - 2) / 0,4 = 15$$

$$\text{Período 0: } Q_0 = 30$$

$$\text{Período 1: } q_1 = (8 - 2) / 0,4 = 15; Q_0 - q_1 = 30 - 15 = 15$$

$$\text{Período 2 : } q_2 = 15$$

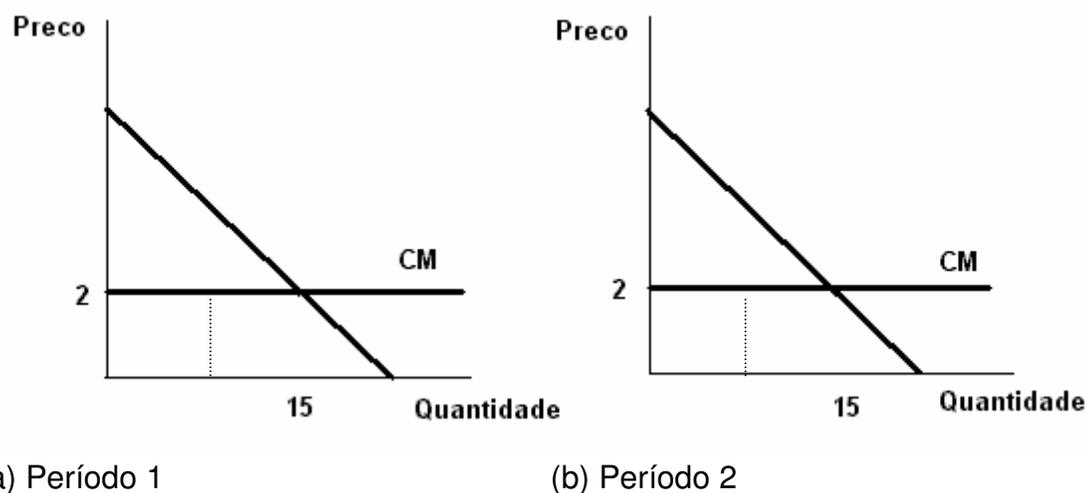


Figura 6.

A oferta é suficiente para cobrir a demanda nos dois períodos; a produção no período 1 não reduz a produção no período 2. Neste caso o critério de eficiência estática é suficiente, uma vez que o tempo não é um elemento importante do problema.

Suponha agora que a oferta disponível é 20, portanto menor que 30. De acordo com o critério de eficiência dinâmica, a alocação eficiente é aquela que maximiza o valor presente do benefício líquido. O valor presente do benefício líquido para ambos os anos é simplesmente a soma do valor presente em cada um dos anos. Considere a alocação de 15 unidades no primeiro período e 5 unidades no segundo período. O valor presente do benefício líquido seria a porção da área abaixo da curva de demanda e acima da curva de oferta - R\$45,00 = $(1/2)(R\$6)(15)$. O valor presente no segundo período é calculado da mesma forma, mas agora multiplicando por $1/(1+r)$. Se $r = 0,10$, então o valor presente do benefício líquido recebido no segundo período é R\$22,73 ($25/1,10=22,73$), e o valor presente do benefício líquido para os dois anos é R\$ 67,73.

Como seria para encontrar o valor presente do benefício líquido para qualquer alocação? Como se calcula a alocação que maximize o valor presente? O critério de

alocação eficiente do recurso satisfaz a condição de que o valor presente do benefício líquido marginal da última unidade do período 1 é igual ao valor presente do benefício líquido marginal no período 2. Veja abaixo como a solução pode ser representada graficamente.

A curva de benefício líquido para o período 1 deve ser lida da esquerda para a direita. A curva do benefício líquido intercepta o eixo vertical em R\$ 6,00; a demanda seria zero a R\$ 8,00 e o custo marginal seria R\$ 2,00, portanto a diferença seria R\$ 6,00. O custo marginal para o primeiro período é zero em 15 unidades porque àquela quantidade, a disposição a pagar para esta unidade é exatamente igual ao seu custo.

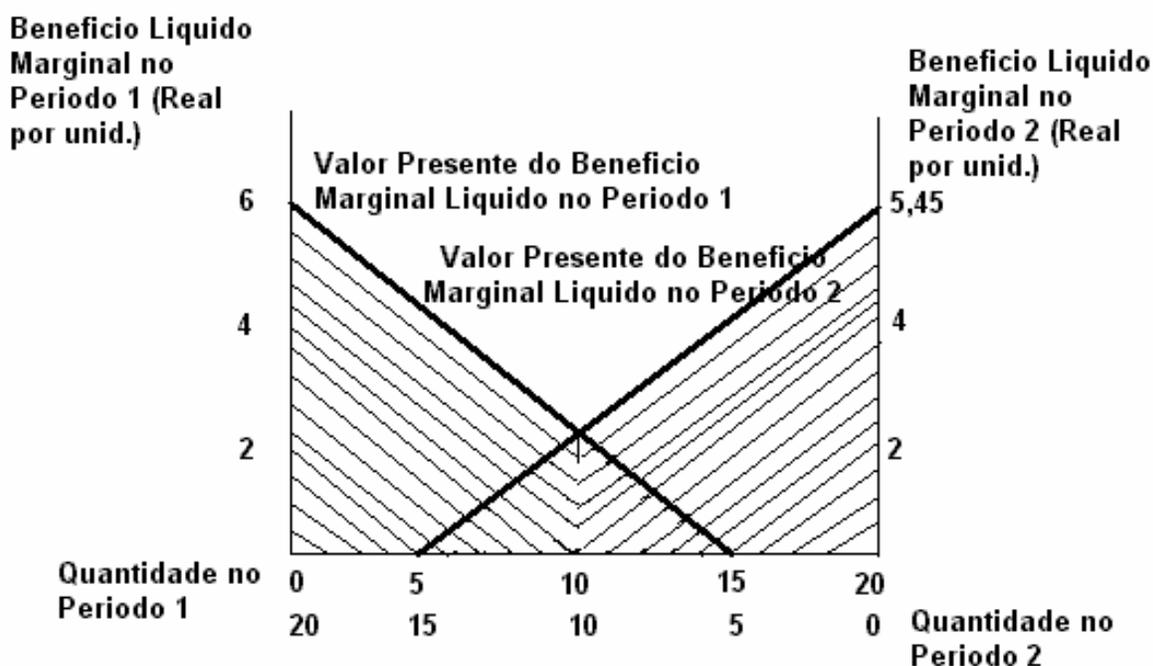


Figura 7.

Para o segundo período, o eixo zero do benefício líquido é do lado direito. Portanto, o aumento do benefício líquido no período 2 é registrado da direita para a esquerda. Desta forma, qualquer ponto ao longo do eixo horizontal produz um total de 20 unidades alocadas entre os dois períodos. O valor presente da curva do benefício líquido marginal intercepta o eixo vertical em um nível inferior ao correspondente no período 1 por que os benefícios líquidos marginal no segundo período são descontados. Portanto, para uma taxa de desconto de 10% e o benefício líquido marginal de R\$ 6,00, o valor presente é $R\$ 5,45 = R\$ 6/R\$ 1,10$.

A alocação eficiente é prontamente identificada no ponto onde as duas curvas representando o valor presente do benefício líquido marginal se cruzam. O valor presente do benefício líquido total é a área abaixo da curva do benefício-líquido para o período 1 até a alocação eficiente mais a área abaixo da curva do valor presente do

benefício-líquido marginal para o período 2 do eixo do lado direito até sua alocação eficiente. A soma destas duas áreas é maximizada por que esta é uma alocação eficiente. Este critério é igualmente apropriado para avaliar alocação de recursos independente do contexto institucional (mercado, racionamento governamental).

Qualquer que seja o método de alocação eficiente deve-se levar em consideração a escassez. Escassez impõe um custo de oportunidade, chamado daqui para frente de *custo marginal do usuário*. Quando os recursos são escassos, quanto maior o uso corrente menor serão as oportunidades futuras de uso. O custo marginal do usuário é o valor presente em termos marginais das oportunidades futuras perdidas.

Por exemplo, o uso de grande quantidade de água para lavar carros ou manter complexos de recreação aquática pode ser apropriado para uma área com oferta abundante de água, mas inapropriado quando água potável é negada para as gerações futuras. Deixar de considerar o alto valor da escassez no presente pode levar à ineficiência ou a um custo extra para a sociedade devido à escassez extra imposta no futuro. Este valor marginal adicional que a escassez cria é o custo marginal do usuário. O valor presente do custo marginal do usuário, o valor adicional criado pela escassez, é graficamente representado pela distância vertical entre o eixo das quantidades e a intercessão das duas curvas do valor-presente. É idêntico ao valor presente do benefício líquido marginal em cada um dos períodos. Qual o custo marginal do usuário no exemplo anterior, quando não há escassez e quando há escassez?

No contexto de mercado, deve-se considerar não só o custo marginal de extração mas também o custo marginal do usuário. No caso de ausência de escassez o preço é igual ao custo marginal de extração, já no caso de escassez o preço é igual à soma do custo marginal de extração e o custo marginal do usuário.

Por exemplo, assuma um mercado eficiente que encara escassez no tempo (períodos 1 e 2). O custo marginal de extração do recurso em ambos os períodos é constante e igual a 2,000. A função disposição-a-pagar é dada por $P = 8 - 0,4q$. Considere que as quantidades eficientes de uso dos recursos sejam 10,238 para o período 1 e 9,762 para o período 2. Quais os preços do recurso nos períodos 1 e 2? Como você representaria esta solução graficamente? Qual o valor do custo marginal do usuário? Considerando a taxa de desconto $r = 0,10$, qual o valor presente do custo marginal em cada um dos períodos?

Conclusões importantes que você deve ter percebido ao resolver este exemplo:

- Se existe escassez, o custo marginal do usuário aumenta com o tempo.
- Ambos, a magnitude do custo marginal do usuário e a alocação do recurso entre os dois períodos, são afetados pela taxa de desconto;
- A quantidade alocada no segundo período será menor quanto maior a taxa de desconto.

Portanto, quanto maior a taxa de desconto maior a tendência de se extrair o recurso no presente por dá-se ao futuro menor peso a fim de balancear o valor relativo de uso do recurso entre o presente e futuro.

9. Sustentabilidade

O tratamento a respeito das gerações futuras consiste em determinar um padrão de justiça que seja aceitável. Entretanto, nenhum padrão de justiça é aceito em sua generalidade. Portanto, a questão fundamental deste problema ainda permanece que é: ***que herança deve gerações atuais deixar para as futuras gerações?***

Um ponto inicial para a equidade de inter-gerações foi proposta pelo filósofo John Rawls em seu trabalho intitulado *A Theory of Justice* (Uma Teoria de Justiça). Rawls sugeriu que uma forma de obter um princípio geral de justiça seria colocar, hipoteticamente, todas as pessoas sob um "véu de ignorância". Este véu de ignorância evitaria que as pessoas soubessem sua posição na sociedade. Uma vez atrás deste véu, as pessoas decidiriam sobre as regras para governar a sociedade que, depois de decididas, seriam forçadas a viverem de acordo com estas regras. Esta abordagem sugere que as gerações presentes e futuras decidiriam sobre as regras para alocar os recursos entre as gerações. Tal situação evitaria que gerações presentes fossem excessivamente exploradoras ou gerações futuras fossem excessivamente conservadoras.

Esta abordagem daria margem ao seguinte critério de sustentabilidade: no mínimo as gerações futuras não devem ficar em situação pior do que as gerações correntes. As alocações que empobrecem gerações futuras, no intuito de enriquecer gerações presentes, são consideradas injustas. Em essência, o critério de sustentabilidade sugere que as gerações presentes têm a liberdade de usar os recursos que seriam negados às gerações futuras na medida em que as gerações futuras mantivessem o nível de bem-estar tão alto quanto as gerações anteriores. Por outro lado, desviando recursos de usos futuros violariam o critério de sustentabilidade caso o bem-estar das gerações futuras fosse abaixo do nível desfrutado por gerações que a precederam.

Uma das implicações desta definição de sustentabilidade é que é possível usar os recursos (mesmo os recursos exauríveis) desde que se garantam os interesses das gerações futuras sejam protegidos. Estariam nossas instituições dando proteção adequada para as gerações futuras? Quais as condições que garantem que as alocações satisfaçam o critério de sustentabilidade?

Estaria o exemplo numérico do item 8 (eficiência dinâmica) de acordo com o critério de sustentabilidade? Por que? Suponha agora que você acredita que reservando metade dos recursos disponíveis (10 unidades) para cada período seria uma alocação melhor do que a alocação de eficiência dinâmica. Qual o benefício líquido de cada período gerado por esta alocação alternativa? Compare este resultado com o resultado da alocação de eficiência dinâmica. Se a alocação de eficiência dinâmica deve satisfazer o critério de sustentabilidade, então deve ser possível demonstrar que esta alocação pode produzir um resultado que deixasse cada geração pelo menos na mesma situação que foi obtida pela alocação alternativa.

Com a resolução deste exercício você deve ter percebido que:

- Embora, a alocação dinamicamente eficiente não satisfaça automaticamente o critério de sustentabilidade, pode ser perfeitamente consistente com o critério de sustentabilidade, mesmo para uma economia dependendo pesadamente de recursos esgotáveis. Contudo, não é certeza de que o segundo período estará em situação melhor, a menos que ocorra um certo grau de redistribuição dos benefícios.
- Uma possibilidade consiste em investir em capital os ganhos proveniente do uso dos recursos.¹

Além do critério de sustentabilidade onde o nível de bem-estar das gerações são mantidas constantes, outras interpretações de sustentabilidade foram desenvolvidas:

- **Sustentabilidade definida como o nível de bem-estar não-decrescente.** O uso de recursos por gerações anteriores não deve exceder o nível o qual impedem as gerações futuras de atingirem um nível de bem-estar pelo menos igual (ou maior). Uma das implicações desta definição é que o valor do estoque de capital total (capital físico e natural) não deve declinar.
- **Sustentabilidade definida como o valor do capital natural não-decrescente.** O valor do estoque remanescente de capital natural não deve diminuir. Esta definição coloca ênfase na preservação do capital natural sob a suposição de que o capital natural e físico (feito pelo homem) oferece limitada possibilidade de substituição. Esta definição retém o foco da definição anterior no que tange a preservar o valor e o capital natural agregado.
- **Sustentabilidade definida como o fluxo de serviços físicos de certos recursos.** Para certos recursos, o fluxo de serviços físicos deve ser mantido perpetuamente. Esta definição difere da anterior porque neste caso a ênfase é física ao invés da dimensão de valor e focaliza os recursos individuais ao invés do agregado. Para a pesca, por exemplo, esta definição procuraria manter uma captura de peixe constante (produção sustentável), ao invés do valor constante de pescado.

Para que estes critérios de eficiência e sustentabilidade sejam úteis não devem ser incompatíveis nem sinônimos. Uma vez que nem todas as alocações eficientes são sustentáveis e nem todas as alocações sustentáveis são eficientes; além disso, algumas alocações eficientes satisfazem o critério de sustentabilidade e outras alocações sustentáveis são eficientes, a justaposição destes critérios sugere uma estratégia específica para política. Entre os possíveis usos dos recursos que atendam ao critério de sustentabilidade, escolha aquela que maximiza, de forma apropriada, o critério de eficiência dinâmica ou estática. Nesta formulação, o critério de sustentabilidade age como uma limitação primordial na decisão social. Enquanto elimina alocações não-sustentáveis, falha em especificar quais alocações deve ser escolhida entre o infinito número de alocações sustentáveis. Daí para frente o critério de

¹ O estoque de capital que deve ser mantido constante nesta interpretação tem dois componentes -- capital físico e natural. O capital físico refere-se ao estoque de equipamentos, edifícios etc. enquanto o capital natural refere-se ao estoque de recursos natural e ambiental. Investimentos devem ser feitos em um deles ou em ambos na medida que o valor total do capital agregado não decline.

eficiência dinâmica deve ser utilizado no sentido de oferecer meios de escolher alocações sustentáveis que minimizem as perdas.

Muitas alocações não-sustentáveis são o resultado de comportamento ineficiente. Corrigindo a ineficiência pode-se restabelecer a sustentabilidade ou mover a economia na direção da sustentabilidade. Além do mais, corrigindo ineficiência pode produzir situações em que todos venham a ganhar. Esta abordagem se diferencia das mudanças em que os ganhos dos ganhadores compensam as perdas dos perdedores. A situação em que todos ganham é possível porque a remoção das ineficiências aumenta o benefício líquido. O aumento do benefício líquido pode ser usado para compensar aqueles que de outra forma sairiam perdendo com a mudança. Compensando os perdedores reduz-se a oposição às mudanças, tornando-as mais prováveis de ocorrerem.

As nossas instituições econômicas e políticas normalmente produzem resultados que são ambas eficientes e sustentáveis?

PERGUNTAS PARA DISCUSSÃO

1. Foi sugerido que deveríamos usar o critério de "energia líquida" para fazer escolhas entre os vários tipos de energia. A energia líquida é definida como o conteúdo de energia total existente na fonte de energia, menos a energia requerida para extrair, processar e entregá-las aos consumidores. De acordo com este critério, deveríamos usar primeiramente aquelas fontes de energia com o mais alto conteúdo líquido. Esperar-se-ia que o critério de eficiência dinâmica e o critério de energia líquida resultassem na mesma escolha? Por que ou por que não?
2. A noção de sustentabilidade não é a mesma nas Ciências Naturais e na Economia. Nas Ciências Naturais, sustentabilidade significa freqüentemente a manutenção de um fluxo físico constante de todos e de cada um dos recursos (por exemplo, pescados ou madeira de florestas), enquanto que, na Economia, significa a manutenção do *valor* desses fluxos de serviço. Quando os dois critérios podem conduzir a escolhas diferentes? Por quê?

PROBLEMAS

1. Um modo conveniente de se expressar a relação da disposição-a-pagar com preço e quantidade é usar a função de demanda descendente. Na função inversa de demanda, o preço que os consumidores estão dispostos a pagar é expresso como função da quantidade disponível para venda. Suponha que a função de demanda (expressa em reais) do produto é $P = 80 - q$, e o custo marginal de produção (em reais) é $CMg = 1,0q$; onde P é o preço do produto e q é a quantidade demandada e/ou ofertada. (a) Quanto seria ofertado em uma alocação de eficiente estática? (b) Qual seria a magnitude dos benefícios líquidos (em reais)?

2. No exemplo numérico apresentado no texto, a função de demanda para o recurso exaurível é $P=8 - 0,4q$ e o custo marginal de oferta é R\$2,00. (a) se 20 unidades forem alocadas entre dois períodos, em uma alocação de eficiente dinâmica, quanto seria alocado no primeiro e no segundo períodos se a taxa de desconto fosse zero? (b) Qual seria a taxa eficiente nos dois períodos? (c) Qual seria o custo marginal do usuário (*marginal user cost*) em cada período?
3. Admita as mesmas condições de demanda indicadas na questão 2, mas agora com uma taxa de desconto de 0,10 e custo marginal de extração R\$ 4,00. Quanto seria produzido em cada período em uma alocação eficiente? Qual seria o custo marginal do usuário em cada período? Os critérios de eficiência estática e dinâmica resultariam nas mesmas respostas para este problema? Por que?
4. Compare duas versões do modelo de recursos exauríveis de dois períodos que só diferem quanto ao tratamento do custo marginal de extração. Admita que, na segunda versão, o custo marginal constante de extração é mais baixo no segundo período do que no primeiro (talvez devido à previsão do surgimento de uma nova tecnologia de extração superior). O custo de extração marginal constante é o mesmo em ambos os períodos na primeira versão e é igual ao custo de extração marginal do primeiro período da segunda versão. Em uma alocação de eficiente dinâmica, como o perfil de extração da segunda versão diferiria daquela da primeira? Seria alocado relativamente mais ou menos ao segundo período da segunda versão do que na primeira versão? O custo marginal do usuário seria mais alto ou mais baixo na segunda versão?

APÊNDICE 1: A Matemática da Eficiência Dinâmica

Suposições do modelo:

- Recursos não-renováveis;
- Curva de demanda linear, estável ao longo do tempo (mesma curva de demanda para todos os períodos).

Curva de demanda inversa no tempo:

$$P_t = a - bq_t$$

Benefício total de extração de q_t em t anos:

$$BT_t = \int_0^{q_t} (a - bq) dq = aq_t - \frac{b}{2} q_t^2$$

Custo marginal de extração:

$$CT_t = cq_t$$

Quantidade total do recurso disponível será de \bar{Q} .

A alocação dinâmica do recurso em n anos será dada pela maximização do valor presente do benefício líquido ao longo do tempo:

$$\text{Max}_{q_t} \sum_{i=1}^n \frac{aq_i - \frac{b}{2} q_i^2 - cq_i}{(1+r)^{i-1}} + \lambda \left[\bar{Q} - \sum_{i=1}^n q_i \right]$$

A condição de primeira ordem para maximização será dada por:

$$\frac{\partial L}{\partial q_t} = \frac{a - bq_i - c}{(1+r)^{i-1}} - \lambda = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \bar{Q} - \sum_{i=1}^n q_i = 0$$

Para resolver o problema de dois períodos sugerido nas notas de aulas substitua os seguintes parâmetros nas condições de maximização obtidas acima.

$$a = 8, c = \$2, b = 0,4, Q = 20, r = 0,10.$$

Assim, teremos:

$$\text{Para o período 1: } 8 - 0,4q_1 - 2 - \lambda = 0$$

$$\text{Para o período 2: } \frac{8 - 0,4q_2 - 2}{1,1} - \lambda = 0$$

A condição de restrição do recursos no tempo será: $q_1 + q_2 = 20$

A solução para o problema será dada por:

$$q_1 = 10,238$$

$$q_2 = 9,762$$

$$\lambda = 1,905$$

Alguns aspectos importantes devem ser observados:

1. Evidenciando λ , estamos definindo que o valor presente do benefício líquido marginal é igual a λ . Portanto, ao se igualar as equações dos dois para determinarmos os valores de q_1 e q_2 através de λ . Assim, fica demonstrado que a condição de eficiência dinâmica é de que para os dois períodos o valor presente do benefício líquido marginal é igual.
2. O valor presente do custo marginal de uso é representado por λ . Observe que λ é uma medida marginal e representa o custo marginal de oportunidade da aplicação do recurso entre os períodos. Ao nível da alocação eficiente nos dois períodos, se 1 (uma) unidade do recurso for deslocado do período 2 para o período 1, o valor presente do benefício líquido marginal no período 2 será aumentado de λ .
3. Observe também que, ao nível de alocação dinâmica eficiente, o preço no período 1 é igual a soma do custo marginal de extração (2) e o custo marginal de uso (1,905). Por sua vez, que no período 2 o preço é igual à soma do custo marginal de extração (2) e o custo marginal de uso, que agora assume um valor maior (2,095). Conclui-se, portanto que o custo marginal de uso cresce ao longo do tempo.
4. Verifique isto calculando o preço ao nível de alocação eficiente para os dois períodos, em seguida subtraia o custo marginal de extração. O que você vai obter é o custo marginal de uso em cada período. Em seguida, atualize o custo marginal de uso do período 2 para que ver que os custos marginais de uso são iguais.