

### 3 Conceito de Produtividade

#### Enunciado

A **produtividade primária** de um sistema ecológico é definida como a taxa a que a energia radiante é convertida em substâncias orgânicas pelas atividades fotossintética e quimiossintética dos organismos produtores (principalmente plantas

Tabela 3.3

**Dissipação da energia da radiação solar como porcentagem da entrada anual na biosfera**

<i>Energia</i>	<i>Porcentagem</i>
Refletida	30,0
Conversão direta para calor	46,0
Evaporação da precipitação	23,0
Vento, ondas e correntes	0,2
Fotossíntese	0,8

Fonte: Hulbert, 1971.

verdes). É importante distinguir os quatro passos sucessivos no processo de produção, como segue:

1. **Produtividade primária bruta (PPB)** é a taxa total de fotossíntese, incluindo a matéria orgânica consumida na respiração durante o período de medição. Também é conhecida como *fotossíntese total*.
2. **Produtividade primária líquida (PPL)** é a taxa de armazenamento da matéria orgânica nos tecidos da planta que excede o uso respiratório, *R*, pelas plantas, durante o período de medição. Também chamada de *assimilação líquida*. Na prática, a quantidade de respiração da planta é geralmente adicionada à medição da produtividade primária líquida, a fim de estimar a produtividade primária bruta ( $PPB = PPL + R$ ).
3. **Produtividade líquida da comunidade** é a taxa de armazenamento da matéria orgânica não usada pelos heterótrofos (ou seja, produção primária líquida menos o consumo heterotrófico) durante o período considerado, geralmente a época de crescimento ou um ano.
4. Finalmente, as taxas de armazenamento de energia nos níveis de consumidor são chamadas de **produtividades secundárias**. Como os consumidores usam somente materiais alimentares já produzidos e com as devidas perdas respiratórias, e como convertem essa energia alimentar em tecidos diversos por um processo global, a produtividade secundária *não* deve ser dividida em quantidades brutas e líquidas. O fluxo total de energia nos níveis heterotróficos, que é análogo à produtividade bruta dos autótrofos, deve ser designado como *assimilação*, não como *produção*.

Em todas essas definições, o termo *produtividade* e a expressão *taxa de produção* podem ser usados de forma alternada. Mesmo quando o termo *produção* designa uma quantidade de matéria orgânica acumulada, supõe-se ou subentende-se um fator temporal (por exemplo, um ano na produção de cultivo agrícola). Assim, para evitar confusão, devemos sempre referir o intervalo de tempo. De acordo com a segunda lei da termodinâmica, o fluxo de energia decresce a cada passo por causa da perda de calor que ocorre a cada transferência de energia de uma forma para outra.

As altas taxas de produção, em ambos os ecossistemas, natural e agrícola, ocorrem quando os fatores físicos são favoráveis, especialmente quando os *subsídios de energia* (como os fertilizantes) de fora do sistema aumentam o crescimento ou as taxas de reprodução dentro do sistema. Esses subsídios de energia também podem ser o trabalho do vento e da chuva em uma floresta, a energia de marés em um estuário ou de combustíveis fósseis, a energia do trabalho animal ou humano usado no cultivo agrícola. Ao avaliar a produtividade de um ecossistema, deve-se considerar a natureza e a magnitude não só dos *prejuízos energéticos* resultantes dos estresses climáticos, de colheita, de poluição e outros, que desviam a energia do processo de produção, mas também dos *subsídios de energia* que a aumentam ao reduzir a perda do calor respiratório (a “expulsão de desordem”) necessário para manter a estrutura biológica.

## Explicação

A palavra-chave nas definições precedentes é *taxa*. O **fator tempo** – ou seja, a quantidade de energia fixada em um dado tempo – deve ser considerado. Assim,

a produtividade biológica difere do *rendimento* no sentido químico ou industrial. Na indústria, a reação termina com a produção de uma quantidade determinada de material; nas comunidades biológicas, o processo de produção é contínuo ao longo do tempo, portanto, deve ser designada uma unidade de tempo (a quantidade de alimento produzida por dia ou por ano, por exemplo). Embora uma comunidade altamente produtiva possa ter mais organismos que uma comunidade menos produtiva, isso não acontece se os organismos na comunidade produtiva forem removidos ou “renovados” com rapidez. Por exemplo, uma área fértil sendo pastada por gado provavelmente terá um “produto em pé” muito menor de capim que uma área menos produtiva sem ser pastada na época da medição. *A biomassa ou o “produto em pé” presente a qualquer momento não deve ser confundido com produtividade.* Os estudantes de ecologia muitas vezes confundem essas duas quantidades. Geralmente, não se pode determinar a produtividade primária de um sistema ou a produção do componente de uma população simplesmente pela contagem (ou censo) e pesagem dos organismos presentes em um dado momento, apesar de a produtividade primária líquida poder ser estimada pelos dados do “produto em pé”, quando os materiais vivos acumulam-se ao longo de um período de tempo (como uma estação de crescimento), ou seja, não são consumidos (como em cultivos agrícolas, por exemplo).

Somente cerca de metade do total da energia radiante do Sol é absorvida, e no máximo cerca de 5% (10% da energia absorvida) podem ser convertidos pela fotossíntese bruta sob as mais favoráveis das condições. Então, a respiração da planta reduz consideravelmente – cerca de 20% a 50% – o alimento disponível para os heterótrofos.

Durante o pico da estação de crescimento, especialmente durante os longos dias de verão, até por volta de 10% do total da entrada solar diária podem ser convertidos em produção bruta, e de 65% até 80% dessa entrada podem permanecer como produção primária líquida por um período de 24 horas. Mesmo sob condições mais favoráveis, no entanto, essas altas taxas diárias não podem ser mantidas durante o ciclo anual, nem podem atingir esses altos rendimentos sobre grandes áreas de fazenda, como fica evidente quando tais taxas são comparadas com os rendimentos anuais realmente obtidos nos níveis nacional e mundial (ver Tabelas 3.4 e 3.5). A produção primária anual varia amplamente em diferentes tipos de ecossistemas, os quais serão detalhados na próxima seção. A relação entre produtividade bruta e líquida em vegetação terrestre natural varia com a latitude, como mostra a Figura 3.4. A porcentagem de produtividade bruta que se torna produção primária líquida é mais alta em latitudes frias e mais baixa em latitudes quentes, supostamente porque, nos trópicos, exige-se mais respiração para manter a biomassa.

O outro modo pelo qual os humanos aumentam a produção de alimento não envolve necessariamente uma elevação na produtividade bruta, mas a seleção genética, no sentido de aumentar a **razão alimento/fibra** ou a **razão de rendimento**. Por exemplo, uma planta de arroz selvagem pode produzir 20% de sua produção líquida em sementes (suficiente para assegurar sua sobrevivência), ao passo que uma planta de arroz cultivado é criada para produzir o máximo possível (50% ou mais) em sementes – a parte comestível. A *razão grão/palha em peso seco* foi aumentada em muitas vezes na maioria dos cultivos. A desvantagem é que a planta modificada não tem muita energia disponível para produzir compostos químicos anti-herbívoros (para se defender), assim, terá de ser usado mais pesticida no cultivo de variedades muito modificadas.