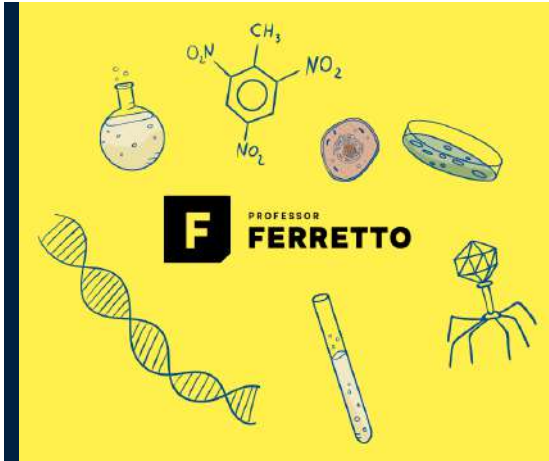


Biologia

PROFESSOR FLÁVIO LANDIM



FLUXO DE ENERGIA NOS ECOSISTEMAS

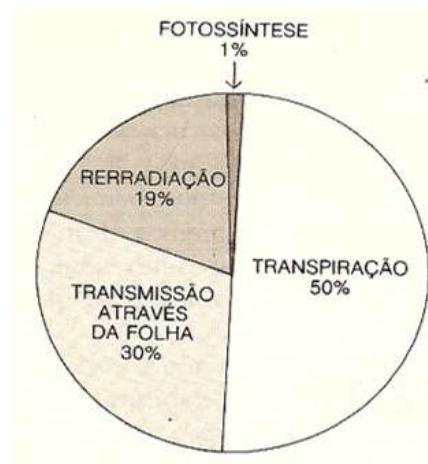
A fonte de energia para a imensa maioria dos ecossistemas do planeta é o sol. Os produtores, através da energia do sol no processo de fotossintético produzem matéria orgânica, que armazena essa energia na forma de ligações químicas. É essa matéria orgânica que vai transmitir energia para os demais níveis tróficos das cadeias alimentares, na forma de alimento.

Da energia proveniente do sol que chega à Terra, apenas 0,1 a 0,2% consegue ser aproveitado pelas plantas na realização de fotossíntese. O restante da energia é absorvido ou refletido pela atmosfera, pelo solo e pelas massas líquidas. Ainda assim, essa energia é utilizada pelos produtores para produzir cerca de 170 bilhões de toneladas de matéria orgânica a cada ano.

ASSUNTOS DA AULA.

Clique no assunto desejado e seja direcionado para o tema.

- [Biomassa e produtividade](#)
- [Pirâmides ecológicas](#)
- [Modelo de fluxo energético](#)



O que acontece com a energia luminosa que atinge uma folha verde.

Os seres vivos precisam da energia da matéria orgânica para manter seu metabolismo. Esta energia normalmente é liberada pelo processo de respiração. Pode-se dizer então que todos os organismos vivos dependem da matéria orgânica produzida pelos produtores, diretamente ou indiretamente. Diretamente através dos produtores e consumidores 1^{os}, e indiretamente através de consumidores 2^{os}, 3^{os} etc.

O **fluxo de energia** é **unidirecional**. Isso ocorre porque a energia, uma vez utilizada, dissipa-se para o meio sob a forma de calor, não podendo ser reaproveitada ou reciclada, de acordo com a 2ª Lei da Termodinâmica da Física. Assim, a transferência de energia numa cadeia alimentar é sempre no mesmo sentido: produtores → consumidores → decompositores. Além disso, a **energia diminui ao longo da cadeia alimentar**.

BIOMASSA E PRODUTIVIDADE

A matéria orgânica contida num determinado nível trófico num dado momento é denominada **biomassa**. É esta biomassa a matéria orgânica disponível para um nível trófico seguinte.

A biomassa, quando calculada para os produtores, dá uma ideia da eficiência desses produtores em armazenar a energia do sol na forma de matéria orgânica. Se determinada área de plantio de um vegetal tem uma biomassa X ao longo o ano, e outra área igual de plantio de um outro vegetal tem uma biomassa 2X ao longo do ano, fica óbvio que o segundo vegetal tem maior capacidade produtora.

A biomassa de um campo, por exemplo, pode ser calculada pesando a matéria orgânica do mesmo. Colhe-se a vegetação, por exemplo, e coloca-se numa estufa para desidratar (água, o principal componente em peso da matéria viva é inorgânica, não devendo ser levada em conta na contagem da biomassa; os sais minerais orgânicos que restam estão em concentrações muito pequenas, não sendo relevantes). Depois de seca, pesa-se a mesma. A biomassa pode ser expressa em termos de kg ou ton/m².

É importante entender que uma medida de biomassa expressa apenas uma situação num dado instante; para se ter uma ideia média da produtividade do campo, são necessárias várias colheitas por ano.

A **produtividade primária bruta** indica o total de energia produzida por vegetais por unidade de área por unidade de tempo. Ela pode ser expressa em termos de **kcal/m² ou hec/ano**. Observe que a biomassa é a forma na qual esta energia é armazenada.

Parte da energia obtida pelo vegetal, entretanto, foi consumida para que ele mantenha seu próprio metabolismo. Assim, a maior parte da energia utilizada na produção de matéria orgânica foi consumida pela **respiração** do organismo.

Por **produtividade primária líquida (PPL)**, entendemos aquilo que sobra do vegetal, entre o que ele produz (produtividade primária bruta) e o que ele consome (taxa de respiração). Ou seja, a PPL é a matéria orgânica armazenada num nível trófico, que está disponível para o nível trófico seguinte. Assim:

$$\text{produtividade líquida (PL)} = \text{produtividade bruta (PB)} - \text{taxa de respiração (TR)}$$

A taxa de respiração corresponde a cerca de 90% do que é produzido. Assim, a produtividade líquida é de cerca de 10% da produtividade bruta.

A produtividade líquida é o que é mantido como reserva pelo vegetal. É dessa produtividade líquida do vegetal que o consumidor 1º vai se aproveitar para sobreviver, correspondendo à energia disponível para si, ou seja, sua produtividade bruta.

Assim, a produtividade bruta do consumidor 1º é a produ-

Tome nota:

tividade líquida do produtor. Da mesma maneira, a produtividade líquida do consumidor 1° é a produtividade bruta do consumidor 2° e sai sucessivamente.

Tomando PB por produtividade bruta, TR por taxa de respiração e PL por produtividade líquida, temos:

Produtor:	PB1°	-	TR =	PL1°
	100%		90%	10%
Consumidor 1:	PB2°(=PL1°) - TR = PL2°			
	10%		9%	1%
Consumidor 2:	PB3°(=PL2°) - TR = PL3°			
	1%		0,9%	0,1%

Como a taxa de respiração é de cerca de 90% da produtividade bruta, a produtividade líquida é de cerca de 10% da produtividade bruta. O que está disponível para o nível trófico seguinte é a produtividade líquida. Assim, a cada nível trófico, a energia disponível para o nível seguinte é de apenas 10% da energia desse nível.

Desta maneira, a quantidade de energia disponível no ecossistema diminui a medida que transferida de um nível trófico para outro.

Disso, podemos tirar duas importantes conclusões:

- 1. Uma cadeia alimentar não pode ter mais que quatro ou cinco elos.** Isso porque os níveis tróficos mais distantes dos produtores teriam para eles uma energia disponível insuficiente para a manutenção de suas atividades normais.
- 2. Quanto mais curta for uma cadeia alimentar, maior será a energia disponível para os níveis tróficos mais elevados.** Assim, é mais vantajoso para o homem que ele seja consumidor 1° do que 2°, tendo para ele mais energia disponível. Por exemplo, uma plantação de arroz de 40 km² é suficiente para alimentar 24 pessoas num ano (sendo nesse caso o homem um consumidor 1°). Entretanto, se essa mesma área for utilizada para plantação de capim para gado, a carne produzida será suficiente para alimentar apenas 1 homem nesse mesmo ano (sendo nesse caso o homem um consumidor 2°).

Assim, para aliviar a forte pressão sobre os recursos naturais para alimentar a crescente população humana, além do desenvolvimento de novas técnicas agrícolas, o melhor uso energético das cadeias alimentares seria de grande valia. Duas

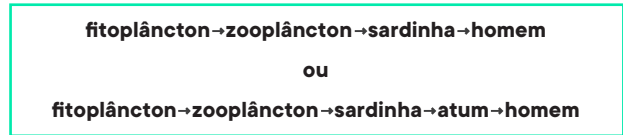
maneiras de aproveitar melhor a energia nessas cadeias alimentares são:

1. A diminuição do consumo de alimentos de origem animal, especialmente carne bovina, que exige grandes áreas de pastagem, com grandes perdas energéticas.

Com o desenvolvimento econômico de países muito populosos como a China e a Índia, o crescimento de uma classe média mundial está elevando o consumo de carne bovina e aumentando a pressão ecológica sobre áreas florestais em países produtores como o Brasil. Assim, a principal causa de desmatamento na Floresta Amazônica no Brasil, atualmente, é a expansão de áreas de pastagem para a criação de gado bovino.

2. Melhor aproveitamento dos ecossistemas marinhos.

Os oceanos cobrem cerca de 2/3 da superfície do planeta, contendo uma enorme quantidade de nutrientes produzidos pelo fitoplâncton. Entretanto, o homem normalmente é consumidor 3° ou 4° de cadeias alimentares marinhas. Veja:



A alta pressão da pesca predatória sobre as espécies comerciais de maior porte, importantes predadores fundamentais na manutenção do equilíbrio ecológico, tem levado a uma série diminuição em seus estoques, com alta possibilidade de extinção. Mesmo no caso da piscicultura, a utilização de grandes quantidades de ração animal representa um sério impacto ambiental negativo. A possibilidade de desenvolvimento de métodos de consumo dos primeiros níveis tróficos das cadeias alimentares marinhas seria uma boa saída.

Povos orientais utilizam, já há muito tempo, algas marinhas cultivadas como uma importante parte de sua dieta. O nori, por exemplo, é uma alga vermelha utilizada no preparo do mais típico dos pratos da culinária japonesa, o sushi.

Vários grupos de pesquisa estudam atualmente o desenvolvimento de métodos de utilização de componentes do fitoplâncton e zooplâncton como alimento. O zooplâncton, particularmente, é rico em crustáceos microscópicos, como os copépodes e camarões microscópicos, os *krill*. Acredita-se, por exemplo, que só os copépodes do gênero *Calanus* sejam mais abundantes que todas as outras espécies de animais juntas. Assim, a utilização desses animais como alimento, possivelmente na forma de uma farinha altamente nutritiva em termos de proteínas e de baixo custo, representaria um enorme ganho em termos de aproveitamento energético de ecossistemas aquáticos.

PIRÂMIDES ECOLÓGICAS

O fluxo de energia num ecossistema pode ser representado também sob a forma de pirâmides ecológicas.

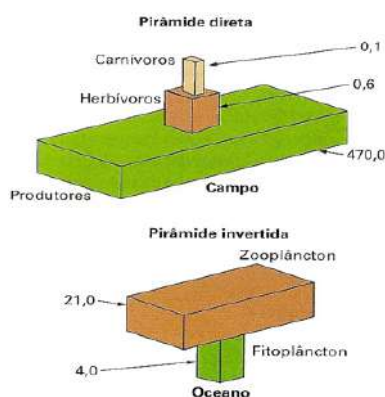
PIRÂMIDE DE NÚMEROS

A pirâmide de números indica a quantidade de organismos em cada nível trófico de uma cadeia alimentar. Ela não dá ideia do tamanho dos organismos e da real quantidade de matéria orgânica existente em cada nível. No caso de parasitas, ela pode ser invertida, dando uma errônea impressão de que níveis tróficos mais superiores contêm mais energia, o que é incorreto, uma vez que a energia sempre diminui de um nível trófico para o seguinte.



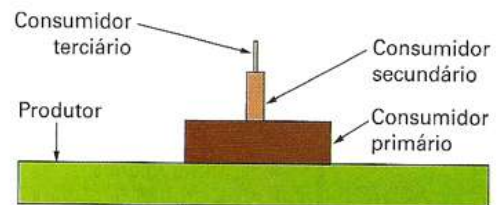
PIRÂMIDE DE BIOMASSA

A pirâmide de biomassa representa a quantidade de biomassa nos vários níveis tróficos de uma cadeia. Ela tem o inconveniente de que representa a biomassa num dado instante, podendo ser invertida em casos em que a velocidade de reprodução dos produtores é maior que a velocidade de consumo pelos consumidores. Assim, uma biomassa menor pode aparentemente alimentar uma biomassa maior, devido a altas taxas de reprodução. Se tivesse sido calculada a produtividade, que leva em conta o fator tempo, e não a biomassa, a pirâmide não seria invertida. Nesse caso, a velocidade de reprodução do fitoplâncton é maior do que a velocidade de seu consumo pelo zooplâncton.



PIRÂMIDE DE ENERGIA

A pirâmide de energia representa a produtividade, em termos de energia em cada nível trófico. Como a energia sempre decresce, a pirâmide de energia **nunca é invertida**, sendo o melhor modo de representar o fluxo de energia. Ela pode ser usada para representar produtividade bruta e líquida, facilmente visualizáveis na pirâmide.



Inconvenientes das pirâmides

- Nenhuma pirâmide apresenta um lugar para representar adequadamente os decompositores.
- Muita matéria orgânica no ecossistema fica armazenada, não sendo utilizada nem decomposta (combustíveis fósseis, por exemplo). Isso não pode ser demonstrado.
- Ecossistemas podem realizar intercâmbio de matéria orgânica e energia entre si, o que também não pode ser evidenciado.

MODELO DE FLUXO ENERGÉTICO

Esse modelo é muito mais complexo do que as pirâmides de energia e mais adequado para se ter uma visão geral do funcionamento energético de um ecossistema. O modelo simplificado representado a seguir pode ser utilizado como esqueleto básico para representar o fluxo de energia em qualquer ecossistema.

