

## TRANSLOCAÇÃO DE SOLUTOS ORGÂNICOS

### **META**

Demonstrar como ocorre o transporte da seiva elaborada nas plantas.

### **OBJETIVOS**

Ao final desta aula, o aluno deverá:  
entender a teoria de Munch (Fluxo em massa), que consiste no transporte da seiva elaborada pelas plantas.

### **PRÉ-REQUISITOS**

Conceitos fundamentais do transporte de água e sais abordados na aula anterior.



(Fonte: <http://www.flores-online.com>).

## INTRODUÇÃO

A evolução das plantas terrestres, a partir de plantas aquáticas, criou, inicialmente, uma série de novos problemas, muitos deles relacionados com a aquisição e retenção de água. Em resposta a essas pressões ambientais, as raízes das plantas evoluíram e passaram a fixar a planta e absorver água e nutrientes do solo. Já as folhas, permitiram a absorção de luz e a realização das trocas gasosas. Com o aumento no tamanho das plantas, as raízes e as folhas se tornaram cada vez mais separadas umas das outras. Assim, sistemas para transporte à longa distância evoluíram, permitindo a eficiente troca de produtos de absorção e de assimilação entre as raízes e a parte aérea.

O xilema, como já vimos na aula 2, é o tecido que transporta água e sais minerais das raízes para a parte aérea, enquanto o floema é o tecido que transloca os produtos da fotossíntese das folhas maduras para as áreas de crescimento e de estoque (como raízes, frutos, folhas jovens, etc.). O floema também redistribui água e vários compostos orgânicos na planta. Alguns destes compostos chegam na folha madura via xilema e podem ser redistribuídos para as demais regiões da planta sem sofrer qualquer modificação metabólica.

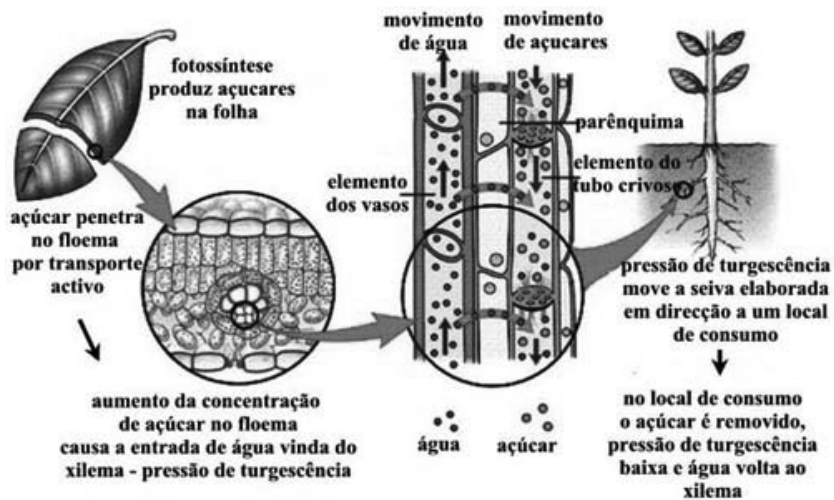


Diagrama representando a Teoria do fluxo de massa (Fonte: <http://www.notapositiva.com>).

## FLOEMA

O floema é formado por células longas, em forma de cilindro, compostas pelo meristema apical (nas extremidades do caule ou dos ramos). Estas células são vivas quando jovens mas, quando amadurecem, apresentam o citoplasma reduzido a uma fina camada ao longo da membrana celular e as suas funções vitais são asseguradas por células companheiras. Nesta altura, as paredes que separam as células estão presentes, mas apresentam vários crivos, que originam uma comunicação entre o interior de uma célula o interior da célula seguinte.

O fluxo da seiva no floema (seiva elaborada) é realizado por **transporte ativo** das moléculas que nutrem as células onde elas são produzidas ou armazenadas para as células do floema. Este processo faz com que haja uma pressão osmótica mais elevada dentro dos canais do floema, o que obriga a entrada de água das células vizinhas, criando, assim, o fluxo da seiva. Quando esta chega às células que vão utilizar as moléculas nutritivas, o transporte destas moléculas, que é feito através das membranas, é realizado no sentido contrário.

O floema, que também pode ser chamado tecido crivoso ou líber, está especializado no transporte de água e de substâncias orgânicas, sendo formado pelos seguintes tipos de células:

- as células dos tubos crivosos;
- as células de companhia;
- as fibras;
- o parênquima.

As células dos tubos crivosos são células especializadas que estão ligadas entre si pelos topos, e as suas paredes de contacto possuem vários orifícios que se assemelham a um crivo, daí o nome de tubo crivoso. As células deste são vivas, embora tenham perdido a maior parte dos organelas.

As células de companhia situam-se junto às células do tubo crivoso e mantêm ligações citoplasmáticas ajudando-as no seu funcionamento. São células vivas que possuem núcleo e outros organelas.

As fibras têm comprimento variável e servem de suporte nas plantas.

O parênquima é constituído por células vivas, pouco diferenciadas e servem de reserva.

**Transporte****Ativo**

Transporte que ocorre contra um gradiente de concentração e é mediado por carreadoras, chamadas de bombas. A atividade bombeadora consome energia (ATP).

**PADRÕES DE TRANSLOCAÇÃO:  
DA FONTE PARA O DRENO**

Os materiais no floema não são translocados exclusivamente em uma direção e o processo de translocação também não é definido pela gravidade. Na realidade, os materiais são translocados de áreas de suprimento,

conhecidas como fontes, para áreas de consumo (metabolismo) ou estoque, conhecidas como drenos.

As fontes incluem alguns órgãos, tipicamente folhas maduras, que são capazes de produzir fotoassimilados além da suas próprias necessidades. Também podem ser consideradas fontes, órgãos de armazenamento durante a fase de exportação. Este é o caso das sementes durante o processo de germinação, em que as substâncias acumuladas no endosperma ou cotilédones são metabolizadas e translocadas para o eixo embrionário em crescimento. Alguns órgãos subterrâneos, como tubérculos, bulbos, rizomas e raízes tuberosas, apresentam comportamento semelhante aos das sementes, e podem ser considerados fontes durante a fase de exportação.

Os drenos incluem órgãos não fotossintéticos da planta e aqueles que produzem uma quantidade de **fotoassimilado** insuficiente para o seu crescimento ou necessidade de estoque. Raízes, órgãos de armazenamento, frutos em desenvolvimento e folhas imaturas, os quais importam carboidratos para o seu desenvolvimento normal, são exemplos de tecidos drenos.

Em geral, folhas jovens se comportam como dreno. Em seguida, elas passam por uma fase de transição e, posteriormente, a comportar-se como fonte. No caso de dicotiledôneas, tem sido observado que a folha começa seu desenvolvimento como dreno. Quando ela atinge em torno de 25% da sua expansão entra numa fase de transição dreno/fonte. Finalmente, quando ela atinge de 40 a 50% da sua expansão, termina a fase de transição e a folha se torna uma fonte de fotoassimilados.

OBS: As folhas, independentemente de sua idade, sempre produzem fotoassimilados. A distribuição mostrada acima está associada à diferença entre a produção e o consumo. Ela é dreno quando consome mais que produz, e fonte quando produz mais que consome.

Nem todos os drenos são igualmente supridos por todas as folhas fontes da planta. Na realidade, certas fontes suprem preferencialmente alguns drenos específicos. No caso de plantas herbáceas, como a soja, as seguintes generalizações podem ser feitas.

- Proximidade → É um fator importante. Por exemplo, folhas maduras da parte superior transportam fotoassimilados para a região de crescimento da parte aérea e folhas imaturas, enquanto as folhas maduras da parte inferior suprem predominantemente o sistema radicular. No entanto, isto pode ser flexível, ou seja, remoção das folhas maduras da parte inferior força a translocação de assimilados para as raízes a partir das folhas maduras da parte superior.
- Conexão vascular → No caso de translocação entre folhas, a existência de conexão vascular parece ser importante.
- Desenvolvimento da planta → Durante a fase de crescimento vegetativo da planta, as raízes e ápices da parte aérea são os principais drenos. Na fase reprodutiva, os frutos tornam-se os drenos dominantes.

### Fotoassimilado

São os compostos resultantes da fotossíntese.

## MATERIAIS TRANSPORTADOS NO FLOEMA

A água é, quantitativamente, a substância transportada em maior abundância no floema. Dissolvidos na água, encontram-se os solutos a serem translocados, os quais consistem, principalmente, de carboidratos. Além dos carboidratos, são encontrados, também, ácidos orgânicos e aminoácidos, especialmente glutamato e aspartato e suas amidas, glutamina e asparagina. Os níveis de aminoácidos e ácidos orgânicos são variáveis e, em geral, bem menores que os de carboidratos.

Tabela 1 – Composição da seiva do floema de *Ricinus communis* (Taiz & Zeiger - 1998)

Componente	Concentração (mg mL <sup>-1</sup> )
Carboidratos (açúcares)	80,0 a 106,0
Aminoácidos	5,2
Ácidos orgânicos	2,0 a 3,2
Proteínas	1,4 a 2,2
Cloreto	0,4 a 0,7
Fosfato	0,4 a 0,6
Potássio	2,3 a 4,4
Magnésio	0,1 a 0,2

### O TRANSPORTE NO FLOEMA: TEORIA DE MUNCH OU FLUXO DE MASSA

Em relação ao transporte de seiva elaborada no floema, podemos nos referir à Teoria do Fluxo de Massa por Munch.

Esta teoria, e segundo Munch, afirma que os movimentos se devem à existência de um gradiente de concentração de sacarose, que se dá entre um órgão produtor de açúcar e um local de consumo desse açúcar, sendo que o movimento das substâncias orgânicas ocorre em sequência das diferentes pressões de turgescência que existem entre as zonas produtoras, o mesófilo e as zonas consumidoras.

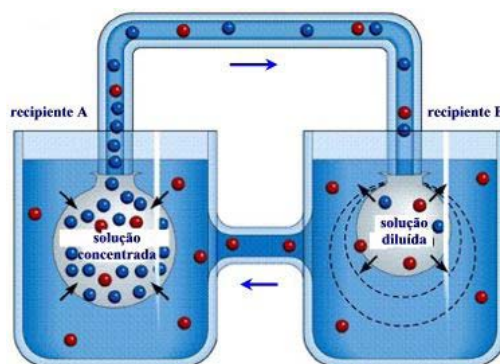


Figura 2 - Aparelho para demonstração da teoria de Munch. (PURVES et al, 2002).

Podemos, assim, verificar que existe uma circulação ascendente nos vasos xilêmicos que vem da raiz (absorvida através dos pelos radiculares) e existe uma circulação descendente nos vasos floémicos que tem origem na folha (fotossíntese), como demonstrado da figura 3.

A água e os sais minerais entram nas plantas através das extremidades das raízes, mais propriamente na zona dos pelos radiculares, onde as paredes são muito permeáveis.

A seiva bruta (água e sais minerais) ascende nos vasos xilêmicos num processo explicado pela teoria da Tensão – Coesão – Adesão.

Seguidamente e para finalizar, a seiva elaborada descende através dos vasos floémicos num processo explicado pela teoria do Fluxo de Massa.

### CONCLUSÃO

Você deve ter percebido como ocorre o transporte da seiva elaborada da fonte (folha adulta) para os drenos (raízes, frutos e folhas jovens). Estes processos servirão de base para que você possa compreender muitos outros ensinamentos que virão.

Concluimos que a seiva elaborada é constituída por água e matéria orgânica e realiza uma circulação descendente nos vasos crivosos, que se inicia nas folhas, sendo este processo explicado pela teoria de Munch ou Fluxo de Massa. Segundo esta teoria, os glicídios produzidos nas folhas durante a fotossíntese são convertidos em sacarose antes de entrarem para o floema. Essa sacarose passa das células das folhas para as células de companhia do floema por transporte ativo (ou seja, contra o gradiente de concentração, com gasto de energia com a intervenção de proteínas mediadoras). Das células de companhia do floema, a sacarose passa para os elementos dos tubos crivosos, através das ligações citoplasmáticas. Assim, a concentração de sacarose nas células dos tubos crivosos aumenta, o que provoca uma entrada de água nas células, que ficam túrgidas. A pressão de turgescência faz a solução de sacarose deslocar-se através da placa crivosa para a célula seguinte do tubo e, assim, sucessivamente.

### RESUMO

Nesta aula, você pode observar que a seiva elaborada produzida pelas folhas adultas, através da fotossíntese, é transferida para as regiões da planta que necessitam de carboidratos (raízes, frutas, folhas jovens etc).

O fluxo da seiva no floema (seiva elaborada) é realizado por transporte ativo das moléculas que nutrem as células onde elas são produzidas ou armazenadas para as células do floema. Este processo faz com que haja uma pressão osmótica mais elevada dentro dos canais do floema, o que obriga a





entrada de água das células vizinhas, criando, assim, o fluxo da seiva. Quando esta chega às células que vão utilizar as moléculas nutritivas, o transporte destas moléculas, que é feito através das membranas, é realizado no sentido contrário.

A água é quantitativamente a substância transportada em maior abundância no floema. Dissolvidos na água, encontram-se os solutos a ser translocados, os quais consistem, principalmente, de carboidratos. Além dos carboidratos, são encontrados, também, ácidos orgânicos e aminoácidos, especialmente glutamato e aspartato e suas amidas, glutamina e asparagina.

Segundo a teoria de Munch, os movimentos se devem à existência de um gradiente de concentração de sacarose, que se dá entre um órgão produtor de açúcar e um local de consumo desse açúcar, sendo que o movimento das substâncias orgânicas ocorre em sequência das diferentes pressões de turgescência que existem entre as zonas produtoras, o mesófilo e as zonas consumidoras.

### ATIVIDADES

1. Utilizando como ilustração a figura 3 (Teoria do fluxo de massa como explicação para a translocação floémica), descreva a influência do transporte no xilema na translocação de seiva elaborada.



### COMENTÁRIO SOBRE A ATIVIDADE

Para a resolução da atividade, será necessário o entendimento das teorias da coesão-adesão-tensão (transporte de águas e sais) e da teoria do fluxo em massa ou teoria de Munch, observando as necessidades básicas das diferentes regiões da planta.

### PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, iremos abordar a nutrição mineral das plantas.



### AUTOAVALIAÇÃO

1. Descreva os componentes do floema.
2. Descreva a constituição básica da seiva elaborada.
3. Qual a função da seiva elaborada nos órgãos da planta?



## REFERÊNCIAS

- FERREIRA, L. G. R. **Fisiologia vegetal: relações hídricas**. 1 ed. Fortaleza: Edições UFC, 1992.
- HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2000.
- PURVES, W. K. et al. **Vida: a ciência da biologia**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- RAVEN, P. H., EVERT, R. F., EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Editora Artmed, 2004.