

2.2 Teoria da adesão – tensão – coesão

Esta teoria é considerada mais importante do que a anterior e baseia-se nos seguintes factos científicos.

Existe uma coluna contínua de água que sobe nos vasos xilémicos. Essa coluna mantém-se devido às interações que existem entre as moléculas de água e entre estas e as paredes dos feixes de xilema [Figura 4.1.13]:

- as moléculas de água mantêm-se ligadas umas às outras por pontes de hidrogénio, gerando as **forças de coesão**;
- a perda de água nas folhas cria **forças de tensão** sobre a coluna de água;
- as moléculas de água ligam-se às moléculas de celulose das paredes das células do xilema, gerando-se **forças de adesão**.

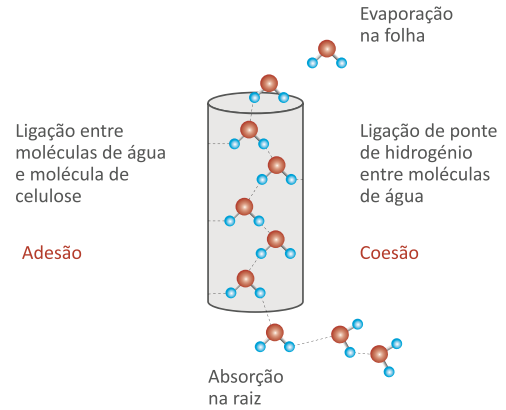


Figura 4.1.13 - Esquema que representa a adesão e a coesão das moléculas de água.

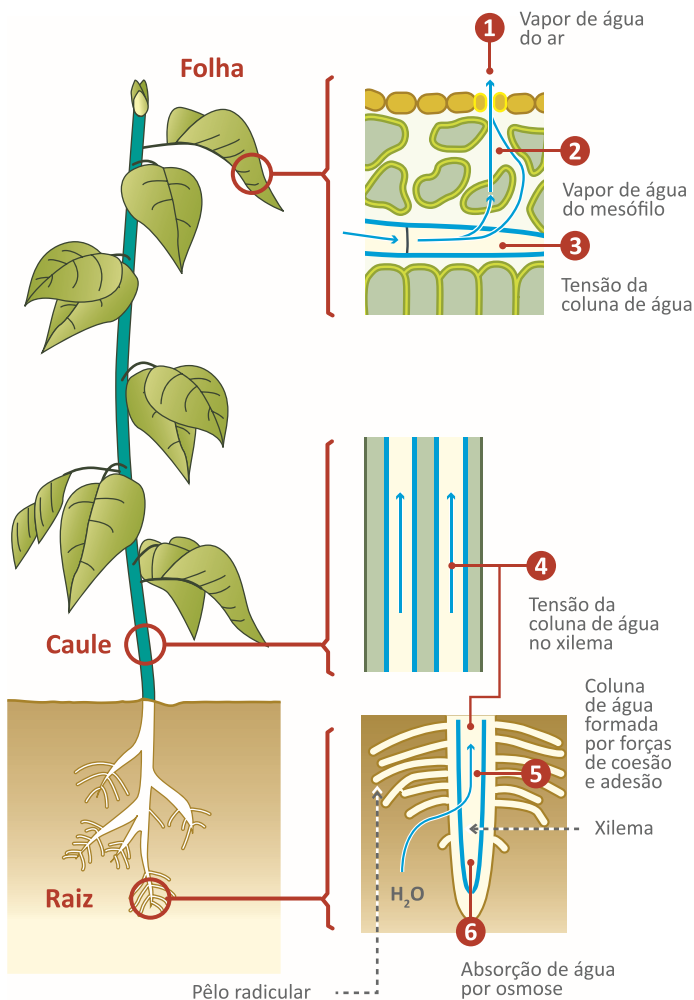


Figura 4.1.14 - Esquema representando a Teoria da Adesão – Tensão – Coesão para a ascensão da seiva xilémica ao longo da planta.

Considerando os três tipos de forças acima referidas, a Teoria da Adesão – Tensão – Coesão pode ser descrita relacionando os seguintes fenómenos [Figura 4.1.14]:

- Ao nível dos estomas das folhas a planta perde vapor de água para a atmosfera.
- Ao nível da raiz a planta absorve água e sais formando-se a seiva xilémica.

A Figura 4.1.14 mostra que a água perdida nos estomas [1] vem do mesófilo [2] e do xilema [3].

A saída de água do xilema cria uma tensão na coluna de água [3] que faz subir a seiva ao longo dos vasos xilémicos [4 e 5].

A subida de água ao longo do xilema leva a raiz a absorver água do solo por osmose [6].

As propriedades das moléculas permitem que exista uma coluna contínua de água que sobe nos vasos xilémicos desde a raiz até à folha.

Atividade Prática Laboratorial 4.1.2

Objetivo: Visualização do efeito das forças de coesão e adesão.

Material: um copo estreito; retângulo de papel absorvente (ex. guardanapo ou lenço de papel); tesoura; água.

Procedimentos:

- Coloca uma pequena quantidade de água num copo ou tubo (cerca de 2 mm de altura);
- Corta uma tira de papel absorvente e coloca a tira ao alto no copo até esta tocar na água. Observa a subida de água ao longo do papel.

Discussão:

- Descreve o que aconteceu.
- Sabendo que o papel é constituído por moléculas de celulose, explica o que observaste, utilizando os conceitos de adesão e coesão das moléculas de água.
- Explica a importância desta atividade para compreender a subida da água ao longo dos feixes de xilema que vão da raiz até às folhas (Nota que as paredes das células do xilema são ricas em celulose).

Atividade Prática Laboratorial 4.1.3

Objetivo: Visualização da localização dos vasos xilémicos em caules.

Material: copo com café bastante concentrado; plantas jovens; papel absorvente; bisturi.

Procedimentos:

- Corta a parte aérea da planta e coloca-a no café durante pelo menos um dia.
- Faz cortes transversais finos e observa.

Discussão:

- Interpreta os resultados explicando o aparecimento das zonas coloridas nos cortes de caule.
- Prevê qual seria o aspeto dos cortes se tivessem sido feitos em raízes ou folhas. Justifica.



3 Transpiração das plantas

Chamamos transpiração à quantidade de água que as plantas perdem na forma de vapor. A transpiração é muito importante pois influencia a quantidade de água e solutos que a planta absorve pelas raízes, ou seja, influencia a quantidade de água e nutrientes minerais que uma planta tem no seu corpo. Chamamos taxa de transpiração à quantidade de água que 1 g da planta perde por hora.

A maior parte da transpiração (cerca de 90%) das plantas é feita nas folhas pelos estomas. Os estomas localizam-se em plantas dicotiledóneas só na página inferior das folhas. Localizam-se nos dois lados das folhas nas plantas monocotiledóneas. Revê a estrutura da folha e os estomas na **Figura 4.1.5**.

Os estomas são formados por células especiais, da epiderme, e que podem ser observadas ao MOC, como se mostra na **Figura 4.1.15**.

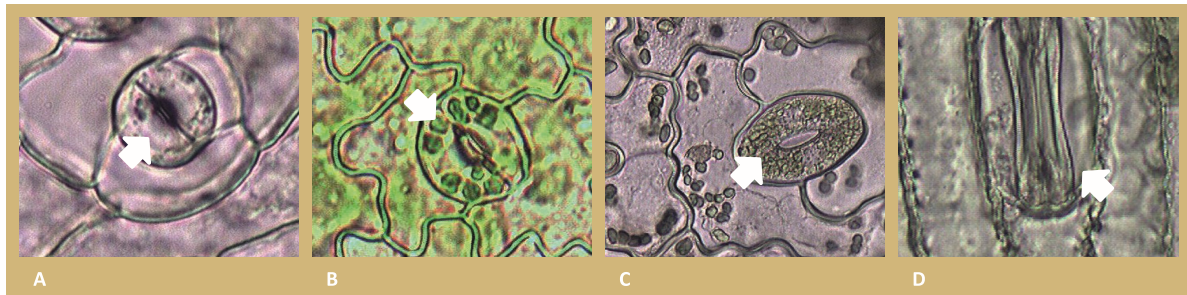


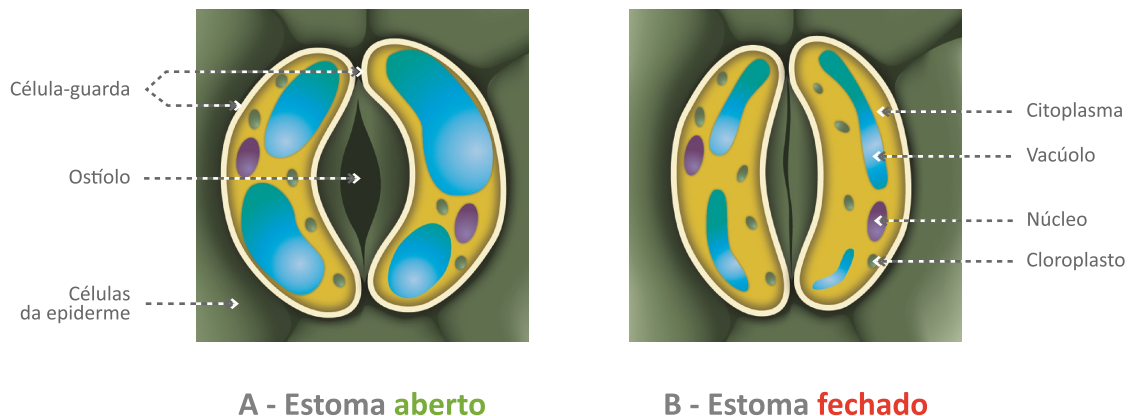
Figura 4.1.15 - Estomas (seta) ao MOC em epiderme de folhas de (A) Couve; (B) Alface; (C) Feto; (D) Erva. (Ampliação: 400X)

Os estomas são constituídos do seguinte modo [**Figura 4.1.15** e **Figura 4.1.16**]:

- duas células especiais da epiderme chamadas **células guarda** ou **células estomáticas**;
- as células guarda rodeiam um orifício chamado **ostíolo**. São células em forma de **C** e as únicas células da epiderme que têm cloroplastos.

O ostíolo do estoma pode abrir ou fechar. O ostíolo aberto deixa sair água por transpiração e permite trocas de gases (CO_2 e O_2) com a atmosfera. O ostíolo fechado baixa as taxas de transpiração, de fotossíntese e de respiração. Revê os subtemas 3.2 e 3.3, sobre respiração e fotossíntese do 10º ano.

O ostíolo abre quando as células estomáticas ficam túrgidas, ou seja aumentaram de volume por terem recebido água das células vizinhas. A água faz pressão (pressão de turgescência) sobre as paredes celulares que limitam o ostíolo, fazendo-as encurvar e afastar-se. O ostíolo fecha quando as células estomáticas perderem água para células vizinhas [**Figura 4.1.16**].



A - Estoma **aberto**

B - Estoma **fechado**

Figura 4.1.16 - Esquema de um estoma aberto (A) e do mesmo estoma fechado (B)

3.1 Fatores que influenciam a transpiração das plantas

A taxa de transpiração varia entre as espécies. Na mesma planta a taxa de transpiração também pode aumentar ou diminuir em resposta às condições ambientais.

Os fatores que mais influenciam a transpiração são os seguintes:

1 - INTENSIDADE LUMINOSA - A luz influencia a fotossíntese e a quantidade de açúcares produzidos. Se as células estomáticas tiverem uma grande concentração de açúcar podem receber água, por osmose, o que as torna túrgidas fazendo abrir o ostíolo.

Em geral, uma maior intensidade luminosa leva também a um aumento de temperatura da atmosfera.

2 - TEMPERATURA - A temperatura elevada faz as plantas transpirarem mais e, em casos extremos, as plantas até podem secar por terem perdido muita água. A maioria das plantas abre os estomas durante o dia (quando há mais luz e calor) e fecha-os de noite.

3 - HUMIDADE DO AR - Quando o ar é muito húmido tem grande quantidade de moléculas de água, pelo que não há gradiente de moléculas de água entre o ar e o mesófilo das folhas. Logo sai menos água através do estoma. Ao contrário, se o ar está seco, com poucas moléculas de água, perdem-se mais moléculas de água do mesófilo da folha para o exterior através do estoma [revê a Figura 4.1.14].

4 - QUANTIDADE DE CO₂ NA ATMOSFERA - A fotossíntese usa o CO₂ que entrou pelos estomas e chegou ao mesófilo. Sempre que houver falta de CO₂ a planta abre os estomas para absorver CO₂.

5 - QUANTIDADE DE ÁGUA NO SOLO - Segundo a teoria de adesão-tensão-coesão a água perdida pelas folhas é reposta pelo xilema da folha, criando-se uma coluna de água, em tensão, no feixe de xilema até à raiz. Quando não há água no solo a raiz não pode absorver água. Esta falta de água faz a planta fechar os estomas.

Muitos destes fatores estão relacionados entre si, atuando em conjunto. Por exemplo, a elevada luminosidade está muitas vezes associada a um aumento de temperatura.

O aumento de temperatura também provoca a **evaporação** da água que existe no solo. À soma da evaporação e da transpiração chama-se evapotranspiração. Assim, a elevada temperatura reduz a quantidade de água no solo pois aumenta a evaporação ao nível do solo e aumenta a transpiração pelas plantas.

Atividade Prática Laboratorial 4.1.4

Questão: Como é que a luz afeta a transpiração?

Material: 2 ramos da mesma planta, com o mesmo número de folhas e a mesma altura; um tubo de plástico fino (tubo de aquário); pipeta; suporte universal e molas; algodão; plástico.

Procedimentos:

- 1 - Identifica os dois ramos com as letras A e B (os caules devem ter diâmetro igual ao do tubo).
- 2 - Numa bacia com água mergulha o tubo, a pipeta e a planta. Liga uma extremidade do tubo à pipeta e outra ao caule (deve ficar bem ajustado). Isola a ligação da planta ao tubo com algodão e plástico. Coloca num suporte conforme a imagem.
- 3 - Faz uma montagem igual para o ramo B.
- 4 - Marca com uma caneta a altura da água na pipeta (ou regista o valor) e regista a hora de montagem.



5 - Põe a montagem com o ramo A numa janela iluminada (virada para o sol) e a montagem com o ramo B às escuras.

6 - Marca o nível da água nas pipetas, se possível de 1 em 1h. Faz o último registo na aula seguinte.

Discussão:

1 - Indica as variáveis:

- a) que controlaste na experiência;
- b) que estudaste na experiência.

2 - Descreve e explica os resultados que obtiveste.

Memória descritiva:

Elabora um relatório científico sobre a atividade laboratorial. (Consulta a adenda do manual do 10º ano).

Atividade Prática Laboratorial 4.1.5

Faz uma nova experiência semelhante à anterior, usando os ramos A e C (ramos iguais aos anteriores).

Procedimentos:

- 1 - Executa os passos descritos na atividade 4.1.4 para montar os dispositivos com os ramos A e C.
- 2 - O dispositivo do ramo C será colocado em saco plástico, conforme a imagem.
- 3 - Coloca os dispositivos à luz e efetua os registos até à aula seguinte.

Previsões:

- 1 - Identifica a questão que se queria estudar.
- 2 - Prevê os resultados. Explica a tua resposta.

Discussão:

- 1 - Identifica as variáveis que foram controladas e estudadas.
- 2 - Descreve e explica os resultados que obtiveste.

Memória descritiva:

Elabora um relatório científico sobre a atividade laboratorial.



4 Nutrição das plantas

4.1 Nutrientes essenciais e suas funções

Em geral, as plantas retiram a água e os nutrientes minerais do solo [Figura 4.1.17]. Uma planta cresce saudável se conseguir retirar do solo os nutrientes e a água em quantidades suficientes. Se faltarem nutrientes a planta sofre deficiência nutritiva, podendo não crescer, ou podendo até morrer. Por outro lado, se algum nutriente estiver em excesso, pode ser tóxico e reduzir o crescimento da planta, ou levar à sua morte.

Os elementos minerais que a planta necessita para se desenvolver chamam-se **nutrientes essenciais**. Chamam-se **macronutrientes** aos nutrientes que a planta necessita em maior quantidade e **micronutrientes** aos nutrientes que existem em menor quantidade na planta. Os principais macronutrientes e micronutrientes das plantas e algumas das suas funções estão descritos na **Tabela 4.1.1**.

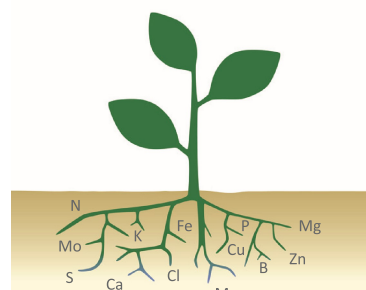


Figura 4.1.17 - Elementos nutrientes para a planta.

Tabela 4.1.1 - Lista de nutrientes essenciais para as plantas, e exemplos de funções que desempenham.

	NUTRIENTE ESSENCIAL	EXEMPLOS DE FUNÇÕES MAIS IMPORTANTES
MACRO	Carbono (C); Hidrogénio (H); Oxigénio (O)	Componentes das biomoléculas (açúcares, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, ...).
	Azoto (N)	Constituinte sobretudo de proteínas e de ácidos nucleicos.
	Fósforo (P)	Componente sobretudo de ácidos nucleicos (ex. no núcleo) e de ATP.
	Potássio (K)	Regula a turgidez das células (ex. em células estomáticas).
	Cálcio (Ca)	Regula o transporte de outros nutrientes; é constituinte da parede celular.
	Magnésio (Mg)	Componente da clorofila (pigmento vegetal essencial à fotossíntese).
	Enxofre (S)	Componente de proteínas e de vitaminas.
	Boro (B); Cobre (Cu); Ferro (Fe); Manganésio (Mn); Cloro (Cl) Molibdénio (Mo); Zinco (Zn)	Importantes para certas enzimas atuarem. Necessários para algumas reações da fotossíntese ou da respiração.

Os nutrientes são geralmente absorvidos na forma de iões: catiões ou aniões. Os iões movem-se de forma diferente nos órgãos da planta. O azoto (na forma de anião NO_3^{2-} , ou de catião NH_4^+), o fósforo (na forma de anião PO_4^{3-}), o magnésio (catião Mg^{2+}) e o cloro (anião Cl^-) podem deslocar-se rapidamente das zonas mais velhas para as mais jovens da planta.

Outros nutrientes, como o catião Fe^{2+} , o catião Ca^{2+} , ou o boro, movem-se pouco e acumulam-se mais nas raízes e nas folhas mais velhas.

4.2 Adaptações nutricionais

Para sobreviver em ambientes mais extremos, algumas plantas desenvolvem adaptações nutricionais:

PLANTAS ADAPTADAS A SOLOS SALINOS – Algumas plantas vivem normalmente junto ao mar, ou em solos ricos em sais. Dizem-se plantas halófitas, pois toleram solos com quantidades muito elevadas de sal (NaCl) [Figura 4.1.18 A].

PLANTAS ADAPTADAS A ELEVADAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS – As plantas que crescem em solos contaminados com metais designam-se metalófitas. Algumas até conseguem absorver e acumular grandes concentrações desses metais sem prejudicar o seu crescimento. Essas plantas que acumulam metais dizem-se acumuladoras de metais [Figura 4.1.18 B].

As plantas acumuladoras podem ser usadas pelo homem para extrair metais que contaminam os solos. Os solos contaminados com metais não são próprios para cultivo, como acontece em zonas de minas de extração de metais. Esses solos contaminados podem ser limpos usando plantas metalófitas. Chama-se **fitorremediação** a esse processo de descontaminação.



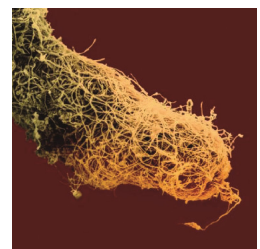
Figura 4.1.18 - (A) Planta halófito. (B) Planta metalófito.

ASSOCIAÇÕES SIMBIÓTICAS PLANTAS-MICRORGANISMOS – Há plantas que se associam a outros seres vivos, sobretudo bactérias ou fungos, para poderem absorver melhor certos nutrientes.

Estas associações são um exemplo de simbiose, pois em troca de nutrientes fornecidos pelas bactérias ou pelos fungos, a planta pode fornecer outros nutrientes a esses seres, como por exemplo carboidratos.

As raízes de plantas da família Fabaceae (produzem frutos do tipo vagem, como o feijoeiro ou a soja) associam-se a bactérias *Rhizobium*, formando uns **nódulos** que podem ser visíveis a olho nu. Estas bactérias captam o azoto atmosférico (N_2) e formam nitratos que as plantas utilizam na sua nutrição.

Outras plantas (como o pinheiro) associam-se a certos fungos, que vivem dentro das suas raízes, numa associação de simbiose chamada **micorriza**. Neste caso a superfície de contacto da planta com o solo passa a ser muito maior, o que facilita a absorção de água e de sais minerais. Esta simbiose permite uma melhor adaptação das plantas aos solos de climas mais secos.



Ideias-chave 4.1

- As plantas apresentam uma grande diversidade de tecidos especializados em diferentes funções. Por exemplo a epiderme (proteção e absorção), xilema e floema (transporte da seiva) e parênquima (reserva, síntese de metabolitos,...).
- Os tecidos diferenciados formam-se a partir de tecidos chamados meristemas, cujas células se dividem muitas vezes. Estes tecidos meristemas são importantes para o crescimento das plantas.
- O movimento de água e solutos faz-se pelo sistema vascular: o xilema transporta a seiva xilémica desde a raiz às folhas e o floema transporta a seiva floémica desde locais ricos em açúcares (como folhas) até ao resto da planta.
- A seiva floémica é constituída sobretudo por água, açúcares e outros compostos como hormonas. A seiva xilémica é constituída sobretudo por água e iões minerais, pode também ter hormonas vegetais.
- O transporte de seiva xilémica é apenas na direção ascendente. O transporte da seiva floémica faz-se nas duas direções, sempre no sentido de um local rico em carboidratos para um local pobre em carboidratos.
- O movimento da água nas plantas acontece por diferenças de pressão exercida pela água e solutos. A água movimenta-se de locais onde está em muita quantidade para locais onde está em pouca quantidade.
- A absorção de iões é feita pelas raízes, sobretudo por transporte ativo. Dentro da raiz os iões podem circular pelo interior das células, ou pelo exterior das células (espaços intercelulares e parede celular).
- A ascensão de seiva xilémica deve-se a 2 processos: 1) a pressão de raiz que faz a seiva subir; 2) a teoria da adesão-tensão-coesão: a transpiração nas folhas cria tensão no xilema das folhas. O xilema das folhas passa essa tensão ao xilema na raiz. Este déficit de água na raiz leva a que a raiz absorva água do solo, que depois é novamente transportada até à folha.
- Os estomas são estruturas especiais da epiderme das folhas e têm células estomáticas e um ostíolo.
- Os estomas possibilitam as trocas de gases entre a planta e a atmosfera, e por isso são importantes na transpiração, na fotossíntese e na respiração.
- A abertura dos estomas é controlada por fatores ambientais: intensidade luminosa, temperatura, quantidade de CO_2 na atmosfera e quantidade de água no solo.
- A soma da perda de água por transpiração das plantas e da evaporação do solo chama-se evapotranspiração.
- A transpiração está associada à absorção radicular e, por isso, também afeta a absorção de iões nutrientes.
- Os nutrientes essenciais são aqueles que a planta necessita para viver. Dividem-se em: a) macronutrientes (C, H, O, N, K, P, Ca, Mg, S) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn, B, Mo, Cl).
- Os nutrientes entram na planta sobretudo na forma de iões com carga negativa (aniões) ou positiva (catiões).
- As plantas desenvolvem mecanismos de adaptação nutricional para se adaptarem a condições extremas, ou para melhorarem a produção: a) as halófitas vivem em zonas com excesso de sal; b) as metalófitas vivem em locais com excesso de metais.
- Há plantas que se associam por simbiose a outros microrganismos (bactérias ou fungos) aumentando a sua nutrição e enriquecendo também os solos.

Exercícios de aplicação 4.1

1 - Desenha:

- a) um corte transversal de folha de dicotiledónea, colocando e identificando os seguintes tecidos: epiderme, parênquima clorofílico (mesófilo), xilema e floema
- b) um corte transversal de raiz de dicotiledónea, colocando e identificando os seguintes tecidos: epiderme, parênquima cortical, endoderme, xilema e floema, e parênquima medular.

Não escrevas neste livro.
Completa a atividade no teu caderno



2 - Na tabela abaixo tens, na coluna da esquerda, uma lista de tecidos vegetais e, na da direita, uma lista de funções. Faz corresponder a cada número (tecido) uma letra (função).

TECIDO	FUNÇÃO
1 - xilema	A) fotossíntese
2 - floema	B) proteção
3 - periderme (casca)	C) condução de água e açúcares
4 - epiderme	D) condução de água e sais
5 - parênquima	E) proteção, absorção e trocas gasosas
6 - mesófilo	F) reserva

3 - Durante 24 horas registou-se a quantidade de água absorvida por uma planta e a quantidade de água que a planta perdia por transpiração.

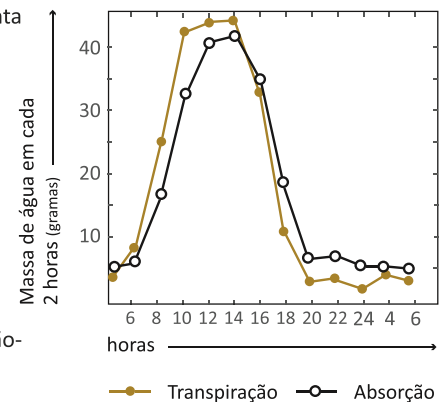
O resultado desse estudo está representado no gráfico.

- 3.1 Indica a que horas ocorreram os valores de transpiração: máximo e mínimo.
- 3.2 Descreve como variou a transpiração da planta ao longo da experiência.
- 3.3 Compara a absorção de água da planta com a transpiração.
- 3.4 Explica os resultados.

4 - Explica por palavras tuas o transporte de seiva xilémica pela “teoria da adesão-tensão-coesão”.

5 - Desenha um estoma aberto e um estoma fechado e identifica neles: as células de guarda e o ostíolo.

6 - Distingue macronutriente de micronutriente. Dá um exemplo de um macronutriente e refere a sua função.



4 | Dinâmicas biológicas e produção vegetal

4.2 | Mobilização de metabolitos, regulação e crescimento

Como é que a planta transporta os compostos orgânicos que produz?

Como é que as plantas regulam o seu crescimento, germinação, floração ou frutificação?

Como é que as plantas se orientam em direção à luz?

As folhas são os principais órgãos de realização da fotossíntese e produzem carboidratos. Estes compostos são distribuídos por todos os órgãos (flores, frutos, caules e raízes) que os consomem ou armazenam.

Para além das folhas, há outros órgãos da planta que também sintetizam substâncias importantes, como as hormonas vegetais que são distribuídas pelo corpo da planta.

As hormonas vegetais são metabolitos responsáveis pelo crescimento da planta, influenciando processos como a germinação de sementes, ou a formação de novos órgãos, como ramos ou raízes.

Neste subtema explora-se a forma como os metabolitos circulam na planta, bem como algumas das suas funções.

Conceitos-chave

- Metabolitos
- Floema
- Seiva floémica
- Teoria do fluxo de massa
- Hormonas vegetais: Auxinas, citocininas, giberelinas, etileno, ácido abscísico
- Germinação
- Floração
- Tropismos: fototropismo e gravitropismo

Metas de Aprendizagem

Mobiliza (revê) conceitos de morfologia, fotossíntese, transporte celular e ultraestrutura da célula para descrever aspetos de fisiologia das plantas.

Explica o transporte floémico, levando metabolitos (açúcares, hormonas,...) a todos os órgãos da planta.

Interpreta dados relativos ao modelo de fluxo de massa.

Enumera exemplos de hormonas vegetais e exemplos de seus efeitos.

Interpreta situações (experimentais ou reais) relativas à influência de hormonas vegetais no crescimento e fisiologia de plantas.

Relaciona efeitos de componentes abióticos com a germinação e o crescimento de plantas.

Explica o significado de fototropismo e gravitropismo, indicando exemplos.

Utiliza, em segurança e com correção, material de laboratório e de campo.

Elabora memória descritiva com resultados de trabalhos práticos utilizando linguagem e formatos cientificamente adequados.

1 O papel da folha na fotossíntese, respiração e transpiração

A folha é o órgão onde se realiza a **fotossíntese**, o processo que permite a produção de matéria orgânica a partir de água, dióxido de carbono e luz (revê o subtema 3.3 do 10º ano).

As folhas têm um tecido especializado para a realização da fotossíntese chamado **mesófilo** [Figura 4.2.1 A].

Este tecido é constituído por células muito ricas em **cloroplastos**, que são os **organelos** responsáveis pela fotossíntese [Figura 4.2.1 B].

Para realizar a fotossíntese o cloroplasto precisa de absorver luz. Os **pigmentos fotossintéticos** (clorofilas e carotenoides) captam a energia luminosa e iniciam reações químicas que levam à produção de **ATP** e **NADPH₂**. Para este processo ocorrer o cloroplasto precisa de água, um dos componentes da seiva xilémica.

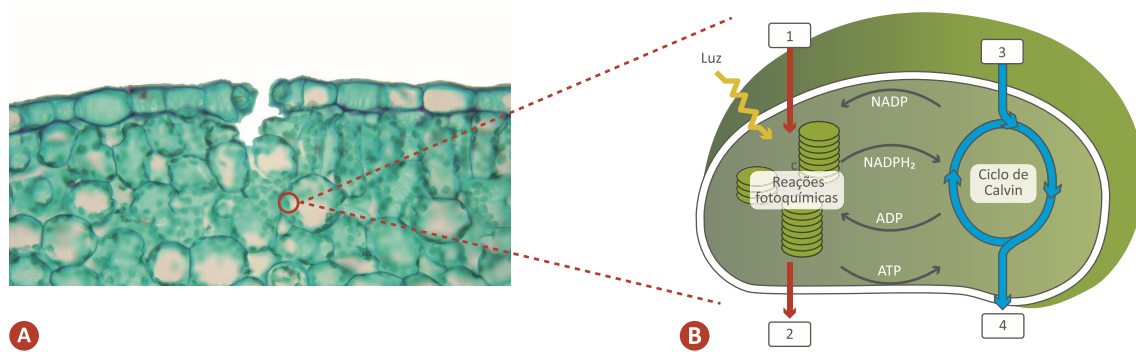


Figura 4.2.1 - (A) Fotografia ao MOC de células de mesófilo: C - cloroplastos; V - vacúolo; P - parede celular; Ci - citoplasma.

(B) Esquema da fotossíntese no cloroplasto: 1 - excitação da clorofila por fotões; 2 - libertação de oxigénio a partir de água;

3 - entrada de CO₂ no ciclo de Calvin; 4 - produção de açúcares.

O ATP e o NADPH₂ que são formados no cloroplasto são usados no ciclo de Calvin para produzir glicose, o que envolve consumo de CO₂. A folha absorve o CO₂ através dos estomas. Como resultado da fotossíntese liberta-se O₂ que sai da folha para a atmosfera também através dos estomas [Figura 4.2.2].

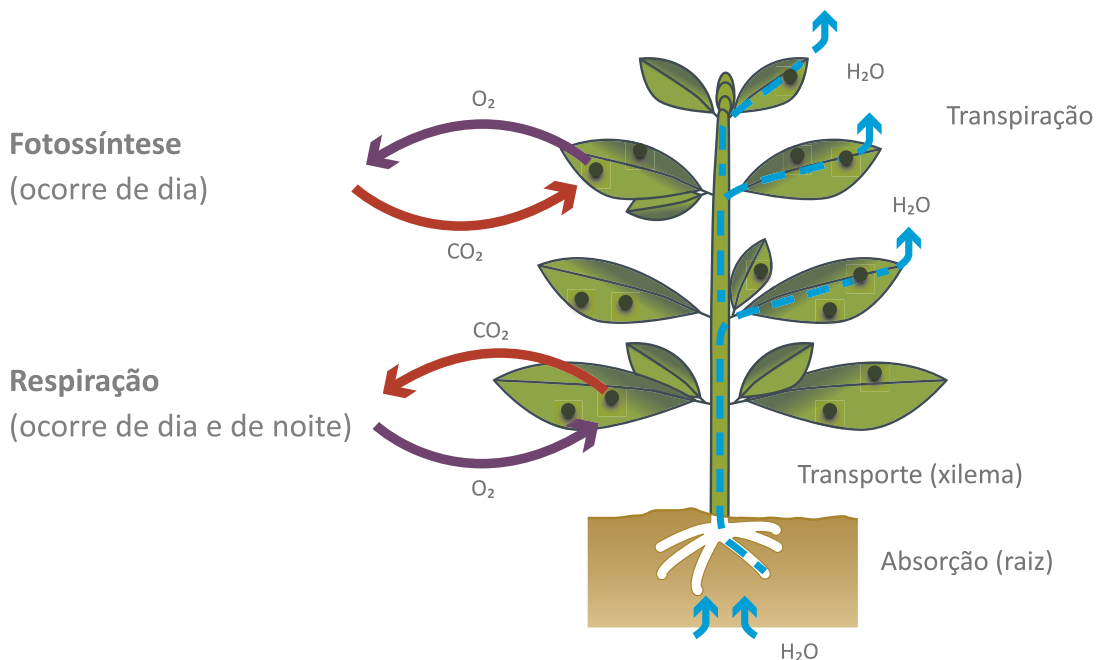


Figura 4.2.2 - Relação entre fotossíntese, respiração, transpiração e absorção radicular.

A **respiração celular** ocorre nas **mitocôndrias** e permite obter ATP através de um conjunto de reações químicas que degradam moléculas de glicose (revê o subtema 3.2 do 10º ano).

A respiração celular ocorre em todos os órgãos da planta (folhas, caule, raiz, flores e frutos), pelo que todas as células têm de receber os açúcares que são formados nas folhas durante a fotossíntese. O transporte dos açúcares é feito pelo **floema**, via através da **seiva floémica**.

2 Transporte de metabolitos ao longo da planta

As substâncias produzidas nos órgãos fotossintéticos são distribuídas por toda a planta. O transporte dessas substâncias ocorre através das células condutoras do floema – **chamadas células do tubo crivoso**.

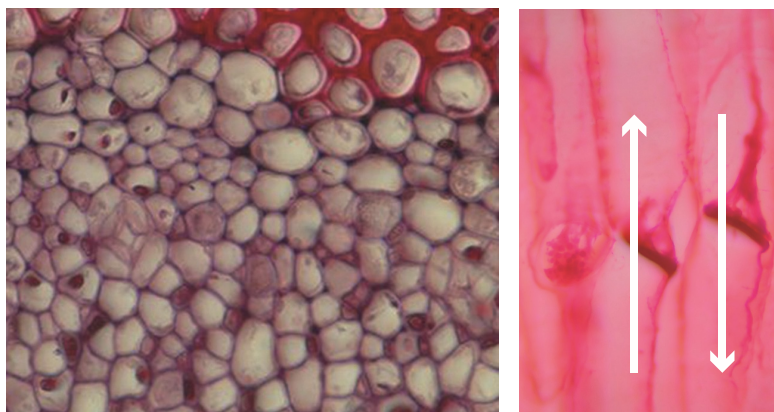


Figura 4.2.3 - Fotografias ao MOC de floema (A) em corte transversal, com um conjunto de células de tubo crivoso muito juntas e com paredes finas. (B) Em corte longitudinal, onde se veem as células de floema a formar canais. As setas brancas indicam como a seiva floémica pode circular nos dois sentidos, ascendente e descendente.

As células do tubo crivoso unem-se umas às outras e formam os tubos floémicos. Os tubos floémicos são compridos e vão desde as folhas até às raízes, formando um longo canal de circulação [Figura 4.2.3]. É por estes tubos ou canais que circula a **seiva floémica** ou seiva elaborada. As substâncias produzidas nos órgãos fotossintéticos são levadas pela seiva floémica a toda a planta. Por outro lado, os carboidratos podem ser levados de locais de armazenamento (por exemplo os tubérculos) para outros locais da planta. Assim, o transporte da seiva floémica dá-se nas duas direções: descendente e ascendente.

A seiva floémica contém água, açúcares (sobretudo sacarose), alguns iões minerais, e outras substâncias orgânicas como hormonas vegetais.

Sabias que...

Como a seiva floémica é muito rica em açúcares, é doce e muito agradável para muitos animais.

Certos insetos vivem em plantas e alimentam-se da seiva floémica dessas plantas. Estes animais podem enfraquecer a planta e podem causar a sua morte. Quando atacam as plantações agrícolas causam grandes prejuízos.



Como se faz o transporte da seiva floémica?

2.1 Teoria do fluxo de massa

A glicose produzida nos órgãos fotossintéticos, como a folha, é convertida em sacarose antes de entrar no floema que a leva a todos os órgãos da planta. A sacarose pode ser utilizada para as funções vitais da célula (ex. respiração), mas também pode ficar armazenada quando não é precisa naquele momento (ex. em raízes, frutos, ou nas sementes).

A **teoria do fluxo de massa** explica os movimentos dos açúcares na planta com base nos seguintes acontecimentos [Figura 4.2.4]:

- A glicose produzida nas células do mesófilo, pela fotossíntese, é transformada em sacarose.
- A sacarose passa, por transporte ativo, para as células crivosas do floema e fica a fazer parte da seiva floémica.
- À medida que aumenta a concentração de sacarose nos tubos crivosos aumenta a pressão osmótica nestas células.
- A água das células vizinhas (por exemplo do xilema) passa por osmose para as células do tubo crivoso.
- Com o aumento da água e da sacarose as células do tubo crivoso ficam túrgidas. Este aumento de pressão de turgescência faz a seiva floémica movimentar-se ao longo do tubo crivoso.
- Acontece um movimento de seiva floémica das regiões de alta pressão osmótica – onde há muita sacarose – para as regiões de baixa pressão osmótica – onde há pouca sacarose.
- Nas zonas de consumo (ex. raízes ou flores) a sacarose é retirada para as células que necessitam de açúcar.
- A saída da sacarose diminui a pressão osmótica nas células do floema dessa zona. Assim, a água também vai sair, por osmose, para as células do xilema.

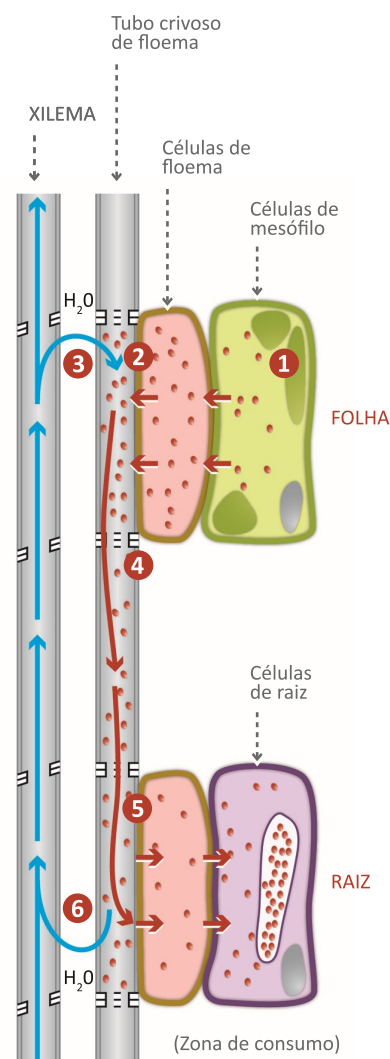


Figura 4.2.4 - Movimentos de fluxo de massa.

Atividade Prática 4.2.1

Analisa atentamente a **Figura 4.2.4** e a descrição da Teoria do Fluxo de Massa.

1 - Faz corresponder as afirmações a), b), d), e), g) e h) aos algarismos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 da Figura.

2 - A batata é um caule de reserva de carboidratos. Sempre que se coloca uma batata na terra começa a formar-se uma nova batateira. Inicialmente a planta jovem cresce à custa dos açúcares que estavam armazenados nesse caule subterrâneo. Com base na Teoria do Fluxo de Massa, descreve os processos que permitem retirar os açúcares de uma zona subterrânea e levá-los à parte aérea da nova planta.

3 Regulação e crescimento

O crescimento das plantas depende de fatores bióticos, ou seja da interação com outras plantas, animais ou microrganismos, e depende de fatores abióticos como temperatura, luz, disponibilidade de água.

Estes fatores bióticos e abióticos controlam processos como a fotossíntese e assim controlam a síntese de carboidratos pela planta. Além disso, controlam também a síntese de outros compostos químicos que têm funções reguladoras. Estas moléculas reguladoras são chamadas **hormonas vegetais** ou **reguladores de crescimento** e são muito importantes para o crescimento da planta. As hormonas vegetais circulam pelo corpo da planta, sobretudo pelo floema.

As hormonas vegetais regulam as várias etapas do crescimento e maturação das plantas: germinação das sementes, crescimento das partes aérea ou raízes, e também o desenvolvimento das flores (floração).

As plantas também reagem a estímulos, movimentando os seus órgãos. A estas reações chamamos **tropismos**. Por exemplo, a raiz cresce no sentido da gravidade da Terra; algumas plantas inclinam os seus caules, folhas ou flores para o lado em que recebem luz, numa reação que se chama **fitotropismo**.

3.1 Ação das hormonas vegetais no desenvolvimento das plantas

A produção das hormonas vegetais normalmente é estimulada por um fator externo (ex. temperatura, água, luz, salinidade, infeções...), ou por um fator interno (ex. germinação da semente, envelhecimento da planta).

Em geral, as hormonas vegetais são moléculas que têm as seguintes características:

- são sintetizadas pela planta;
- são eficazes em quantidades muito pequenas;
- atuam no local onde foram produzidas, ou em zonas distantes;
- influenciam o desenvolvimento da planta (ex. divisão ou diferenciação celular).

Há cinco grupos principais de hormonas vegetais: as **auxinas**, as **citocininas**, as **giberelinas**, o **etileno** e o **ácido abscísico**. Estas hormonas podem ter efeitos semelhantes. Quando aplicadas em conjunto podem ter um efeito maior (**efeito sinérgico**), ou ter ação contrária (**efeito antagónico**).

Atividade Prática 4.2.2

Questão: Por que razão a fruta madura acelera o amadurecimento de outras frutas à sua volta?

Material: 1 banana madura cortada em 3 pedaços iguais; 2 limões ou tangerinas (pouco maduros); 2 sacos de plástico transparentes; 1 faca; 2 etiquetas; 1 caneta.

Procedimento:

- 1 - Etiqueta um dos sacos de plástico com a letra “A” e o outro com a letra “B”.
- 2 - Coloca: no saco A um limão pouco maduro e os três pedaços da banana que cortaste anteriormente; no saco B o outro limão sem a banana.
- 3 - Fecha muito bem os sacos de plástico.
- 4 - Regista as mudanças que ocorrem em cada saco ao longo de vários dias (regista a data das observações).

Discussão:

- 1 - Indica em qual dos sacos o limão amadureceu mais rapidamente.
- 2 - Apresenta uma explicação para os resultados.
- 3 - Descreve algumas das funções do etileno nas plantas.

Tabela 4.2.1 - Resumo das hormonas vegetais e das principais ações nas plantas.

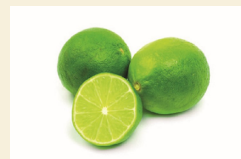
HORMONA	LOCAL DE SÍNTESE E FORMA DE TRANSPORTE	AÇÕES PRINCIPAIS	EXEMPLOS DE FUNÇÕES
AUXINAS	<ul style="list-style-type: none"> - Produzida nos meristemas que existem nas extremidades, nas flores, frutos e em sementes. - Transportada na seiva floémica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estimula a divisão celular. - Estimula o alongamento celular. - Estimula o desenvolvimento de raízes; desenvolvimento dos frutos (frutificação). 	<ul style="list-style-type: none"> - Regula a cicatrização das feridas. - Influencia o fototropismo dos caules, ou gravitropismo das raízes, regulando o alongamento celular. - Promove o enraizamento de estacas.
CITOCININAS	<ul style="list-style-type: none"> - Produzida nas raízes. - Transportada pelo xilema e, em pouca quantidade, pelo floema. 	<ul style="list-style-type: none"> - Atrasa o envelhecimento. - Estimula as divisões celulares. - Promove a formação de porções aéreas e inibe a formação de raízes. - Promove a germinação de sementes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Atrasa a queda das folhas. - Tal como as auxinas, as citocininas são sintetizadas quando a planta sofre uma ferida e produz tecido de cicatrização.
GIBERELINAS	<ul style="list-style-type: none"> - Produzida no caule, folhas e em embriões. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estimula o crescimento das plantas. - Promove o alongamento de órgãos. - Interrompe a dormência de sementes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Produzida em excesso quando as plantas têm pouca luz. As plantas crescem muito, mas com caules finos.
ETILENO	<ul style="list-style-type: none"> - Produzido pelas células de quase toda a planta. - Como é gás difunde-se entre as células. 	<ul style="list-style-type: none"> - Promove o amadurecimento dos frutos. - Promove a queda das folhas quando estas estão velhas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Muitas vezes considerada a “hormona do envelhecimento”. - Usada na indústria para estimular o amadurecimento de frutos que foram colhidos ainda verdes.
ÁCIDO ABSCÍSICO	<ul style="list-style-type: none"> - Produzido na raiz, caule, folhas. - Transportado pelos feixes condutores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Leva ao fecho dos estomas (impede assim as trocas gasosas). - Pode reduzir o crescimento da planta. - Promove a dormência e inibe a germinação de sementes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecida como a “hormona de stress” das plantas. - Produzida em resposta a stress: ex. falta de água (stress hídrico), ou excesso de sal (stress salino).

Sabias que...

As hormonas giberelinas foram descobertas no Japão no início do século XX. Um cientista observou que plantas de arroz cresciam demasiado depressa, mas com um caule muito fino, e ficavam doentes.

Em 1953, o bioquímico Yabuta descobriu que as plantas infetadas com o fungo *Gibberella fujikuroi* tinham excesso de uma molécula chamada giberelina. Esta molécula em excesso causava o crescimento excessivo das plantas e causava assim a doença das plantas de arroz. Mais tarde descobriu-se que as plantas também produzem giberelina, mas em quantidades adequadas para terem crescimento normal. Plantas com falta de giberelina não crescem tanto (ficam anãs).

O etileno é um composto gasoso que provoca o amadurecimento de frutas. À medida que os frutos amadurecem produzem mais etileno. Certos frutos, como a banana, libertam mais quantidade de etileno que outras. Para acelerar o amadurecimento de alguns frutos, como limões ou maçãs, eles são colocados em sacos fechados com frutos maduros.



Como se regula a germinação das sementes?

A **semente** é uma estrutura que contém o **embrião** e uma reserva de alimento – **cotilédones**. Quando a semente germina desenvolve-se uma raiz e uma porção aérea, formando-se uma planta jovem – **plântula** – que nos seus primeiros dias de vida se alimenta das reservas dos cotilédones [Figura 4.2.5].

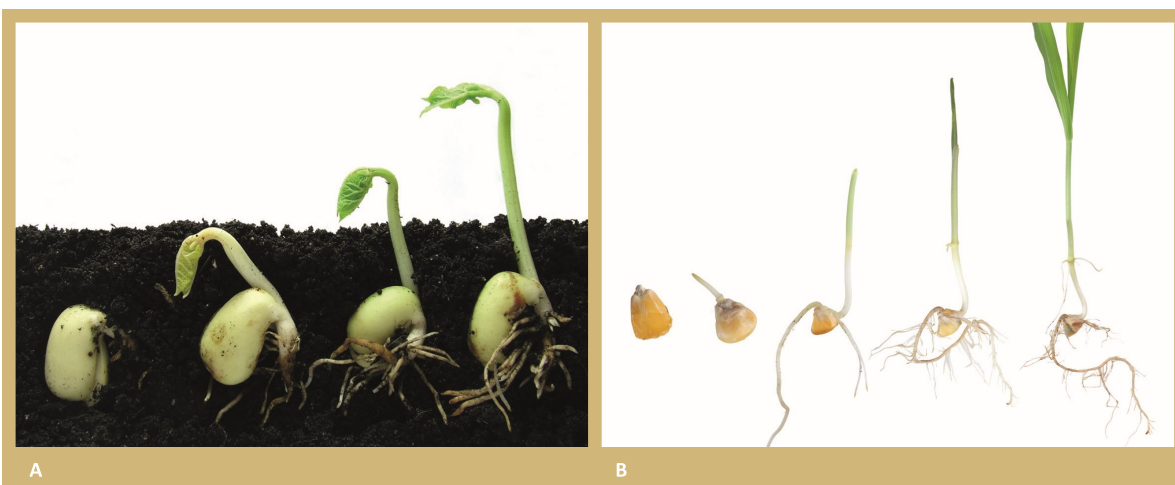


Figura 4.2.5 - A) Feijão (2 cotilédones): germinação e desenvolvimento da planta, (B) milho (1 cotilédone): germinação e desenvolvimento da planta.

A germinação é influenciada pelo ambiente. Normalmente as sementes antes de germinarem precisam de um tempo de inativação, chamado **dormência**, que pode ser promovida pelo ácido abscísico.

As citocininas e as giberelinas são importantes na germinação de sementes: quebram a dormência e fazem gastar as reservas de amido para alimentar o embrião que vai crescer.

Durante a germinação as auxinas controlam o crescimento da raiz em direção à gravidade – **gravitropismo positivo** – e o caule em direção oposta à gravidade – **gravitropismo negativo**. Também fazem o caule crescer no sentido da luz – **fototropismo positivo**. A parte terminal do caule chama-se ápice e produz auxina. A hormona deposita-se no lado que não recebe luz. Como as auxinas alongam as células, o lado não iluminado alonga-se mais. Assim o caule cresce em direção à luz [Figura 4.2.6].

Como se regula a floração?

A função de uma flor é produzir sementes através da reprodução sexuada [Figura 4.2.7].

O **fotoperíodo** é o número de horas de iluminação diária e pode regular a floração de muitas espécies. As plantas precisam de um número mínimo de horas de luz para florirem. Classificam-se em:

- **Plantas de dia curto** – florescem com fotoperíodo menor do que 12 horas por ciclo diário (ex. macieira).
- **Plantas de dia longo** – florescem com fotoperíodo superior a 12 horas por ciclo diário. Interrompendo o período de escuro inibe-se a floração (ex. milho, centeio).
- **Plantas neutras** – florescem qualquer que seja o fotoperíodo (ex. craveiro).

Para além da luz, a floração depende da ação de várias hormonas como as giberelinas e as citocininas.

Como crescem os caules e as raízes?

O crescimento de uma planta requer que a parte aérea e a raiz cresçam. O alongamento do caule é estimulado por giberelinas e citocininas. As citocininas também estimulam a formação de novos ramos (ramificação). As auxinas são produzidas pelo ramo que cresce mais (ramo apical dominante). Migram para os outros ramos laterais e impedem que eles cresçam. Este fenómeno chama-se **dominância apical**. Assim o crescimento de uma planta em altura e em número de ramos depende do conjunto dos efeitos das citocininas, giberelinas e auxinas.

Por exemplo, na agricultura, quando se quer impedir o crescimento em altura das plantas, corta-se o ramo apical dominante. Este corte chama-se **poda** e faz crescer os ramos laterais.

As auxinas também são responsáveis pela formação e crescimento de raízes. A combinação das auxinas com citocininas leva a que as células se dividam, formando tecidos tumorais, que são usados para cicatrização de feridas na planta. Esta característica das auxinas e das citocininas é usada na biotecnologia vegetal.

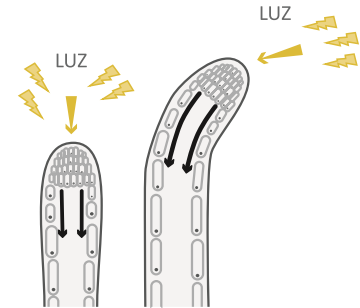


Figura 4.2.6 - Fototropismo.

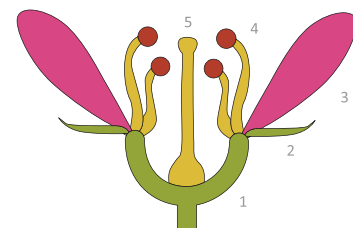


Figura 4.2.7 - Estrutura da flor:
1 - receptáculo; 2 - sépalos; 3 - pétalas;
4 - estames (órgão masculino);
5 - pistilo (órgão feminino).



Atividade Prática 4.2.3

Questão: O que determina a direção de crescimento das raízes?

Material: 10 sementes de feijão; 2 sacos de plástico transparente; 2 quadrados de papel absorvente; água; fio; 4 molas.

Procedimento:

- 1 - Humedece o papel absorvente e coloca cada um dentro de um saco plástico. Escorre o excesso de água.
- 2 - Coloca 5 sementes de feijão (previamente deixadas em água durante um dia) a meio de cada saco (para que as plantas possam crescer nos dois sentidos do saco).
- 3 - Fecha os sacos (mantendo algum ar dentro), prende o fio nas duas extremidades e pendura o saco; Observa os sacos todos os dias e espera até veres as raízes e a porção aérea.
- 4 - Regista em que direção estão a crescer a raiz e a porção aérea, respetivamente.
- 5 - Volta a virar um dos sacos para inverter a posição das plantas nesse saco. Observa durante alguns dias.

Discussão

- 1 - Diz em que sentido é que a raiz e a porção aérea cresceram nos primeiros dias. E após inversão no saco?
 - 2 - Explica os resultados.
 - 3 - Prevê o crescimento da porção aérea das plantas se os sacos recebessem apenas luz de um dos lados.
-

Ideias-chave 4.2

- A principal via de transporte de metabolitos na planta é a seiva floémica que circula ao longo do floema.
- A seiva floémica contém água, íons minerais, açúcares (ex. glicose, frutose ou sacarose) e outras substâncias orgânicas, como hormonas vegetais.
- **A hipótese de fluxo de massa explica os movimentos da seiva floémica:**
 - a glicose elaborada no mesófilo da folha é convertida em sacarose que passa para o floema;
 - o aumento de sacarose no floema da folha causa aumento da pressão osmótica nestas células;
 - o aumento de pressão osmótica provoca a entrada de água aumentando a pressão de turgescência;
 - esta pressão leva a seiva a deslocar-se para locais onde a concentração de sacarose é menor;
 - a sacarose que circula no floema é retirada para as células de consumo (ex. raiz, flores, frutos).
- A circulação da seiva floémica pode ser ascendente ou descendente na planta.
- O crescimento e a fisiologia das plantas são influenciados por vários estímulos: luz, temperatura, humidade ou interação com outros seres vivos (ex. fungos, bactérias).
- **As hormonas vegetais:**
 - são compostos químicos sintetizados pelas plantas;
 - atuam em quantidades muito pequenas;
 - atuam no local onde foram produzidas, ou são transportadas até locais distantes, transportadas pelos tecidos condutores;
 - são indispensáveis pois regulam o crescimento da planta.
- As hormonas vegetais atuam isoladamente ou em combinação, podendo neste caso ter efeito sinérgico ou antagónico.
- As principais hormonas vegetais são: auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico e etileno.
- As hormonas vegetais regulam aspetos do crescimento da planta como a germinação, floração, alongamento da planta, formação de raízes e de ramos.
- Após a germinação a raiz tem gravitropismo positivo e a porção aérea tem gravitropismo negativo.
- Em termos de floração há plantas de dias curtos, plantas de dias neutros e plantas de dias longos.

4

Exercícios de aplicação 4.2

! Não escrevas neste livro.
Completa a atividade no teu
caderno

1 - Faz corresponder a cada afirmação um (V) ou um (F) se a considerares respetivamente **verdadeira** ou **falsa**.

1.1 O floema é um tecido que transporta água e metabolitos (ex., sacarose e hormonas vegetais).

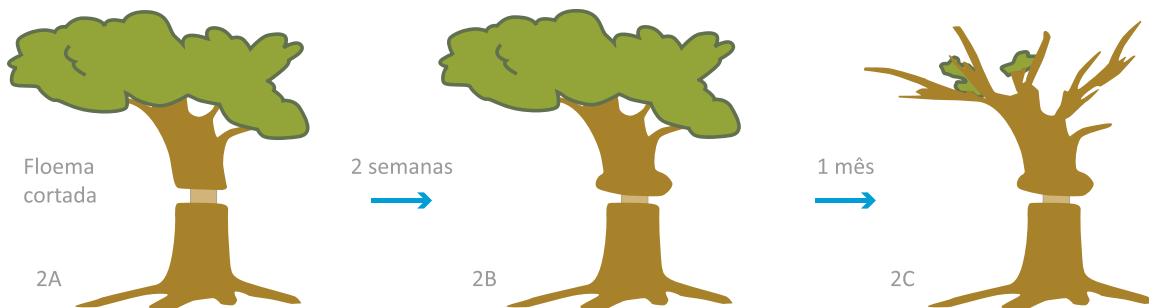
1.2 As células condutoras do floema são células mortas.

1.3 A seiva floémica circula da folha para outros órgãos de consumo como raiz, flores e frutos.

1.4 A seiva floémica pode levar carboidratos de órgãos de reserva subterrâneos (como batatas) para outros locais onde são precisos (por exemplo flores ou frutos).

1.5 O transporte da seiva xilémica é unidirecional (apenas ascendente) e o transporte de seiva floémica pode ser bidirecional (isto é descendente e ascendente).

2 - Os feixes vasculares dos caules têm o xilema virado para o interior e o floema virado para o exterior. No caule de uma planta jovem arrancou-se um anel de tecidos a toda a volta do caule. Na zona desse corte, a planta ficou com xilema (mais interno), mas deixou de ter floema (2A). Após duas semanas, acima do anel de corte formou-se uma dilatação no caule (2B). Ao fim de 1 mês a planta tinha morrido (2C).



2.1 Faz um esquema que represente os feixes de xilema e de floema ao longo do corpo dessa planta.

2.2 Explica o aspeto dilatado que surgiu na parte acima do anel de floema cortado (2B).

2.2 Explica por que razão a planta terá morrido ao fim de 1 mês.