

FOTORRECEPTORES

Fotorreceptores que afetam a fotomorfogênese em plantas:

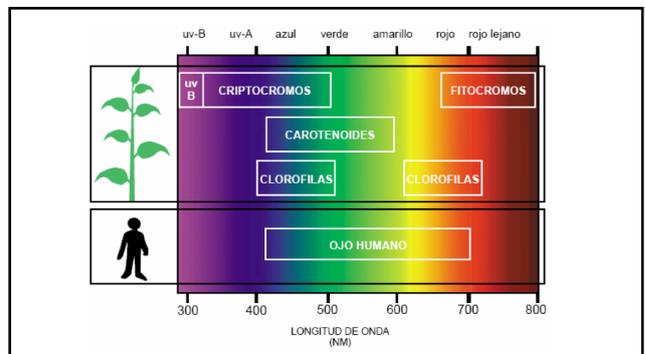
1. FITOCROMO
2. CRIPTOCROMO
3. FOTORRECEPTOR UV-B
4. PROTOCLOROFILIDA a

FOTORRECEPTORES

1. **FITOCROMO** (pigmento azul-esverdeado)
 está no citoplasma das células (cromoproteína)
 em folhas, pecíolo, gema, raiz...
 fotorreceptor para florescimento
 ABSORVE LUZ V – Ve – AZUL
2. **CRIPTOCROMO** (pigmento amarelo-alaranjado)
 está nas folhas (flavina + carotenóides)
 fotorreceptor para movimentos
 ABSORVE LUZ AZUL - UV-A (320 – 400 nm)

FOTORRECEPTORES

3. **FOTORRECEPTOR UV-B**
 não é pigmento; é um conjunto de compostos
 ABSORVE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA (280 – 320 nm)
4. **PROTOCLOROFILIDA a:**
 ABSORVE LUZ VERMELHA E AZUL
 (se reduz a clorofila a)



INTRODUÇÃO

Vocês já se perguntaram por que os brotos de feijão em uma salada têm aquele aspecto?

Os brotos comestíveis (alfafa e feijão) são germinados e cultivados no escuro, onde passam por um tipo especial de desenvolvimento denominado **Estolamento**.

Essas plântulas estioladas possuem caules alongados e cotilédones dobrados e não conseguem acumular clorofila.

Imagine agora, essas plântulas crescendo no solo, o ramo alongando e empurrando as primeiras folhas delicadas através do solo, utilizando o gancho plumular para abrir caminho.



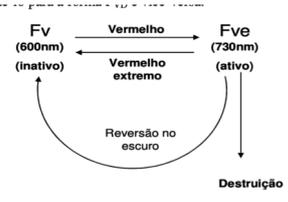
Efeito da luz no desenvolvimento de plântulas



- A produção de clorofila é promovida pela luz;
- A expansão da folha é promovida pela luz;
- O alongamento do caule é inibido pela luz;
- O desenvolvimento da raiz é promovido pela luz.

FIGURA 17.1 Plântulas de milho (Zea mays) (A e B) e notada (Zea mays) (C e D) cultivadas à luz de A e C ou no escuro (B e D). Os plântulas de escuro e notada, uma monocotiledônea, incluem a ausência de desenvolvimento, redução na largura das folhas, falta de desenvolvimento das folhas e alongamento do cotilédono em escuro. Na notada, após distribuição, os plântulas de desenvolvimento focam a ausência de desenvolvimento, tamanho reduzido das folhas, alongamento de notada e notada de desenvolvimento (A, B, fotos de plântulas de milho, cortes de Petera Orlano, C, D, foto de plântulas de notada por David McIntyre).

Descoberta do Fitocromo
H. A. Borthwick, um botânico, S. B. Hendricks físico químico

Fv (600nm) (inativo) $\xrightarrow{\text{Vermelho}}$ **Fv (730nm) (ativo)**

Fv (730nm) (ativo) $\xrightarrow{\text{Vermelho extremo}}$ **Fv (600nm) (inativo)**

Fv (730nm) (ativo) $\xrightarrow{\text{Reversão no escuro}}$ **Fv (600nm) (inativo)**

Fv (730nm) (ativo) $\xrightarrow{\text{Destruição}}$ **Destruição**

Efeito da luz no desenvolvimento de plântulas

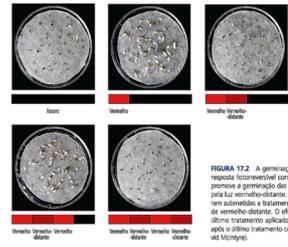


FIGURA 17.2 A germinação de sementes de alfalfa é uma típica resposta foto-reversível controlada pelo fitocromo. A luz vermelha promove a germinação das sementes, porém sua efeito é revertido pela luz vermelho-distante. Sementes embalsamadas (umedece-as) foram submetidas a tratamentos alternados de luz vermelha seguida de vermelho-distante. O efeito do tratamento de luz dependeu do último tratamento aplicado. Muitos poucos sementes germinaram após o último tratamento com luz vermelho-distante (fotos de David McIntyre).

Efeito da luz no desenvolvimento de plântulas: Hipóteses

Primeira – O fato de que as sementes e plântulas crescendo no escuro respondiam inicialmente à luz vermelha, e não ao vermelho distante, seria um indicativo de que o pigmento era sintetizado na forma Fv, o qual acumulava-se no escuro. Além disso, o fitocromo vermelho (Fv) seria estável e provavelmente inativo;

Segunda – Como a luz vermelha promovia a germinação e outros processos, o fitocromo vermelho distante (FvD) seria, provavelmente, a forma ativa. Por outro lado, o FvD seria aparentemente instável e, assim, poderia ser revertido no escuro para a forma Fv, numa reação dependente de temperatura. Deve-se salientar que as duas formas de fitocromo estão sujeitas à degradação química irreversível, sendo que a taxa de degradação do FvD (mais instável) é cerca de 100 vezes maior que a taxa de degradação do Fv (mais estável);

Tercera – O pigmento estaria presente em muito baixas concentrações, visto que ele não poderia ser “visto” em plântulas crescendo no escuro, as quais são livres de clorofila. Os

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ALFACE (FOTOBLÁSTICAS +) SOB CONDIÇÃO DE ESCURO, RECEBENDO LAMPEJOS DE 1 min DE LUZ V E VE

IRRADIAÇÃO	% GERMINAÇÃO
V	70
V – VE	6
V – VE – V	74
V – VE – V – VE	6
V – VE – V – VE – V	76



- Duas interpretações foram possíveis para esses resultados. Uma se refere à existência de dois pigmentos: um absorvendo luz vermelha e outro, a luz vermelho-distante, atuando de forma antagônica na regulação da germinação das sementes. Por outro lado, pode haver um único pigmento em duas formas interconversíveis: uma que absorve a luz vermelha e outra que absorve a luz vermelho-distante (Borthwick et al., 1952).
- O modelo escolhido – de um só pigmento – era o mais radical dos dois, pois não havia precedente para esse pigmento fotorreversível.
- Em 1959, Butler et al., demonstraram a presença do fitocromo em extratos vegetais pela primeira vez, e suas propriedades fotorreversíveis únicas exibidas *in vitro*, confirmando a previsão.

O fitocromo pode se converter entre as formas Fv e Fvd

Em plantas cultivadas no escuro ou estioladas, o fitocromo está presente na forma que absorve a luz vermelha (Fv). Essa forma inativa de coloração azul é convertida pela luz vermelha em uma forma fisiologicamente ativa que absorve a luz vermelho-distante (Fvd), a qual é azul-esverdeada. O Fvd por sua vez pode ser convertido de volta à Fv pela luz vermelho-distante.

Conhecida como **fotorreversibilidade**, essa propriedade de conversão/reconversão é o atributo mais marcante do fitocromo, podendo ser expressa como:

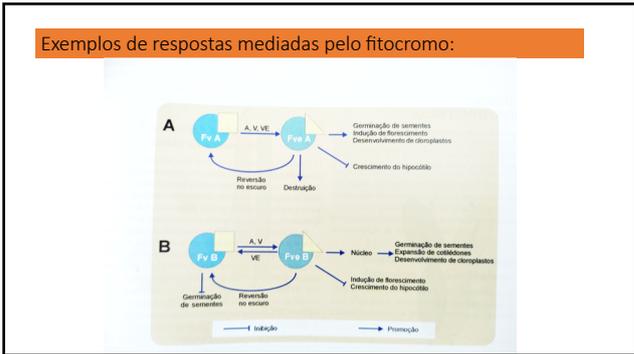
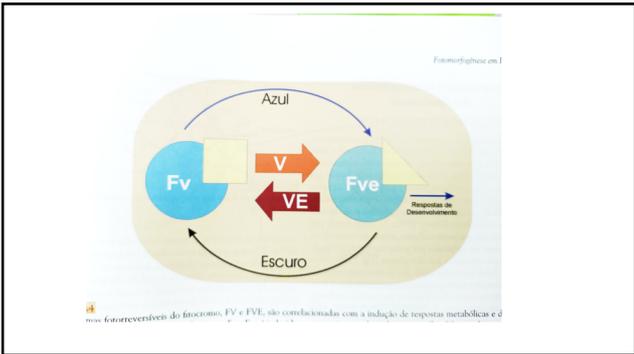
luz vermelha
 (Inativa) Fv \rightleftharpoons Fvd (Ativa)
 luz vermelho-distante

ESTADO FOTOESTACIONÁRIO (FOTOEQUILÍBRIO)

luz vermelha
 Fv \rightleftharpoons Fvd
 luz vermelho-distante

Fotoequilíbrio (ϕ)

$\phi = Fvd / Fv + Fvd = Fvd / Ftotal$
 Para a luz vermelha $\Rightarrow \phi = 0,88$;
 Para a luz vermelho-distante $\Rightarrow \phi = 0,02$;
 Para a luz solar $\Rightarrow \phi = 0,60$



A Fvd é a forma fisiologicamente ativa do fitocromo

Na maioria dos casos estudados, há uma relação quantitativa entre a magnitude da resposta fisiológica e a quantidade de Fvd gerada pela luz, porém não existe essa relação entre a resposta fisiológica e a perda de Fv. Evidências desse tipo levaram à conclusão de que a Fvd é a forma fisiologicamente ativa do fitocromo.

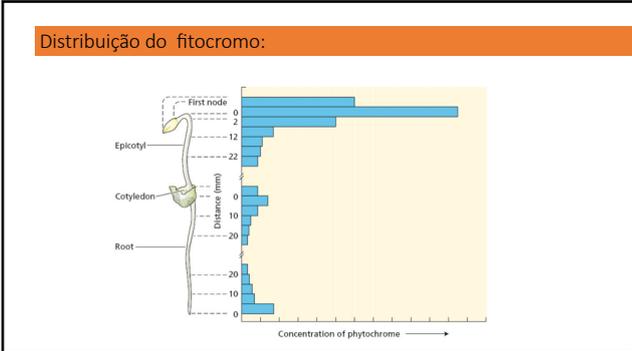
Na natureza, as plantas estão expostas a um espectro de luz muito mais abrangente, e é sob essas condições que o fitocromo necessita operar para regular as respostas de desenvolvimento a alterações no ambiente de luz.

De fato, o dossel pode ter um efeito drástico na qualidade e na quantidade da luz incidente sobre as plantas e folhas subjacentes.

O fitocromo:

O fitocromo é uma cromoproteína, consistindo de um cromóforo e uma apoproteína (porção protéica de uma cromoproteína). O cromóforo é uma cadeia aberta tetrapirrólica, sendo os quatro anéis denominados de A, B, C e D (Figura 2). O anel A do cromóforo é covalentemente ligado à apoproteína através de uma ligação tioéster a um resíduo de cisteína. As propriedades fotoquímicas do fitocromo resultam da complexa interação entre o cromóforo e a apoproteína. Estudos sobre as propriedades fotoquímicas do fitocromo, em plântulas crescendo no escuro, indicam que ele apresenta uma absorção máxima em 667 nm para a forma de fitocromo vermelho (Fv) e em 730 nm para a forma vermelho distante (Fvd).

Figura 2 – Provável estrutura do cromóforo do fitocromo e sua ligação à apoproteína (Hopkins, 2000)



Estrutura e função das proteínas do fitocromo

O fitocromo nativo é uma proteína dimérica solúvel com massa molecular de 250 kDa.

Quimicamente ele é uma cromoproteína (holoproteína): apoproteína e cromóforo (um tetrapirrol linear denominado fitocromobilina).

O monômero (125 kDa) é codificado por uma pequena família de genes.

FIGURA 17.6 Estrutura das formas Pr e Pfr do cromóforo fitocromobilina e a região do pirrólio ligada ao cromóforo por meio de uma ligação tioéter. O cromóforo é submetido a uma isomerização cis-trans no carbono 13, em resposta às luzes vermelha e vermelho-distante (segundo Ardel et al., 1997).

A fitocromobilina é sintetizada no interior dos plastídios. Ela é exportada para o citosol, onde se liga à apoproteína por meio de uma ligação tioéter a um resíduo de cisteína (domínio GAF).

A montagem da apoproteína com seu cromóforo é autocatalítica.

Uma região de articulação separa as metades N-terminal e C-terminal e tem um papel crítico na conversão da Fv (inativa) para a Fvd (ativa).

FIGURA 17.7 Após a síntese e montagem (1), o fitocromo é ativado pela luz vermelha (2) e migra para o núcleo (3) para modular a expressão gênica. Um pequeno pool de fitocromo permanece no citosol, onde pode regular alterações bioquímicas rápidas (4). Vários domínios conservados dentro do fitocromo são apresentados: PHY, GAF (contém o domínio GAF), PHY, PRD (domínio relacionado ao PRD) e HKRD (domínio relacionado à HSC cinase). PAF, fitocromobilina (segundo Montgomery e Legatis, 2002).

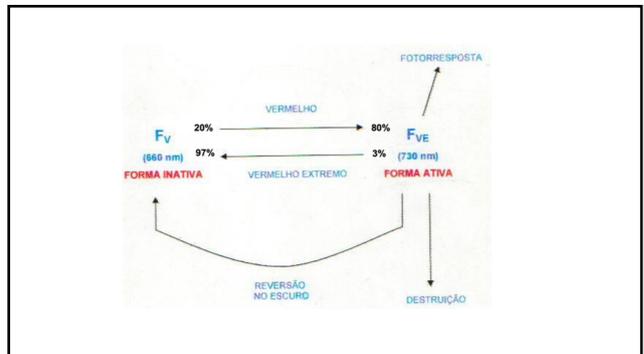
O fitocromo tem vários domínios funcionais importantes:

- Domínio GAF:** necessário para a montagem autocatalítica do cromóforo;
- Domínio PHY:** estabiliza o fitocromo na forma Fvd;
- Domínios PRD:** medeiam a dimerização do fitocromo;
- Domínio HKRD (no domínio C-terminal):** relacionado à histidina cinase, essencial para a autofosforilação.

FIGURA 17.7 Após a síntese e montagem (1), o fitocromo é ativado pela luz vermelha (2) e migra para o núcleo (3) para modular a expressão gênica. Um pequeno pool de fitocromo permanece no citosol, onde pode regular alterações bioquímicas rápidas (4). Vários domínios conservados dentro do fitocromo são apresentados: PHY, GAF (contém o domínio GAF), PHY, PRD (domínio relacionado ao PRD) e HKRD (domínio relacionado à HSC cinase). PAF, fitocromobilina (segundo Montgomery e Legatis, 2002).

Fvd é particionado entre o citosol e o núcleo

FIGURA 17.10 Localização nuclear das proteínas de fusão phy-GFP em células epidérmicas de hipocótilos de Arabidopsis. Células de indivíduos transgênicos de Arabidopsis expressando phy-GFP (A) ou phy-GFP (B) foram colocadas sob luz vermelho-distante contínua (A) ou luz branca (B) e observadas sob um microscópio de fluorescência. Somente os núcleos são visíveis, demonstrando que os tratamentos de luz induzem a acumulação nuclear das proteínas de fusão phy-GFP. Esses resultados indicam uma função para o particionamento nuclear/citoplasmático no controle da sinalização pelo fitocromo. Os menores pontos verdes brilhantes dentro do núcleo em B são chamados "spots" (pontuações), cuja importância é desconhecida (de Yamaguchi et al., 1999, cortesia de A. Nagatani).



Rotas de sinalização dos fitocromos

Todas as mudanças nas plantas reguladas por fitocromos iniciam com a absorção da luz pelo pigmento. Após a absorção de luz, as propriedades moleculares do fitocromo são alteradas, o que provoca as mudanças no crescimento, desenvolvimento ou posição de um órgão.

Essas respostas enquadram-se em duas categorias gerais:

- Fluxo de íons, que causam respostas de turgor relativamente rápidas.
- Expressão gênica alterada, que resulta em processos mais lentos e de longo prazo.

RESPOSTA FINAL:

RESPOSTAS RÁPIDAS:

• Movimento de cloroplasto e de folíolos que envolvem a ativação de ATPase e fluxo de íons e regula os potenciais de membrana.

Envolve mudanças na atividade de proteínas (enzimas, bombas, canais, etc.)

RESPOSTAS LENTAS:

• Envolve a fotomorfogênese.

Envolve regulação na expressão de genes, que podem ser:

GENES DE RESPOSTA PRIMÁRIA:

Fatores de transcrição presentes

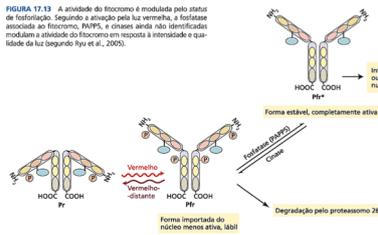
GENES DE RESPOSTA SECUNDÁRIA:

Fatores de transcrição ausentes (necessita sua expressão)

Análises de microarranjos de DNA revelaram a reprogramação global da expressão gênica que acompanha a transição de desenvolvimento *escotomorfogênico* para *fotomorfogênico*.

O fitocromo associa-se às proteínas cinases e fosfatases

FIGURA 17.13 A atividade do fitocromo é modulada pelo status de fosforilação. Seguindo a ativação pela luz vermelha, a fosfatase associada ao fitocromo, PP2Ps, e cinases ainda não identificadas modulam a atividade do fitocromo em resposta à intensidade e qualidade da luz (segundo Iju et al., 2002).



Funções ecológicas do fitocromo

Até agora foram discutidas as respostas reguladas pelo fitocromo estudadas em laboratório. O fitocromo também desempenha papéis importantes nas plantas crescendo no ambiente natural.

O fitocromo permite a adaptação das plantas às alterações na qualidade da luz.

A presença de um pigmento reversível vermelho/vermelho-distante em todas as plantas verdes, sugere que estes comprimentos de onda da luz fornecem informações que ajudam as plantas a se ajustarem ao ambiente.

A razão de luz vermelha (V ou R) para vermelho-distante (VD ou FR) varia extraordinariamente em diferentes ambientes e pode ser definida como:

A redução da razão V:VD causa alongamento nas plantas de sol

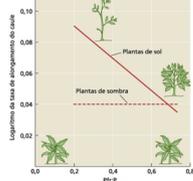


FIGURA 17.16 Os fitocromos parecem ter papel predominante no controle do alongamento do caule em plantas de sol (linha contínua), mas não nas plantas de sombra (linha tracejada) (segundo Mangen & Smith, 1976).

Para uma "planta de sol" ou "planta que evita sombra", existe um evidente valor adaptativo na alocação de seus recursos em direção a um crescimento mais rápido em extensão, quando ela é sombreada por outra planta.

O preço pago pelo aumento no alongamento dos entrenós é uma redução em área foliar e nas ramificações, mas, no menos no curto prazo, essa adaptação à sombra do dossel parece funcionar.

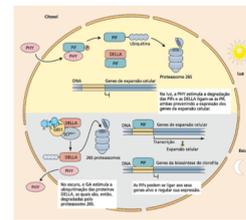


FIGURA 17.17 Conexões de sinalização entre a luz e o crescimento. A luz vermelha converte o fitocromo Pr em Pfr. O Pfr se associa a SPA1, que inibe a atividade de PIF3. PIF3, por sua vez, inibe a atividade de HY5. HY5 é um fator de transcrição que regula a expressão de genes envolvidos no crescimento e desenvolvimento. A luz vermelha também regula a expressão de genes envolvidos no crescimento e desenvolvimento.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS CONTROLADAS PELO FITOCROMO

- Germinação de sementes
- Desenvolvimento da plântula
- Potencial de membrana e distribuição de íons
- Respostas fotoperiódicas

Sementes pequenas normalmente necessitam de uma razão V:VD alta para a germinação

Em geral, sementes grandes, as quais possuem amplas reservas para sustentar prolongados períodos de crescimento de plântulas no escuro (sob o solo), não necessitam de luz para a germinação.

Entretanto a luz é necessária para sementes pequenas de muitas espécies herbáceas e campestres, muitas das quais permanecem dormentes, mesmo quando hidratadas, se estão enterradas abaixo da profundidade de penetração da luz.

Mesmo quando essas sementes estão na superfície do solo ou próximas dela, o nível de sombreamento pelo dossel da vegetação provavelmente afetará sua germinação.

A redução das respostas de evitação da sombra pode aumentar a produtividade das culturas

As respostas de evitação da sombra podem ser altamente adaptativas em um ambiente natural para auxiliar as plantas a vencer a competição contra plantas vizinhas, mas, para muitas culturas agrônômicas, a realocação de recursos do crescimento reprodutivo para o vegetativo pode reduzir a produtividade.



Em anos recentes, os ganhos de produtividade em lavouras, como o milho, vieram em grande parte da obtenção de novos cultivares com uma maior tolerância ao adensamento (o qual induz respostas de evitação da sombra), em vez do aumento na produtividade básica por planta.

Figura 11.10. Aumento da produtividade por planta em milho devido à redução da evitação da sombra. Tradicionalmente, as plantas evitam a competição por luz através da evitação da sombra, que resulta em plantas mais altas e com maior espaçamento entre plantas. No entanto, a seleção de plantas com menor evitação da sombra resultou em plantas mais baixas e com maior densidade de plantas por unidade de área. Isso resultou em um aumento da produtividade por planta e da produtividade total por unidade de área. A produtividade por planta foi medida em plantas de milho de 10 dias de idade em um campo de milho. A produtividade total por unidade de área foi medida em plantas de milho de 10 dias de idade em um campo de milho. A produtividade por planta foi medida em plantas de milho de 10 dias de idade em um campo de milho. A produtividade total por unidade de área foi medida em plantas de milho de 10 dias de idade em um campo de milho.

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ALFACE (FOTOBLÁSTICAS +) SOB CONDIÇÃO DE ESCURO, RECEBENDO LAMPEJOS DE 1 min DE LUZ V E VE

IRRADIAÇÃO	% GERMINAÇÃO
V	70
V – VE	6
V – VE – V	74
V – VE – V – VE	6
V – VE – V – VE – V	76



LUZ NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES:

- FOTOBLÁSTICAS + DL ↑ [Fve]
- FOTOBLÁSTICAS - DC ↓ [Fve]
- INDIFERENTES

TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES:

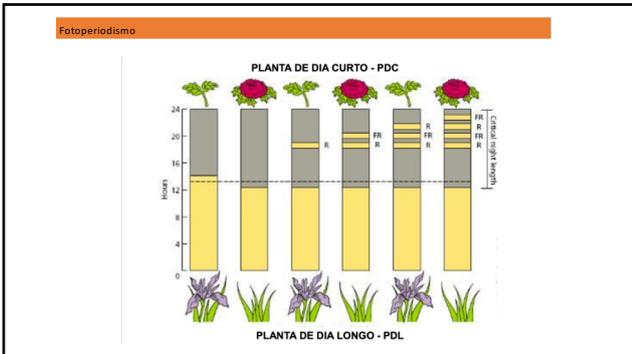
Salvia hispanica	Temperatura	Resposta
	15°C	FOTOBLÁSTICA +
	20-30°C	INDIFERENTE
	35°C	FOTOBLÁSTICA -

FOTOPERIODISMO ⇒ EFEITO DO COMPRIMENTO DO DIA LUZ / ESCURO EM 24 HORAS FLORAÇÃO

- PLANTAS DE DIA CURTO (PDC)
- PLANTAS DE DIA LONGO (PDL)
- PLANTAS DE DIA NEUTRO (PDN)

PLANTAS INTERMEDIÁRIAS:

- PLANTAS DE DIA LONGO-CURTO (PDL-C)
- PLANTAS DE DIA CURTO-LONGO (PDC-L)



Fotoperiodismo

PLANTAS DE DIA CURTO (PDC)

PERÍODO DE LUZ MENOR DE O COMPRIMENTO CRÍTICO
NOITE LONGA
FLORESCEM NO FIM DO VERÃO E OUTONO
Ex: *Xanthium* – CRISÂNTEMOS – MORANGOS - PRÍMULAS

Xanthium strumarium PRÍMULA

Fotoperiodismo

PLANTAS DE DIA LONGO (PDL)

PERÍODO DE LUZ MAIS LONGO QUE O COMPRIMENTO CRÍTICO
NOITE CURTA
FLORESCEM NA PRIMAVERA OU INÍCIO DO VERÃO
Ex: ESPINAFRE – BATATA – TRIGO – ALFACE

ESPINAFRE TRIGO

Fotoperiodismo

PLANTAS DE DIA NEUTRO (PDN)

FLORESCEM INDEPENDENTEMENTE DO COMPRIMENTO DO DIA
Ex: ABÓBORA – GIRASSOL – ARROZ – MILHO - FEIJÃO

ABÓBORA ARROZ GIRASSOL

Fotoperiodismo

PLANTAS DE DIA LONGO-CURTO (PDL-C)

FLORESCEM SOMENTE APÓS SEQUÊNCIA DE DL SEGUIDOS DE DC
FIM DO VERÃO E OUTONO
Ex: FLOR-DA-FORTUNA (*Kalanchoe* sp)
JASMIM-DA-NOITE (*Cestrum noctorum*)

Kalanchoe sp Jasmim-da-noite

Fotoperiodismo

FOTOPERÍODO NECESSÁRIO PARA A PLANTA FLORESCER

Xanthium – PDC
1 DIA COM 16 HORAS DE FOTOPERÍODO INDUTIVO

ARROZ – PDC
1 DIA COM 12 HORAS DE FOTOPERÍODO INDUTIVO

MORANGO – PDC
6 CICLOS COM 16 HORAS DE LUZ OU MENOS

Euphorbia pulcherrima – PDC
VÁRIOS DIAS COM 12,5 HORAS DE LUZ

ESPINAFRE – PDL
1 DIA COM 13 HORAS DE LUZ OU MAIS

Exemplos de respostas mediadas pelo fitocromo

Ritmos circadianos

Vários processos metabólicos nas plantas, como a FS e a RS, exibem um ciclo alternado por fases de alta e baixa atividade, com uma periodicidade de 24 horas, referida como **RITMOS CIRCADIANOS**. Em função da persistência do ritmo na ausência de fatores de controle externos, eles são considerados endógenos.

A natureza endógena dos ritmos circadianos sugere que eles sejam controlados por um regulador interno; esse mecanismo é denominado **OSCILADOR**.

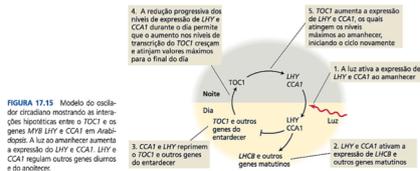
O oscilador endógeno está acoplado a uma diversidade de processos fisiológicos.

Uma característica importante do oscilador é que ele não é afetado pela temperatura, o que permite ao relógio funcionar sob uma variedade de condições climáticas e sazonais. Diz-se que o relógio exibe uma compensação de temperatura.

A luz é um forte modulador de ritmos em plantas. Na natureza, os períodos tendem a ser de 24 horas, devido aos efeitos sincronizantes da luz ao amanhecer, chamados de **SINCRONIZAÇÃO**.

Uma versão simplificada do relógio de *Arabidopsis* é mostrada a seguir:

O oscilador circadiano envolve uma volta de retroalimentação negativa transcricional



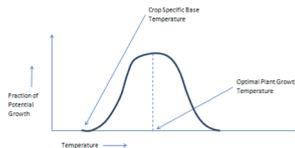
- LHY ⇒ Proteína reguladora do tipo MYB (Late elongated Hypocotyls).
- CCA1 ⇒ Proteína reguladora do tipo MYB (Circadian Clock-Associated 1).
- TOC1 ⇒ Regulador positivo dos genes LHY e CCA1.

Efeito da temperatura



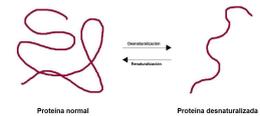
Efeito da temperatura no crescimento da planta

A temperatura do ar influencia as plantas de várias formas e, tanto as altas como as baixas temperaturas podem ser prejudiciais ao seu desenvolvimento. As espécies vegetais possuem temperatura mínima e máxima para sobreviver e temperatura ótima, com desenvolvimento máximo, a depender da espécie, da idade e da atividade fisiológica. Os limites de temperatura para uma determinada planta em crescimento ativo variam de 4 °C a 36 °C (Esfrain & Siqueira, 2018).



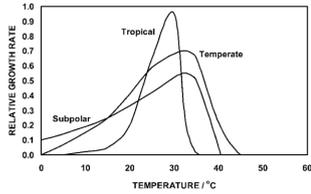
Efeito da temperatura no crescimento da planta

Segundo Taiz e Zeiger (2013), a maioria dos tecidos vegetais, em plantas superiores, com crescimento ativo é incapaz de sobreviver à exposição prolongada a temperaturas acima de 45 °C ou mesmo a uma exposição breve a temperaturas de 55 °C ou acima. Por outro lado, células ou tecidos desidratados que não estão em crescimento permanecem viáveis a temperaturas muito mais altas.



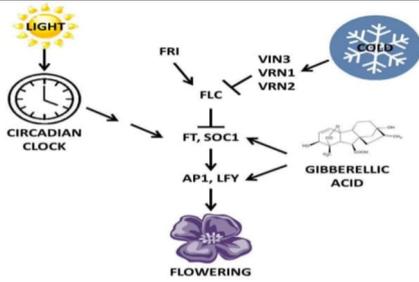
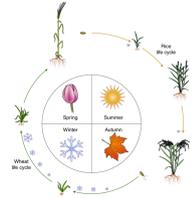
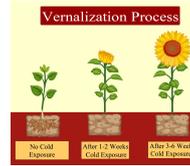
Efeito da temperatura no crescimento da planta

Diversas plantas de clima temperado necessitam de tratamento de frio para a quebra de dormência de gemas, processo chamado de vernalização. Por exemplo, a vernalização induz o florescimento nos tipos anuais de inverno de *Arabidopsis thaliana*. As sementes da maceira ficam em estado de dormência, necessitando de requerimentos de frio para que ocorra a quebra dessa dormência, observa-se que as plantas que necessitam da vernalização possuem um retardo no florescimento ou permanecem vegetativas (Taiz & Zeiger, 2013; Castro, Campo & Carvalho, 2019).

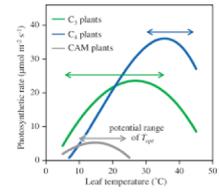
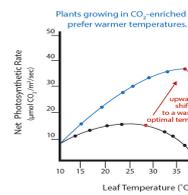


Vernalização

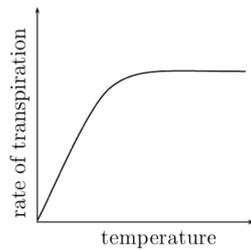
A temperatura influencia de forma direta no balanço hormonal das frutíferas de clima temperado, condicionando o repouso ou a dormência das espécies. Como foi visto, um novo ciclo reprodutivo será iniciado após as plantas sofrerem a ação das baixas temperaturas, sendo que, a quantidade de frio para que ocorra o término do repouso é conhecida como Número de Horas de Frio (NHF).



Relação temperatura com fotossíntese



Relação temperatura e transpiração



Papel da transpiração na manutenção da temperatura foliar

