

GERMINAÇÃO DE SEMENTES

JULIO MARCOS FILHO
TECNOLOGIA DE SEMENTES
DEPTO. PRODUÇÃO VEGETAL
USP/ESALQ



ESTUDO DA GERMINAÇÃO

❖ FISILOGIA VEGETAL

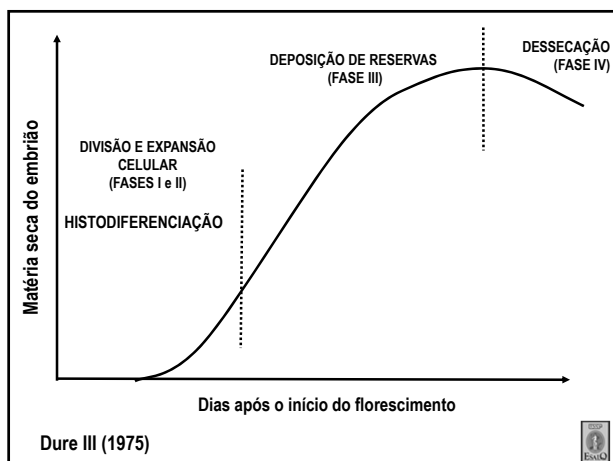
ESTUDOS BÁSICOS E MAIS APROFUNDADOS, INDEPENDENTES DA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA ESPÉCIE

OBJETIVO PRINCIPAL: CONHECIMENTO DO PROCESSO

❖ AGRONOMIA

TENTATIVA DE AMPLIAR CONHECIMENTOS SOBRE ESPÉCIES DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

OBJETIVO PRINCIPAL É A OBTENÇÃO DE SUBSÍDIOS PARA USO CORRETO E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

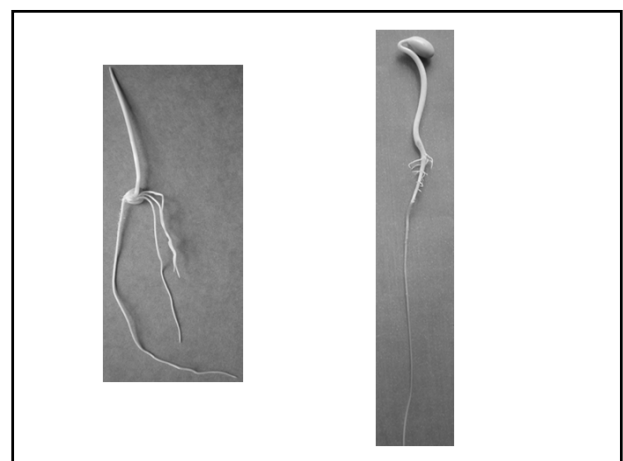
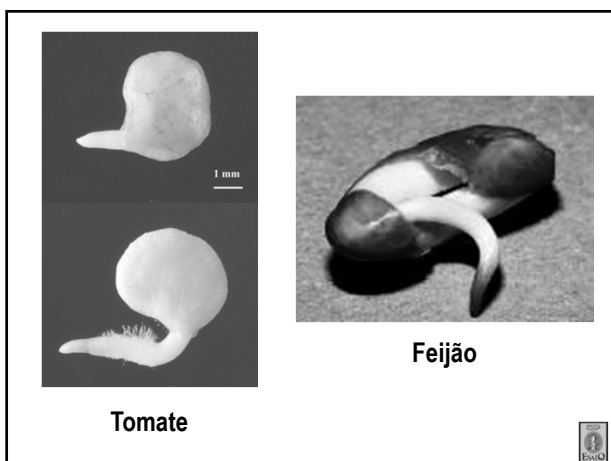
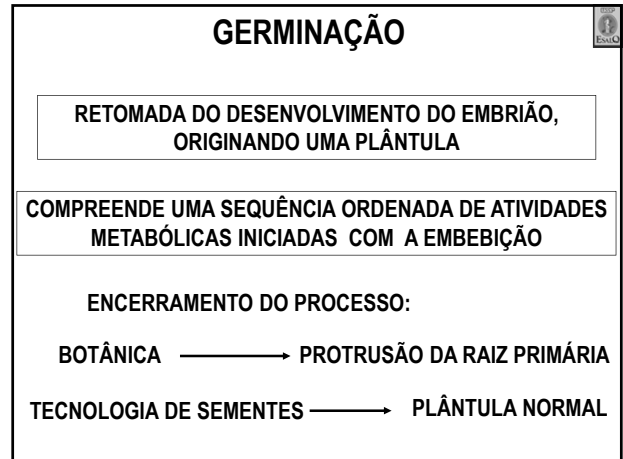
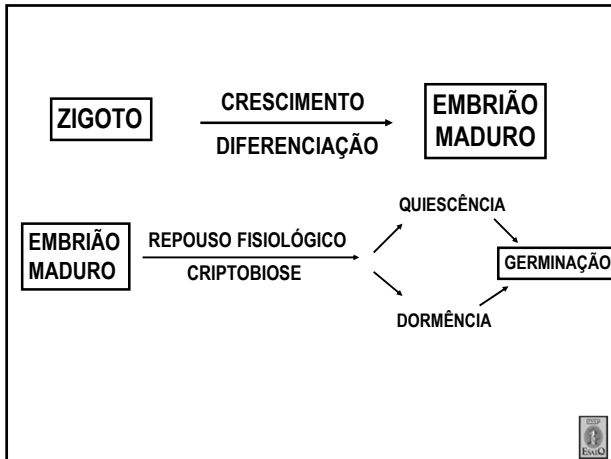


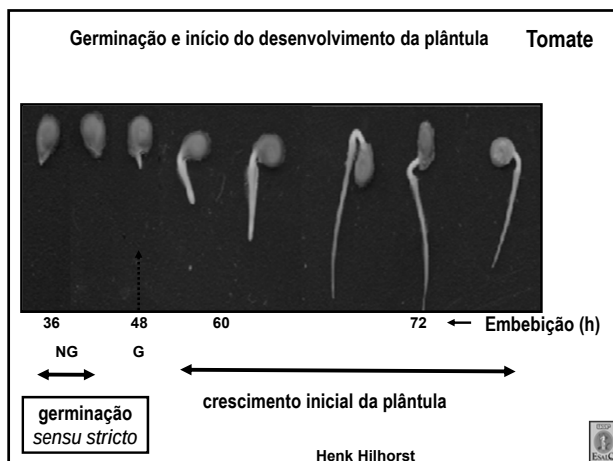
FORMAÇÃO / MATURAÇÃO



REPOUSO FISIOLÓGICO







CONCEITOS DE GERMINAÇÃO

Germinação pode ser encarada como uma sucessão de etapas que determina, em uma semente quiescente e com baixo teor de água, a retomada das atividades metabólicas e o início da formação de uma plântula, a partir do embrião (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975)

Germinação compreende uma sequência ordenada de eventos metabólicos que resulta no reinício do desenvolvimento do embrião, originando uma plântula (Marcos-Filho, 1986)

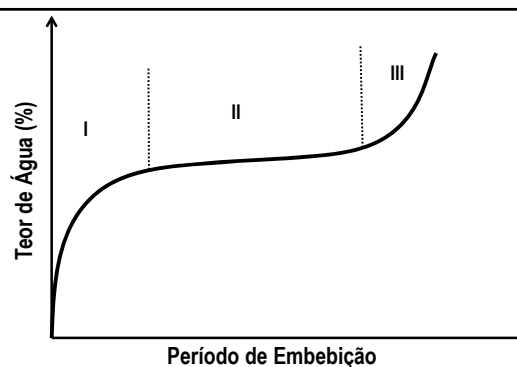
Germinação de uma semente é a retomada de crescimento do embrião, que resulta na ruptura da cobertura da semente e na emergência da plântula (Copeland & Mc Donald, 1995)

CONCEITOS DE GERMINAÇÃO

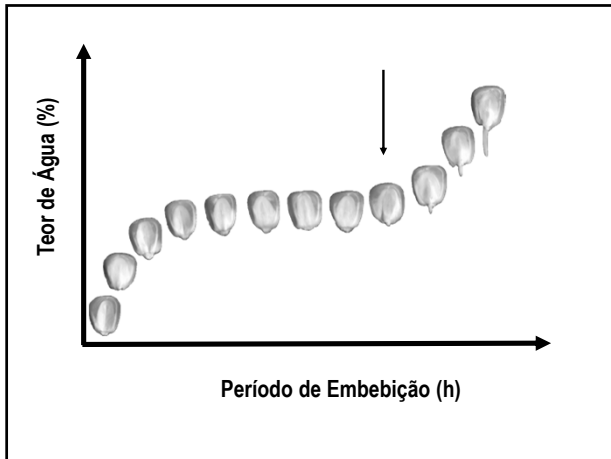
Germinação é uma sequência de eventos morfogênicos que resultam na transformação do embrião em plântula (Berlyn, 1972)

Germinação pode ser encarada como uma sucessão de etapas que determina, em uma semente quiescente e com baixo teor de água, a retomada das atividades metabólicas e o início da formação de uma plântula, a partir do embrião (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975)

Morfologicamente, a germinação é a transformação do embrião em plântula. *Sob o ponto de vista fisiológico*, consiste na retomada do metabolismo e do crescimento e no reinício da transcrição do genoma. *Bioquimicamente*, a germinação se refere à diferenciação sequencial dos caminhos oxidativos e de síntese e à retomada de processos bioquímicos característicos do crescimento vegetativo e do desenvolvimento (Jann & Amen, 1980)



PADRÃO TRIFÁSICO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA PELAS SEMENTES DURANTE A GERMINAÇÃO (Bewley & Black, 1978)



O PROCESSO DE GERMINAÇÃO

A) FASE I: EMBEBIÇÃO → **REATIVAÇÃO DO METABOLISMO**

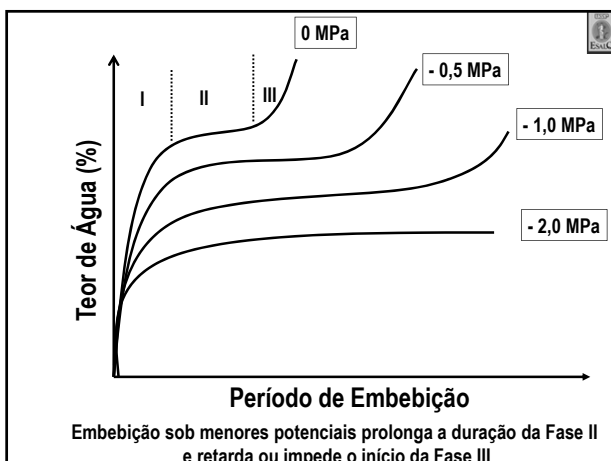
- Entrada de água
- Início Respiração
- Início Digestão das Reservas

B) FASE II: PROCESSO BIOQUÍMICO PREPARATÓRIO OU INDUÇÃO DO CRESCIMENTO

- Digestão
- Respiração
- Translocação
- Assimilação

C) FASE III: CRESCIMENTO

- Formação da plântula



Padrão de captação de água

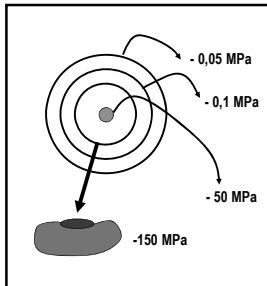
The diagram shows a graph of 'Uptake of water (increase in fresh weight)' vs 'Time'. It is divided into three phases: Phase 1 (imbibition), Phase 2 (repose), and Phase 3 (growth). The curve shows a rapid initial uptake, followed by a period of low uptake (repose), and then a final rapid uptake (growth). An arrow points to the end of Phase 2, labeled 'Germinação completada'.

Padrão trifásico de embebição

Henk Hilhorst

Potencial de Água: $\psi_m + \psi_\pi + \psi_p$

À medida que o material se hidrata, as moléculas de água passam a ocupar posições mais distantes da matriz (força de retenção diminui)



Transferência de água ocorre através de gradiente de energia, com movimentação da região de maior para a de menor potencial, até que seja alcançado o equilíbrio. A partir daí, entra em ação a condutividade hidráulica



O PROCESSO DE GERMINAÇÃO

A) FASE I: EMBEBIÇÃO → REATIVAÇÃO DO METABOLISMO

- RÁPIDA CAPTAÇÃO DE ÁGUA : GRADIENTE DE POTENCIAL

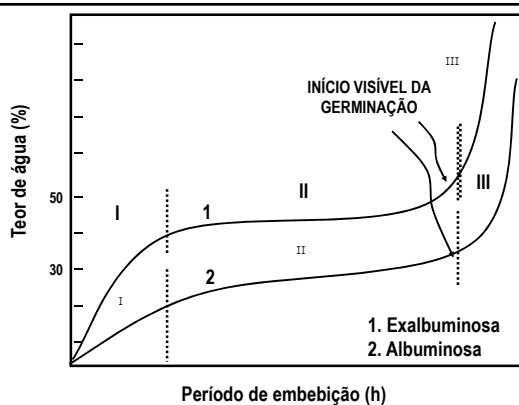
- DURAÇÃO: 8 A 16 HORAS

- TEORES DE ÁGUA (mínimos)

COTILEDONARES: $\pm 50\%$ DE ÁGUA

ENDOSPERMÁTICAS: 30 A 35% DE ÁGUA

- REINÍCIO DO METABOLISMO: atividade respiratória, síntese e atividade de enzimas, início da digestão das reservas
Que RNA-m e enzimas são utilizados nesse início ?



PADRÃO TRIFÁSICO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA PELAS SEMENTES DURANTE A GERMINAÇÃO (Bewley & Black, 1978)

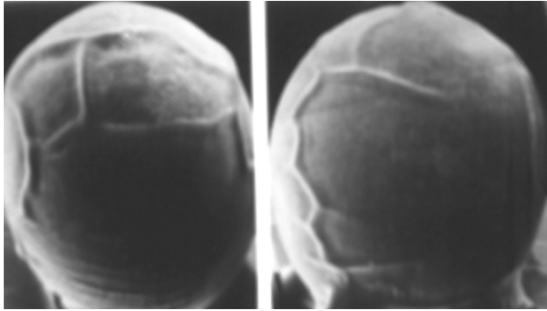


O PROCESSO DE EMBEBIÇÃO

- Embebição ocorre gradativamente, com o umedecimento inicial dos tecidos mais próximos à superfície
É estabelecida uma “frente de hidratação”, à medida que a água caminha para o interior da semente

- Identifica-se fronteira nítida, deslocando-se para as partes mais secas e o aumento contínuo da quantidade de água nas partes umedecidas

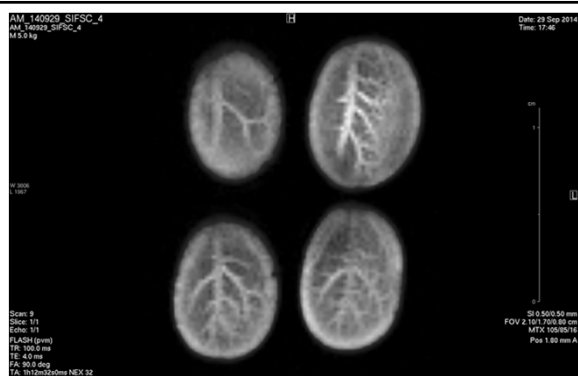




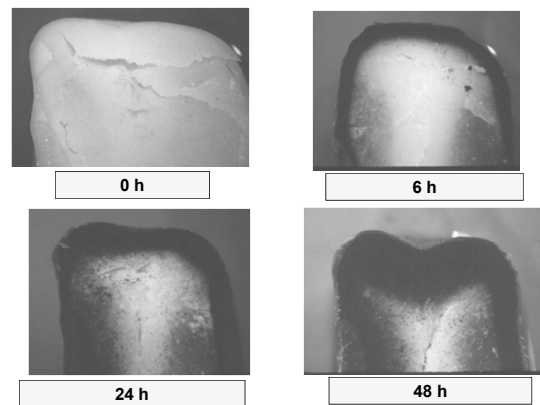
Embebição geralmente se inicia na extremidade oposta ao hilo, onde o tegumento é menos espesso (McDonald et al, 1988)



McDonald et al. (1988)



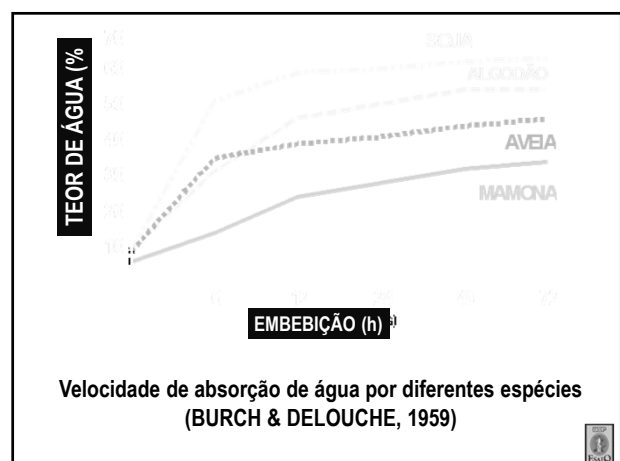
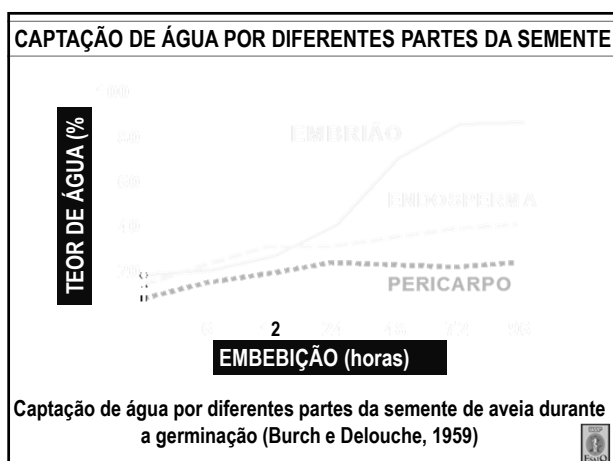
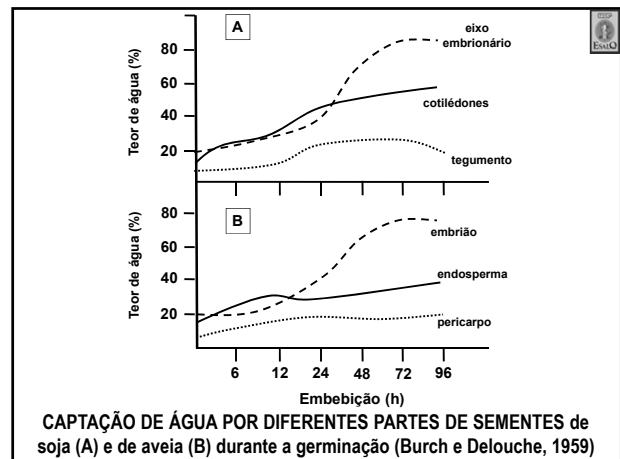
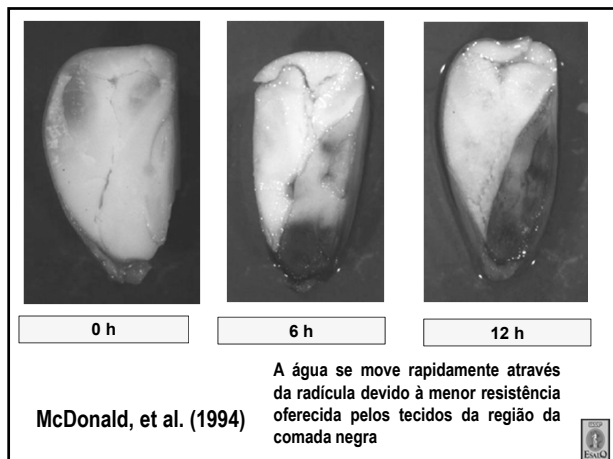
RESSONÂNCIA MAGNÉTICA



McDonald, et al. (1994)

A água se move lentamente quando penetra pela superfície do pericarpo (resistência do amido)





O PROCESSO DE EMBEBIÇÃO

- Variações no grau de hidratação do embrião e endosperma ou do eixo e cotilédones dependem da composição química, morfologia e variações da permeabilidade da cobertura.
- Micrópila e hilo geralmente são áreas importantes de entrada de água em leguminosas, mas a maior quantidade atravessa o tegumento
- Início da hidratação geralmente provoca a retomada do metabolismo, mas há necessidade da atuação de mecanismos de reparo de áreas (componentes celulares) danificadas durante a maturação

As membranas são os componentes mais afetados



O PROCESSO DE EMBEBIÇÃO

A quantidade de água absorvida pela semente deve ser suficiente não só para iniciar, mas também para garantir a continuidade do processo de germinação.



O PROCESSO DE GERMINAÇÃO

B) FASE II: PROCESSO BIOQUÍMICO PREPARATÓRIO OU INDUÇÃO DO CRESCIMENTO

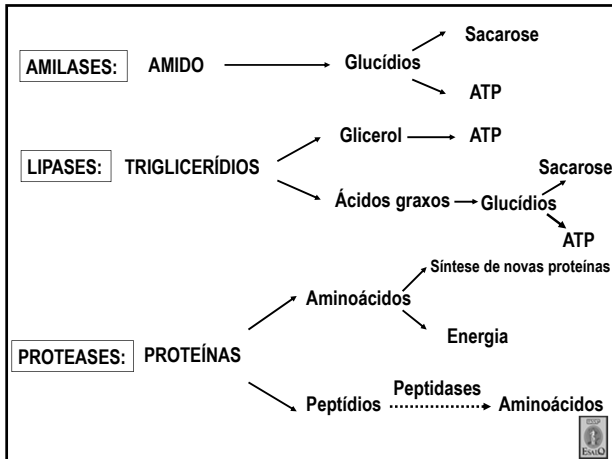
- Drástica redução da velocidade de embebição e respiração
- Digestão, translocação, assimilação de reservas
 - Digestão reservas → substâncias solúveis e difusíveis
 - Translocação para pontos de crescimento do embrião
 - Assimilação: formação de novos tecidos
- Espécies com Fase II: milho, soja, feijão, rabanete, ervilha, amendoim, *Pinus*
- Espécies sem Fase II: arroz, trigo, mamona, cevada, aveia, centeio, alface



DIGESTÃO DAS RESERVAS

- Ocorrência: Fases I e II → decomposição de reservas, com formação de produtos mais simples, solúveis e difusíveis
- Atividade enzimática (amilases, lipases, proteases, peptidases) é fundamental
- Catalisadores: síntese ocorre em resposta à ação de biorreguladores localizados no embrião (ou eixo embrionário)
Influenciam a velocidade de reações químicas, sem que sejam alterados ou destruídos no processo
- Sistemas enzimáticos determinam os tipos de reações que ocorrem nas células e os compostos produzidos





TRANSLOCAÇÃO DAS RESERVAS DIGERIDAS

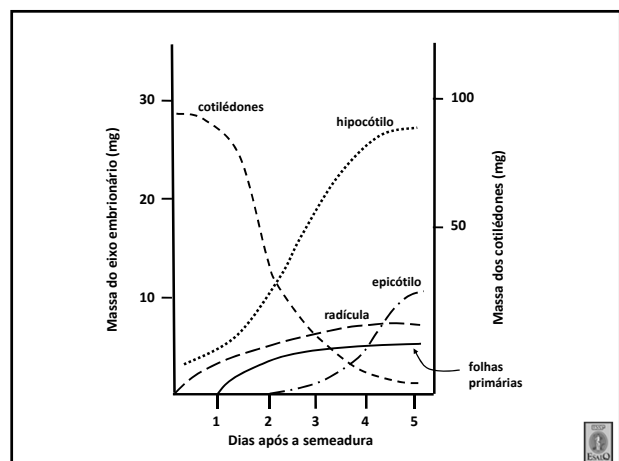
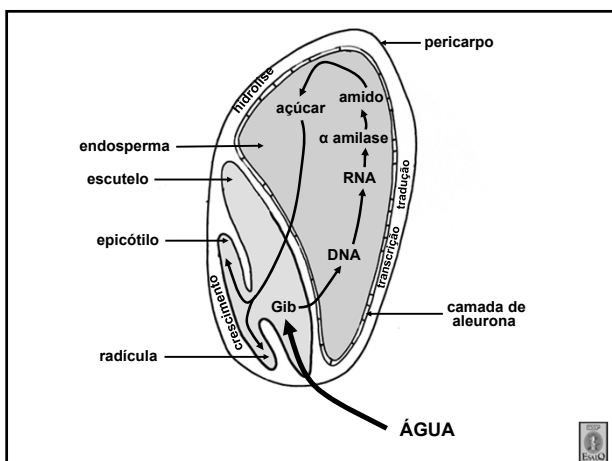
Difusão das reservas digeridas para o eixo embrionário

Fundamentalmente sacarose, aminoácidos e compostos fosfatados

ASSIMILAÇÃO DOS PRODUTOS MOBILIZADOS

Transformação das reservas digeridas em paredes celulares e protoplasma; formação de novos tecidos

SEMENTES DORMENTES NÃO ULTRAPASSAM A FASE II



PROCESSO BIOQUÍMICO PREPARATÓRIO

RESPIRAÇÃO

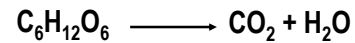
Normalidade da germinação e do desenvolvimento de plântulas:
Respiração, Atividade de Enzimas, Síntese de Proteínas

Respiração é processo de liberação de energia química acumulada em moléculas de diversas substâncias orgânicas.

Processos respiratórios: oxidação (aeróbica ou anaeróbica) de compostos orgânicos de alto valor energético e formação de substâncias mais simples (CO_2 e H_2O).



RESPIRAÇÃO



A molécula de glicose é “desmontada” para originar substâncias mais simples; isto ocorre em fases distintas:

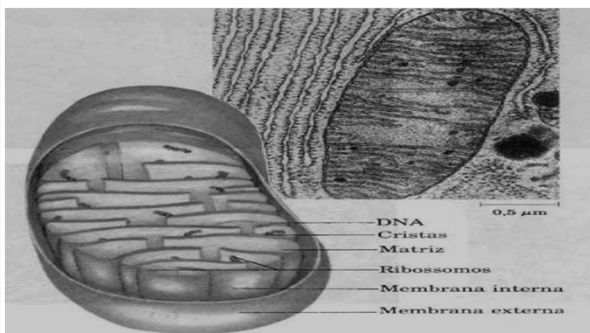
Glicólise: transformação de glicose em ácido pirúvico

Ciclo de Krebs: transformação de ácido pirúvico em ácido cítrico, nos mitocôndrios

Cadeia Respiratória: síntese de ATP

RESPIRAÇÃO

Mitocôndrios → centros respiratórios da célula



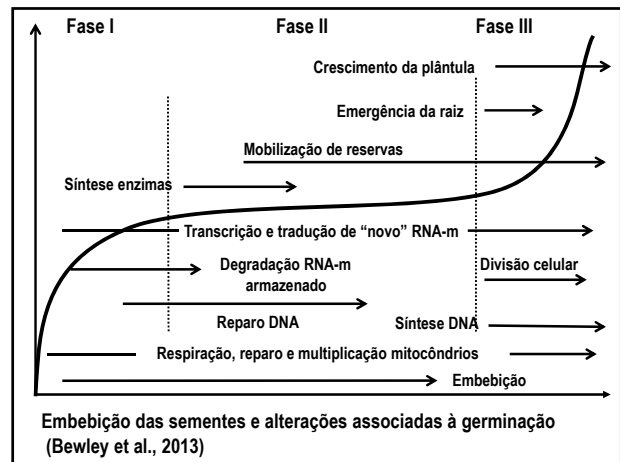
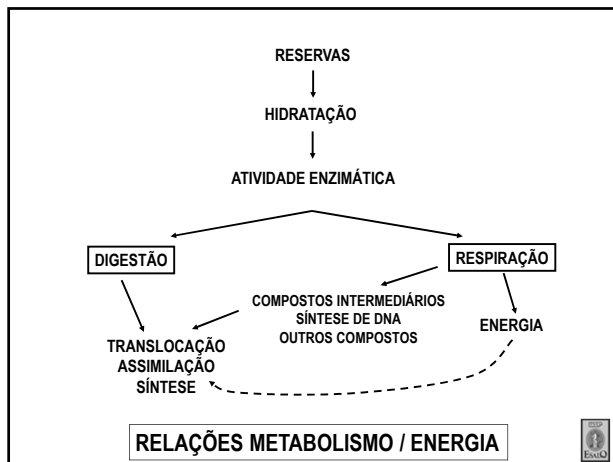
RESPIRAÇÃO

A energia é utilizada para as atividades metabólicas da célula

O ATP, substância solúvel em água, atua como elemento fundamental na cadeia de liberação de energia: armazena energia química para depois distribuí-la de acordo com as necessidades da célula

Para que ocorra o desenvolvimento normal do embrião, as reações do processo liberador de energia devem ser conjugadas às dos processos consumidores de energia





O PROCESSO DE GERMINAÇÃO

C) FASE III: CRESCIMENTO

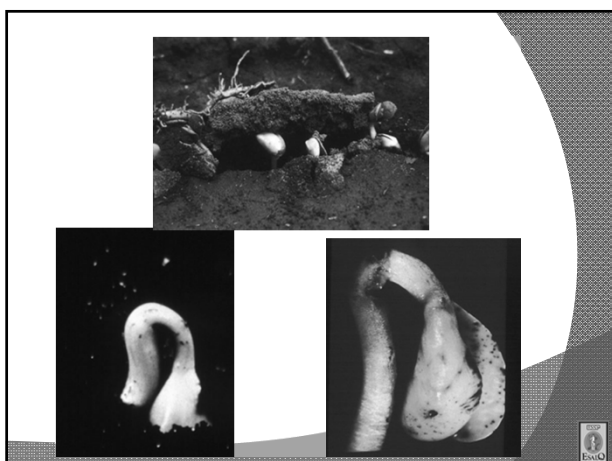
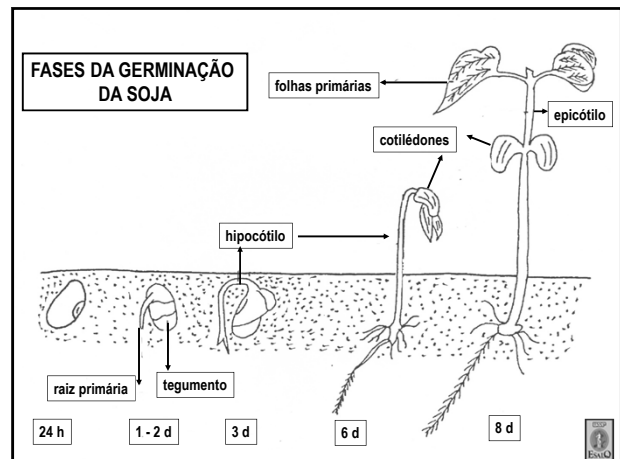
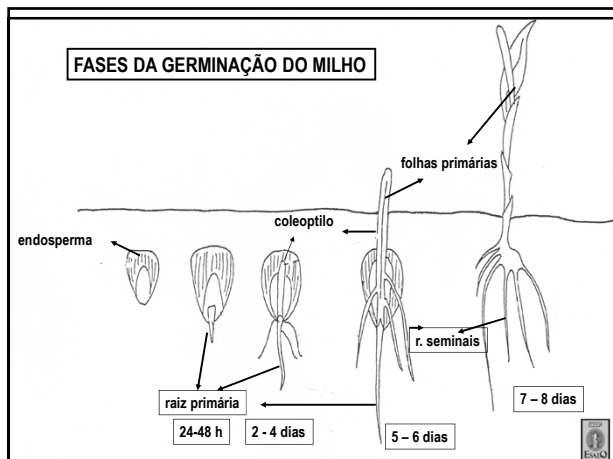
- Divisão e/ou expansão celular
- Protrusão da raiz primária (ruptura do tegumento)
- Novo impulso à embebição e atividade respiratória: sementes atingem > 65% de água

O PROCESSO DE GERMINAÇÃO

C) FASE III: CRESCIMENTO

- Formação de plântula
 - Epígea:** mamona, cebola, feijão, pepino, abóbora, amendoim, soja, alface, café, algodão
 - Hipógea:** trigo, milho, cevada, arroz, fava, seringueira, ervilha,

Importância do tipo de germinação



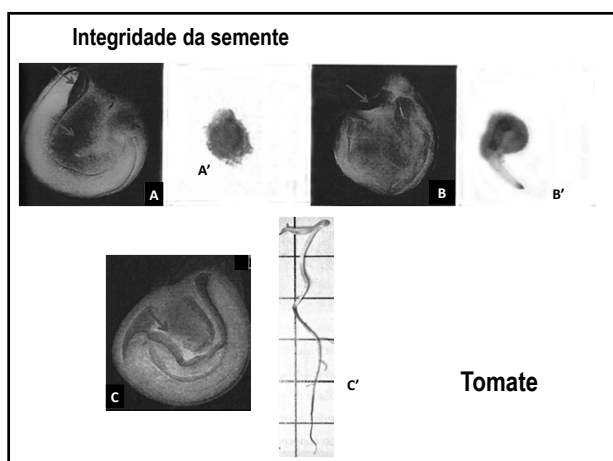
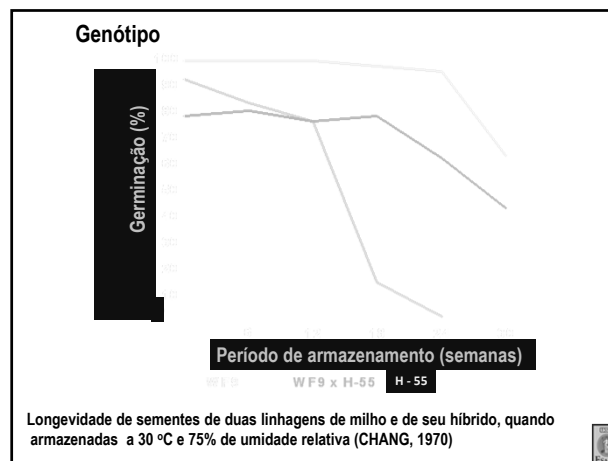
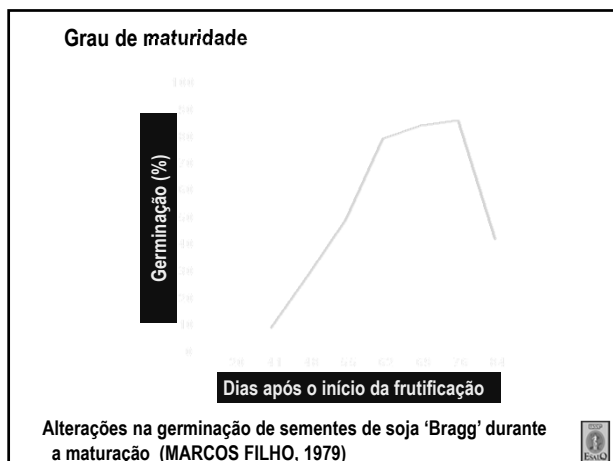
FATORES QUE AFETAM A GERMINAÇÃO

INTRÍNSECOS

Vitalidade x Viabilidade
Situação da semente dormente

Dormência

Sanidade

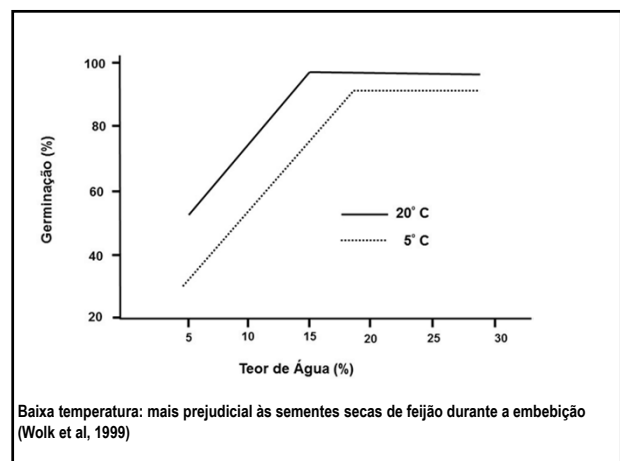
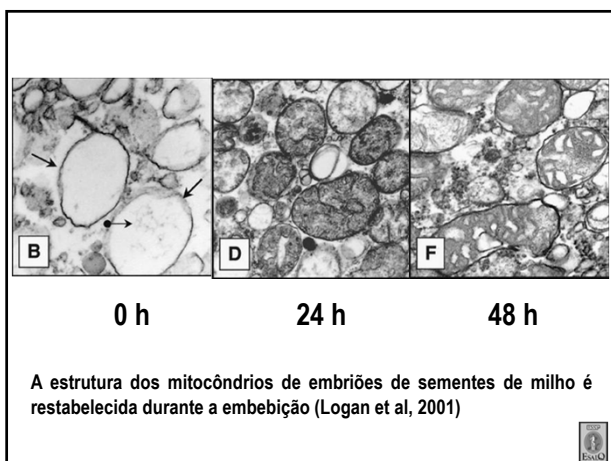
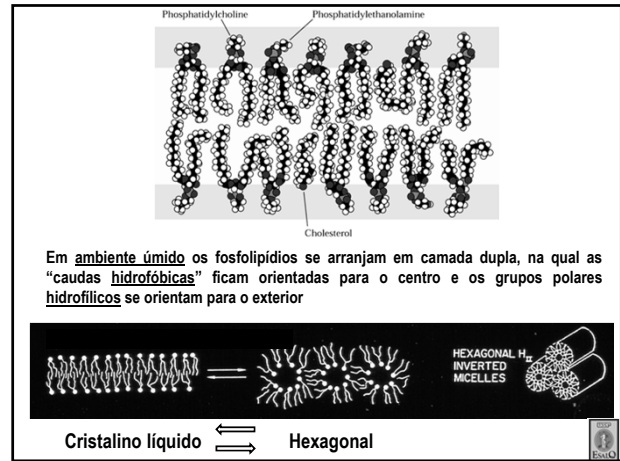
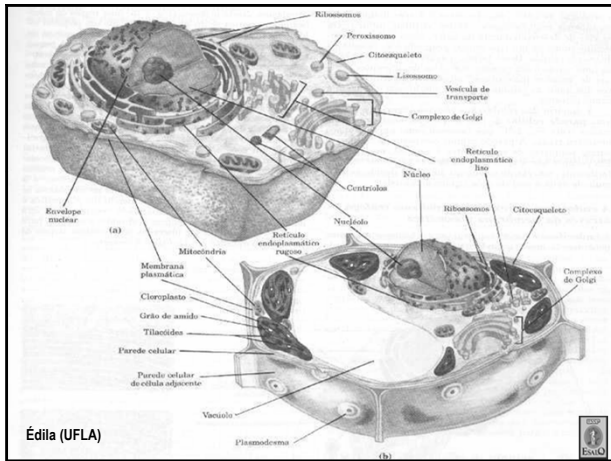


FATORES QUE AFETAM A GERMINAÇÃO

FATORES DO AMBIENTE

Água

- Amolecer o tegumento (cobertura)
- Aumento volume embrião e endosperma
- Favorecer digestão, mobilização, assimilação de reservas
- Crescimento da plântula
- Síntese de enzimas
- Respiração
- Permeabilidade do tegumento (cobertura) a trocas gasosas
- Estrutura das membranas



LIBERAÇÃO EXSUDATOS DURANTE A EMBEBIÇÃO

- Sementes são sensíveis à hidratação rápida, especialmente sob temperaturas mais baixas e quando apresentam baixo teor de água e contato com substrato de potencial hídrico elevado

CONSEQUÊNCIA: liberação de solutos até o restabelecimento da organização das membranas (teor de água: $\pm 25\%$)

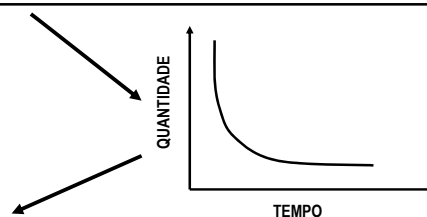
Problema é menos grave quando as sementes passam por desidratação lenta durante a maturação

Problema se acentua em sementes mais danificadas e deterioradas



LIBERAÇÃO EXSUDATOS DURANTE A EMBEBIÇÃO

LIBERAÇÃO DE AÇÚCARES, ÁCIDOS ORGÂNICOS, AMINOÁCIDOS, ÍONS



REORGANIZAÇÃO DO SISTEMA DE MEMBRANAS CELULARES



Influência do teor de água de sementes de soja e do potencial hídrico sobre a liberação de exsudatos (Rossetto et al., 1997)

POTENCIAIS (MPa)	PERÍODO (h)	Teor de Água (%)		
		9,0	11,0	13,0
- 0,04	2 (*)	11,5	8,4	5,1
	6	9,2	6,5	5,9
	12	7,2	4,9	4,0
- 0,2	2	10,9	7,0	4,4
	6	7,0	4,9	4,4
	12	5,0	4,5	2,8

(*) Liberação de íons em $\mu\text{mho/cm/g}$



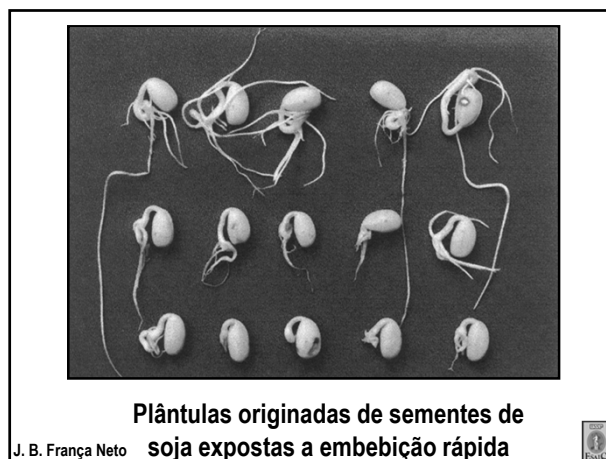
Tratamentos PEG (MPa)	Germinação 10°C	Germinação 25°C
0,0	68	75
- 0,1	71	82
- 0,3	83	92
- 0,5	58	67

Efeitos da temperatura e da disponibilidade de água do substrato sobre a germinação de sementes de milho doce 'sh-2'. (Chern e Sung, 1991)



Cultivar	Testem.	Teor de água (%)				
		9,0	11,0	13,0	15,0	17,0
BR 232	84	79	85	88	90	92
Embrapa 48	50	58	70	79	73	74

Porcentagens de germinação sob influência do teor de água das sementes no momento da semeadura (Toledo et al., 2010)



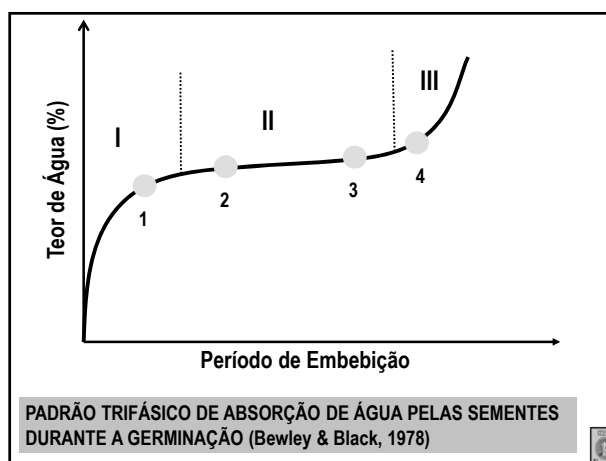
TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO

Até que ponto a redução do suprimento de água ou a sua paralisação provocam prejuízos ainda recuperáveis ?

Capacidade adquirida durante a segunda metade do período de acúmulo de matéria seca (etapa final do processo de desenvolvimento), quando as membranas se tornam organizadas

No início da germinação, as células do embrião mantêm a capacidade de tolerar a dessecação.

Qual é o estágio crítico ?



TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO

A protrusão da raiz primária, indicando a proximidade da etapa de divisões celulares, representa a fronteira entre a tolerância e a sensibilidade à dessecação, para a maioria das espécies cultivadas



Período de Embebição (horas)	Teor de água (%)	Protrusão da Raiz Primária (%)	Germinação Pós- Secagem (%)
0	11,0	00	88
6	25,0	00	87
12	28,7	00	91
18	32,5	00	92
24	33,4	00	87
28	34,2	20	86
30	34,8	30	82
32	35,7	36	77

Teor de água de sementes de milho hidratadas durante diferentes períodos e germinação após a secagem (Custódio et al., 1993)



Período de Embebição (horas)	Teor de água(%)		Período de Secagem (h)	Lotes	
	A	B		A	B
0	10,1	11,2	0	91	76
8	45,3	46,2	24	88	71
			48	85	59
16	53,3	54,2	24	86	70
			48	78	54
24	58,2	61,1	24	84	52
			48	56	47

Teor de água (%) de dois lotes de sementes de soja 'IAC-15' hidratadas durante diferentes períodos e germinação após secagem (Silva et al., 1993).



TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO

Mecanismos de tolerância à dessecação:

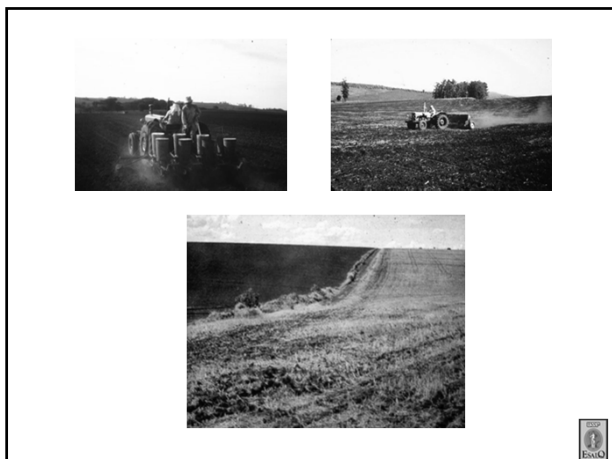
- Presença de proteínas tipo LEA
- Oligossacarídeos

Ação:

- Manutenção da capacidade de reparo do DNA
- Manutenção da estrutura das membranas

SEMEADURA EM SOLO SECO





FATORES QUE AFETAM A GERMINAÇÃO

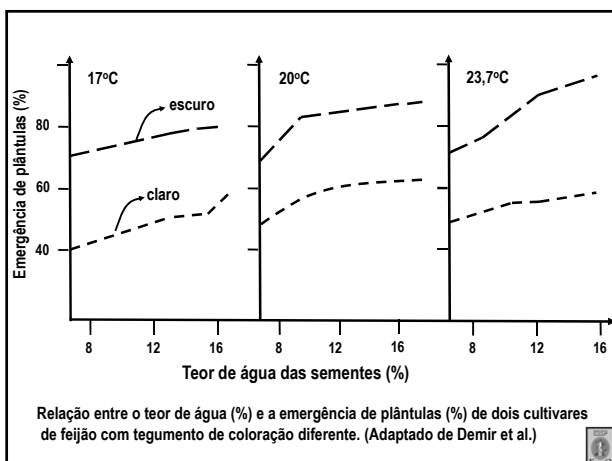
Fatores que afetam a velocidade e a intensidade de embebição

- Espécie

Volume do eixo embrionário x tecido de reserva

Composição química (reservas acumuladas)

Permeabilidade do tegumento (cobertura)



FATORES QUE AFETAM A GERMINAÇÃO

Fatores que afetam a velocidade e a intensidade de embebição

- Temperatura

- Potencial fisiológico

Colheita (dias após R8)	Períodos de embebição	
	6	24
R8	99,97	134,64
6	100,65	136,53
12	100,80	134,66
18	103,31	134,13
24	104,44	132,56
30	103,40	130,23
36	107,05	127,26
42	107,87	126,29

Resultados de testes de embebição conduzidos com sementes de soja 'UFV-1', colhidas em diferentes épocas (Vieira et al.)



Fatores que afetam a velocidade e a intensidade de embebição

Tamanho da semente

Disponibilidade de água

Afeta velocidade, porcentagem e uniformidade



Fatores que afetam a velocidade e a intensidade de embebição

Disponibilidade de água

ALGODÃO

- < -0,2 MPa → menor velocidade
- < -0,4 MPa → menor porcentagem de germinação e menor crescimento das raízes
- < -1,2 MPa → não há emergência

MILHO

- < -0,9 MPa → redução % germinação
- < -1,3 MPa → não há emergência de plântulas

TRIGO

- < -0,8 MPa → menor velocidade
- < -1,6 MPa → não há emergência



Fatores que afetam a velocidade e a intensidade de embebição

Disponibilidade de água

SOJA (Sá)

- < -0,2 MPa → < velocidade de germinação
- < -0,4 MPa → < porcentagem de germinação
- < -0,8 MPa → não há emergência de plântulas

FEIJÃO

- < -0,4 MPa → < velocidade de germinação
- < -0,6 MPa → < porcentagem de germinação



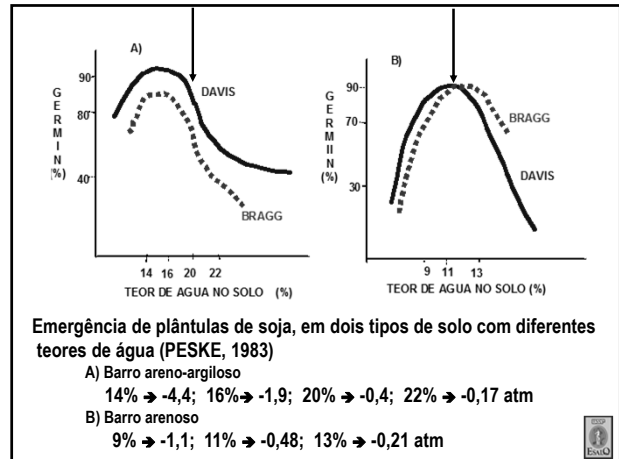
Fatores que afetam a velocidade e a intensidade de embebição

Disponibilidade de água

Afeta velocidade, percentagem e uniformidade

Relações com aeração

Capacidade de campo: - 0,01 a -0,05 MPa
Ponto de murcha permanente: -1,5 MPa



Espécie	Germinação (%)	Teor de água do solo (%)						
		7	8	9	11	14	16	18
Repolho	93	0	80	94	92	93	91	86
Girassol	92	0	73	89	90	92	82	90
Milho doce	95	2	35	90	93	89	93	95
Melancia	86	1	39	82	83	87	85	85
Cebola	96	0	0	75	91	91	91	91
Feijão vagem	82	0	0	57	86	89	88	89
Alface	93	0	0	29	81	91	90	88
Ervilha	91	0	3	19	86	89	86	90
Aipo	80	0	0	0	29	62	73	82

Emergência de plântulas em solo argilo-arenoso com diferentes teores de água.

Fonte: Popinigis (1977).

(*) capacidade de campo = 16% de água; ponto de murchamento permanente = 9% de água



POTENCIAL HÍDRICO (MPa)	Germinação (%)		Velocidade de Germinação		Comprimento Hipocótilo (cm)		Emergência (%)	
	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT
- 0,03	86	78	10,3	9,2	4,6	4,4	87	67
- 0,2	80	69	9,6	8,1	3,9	3,5	79	61
- 0,4	70	59	6,0	4,7	3,3	3,0	19	10

Efeitos da disponibilidade hídrica e tratamento fungicida sobre o desempenho de sementes de dois cultivares de soja (SÁ, 1987)



Fatores que afetam a velocidade e a intensidade de embebição

Disponibilidade de água

Afeta velocidade, percentagem e uniformidade

Relações com aeração

Capacidade de campo: - 0,01 a -0,05 MPa

Ponto de murcha permanente: -1,5 MPa

Potencial fisiológico

Teor de água da semente



Teor de água (%)

Cultivar	Testem.	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0
BR 232	84	79	85	88	90	92
Embrapa 48	50	58	70	79	73	74

Influência do teor de água de sementes de soja, no momento da semeadura, sobre a germinação (Toledo et al., 2010)

Testemunha: grau de umidade $\pm 7,2\%$



Área de contato semente / substrato

Superfície de contato (mm ³)	Germin. (%)	Período de Germinação (Dias)	
		Início	Final
0,8	90	9	21
3,0	90	8	14
9,0	100	5	10
20,0	100	5	9
Testemunha	100	2	3

Efeito da área de contato entre a água líquida e as sementes sobre a germinação da ervilha 'Meteor' (Manohar & Heydecker, 1964)



Relações semente / água do solo

Condutividade hidráulica do solo

Potencial osmótico

Lote	Potencial Osmótico (MPa)				
	0,0	- 0,2	- 0,4	- 0,6	- 0,8
1	98	98	98	89	55
2	98	94	93	86	30
3	98	93	91	90	68

Germinação de sementes de pepino expostas a diferentes potenciais osmóticos (Torres et al., 1999)



FATORES QUE AFETAM A GERMINAÇÃO

FATORES DO AMBIENTE

Temperatura

Germinação → sequência ordenada de reações químicas

Temperatura x atividade enzimática

Afeta porcentagem, velocidade e uniformidade

Temperaturas cardiais e variações

Sementes dormentes e deterioradas

Temperaturas alternadas



ESPÉCIE ÓTIMA MÍNIMA MÁXIMA

Milho	32-35	9	44
Quiabo	30	15	40
Repolho	30	5	35
Soja	32	8	40
Tomate	25	10	40
Trigo	15-31	4	43

Temperaturas cardiais (°C) para a germinação de sementes de algumas espécies cultivadas



ESPÉCIE ÓTIMA MÍNIMA MÁXIMA

Abóbora	30	15	38
Alface	20	2	30
Arroz	33	11	41
Aveia	19-27	4	40
Beterraba	30	5	35
Café	32	10	41
Cebola	20	10	35
Cenoura	25	5	35
Cevada	19-27	4	40
Ervilha	25	5	30

Temperaturas cardiais (°C) para a germinação de sementes de algumas espécies cultivadas



FATORES QUE AFETAM A GERMINAÇÃO

FATORES DO AMBIENTE

Oxigênio

Composição do ar → 20% O₂, 0,03% CO₂, 80% N

Concentração de 10% O₂ é suficiente

Concentração > 0,03 % CO₂ geralmente inibe

Problemas

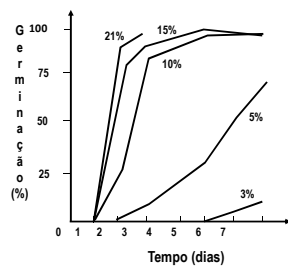
Preparo e manejo do solo

Encharcamento



FATORES DO AMBIENTE

Oxigênio



Período de germinação de sementes de tomate, a 25°C, em atmosfera contendo diferentes níveis de oxigênio (%).
(Corbineau e Come, 1995)

FATORES QUE AFETAM A GERMINAÇÃO

FATORES DO AMBIENTE

Luz

Sementes pequenas e recém-colhidas:
hortaliças, forrageiras; silvestres

Não é fator imprescindível para as não dormentes

Classificação

- Fotoblásticas positivas
- Fotoblásticas negativas
- Neutras ou não fotoblásticas

Radiações promotoras: 660 a 700nm

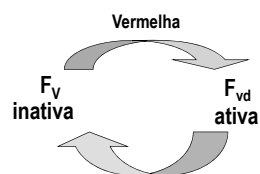
Radiações inibidoras: >700nm; ≤ 440nm

Mecanismo da ação da luz: pigmento responsável é o fitocromo, cromoproteína localizada no eixo embrionário

Presente em duas formas:

ativa (F_{vd}, P_{vd} ou P730) → pico na região de 720-760 nm

inativa (F_v, P_v ou P660) → pico na região de 600-700 nm

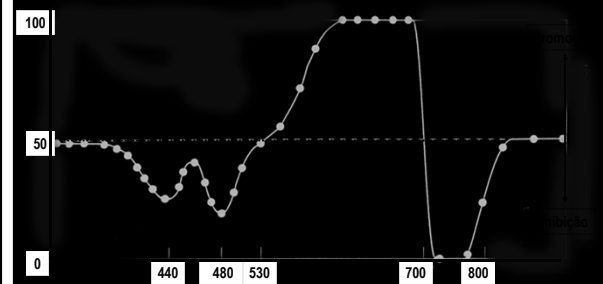


Infra-vermelha OU Vermelho-distante OU Escuro

Última exposição determina a forma do fitocromo que permanecerá em maior concentração

FATORES DO AMBIENTE

Luz



Relações entre radiações de comprimentos de onda específicos (nm) e a germinação de sementes de alfafa sensíveis à luz (Flint e McAllister, 1937)

Fotoblásticas positivas exigem concentração de Fvd superior a determinado limite

↓
“Disparo” do processo de germinação

↙
Síntese de biorreguladores

↘
Reinício da transcrição da mensagem genética

Ação apenas em sementes embebidas



AÇÕES DA LUZ

Promover controle respiratório
Permeabilidade da cobertura ao oxigênio
Ativação de enzimas
Síntese de hormônios
Metabolismo de lipídios
Permeabilidade de membranas

SUBSTITUTOS DA LUZ

Remoção ou incisão nos tegumentos
Baixas temperaturas (estratificação)
Armazenamento em locais secos
Aumento na tensão de oxigênio
Giberelinas



FATORES QUE AFETAM A GERMINAÇÃO

AGENTES QUÍMICOS

Tiouréia

Nitrato de potássio

Água oxigenada

Ácido sulfúrico

Bioestimulantes



Tratam.	Germin.	Veloc.	Compr. Raiz	Compr. P. Aérea	Envelhec.	Frio
Test	93 a	11,10 a	11,27 a	5,48 a	90 a	75 a
5 ml	88 a	11,02 ab	10,84 a	5,85 a	69 bcd	65 abc
10 ml	89 a	10,11 abc	11,18 a	6,48 a	75 bc	50 cde
15 ml	86 a	10,38 abc	10,72 a	5,19 a	74 bcd	56 bcd
20 ml	87 a	9,42 c	10,48 a	5,94 a	61 d	39 e

Efeitos de tratamentos com diferentes doses de Stimulate® sobre o desempenho de sementes de milho híbrido AG-405 (Marcos Filho, 2004).

Tratamentos	Germin. (%)			Compr. Raiz (cm)			Emerg. Pl. (%)		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Test	98	91	87	14,1	13,4	11,6	90	86	86
2 m/kg	94	88	87	15,1	13,5	12,9	85	87	85
4 ml/kg	91	88	90	15,9	13,9	11,3	87	85	84
10 ml/kg	85	82	81	14,6	13,3	12,3	85	85	85

Efeitos de tratamentos com diferentes doses de Stimulate® sobre o desempenho de três lotes de sementes de soja (Marcos Filho, 2004)



FUNÇÕES DOS FITOHORMÔNIOS

PROMOÇÃO, INIBIÇÃO OU ALTERAÇÃO QUALITATIVA DO DESENVOLVIMENTO

Auxinas

- ☐ PERMEABILIDADE DAS MEMBRANAS
- ☐ CRESCIMENTO RAIZ PRIMÁRIA E CAULE
- ☐ EFEITOS ESTIMULANTES OU INIBITÓRIOS (dependendo da concentração)

Citocininas

- TRADUÇÃO DA MENSAGEM GENÉTICA
- EFEITO SINERGÍSTICO COM A LUZ
- CONTRABALANÇAR EFEITOS DE INIBIDORES (Cumarina e ABA)
- SUPERAR DORMÊNCIA SECUNDÁRIA (temperatura alta e ausência de luz)
- ALTERAÇÃO DA PERMEABILIDADE DAS MEMBRANAS
- ESTÍMULO À DIVISÃO E ALONGAMENTO CELULAR



FUNÇÕES DOS FITOHORMÔNIOS

Giberelinas

- ✓ DIGESTÃO → ESTÍMULO À SÍNTESE E ATIVIDADE DE ENZIMAS
- ✓ SUPERAR EXIGÊNCIAS DE LUZ OU DE BAIXAS TEMPERATURAS
- ✓ CRESCIMENTO DA PLÚMULA
- ✓ ALONGAMENTO CELULAR
- ✓ TRANSCRIÇÃO DO GENOMA
- ✓ REVERSÃO DE EFEITOS PROVOCADOS POR TEMPERATURAS E PRESSÕES OSMÓTICAS ELEVADAS
- ✓ ESTÍMULO À VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO
- ✓ AMPLIAÇÃO DOS LIMITES DE TEMPERATURA ÓTIMA
- ✓ ATUAÇÃO NA SÍNTESE DE COMPONENTES ESSENCIAIS E NA FLEXIBILIDADE DAS MEMBRANAS



FUNÇÕES DOS FITOHORMÔNIOS

Etileno

- ❖ AUMENTAR LIBERAÇÃO E MOVIMENTO DE ENZIMAS
- ❖ PERMEABILIDADE DA "COBERTURA" A GASES
- ❖ FORMAÇÃO DA ALÇA HIPOCOTILEDONAR
- ❖ ATENUAR A EXIGÊNCIA DE TEMPERATURA ESPECÍFICA
- ❖ INFLUÊNCIA NO EQUILÍBRIO PROMOTORES / INIBIDORES DA GERMINAÇÃO



OUTROS FATORES QUE AFETAM A GERMINAÇÃO

- o ÉPOCA DE SEMEADURA
- o CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE A PRODUÇÃO
- o FERTILIDADE DO SOLO E ADUBAÇÃO
- o MOMENTO DE COLHEITA
- o MÉTODO DE COLHEITA
- o INJÚRIAS MECÂNICAS
- o SECAGEM
- o BENEFICIAMENTO
- o CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO
- o MICRORGANISMOS
- o INSETOS
- o TRATAMENTO QUÍMICO
- o HERBICIDAS E DESSECANTES
- o EMBALAGEM

