

ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DOS CEREAIS

Prof. Nathan L. Vanier | Eng. Agrônomo, Dr.



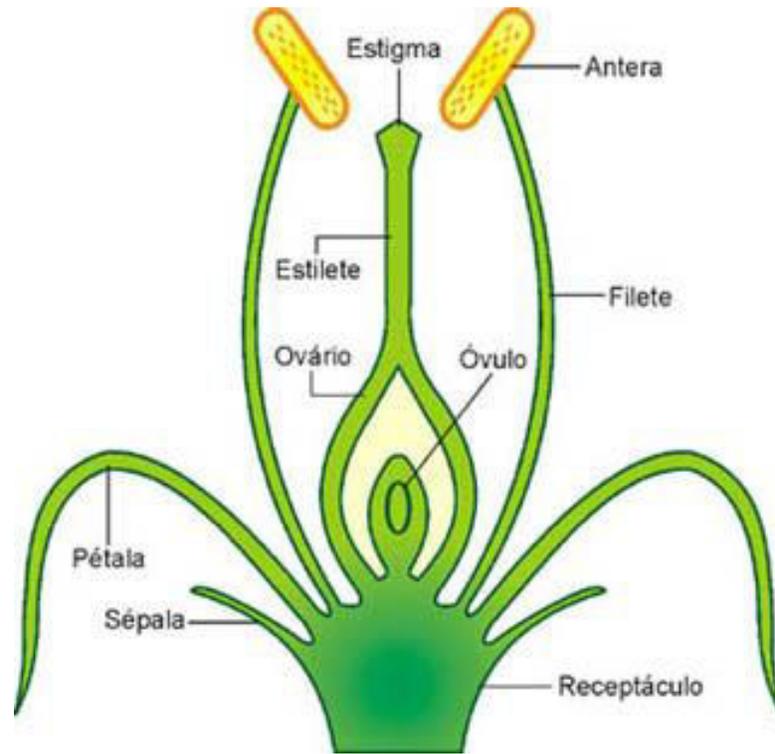
Faculdade de Agronomia
"Eliseu Maciel"



Programa de
Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia
de Alimentos



Quais são as diferenças na estrutura botânica e na composição química entre cereais e leguminosas?

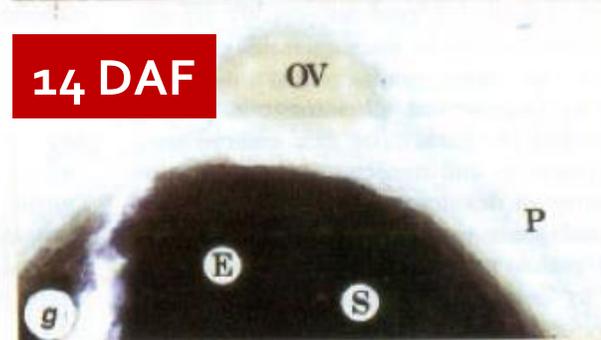
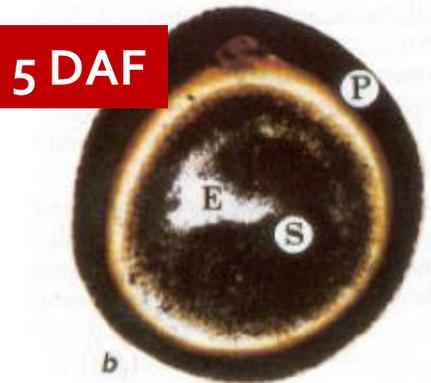
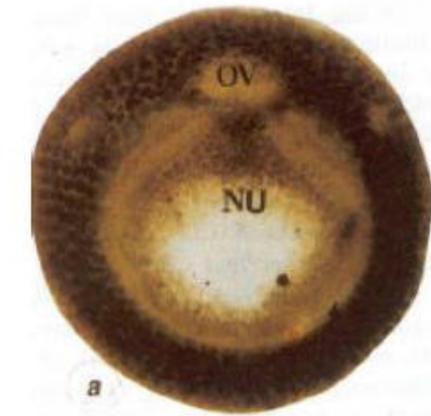


**Antese em
arroz**



**Arroz no
final do
período de
maturação**

Corte transversal do ovário e da cariopse de arroz

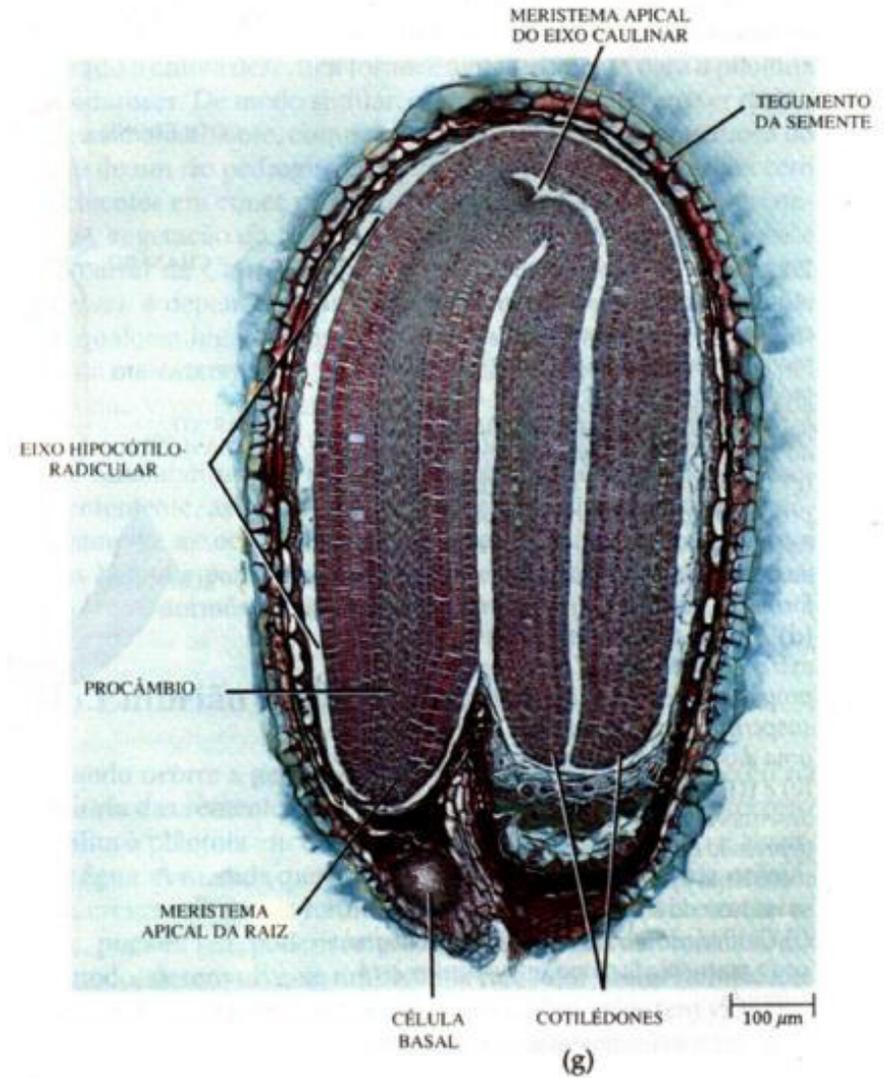
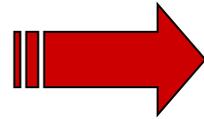
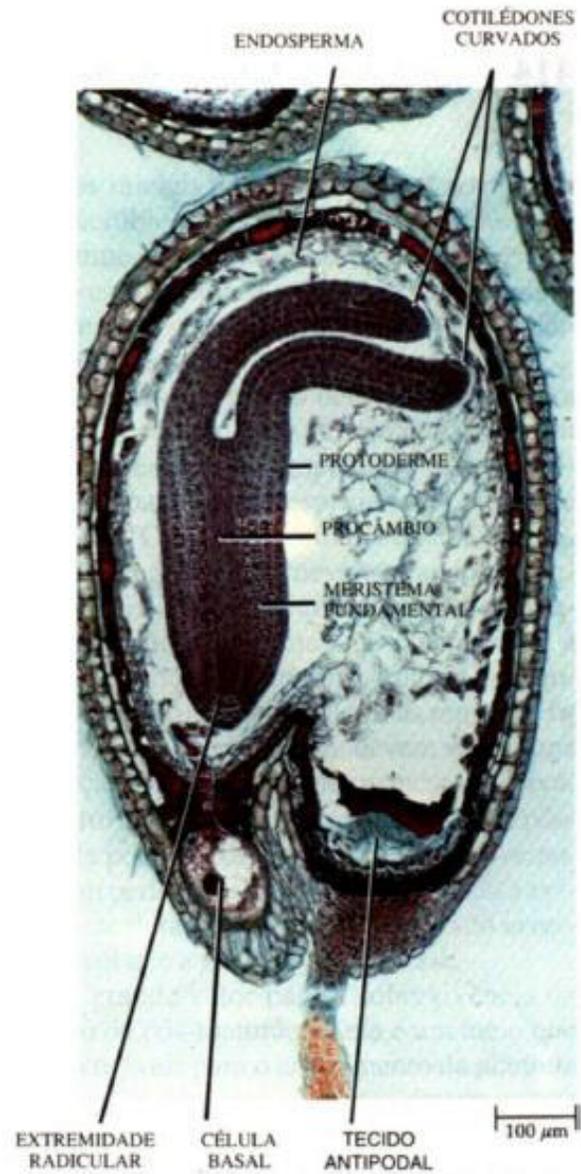


Endosperma e epiderme nucelar com pouco amido

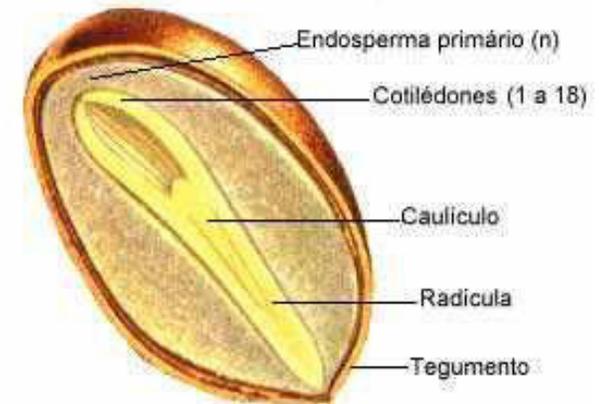
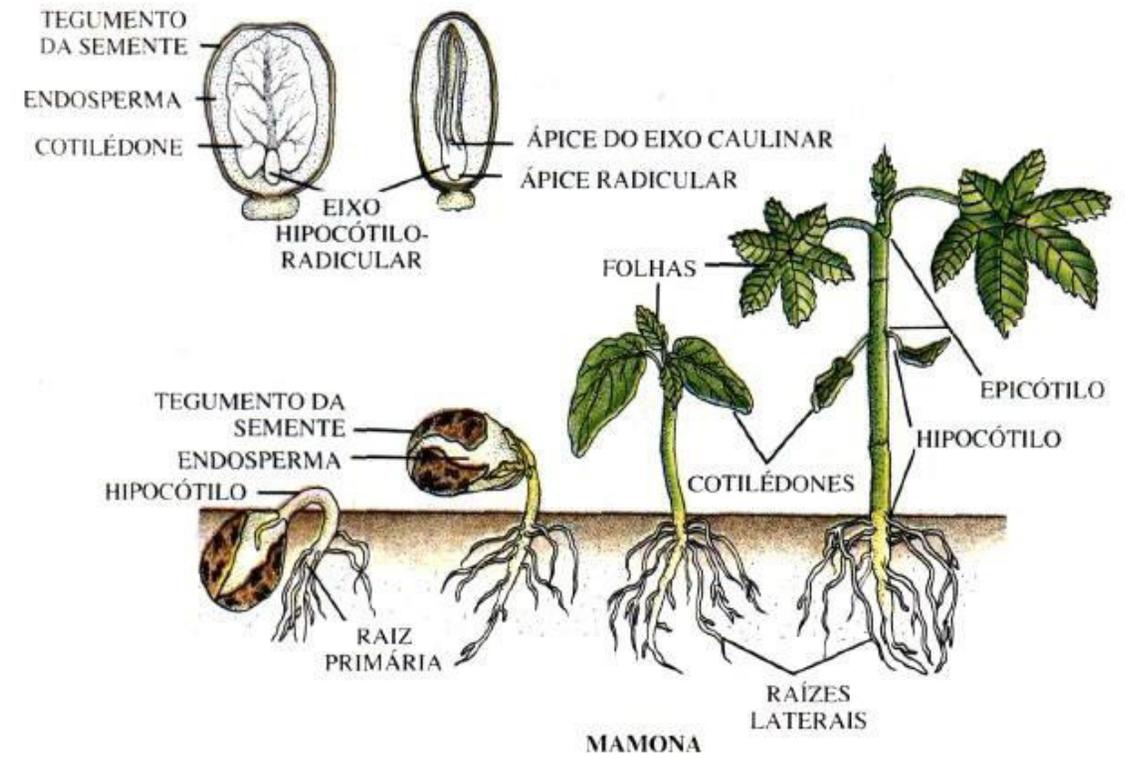
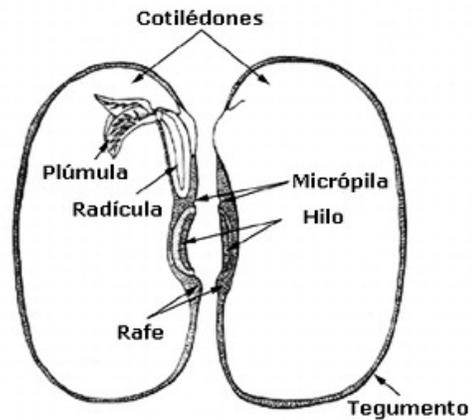
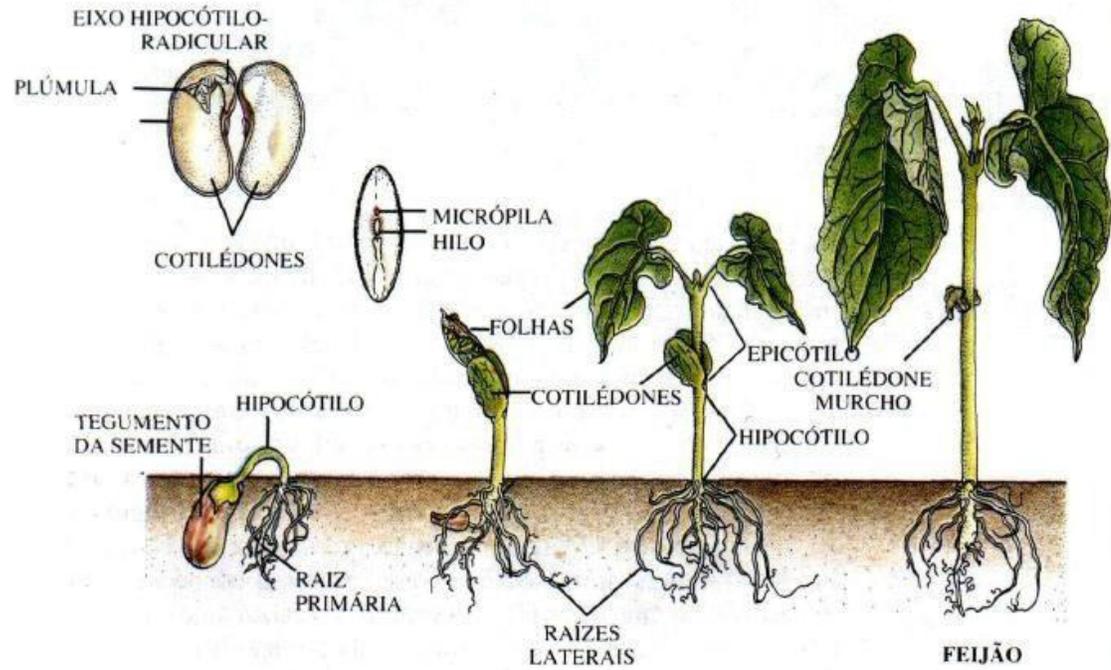
Amido começa a desaparecer do pericarpo

Desaparecimento completo do amido anteriormente localizado no pericarpo

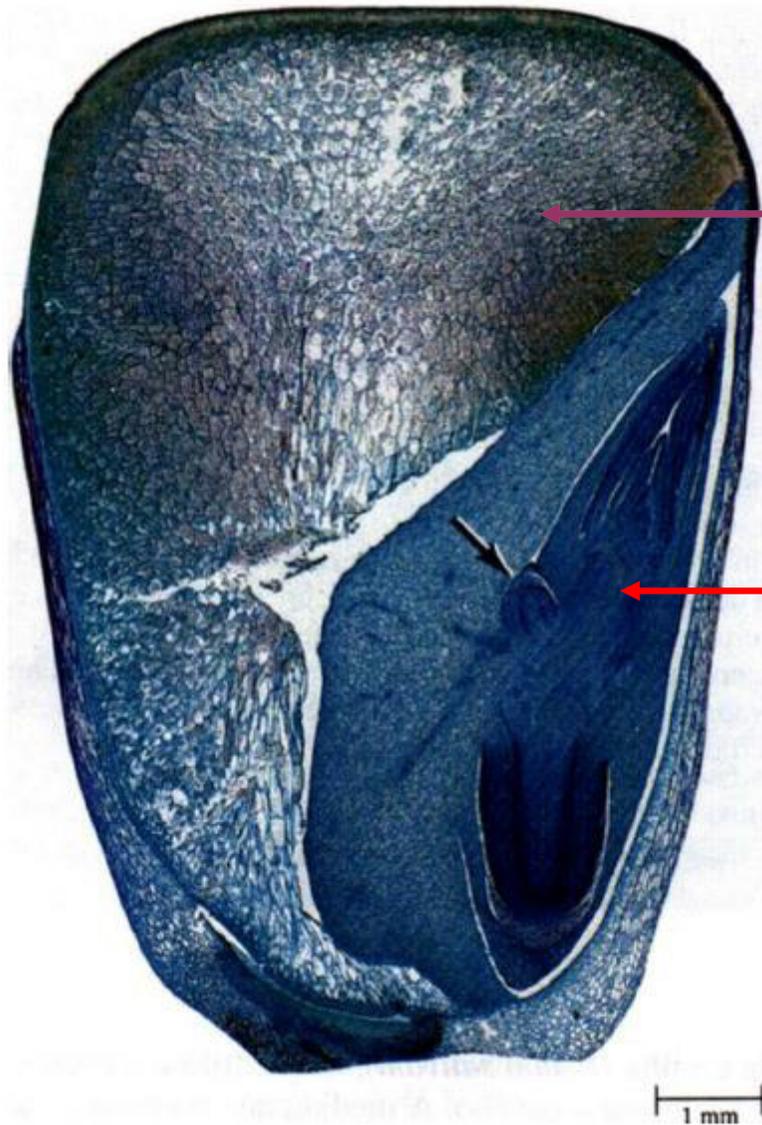
Exemplo para dicotiledôneas



Exemplo para dicotiledôneas



Exemplo para monocotiledôneas - cereais



Endosperma é o tecido de reserva

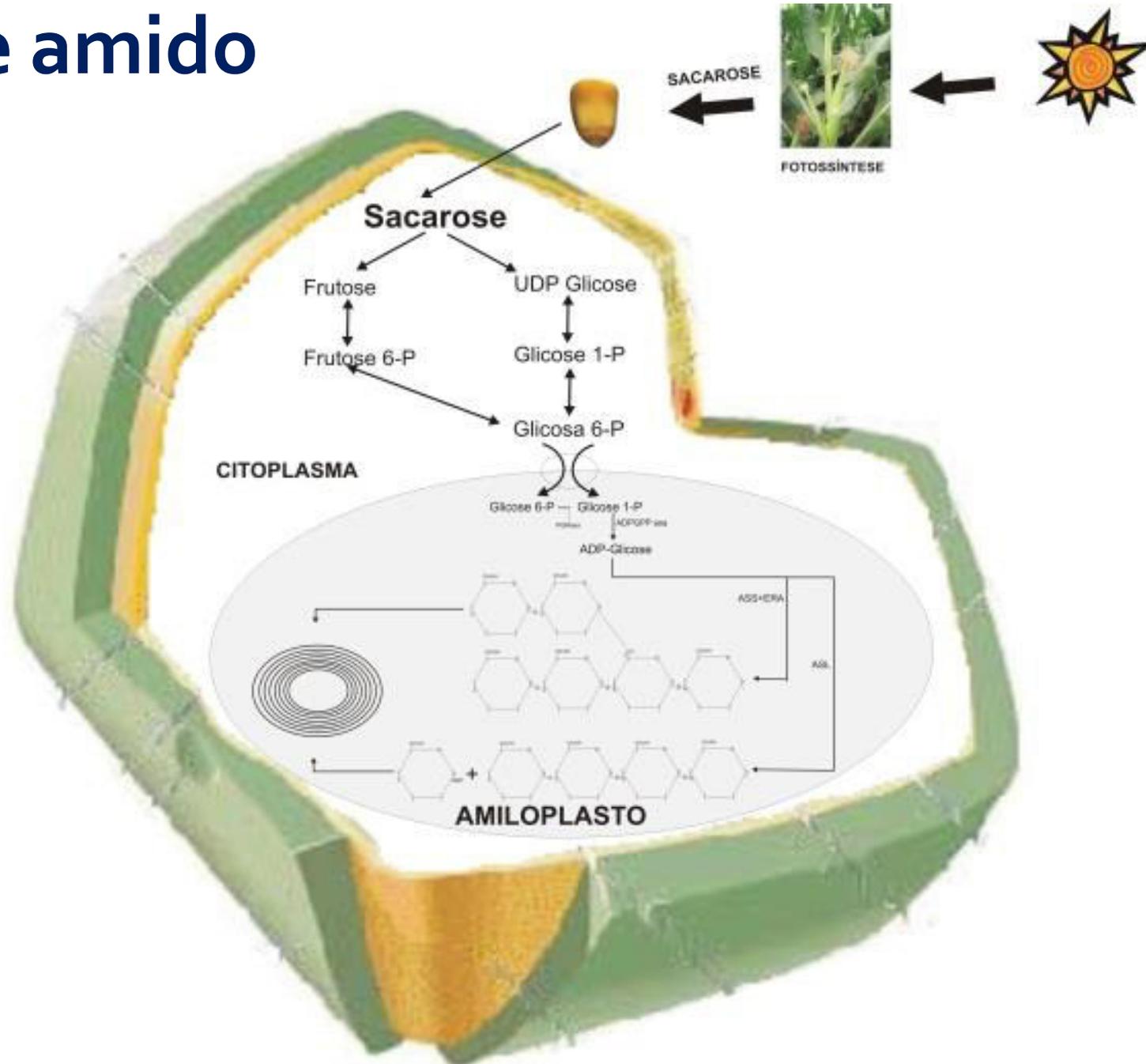
Eixo embrionário envolto pelo escutelo

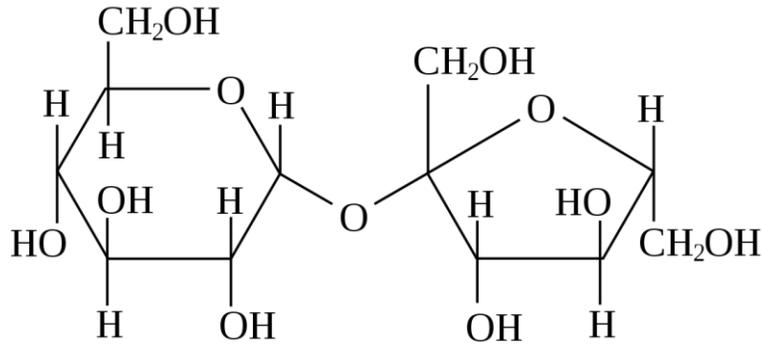
Diferença entre mono e dicotiledôneas

Monocotiledôneas → O **endosperma** tem a função de reserva de nutrientes. Apresentam uma folha primitiva.

Dicotiledôneas → O **endosperma** ou o **cotilédone** podem exercer a função de reserva de nutrientes. Apresentam duas folhas primitivas.

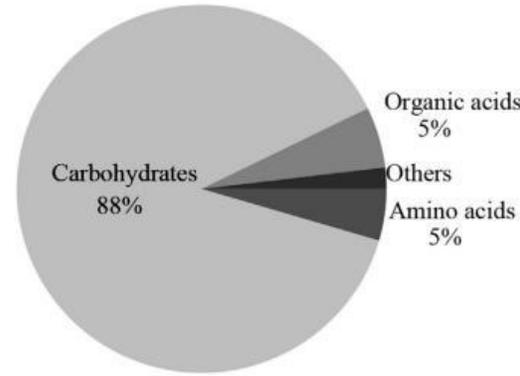
Síntese de amido



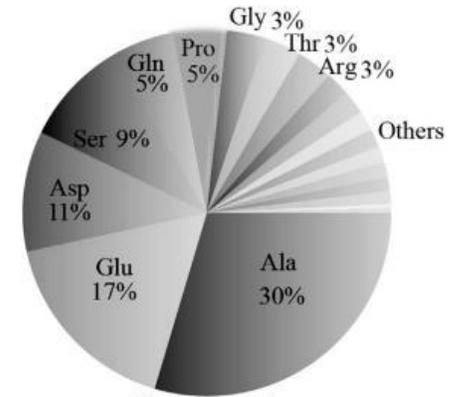


A

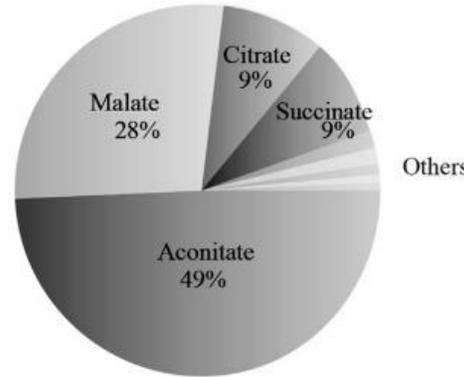
Main classes of metabolites



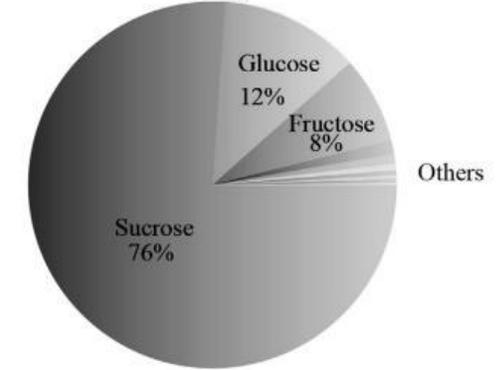
Amino acids



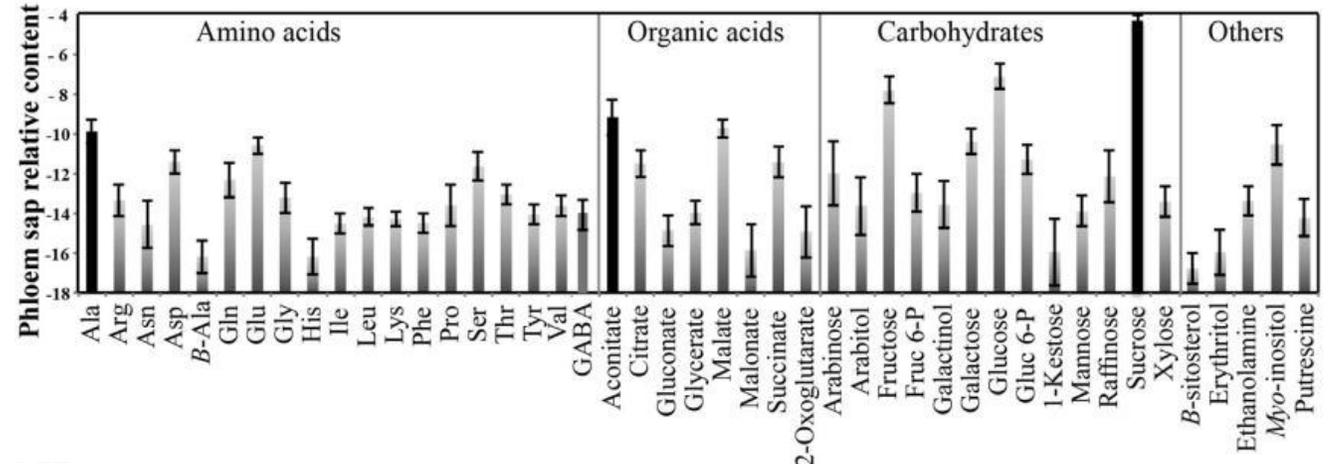
Organic acids



Carbohydrates

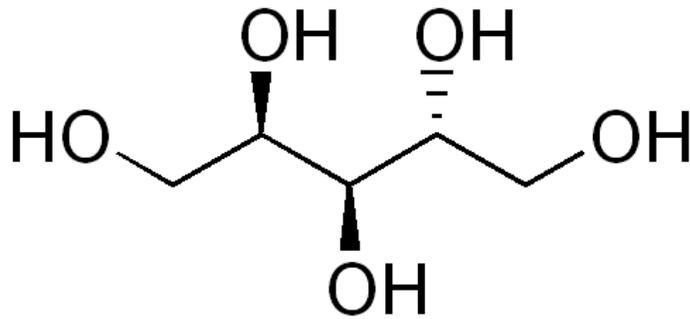


B



Correlação positiva entre o teor de sacarose no colmo e o peso de grãos

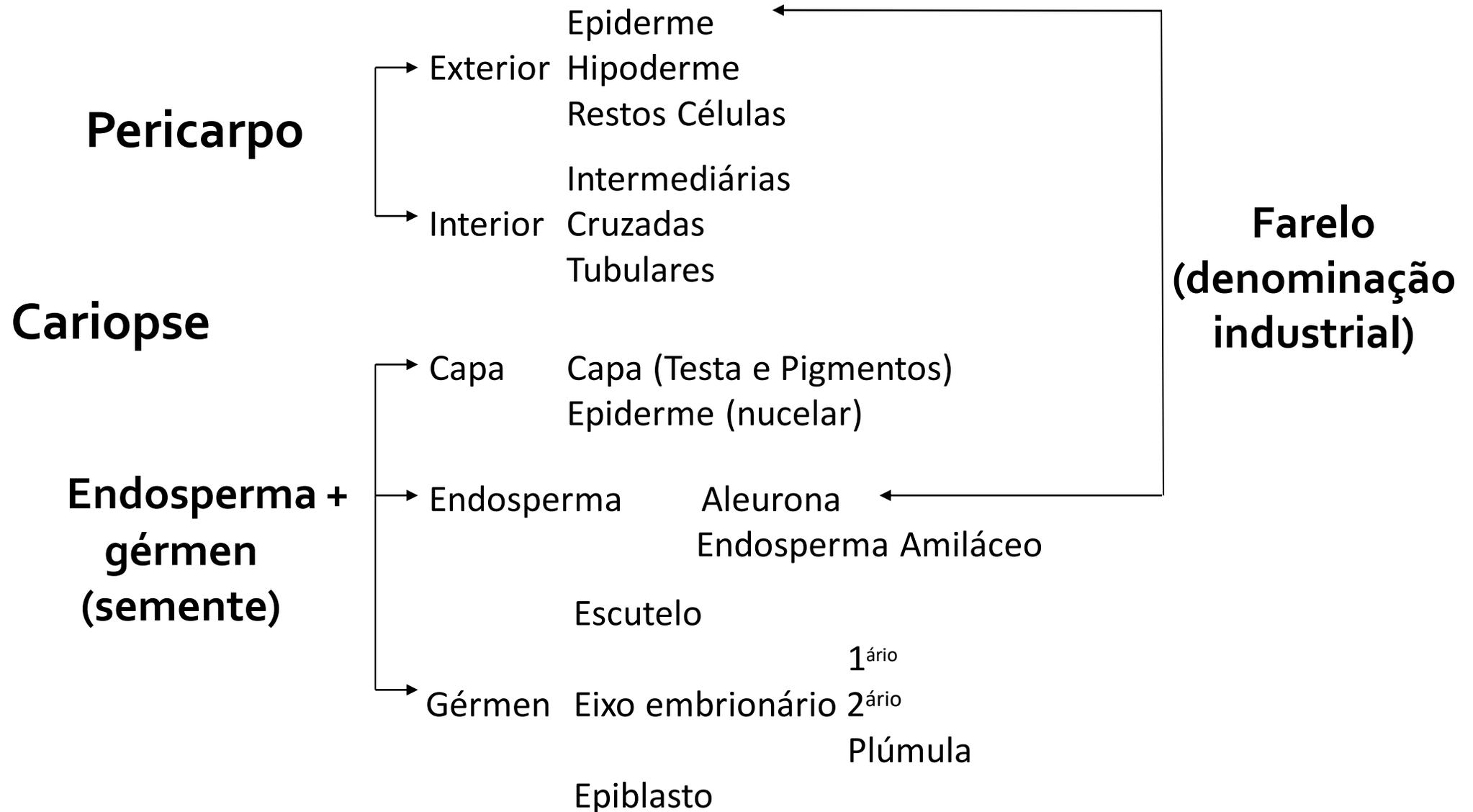
Correlação negativa entre o teor de arabitol no colmo e o rendimento de grãos



Estrutura botânica e composição química dos cereais

1. Trigo (*Triticum aestivum/Triticum durum*)
2. Centeio (*Secale cereale*)
3. Triticale (*Triticale spp.*)
4. Arroz (*Oryza sativa*)
5. Aveia (*Avena sativa*)
6. Cevada (*Hordeum vulgare*)
7. Milho (*Zea mays*)
8. Sorgo (*Sorghum bicolor*)

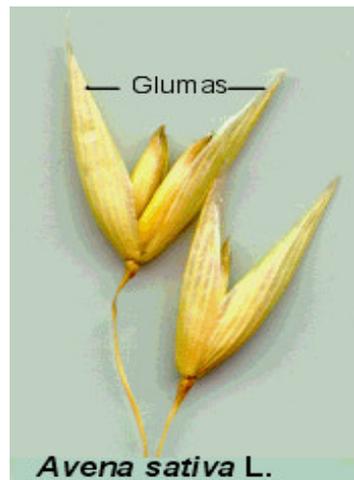
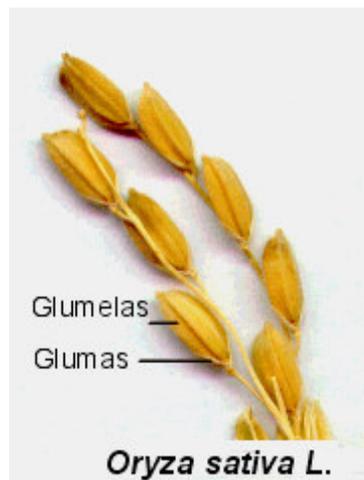
Estrutura comum aos cereais



Cariopse: é o fruto seco com uma só semente produzido pelos membros da família Poaceae (gramíneas).

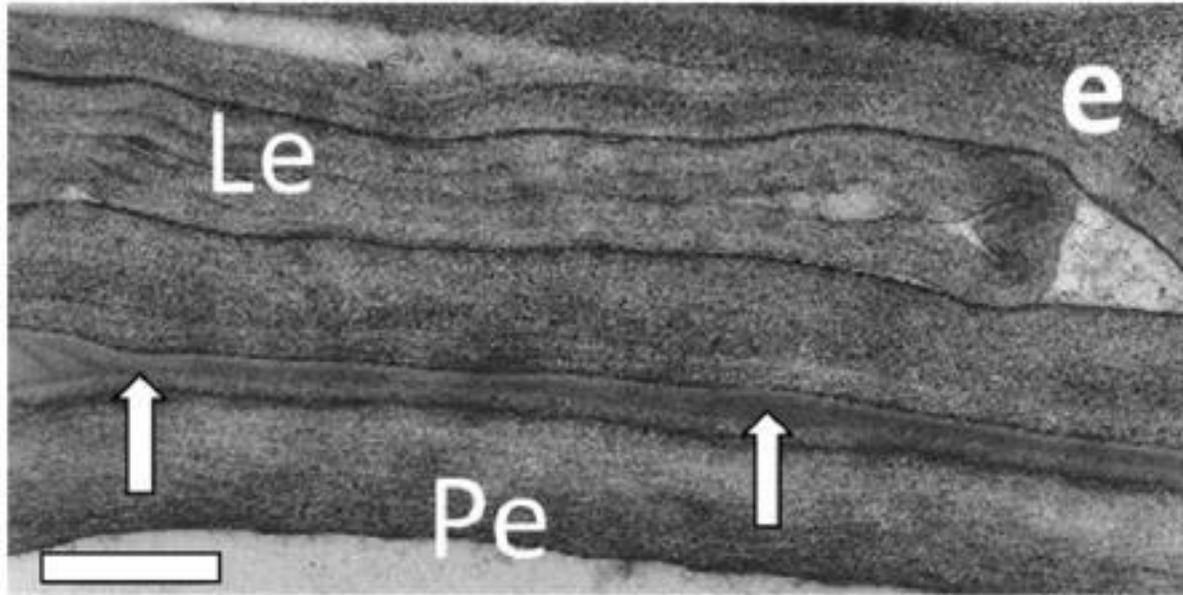
Grãos "vestidos" x Grãos "desnudos"

As cariopses dos cereais se desenvolvem dentro de **coberturas florais** que, na realidade, são **folhas modificadas** (glumas) que formam parte da palha. Em arroz e na maioria das cultivares de cevada e aveia, as coberturas florais envolvem as cariopses de forma muito firme que permanecem firmemente aderidas a elas após a colheita e se constituem na casca destes grãos.

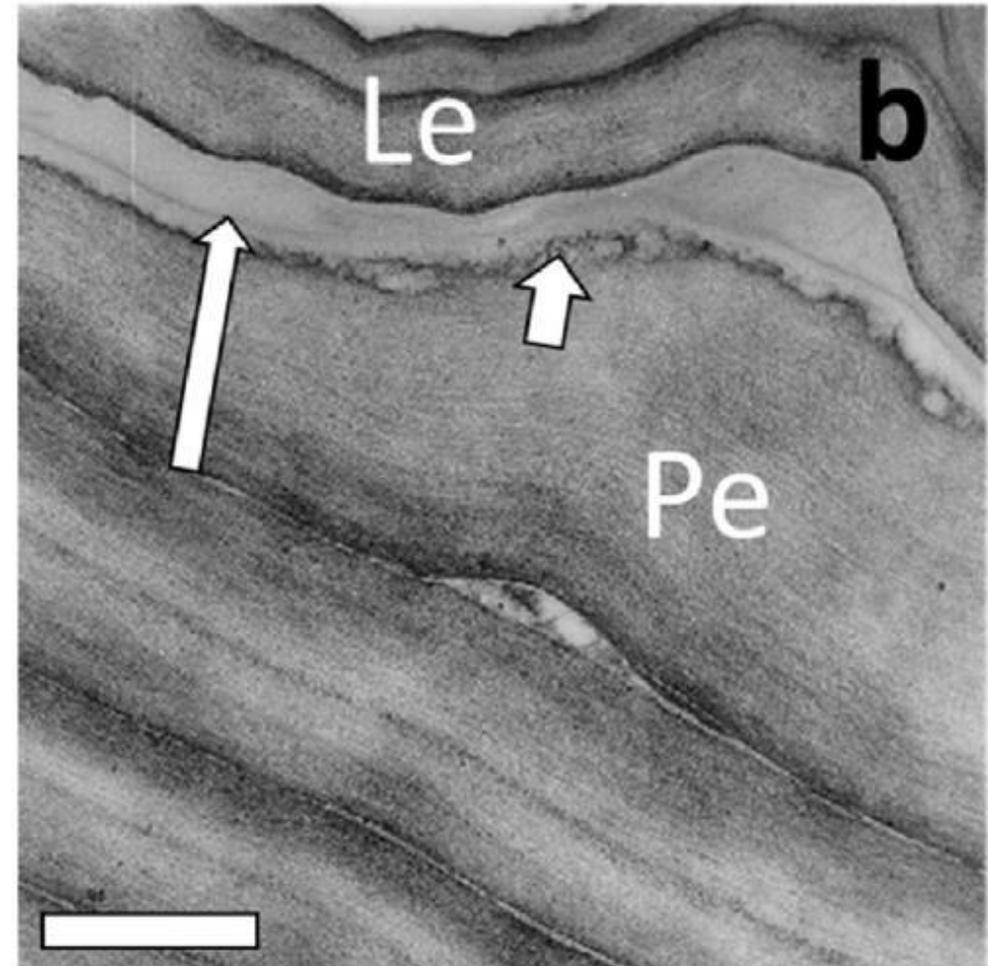


Camada de cutina entre a lema e o pericarpo em grãos de cevada 24 e 45 dias após a antese

24 DAA



45 DAA



Casca

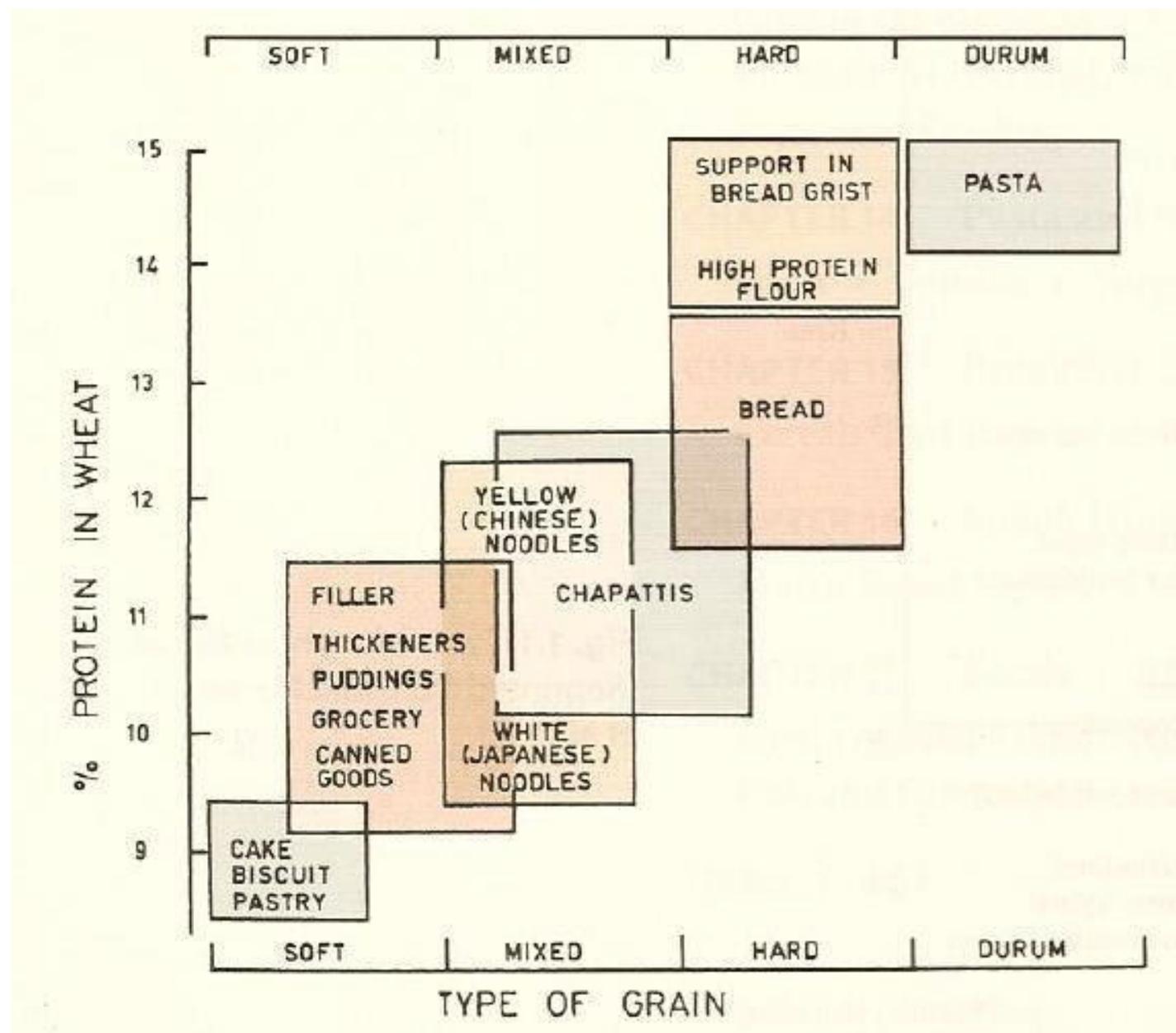
- * **Arroz:** 20% do peso total, composta de Lignina (30%), Celulose (25%), Cinzas (21%, sendo 95% destes sílica), e outros.
- * **Aveia:** 30% do peso total, composta de Celulose, Hemicelulose, Lignina e pouca Proteína.
- * **Cevada:** 8-15% do peso total, composta de Lignina, "Pentosanas" e Cinzas (sem sílica).

Resumo das características estruturais dos cereais.

Espécies	Tipo de Cariopse	Cavidade ventral	Grânulos de Amido	Espessura da Aleurona (Camadas)	Corpos proteicos presentes no endosperma maduro
Trigo	Desnuda	Proeminente	Simples	Célula única	Não
Centeio	Desnuda	Proeminente	Simples	Célula única	Não
Triticale	Desnuda	Proeminente	Simples	Célula única	Não
Arroz	Coberta	Ausente	Compostos	Célula única	Sim
Aveia	Coberta	Presente, não proem.	Compostos	Célula única	Sim
Cevada	Coberta	Presente, não proem.	Simples	Múltiplas	Não
Milho	Desnuda	Ausente	Simples	Célula única	Sim
Sorgo	Desnuda	Ausente	Simples	Célula única	Sim

Adaptado de Rooney et al. (1983).

1. Trigo



1. Trigo

Composição centesimal:

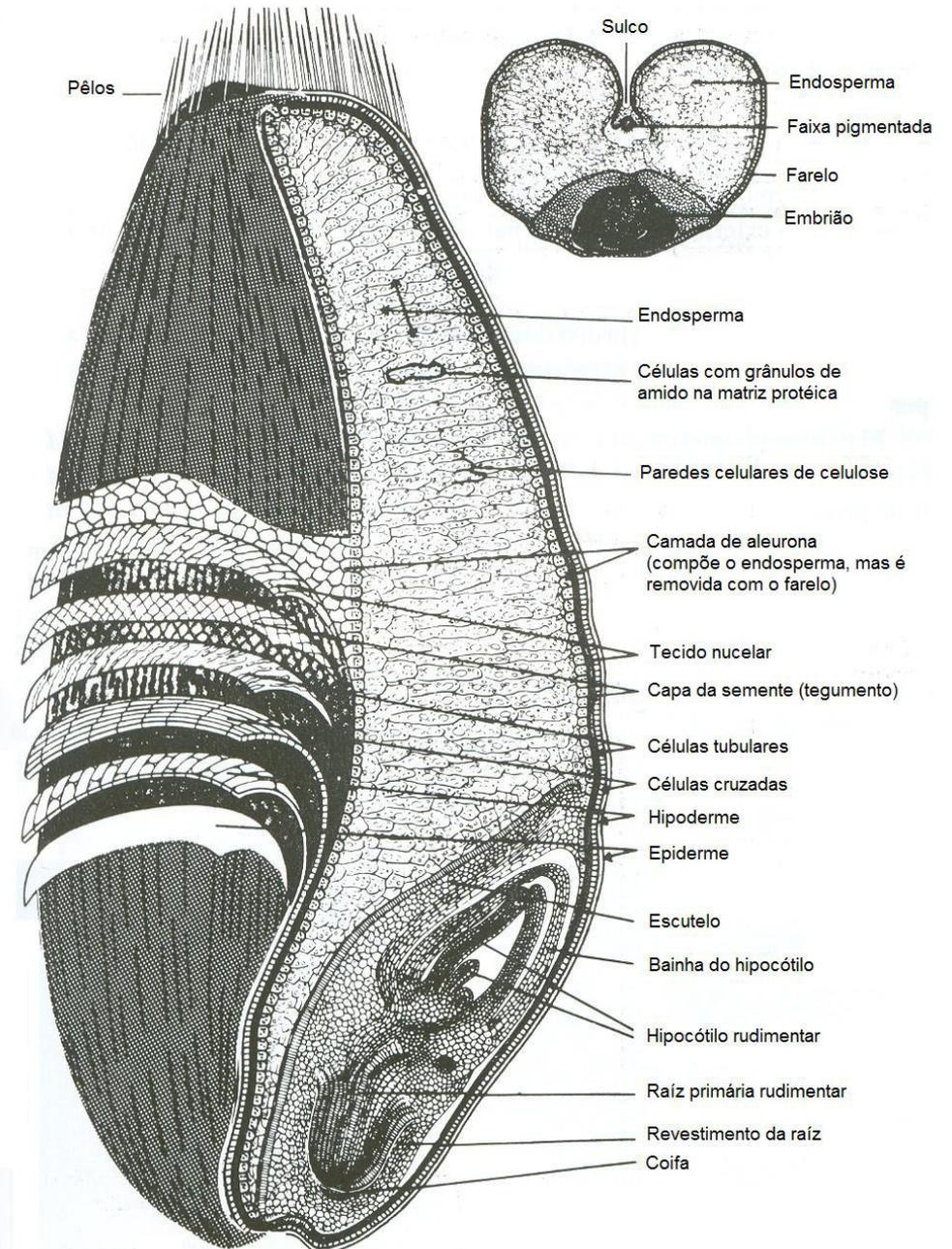
Proteína bruta – 14,3%

Cinzas – 2,0%

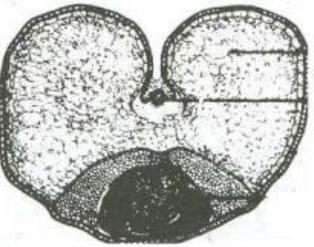
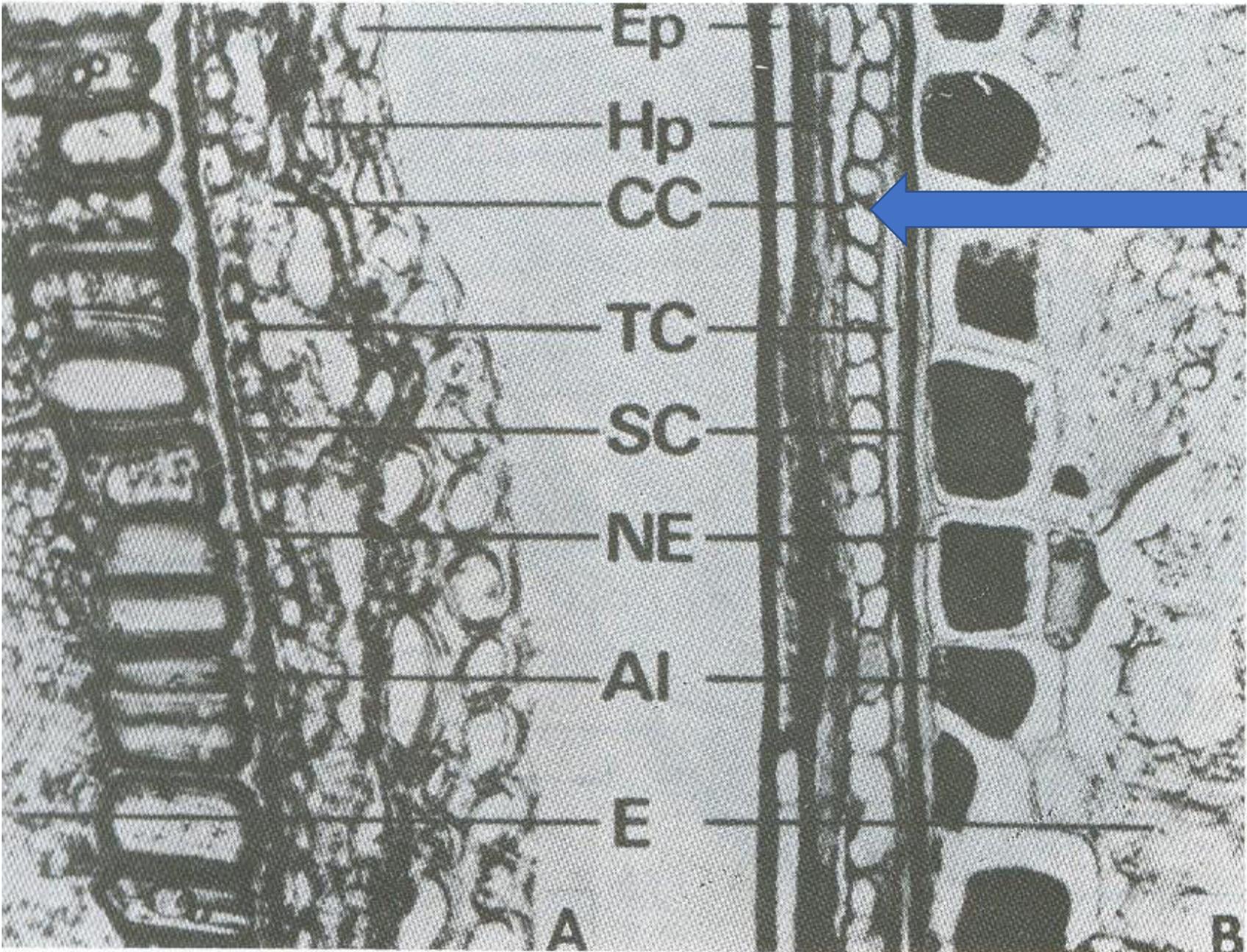
Fibra bruta – 2,9%

Lipídeos totais – 1,9%

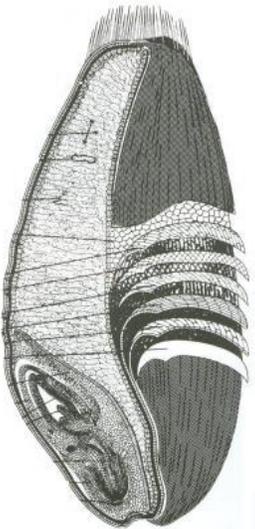
Carboidratos – 78,9%



1. Trigo



Corte transversal



Corte longitudinal

Teor de proteína bruta em treze genótipos de trigo cultivados em quatro localidades do RS. Safra 2017.

Genótipos	Proteína (%)			
	CDS	STA	SAG	VAC
Ametista	B 13,53 ± 0,12 cd	B 13,22 ± 0,27 bcd	C 12,57 ± 0,17 ef	A 15,58 ± 0,16 b
BRS 331	BC 14,16 ± 0,09 abc	C 13,84 ± 0,19 ab	A 14,91 ± 0,26 a	AB 14,58 ± 0,22 c
BRS Parrudo	A 14,48 ± 0,34 ab	B 13,63 ± 0,27 ab	B 13,33 ± 0,12 d	A 14,55 ± 0,14 c
CD 1303	B 12,69 ± 0,17 e	B 12,71 ± 0,14 de	A 14,05 ± 0,12 bc	A 13,62 ± 0,33 de
FPS Certero	B 12,95 ± 0,43 de	AB 13,53 ± 0,15 abc	C 11,86 ± 0,13 gh	A 14,06 ± 0,42 cd
Marfim	B 14,79 ± 0,21 a	B 14,17 ± 0,29 a	B 14,37 ± 0,08 b	A 16,60 ± 0,38 a
ORS Vintecinco	B 12,88 ± 0,20 de	B 12,92 ± 0,21 cd	C 11,98 ± 0,08 g	A 15,35 ± 0,11 b
TBIO Iguaçu	B 11,76 ± 0,21 f	B 12,06 ± 0,33 ef	B 11,79 ± 0,19 gh	A 13,23 ± 0,21 ef
TBIO Mestre	B 14,01 ± 0,06 bc	B 13,81 ± 0,16 ab	B 13,78 ± 0,17 c	A 16,02 ± 0,11 ab
TBIO Sintonia	B 13,27 ± 0,17 de	B 13,20 ± 0,23 bcd	B 12,93 ± 0,11 de	A 14,47 ± 0,19 c
TBIO Sinuelo	C 11,61 ± 0,06 f	B 11,94 ± 0,12 f	D 11,17 ± 0,03 i	A 12,83 ± 0,13 f
TBIO Sossego	B 12,96 ± 0,34 de	B 13,43 ± 0,13 bc	C 11,45 ± 0,09 hi	A 14,45 ± 0,18 c
TBIO Toruk	C 11,39 ± 0,19 f	C 11,21 ± 0,22 g	B 12,13 ± 0,22 fg	A 13,06 ± 0,14 ef

Letras maiúsculas diferentes, na mesma linha, indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Nas colunas, letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). CDS = Cachoeira do Sul; STA = Santo Augusto; SAG = São Gabriel; VAC = Vacaria.

1. Trigo

A. Pericarpo

Envolve toda a cariopse.

5% da cariopse

6% proteínas

2% cinzas

20% celulose

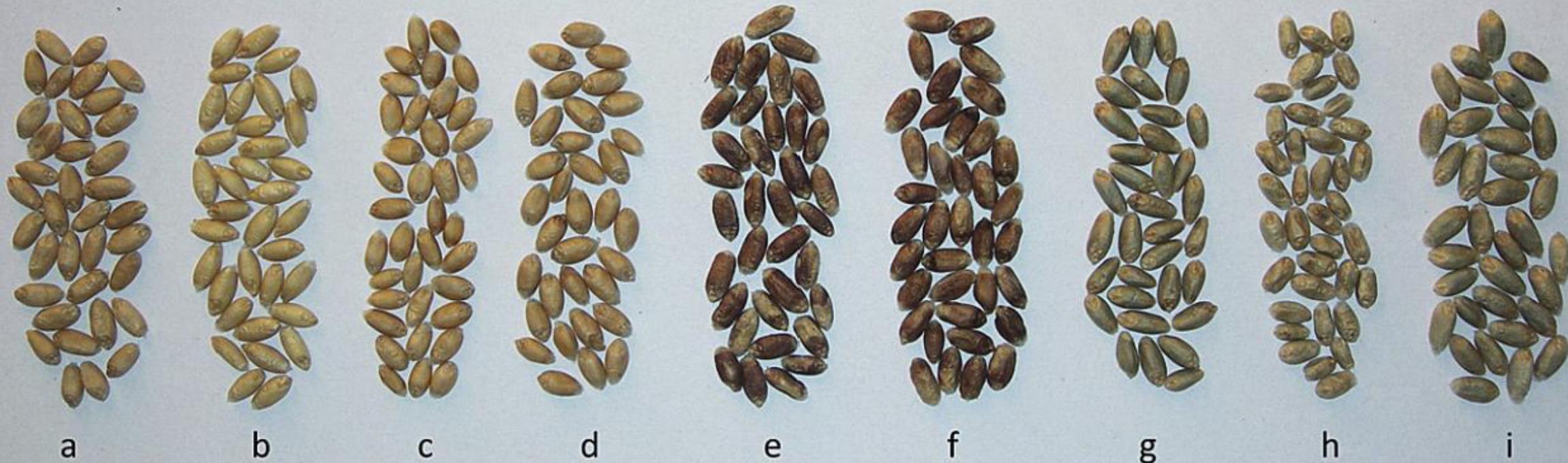
0,5% gordura

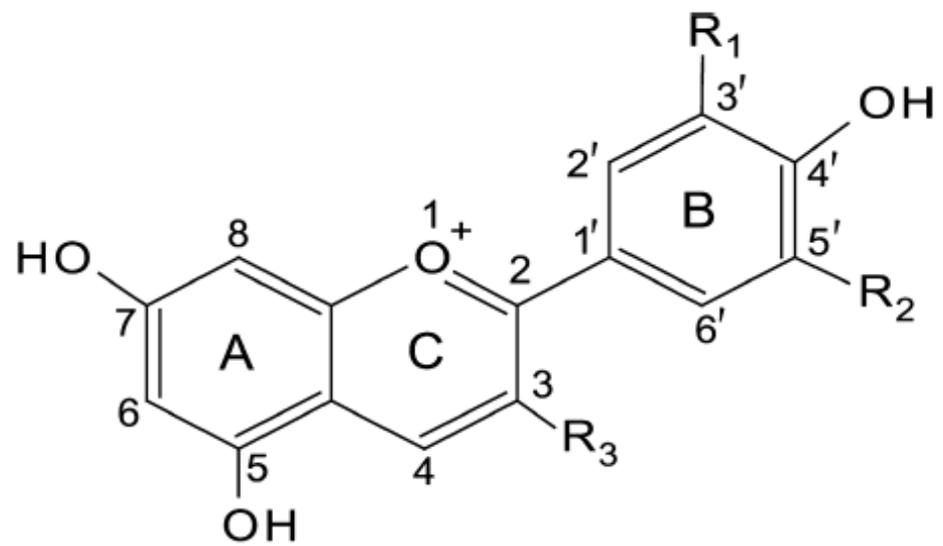
Restante carboidratos não-amiláceos

B. Capa da semente ou testa

Testa (5-8 μm) + epiderme nucelar (7 μm)

1. Trigo





Aglycone	R ₁	R ₂	R ₃
Delphinidin	OH	OH	OH
Cyanidin	OH	H	OH
Petunidin	OCH ₃	OH	OH
Peonidin	OCH ₃	H	OH
Malvidin	OCH ₃	OCH ₃	OH
Pelargonidin	H	H	OH



1. Trigo

C. Endosperma

Células de aleurona e endosperma amiláceo.

D. Embrião

2,5-3,5% da cariopse

25% proteína

18% açúcares (principalmente sacarose e rafinose)

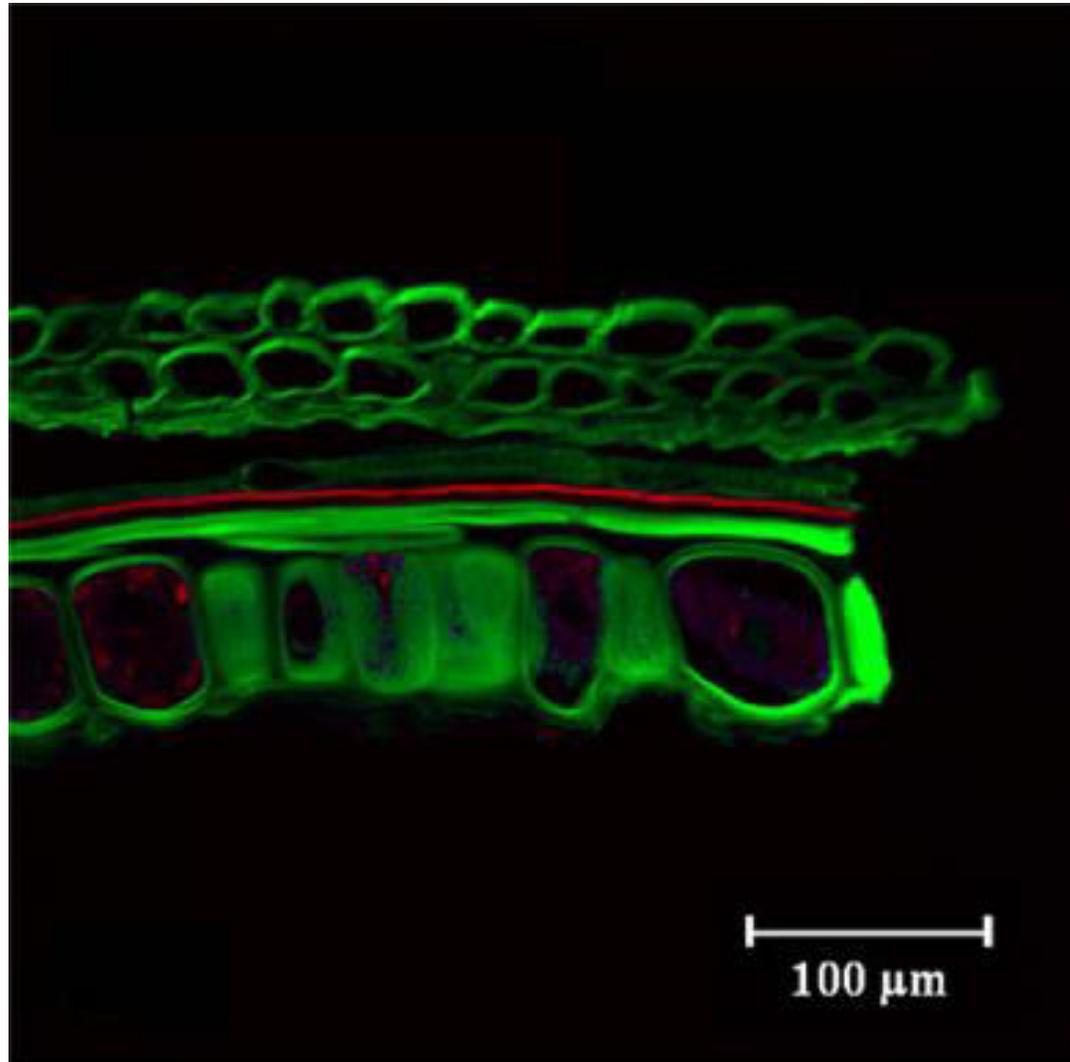
48% óleo

5% cinzas

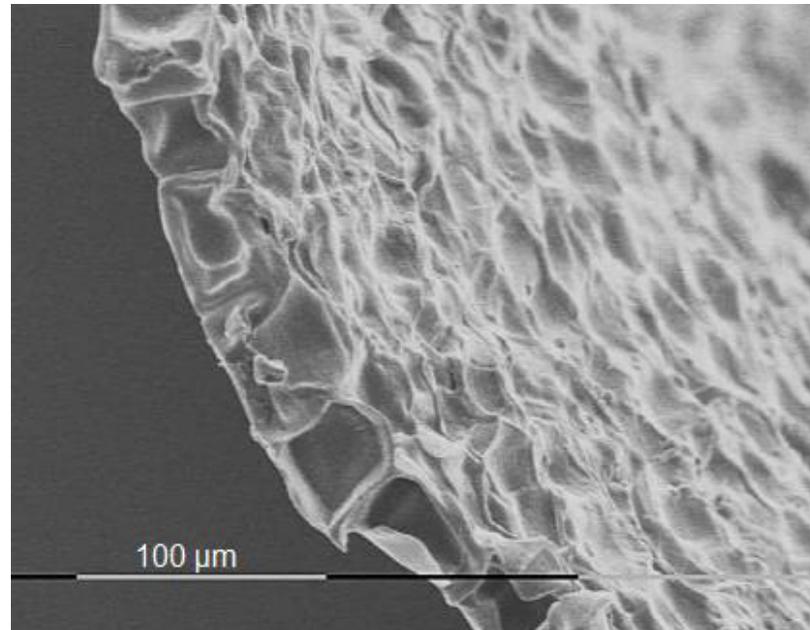
Vitaminas (>500 ppm de vit E)

1. Trigo

Camada de aleurona



Apresenta elevada atividade enzimática, alto teor de cinzas, proteínas, fósforo livre, fósforo na forma de fitato e lipídeos.



1. Trigo

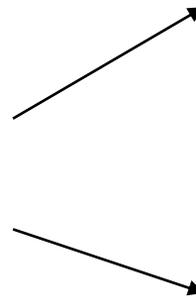
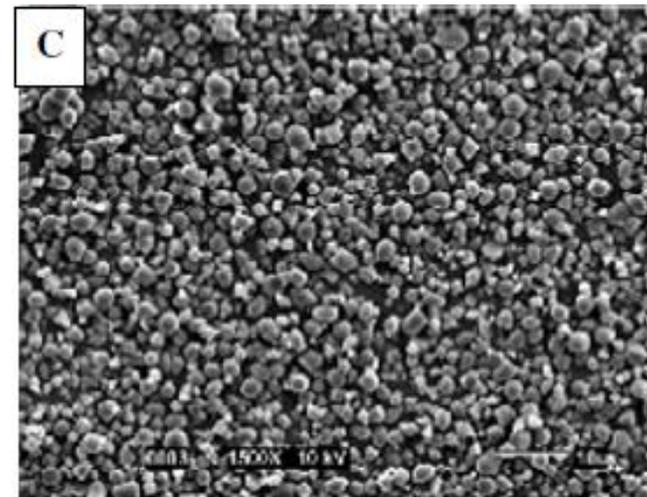
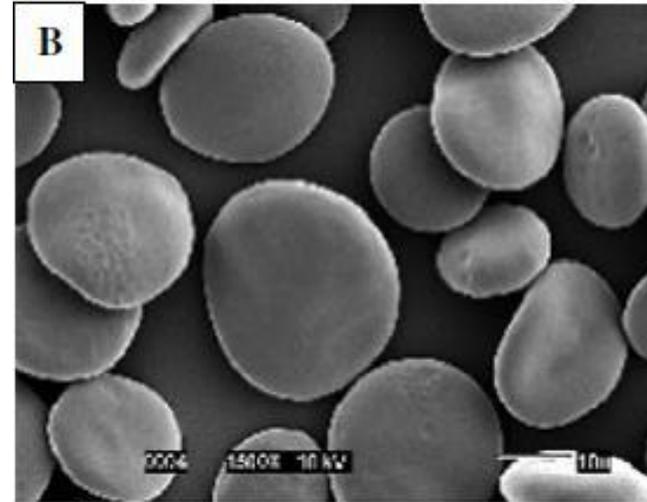
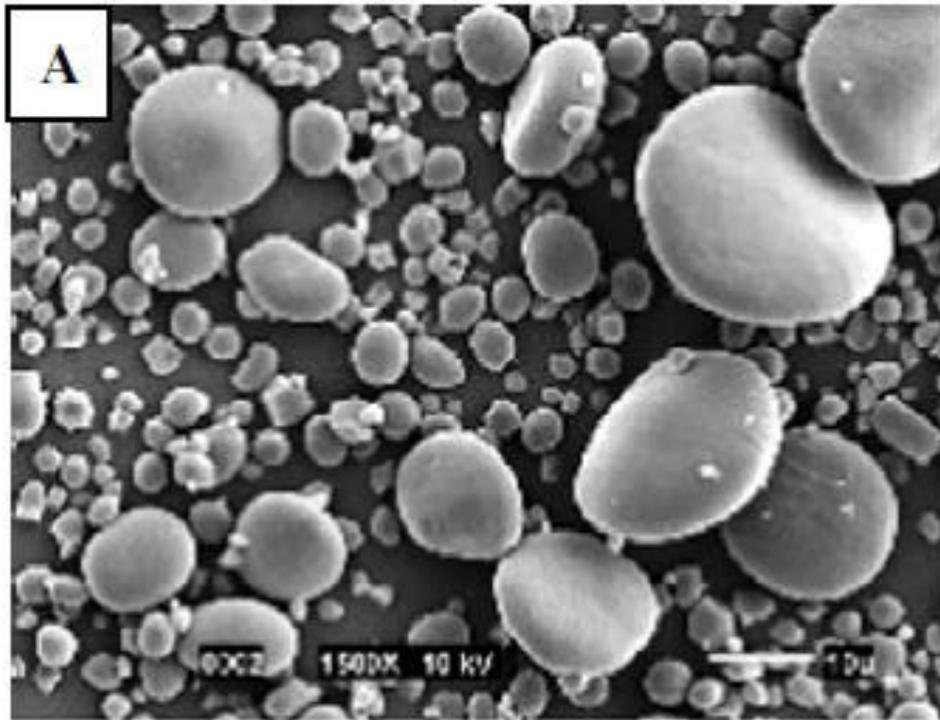
Endosperma amiláceo

Classificação de acordo com a granulometria e espécie:

1. **Fécula:** produto que passa em peneira de 132 μm .
2. **Farinha:** produto com granulometria superior a 132 μm obtido de *Triticum aestivum*.
3. **Semolina/Sêmola:** produto com granulometria superior a 132 μm obtido de *Triticum durum*.

1. Trigo

Amido de trigo

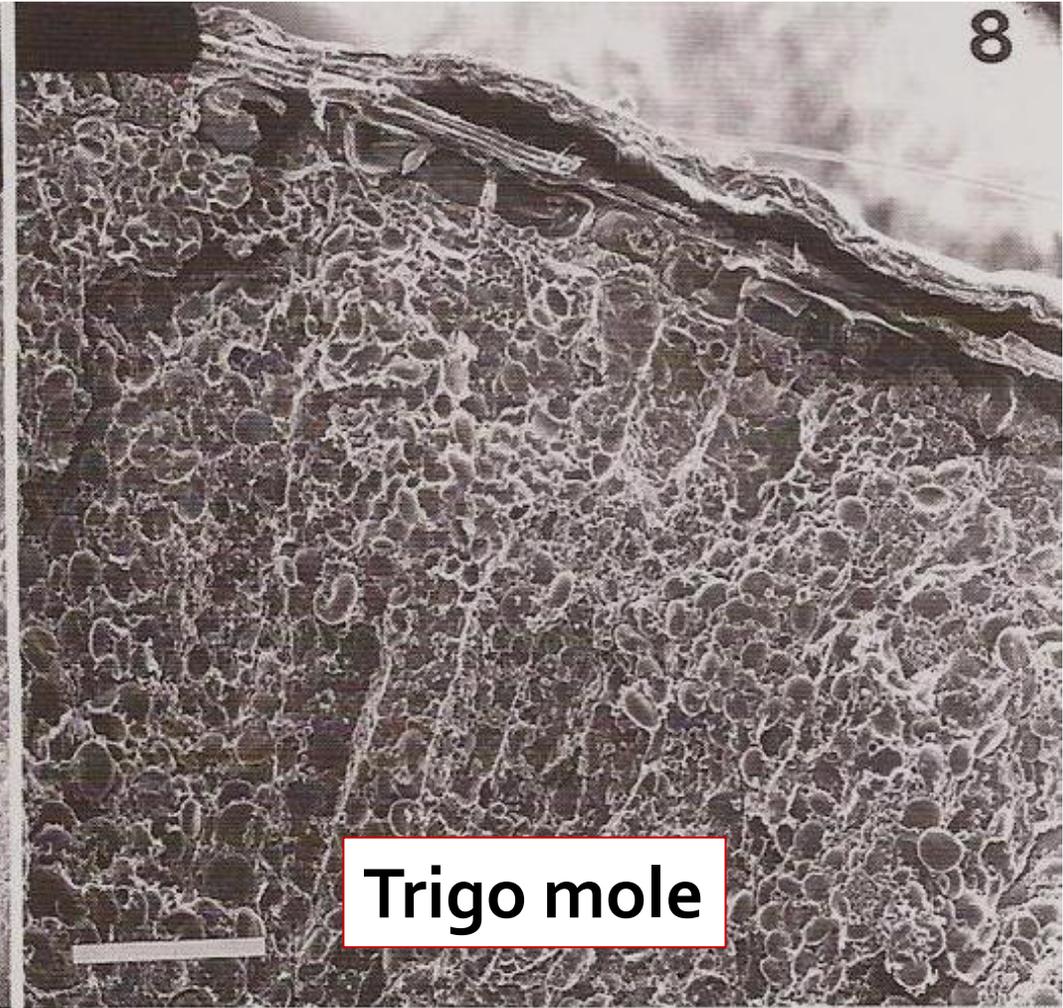


Diferenças entre trigo mole e trigo duro

1. PAREDE CELULAR



Trigo duro



Trigo mole

Principal componente da parede celular do trigo: Arabinoxilanas

Table 1

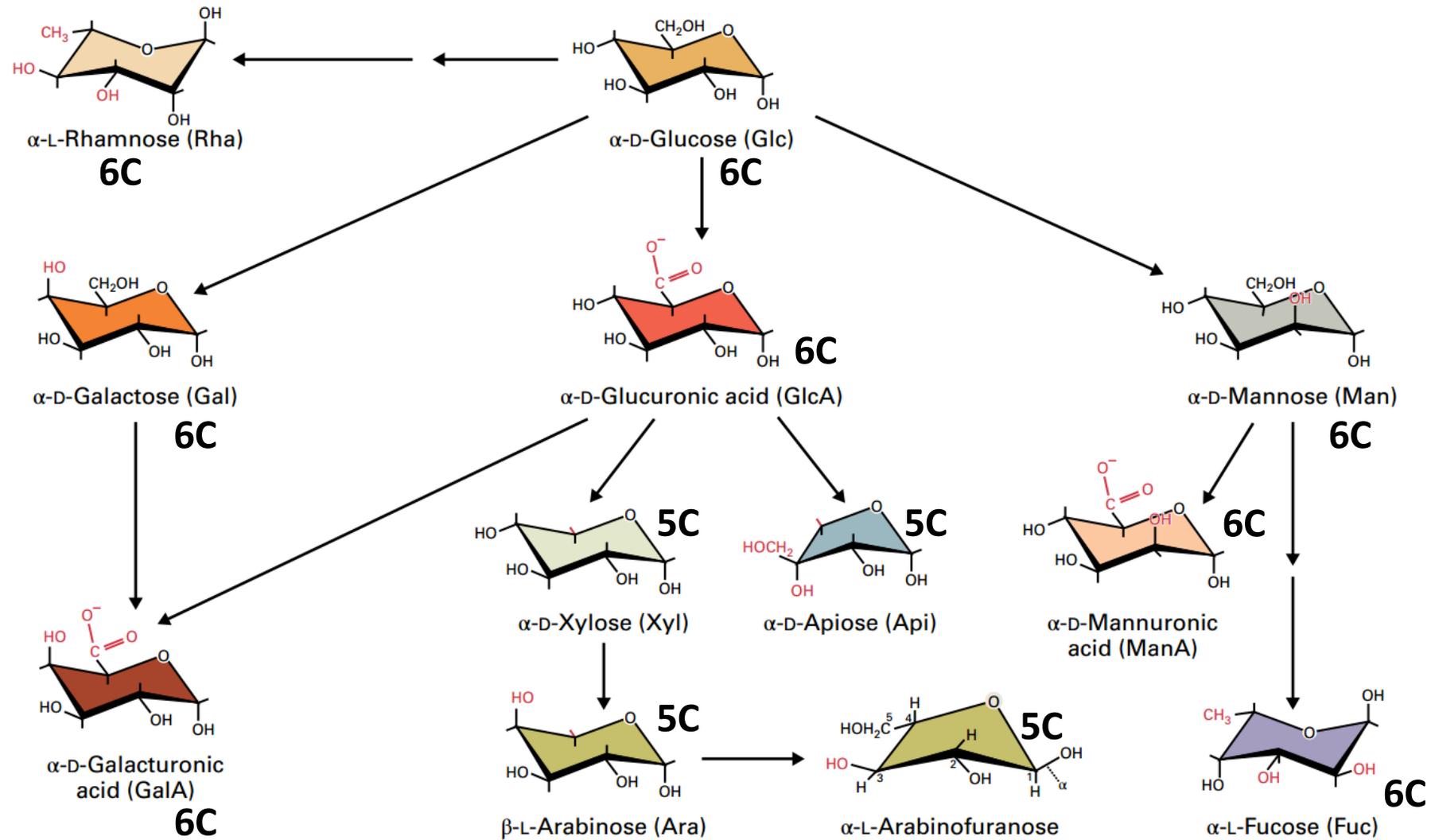
HPLC monosaccharide sugar composition, A/X and DP3/DP4 ratio, and β -glucan % analysis for endosperm flours and soluble and insoluble extracts.

Sample	HPLC monosaccharide release (%w/w)							% β -glucan Megazyme (AOAC 995.16)	DP3/DP4 ratio
	Mannose	Glucose	Galactose	Xylose	Arabinose	Total AX ^a	A/X ratio		
Barley Finnis									
Barley WEAX RT	0.1	9.6	3.6	51.5	33.0	74.4	0.64		2.0
Barley WEAX 40 °C	0.2	9.8	4.2	51.0	32.7	73.6	0.64		1.9
Barley WEBG RT	0.4	80.4	0.4	0.6	0.8	1.3	1.02	74.8	2.6
Barley WEBG 40 °C	0.4	89.3	0.5	0.8	0.8	1.4	1.03	90.9	2.6
Barley Cell Wall	2.7	72.9	0.0	12.8	10.1	20.2	0.79	68.2	2.5
Wheat Macro									
Wheat WEAX	0.0	3.7	0.5	60.0	34.6	83.3	0.58		2.1
Wheat Cell Wall	3.6	19.5	0.8	47.7	28.3	66.8	0.59	19.2	2.3
Rye Bevy									
Rye WEAX	0.0	2.3	1.3	61.2	32.2	82.1	0.53		2.9
Rye Cell Wall	2.4	10.9	0.5	42.9	23.1	58.0	0.54	10.6	2.2

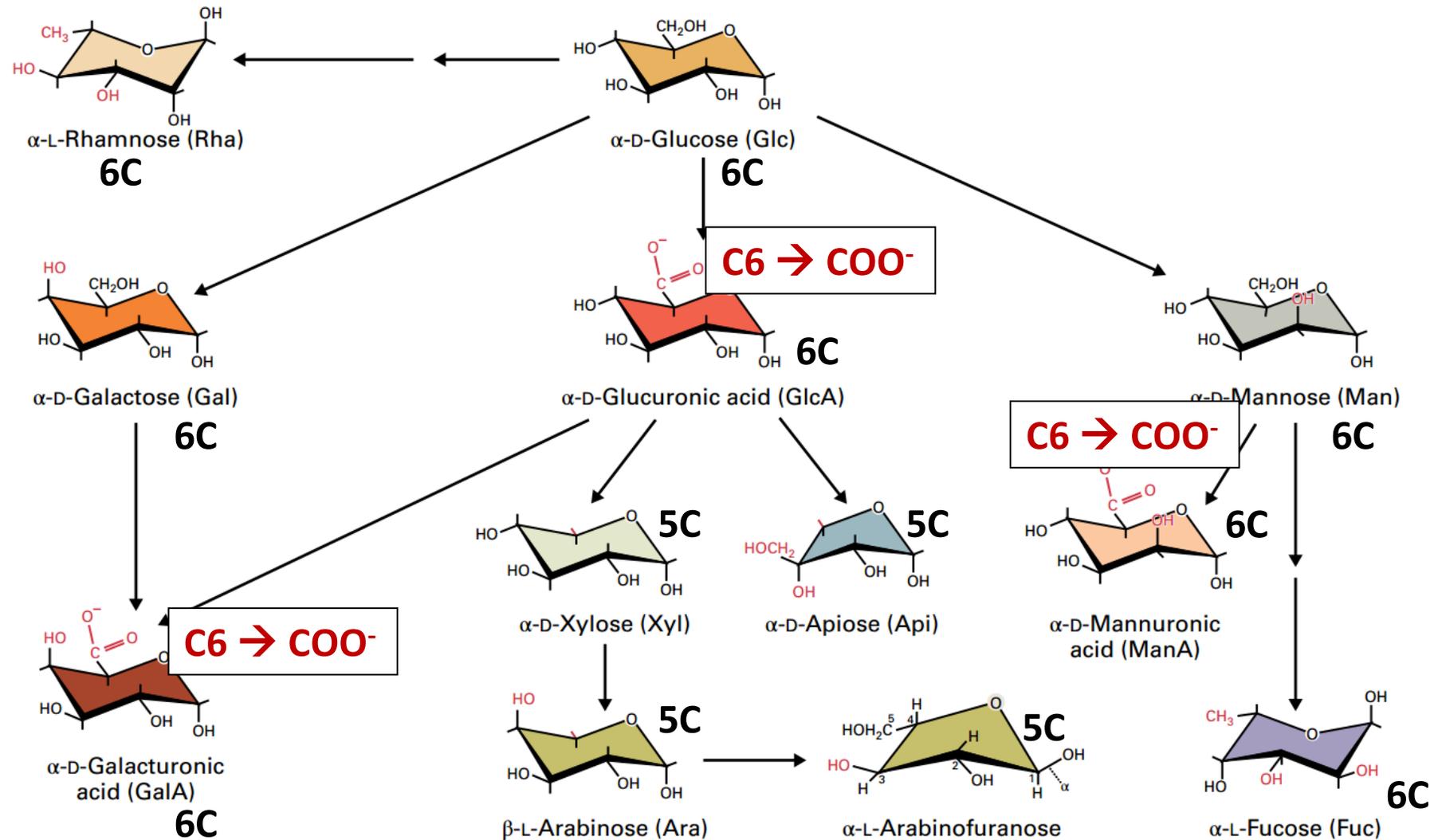
All samples analysed in duplicate with very small standard deviations – average values shown.

^a Total arabinoxylan contents calculated by adding arabinose and xylose sugar amounts and multiplying by 0.88 to account for the water molecule added during hydrolysis.

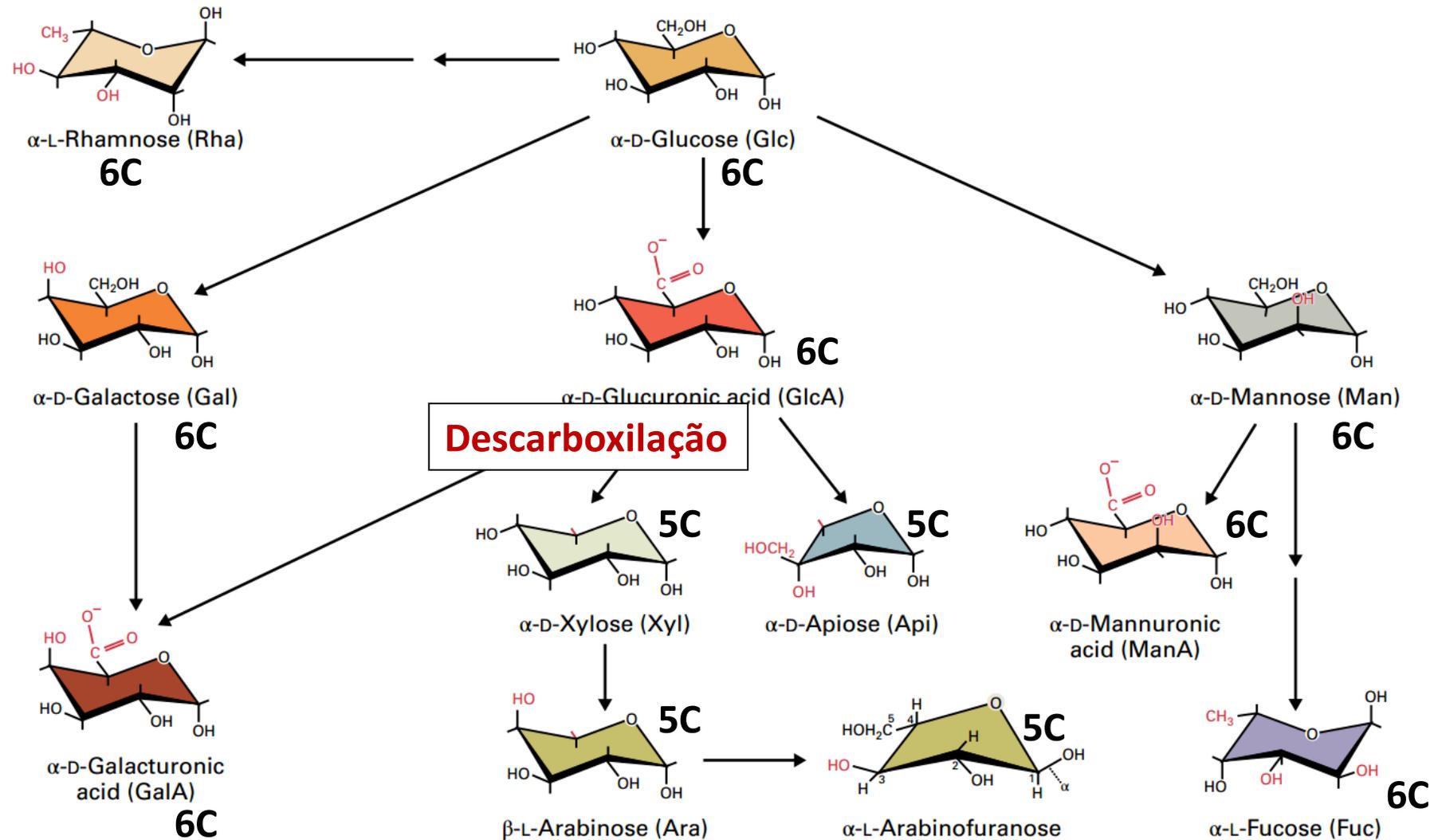
Monossacarídeos ligados aos polímeros da parede celular derivam da glicose



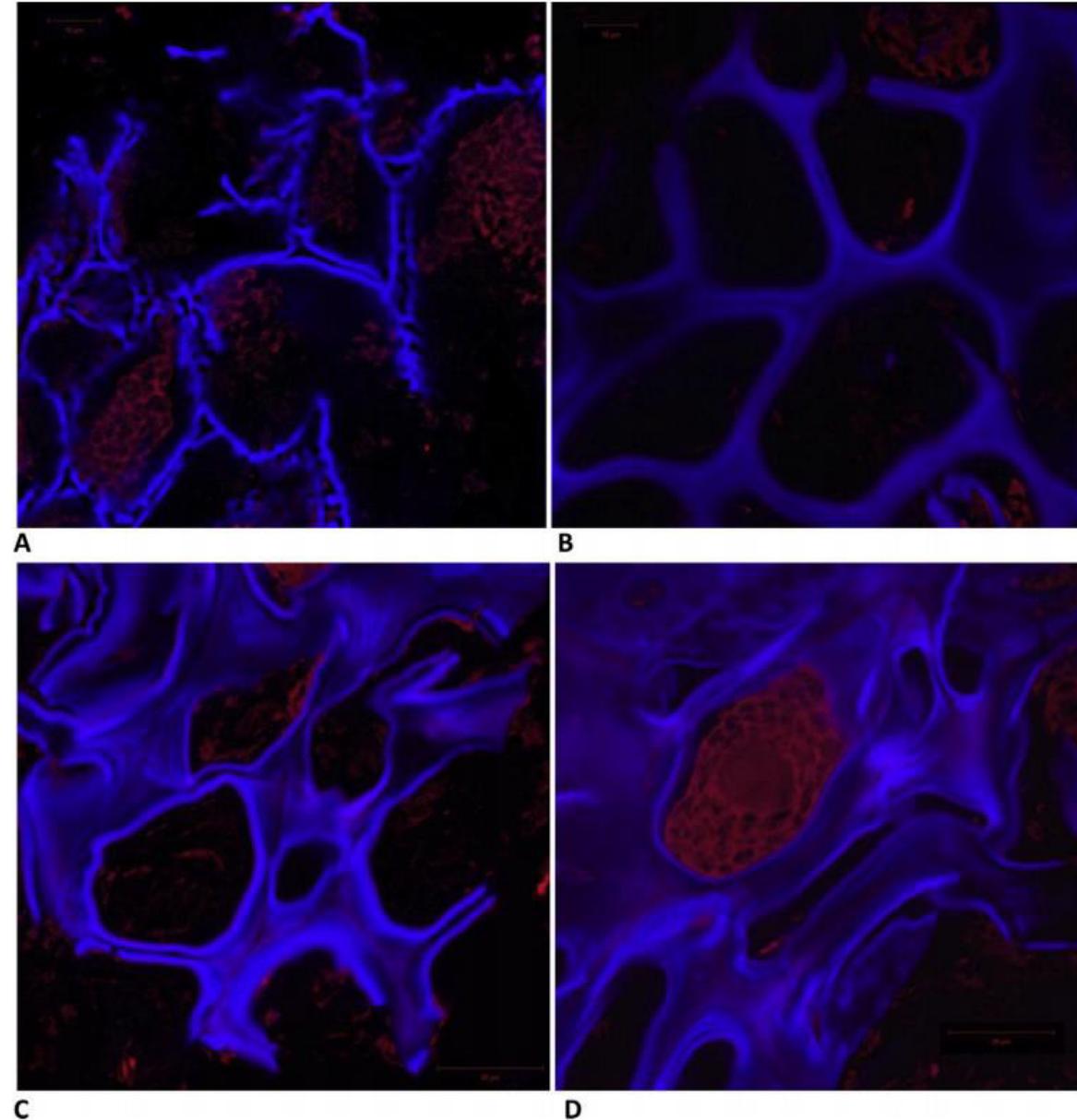
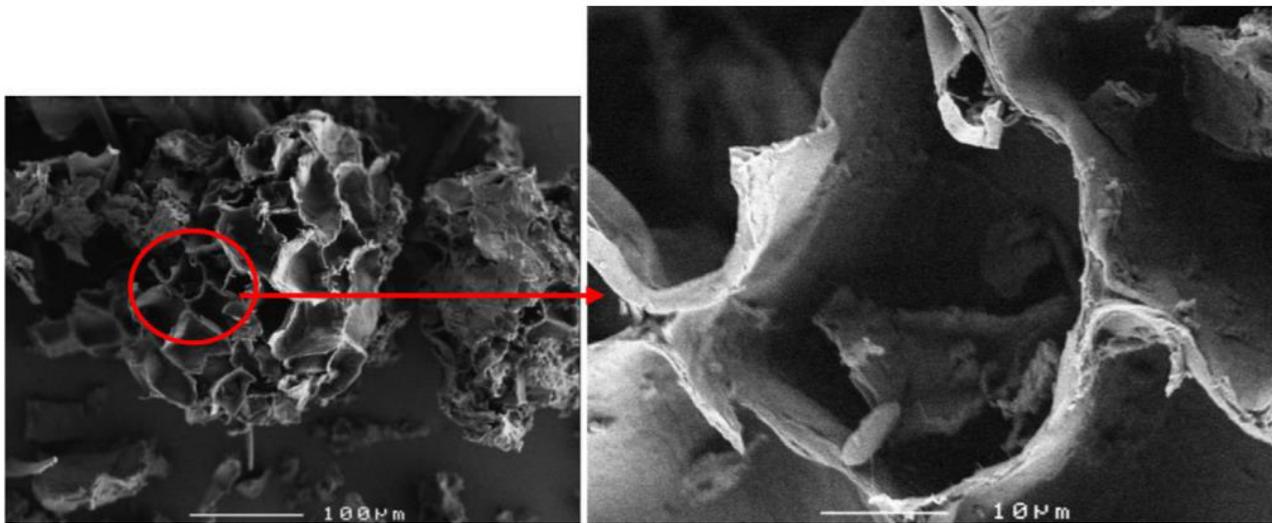
Monossacarídeos ligados aos polímeros da parede celular derivam da glicose



Monossacarídeos ligados aos polímeros da parede celular derivam da glicose

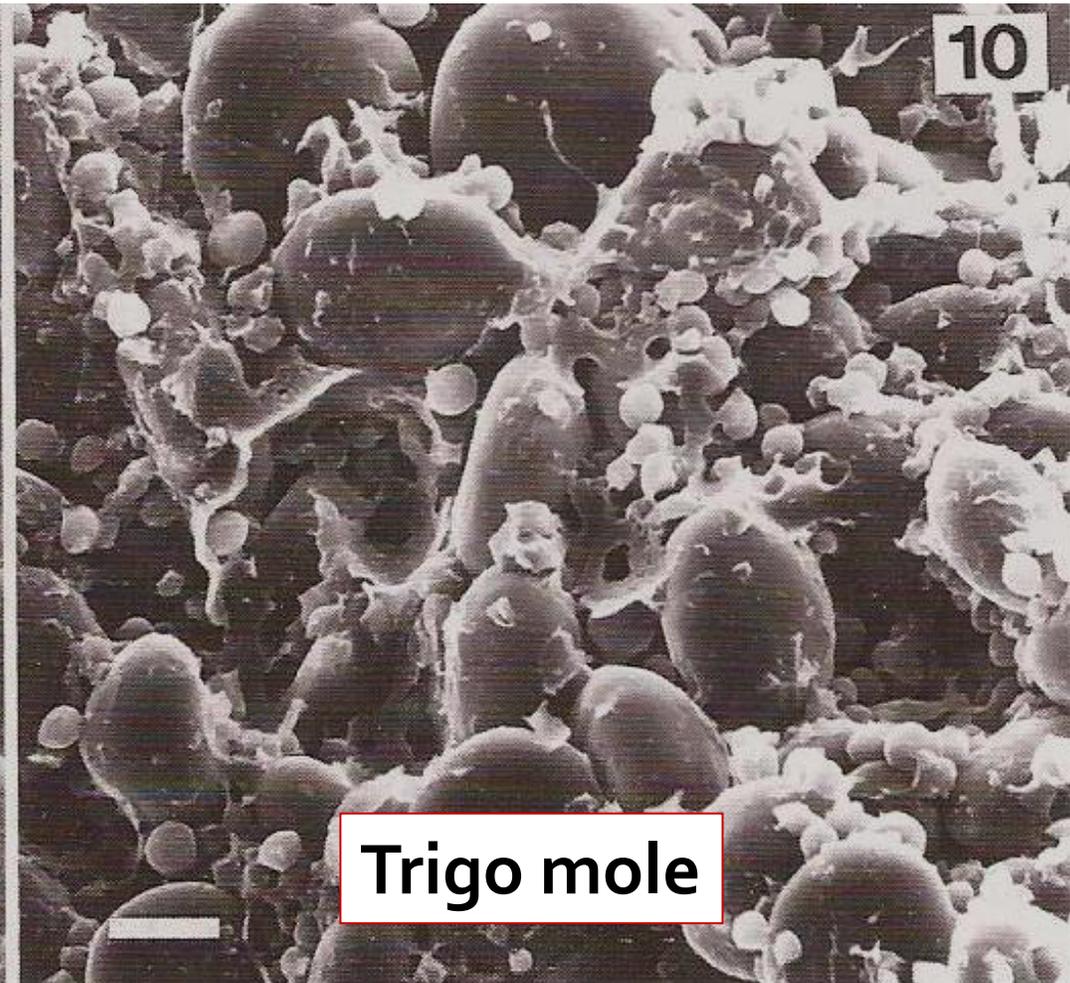
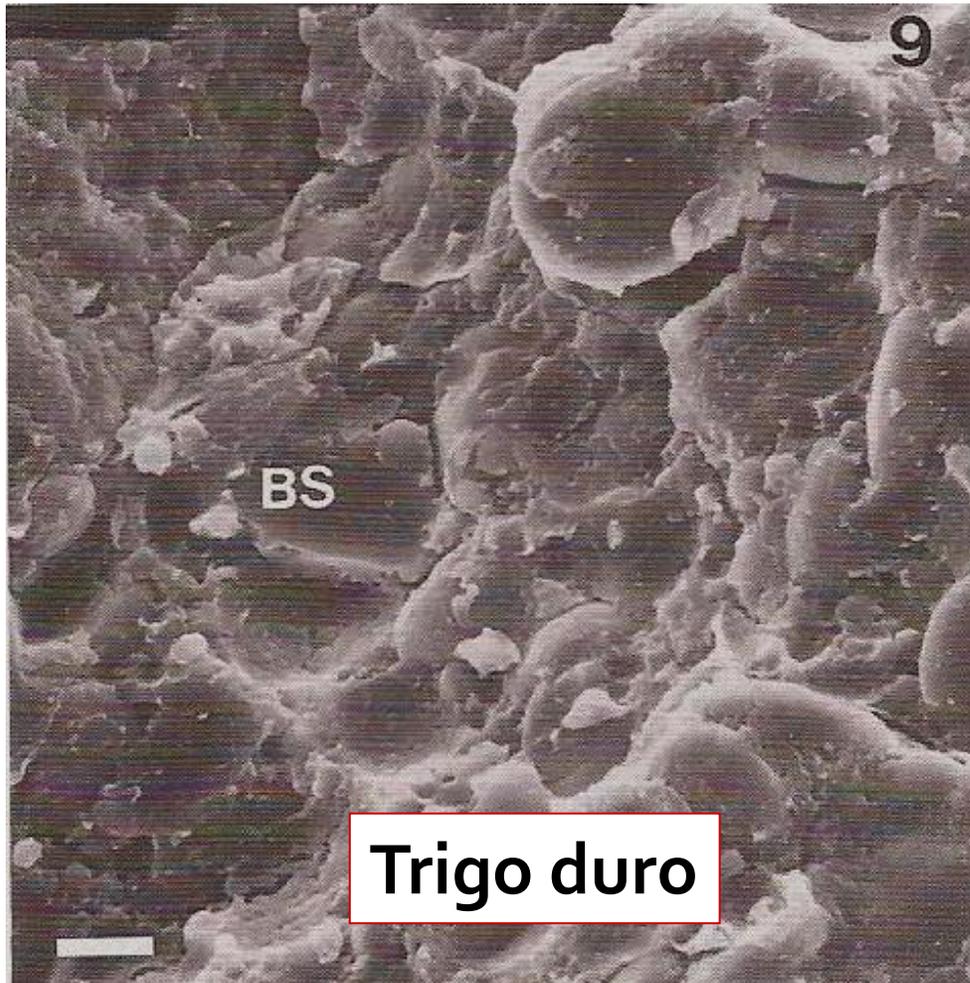


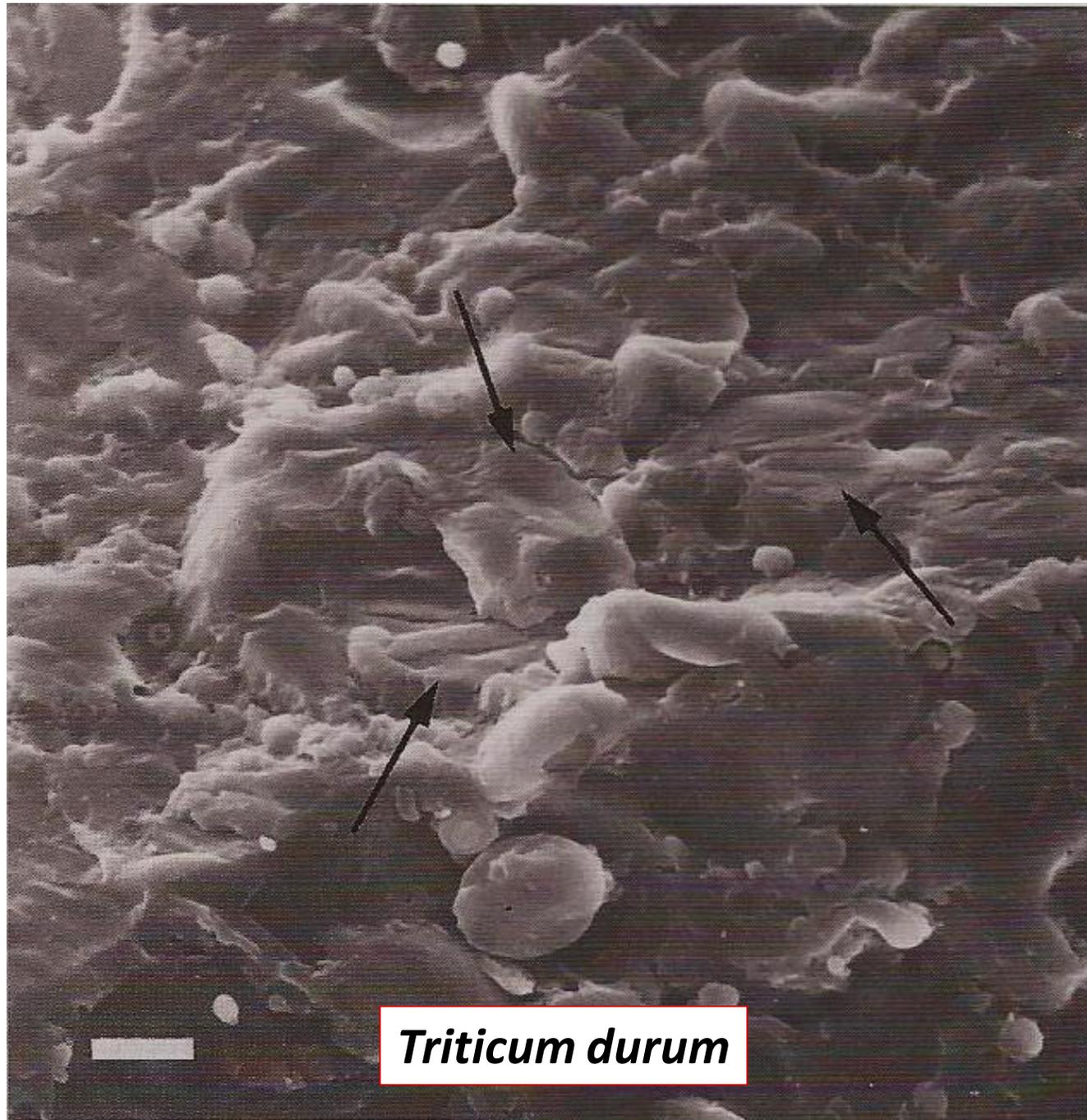
Níveis de hidratação de AX (azul) e BG (vermelho) presentes no endosperma do trigo



Diferenças entre trigo mole e trigo duro

2. MATRIZ PROTEICA – VÍTRIA X OPACA

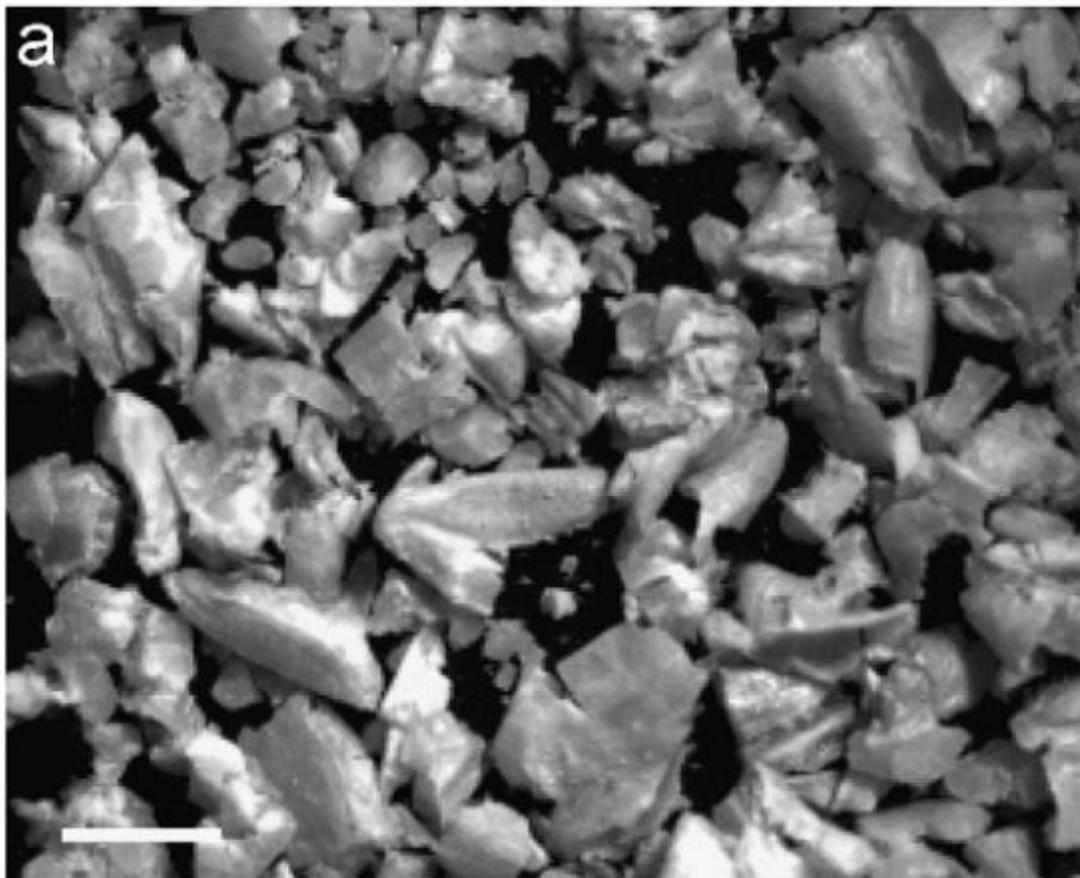




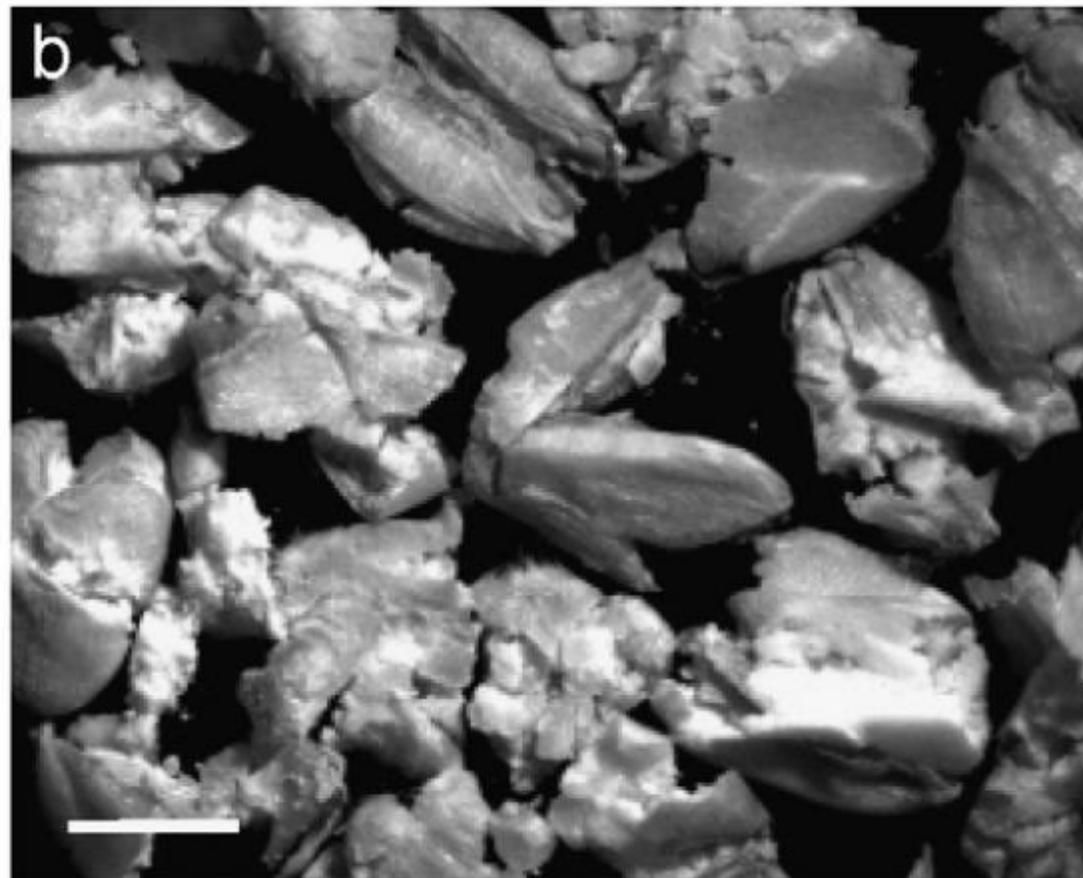
Triticum durum

1. Trigo

Umidade = 11,9%



Umidade = 16,3%



2. Centeio



Aleurona → camada simples.

Amido → presença de grânulos lenticulares (grandes) e esféricos (pequenos).

Composição centesimal:

Proteína bruta – 13,4%

Cinzas – 2,1%

Fibra bruta – 2,6%

Lipídeos totais – 1,8%

Carboidratos – 80,8%

3. Triticale

→ Resultado do cruzamento entre trigo e centeio.

Vantagens da cultura: rusticidade, alto rendimento e resistência a doenças.

Composição centesimal:

Proteína bruta – 14,8%

Cinzas – 2,0%

Fibra bruta – 3,1%

Lipídeos totais – 1,5%

Carboidratos – 78,6%



~40 mg
10-12 mm



triticale

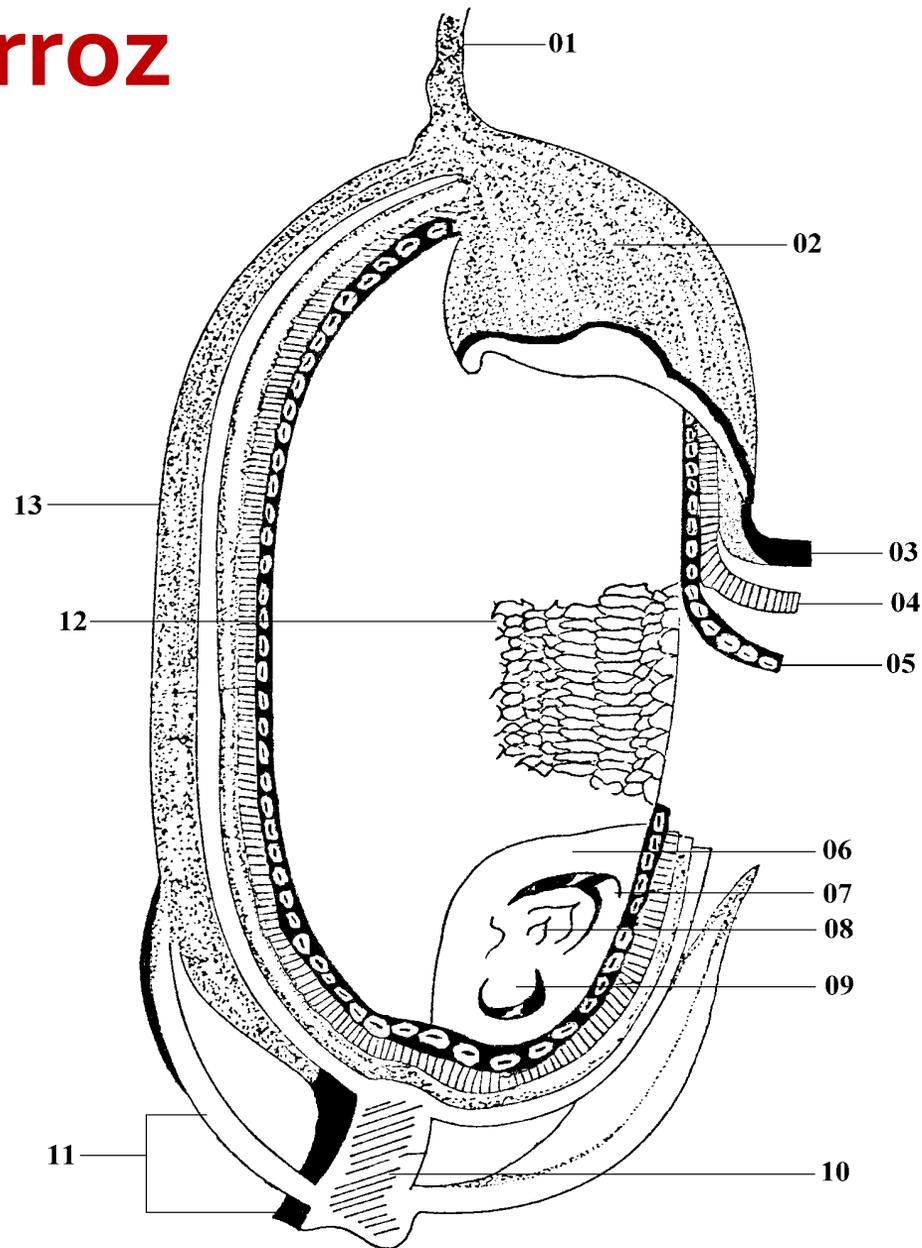
~35 mg
6-8 mm

rye

wheat

~35-55 mg

4. Arroz



01. Arista

02. Lema

03. Pericarpo

04. Tegumento

05. Aleurona

06. Escutelo

07. Epiblasto

08. Plúmula

09. Radícula

10. Raque

11. Glumas não floráveis

12. Endosperma

13. Pálea

FARELO: 03, 04 e 05; parte de 12

GERME: 06, 07 e 08

Arroz integral: ~25 mg

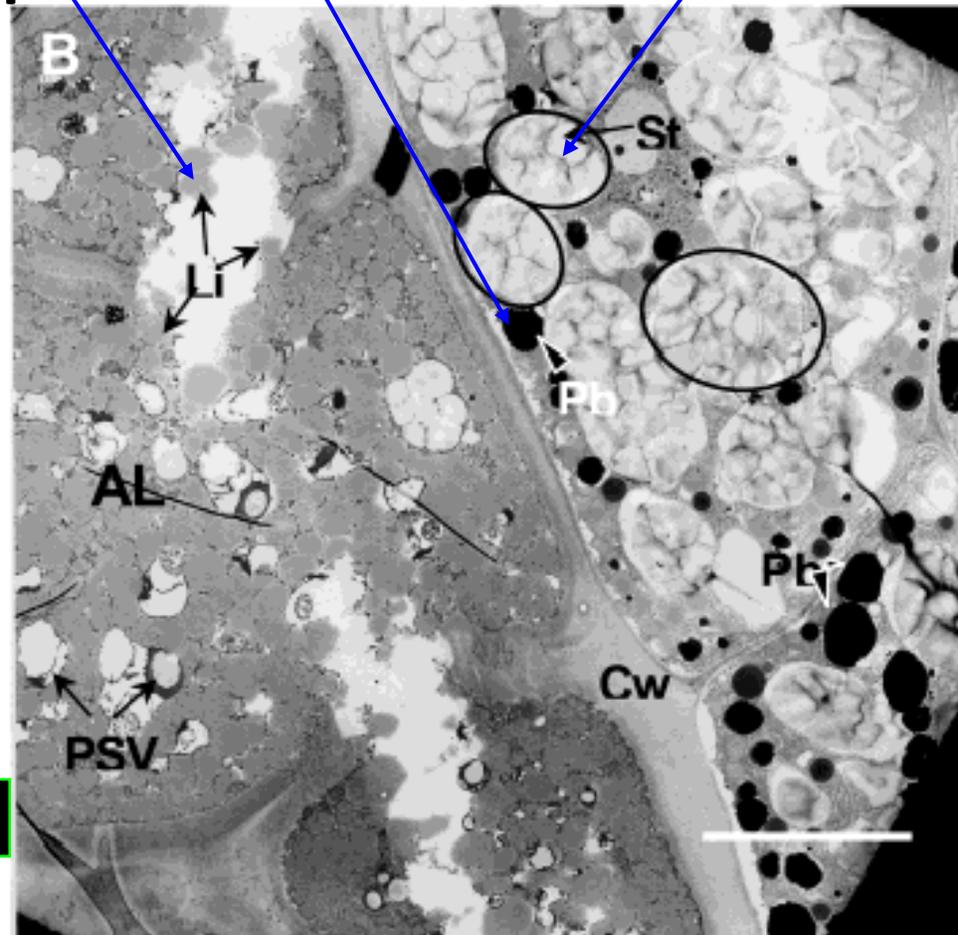
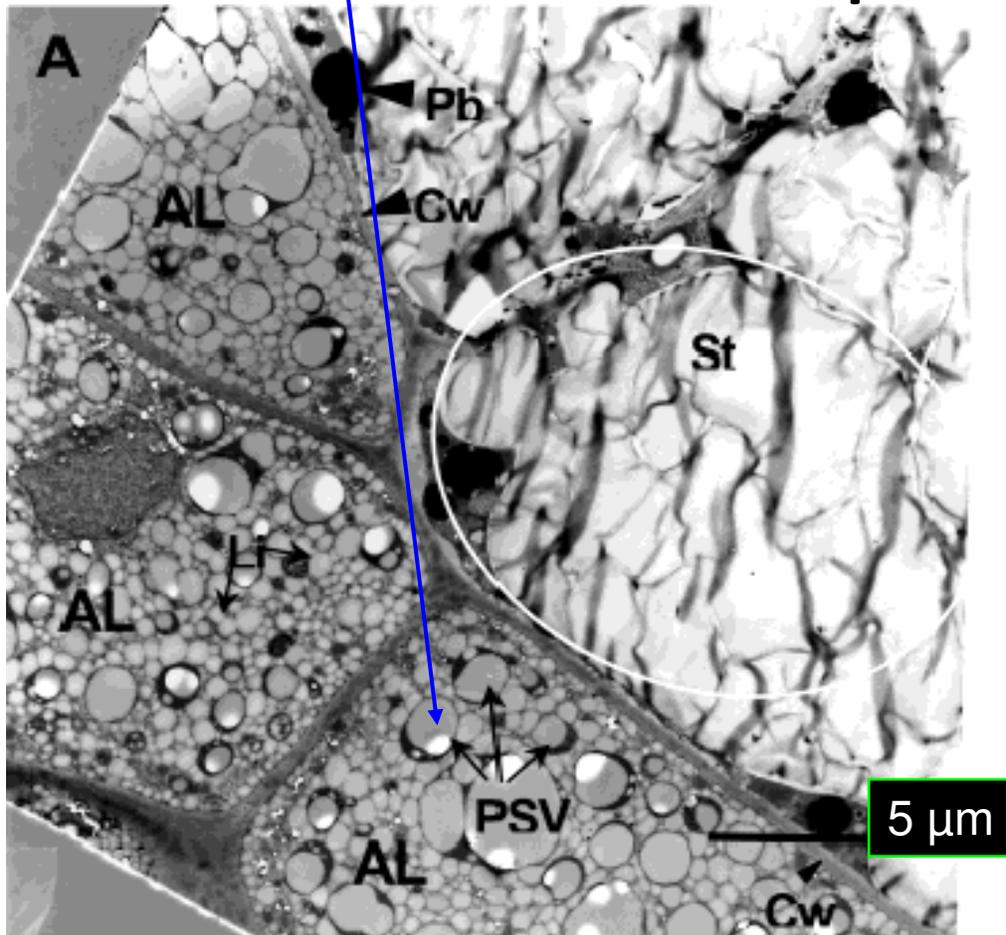
4. Arroz

Vacúolos de armazen. proteína

Corpos proteicos

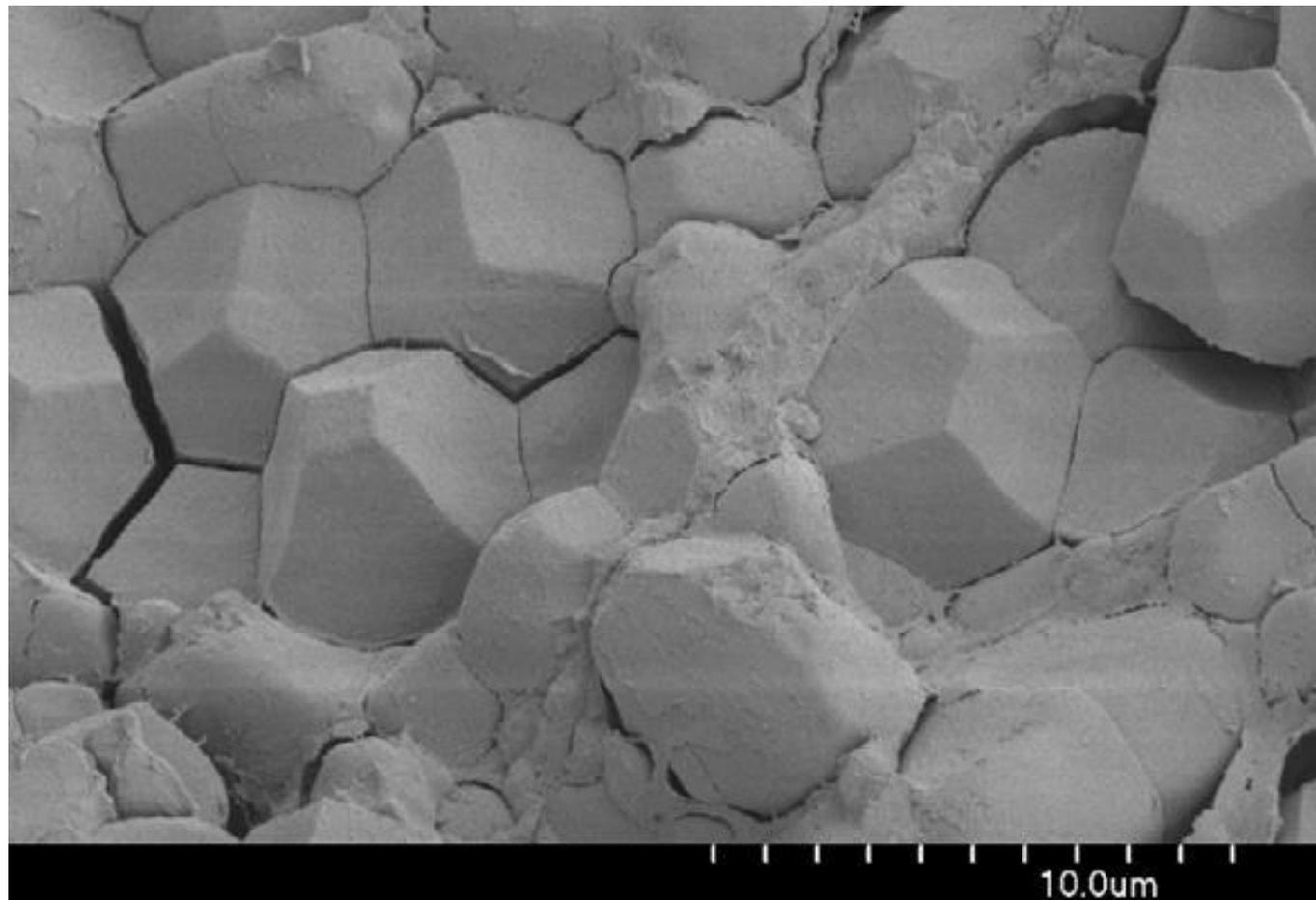
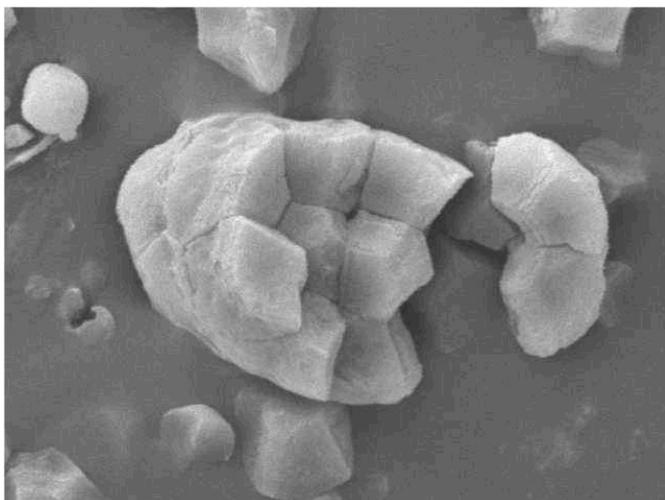
Grânulos de amido

Corpos lipídicos

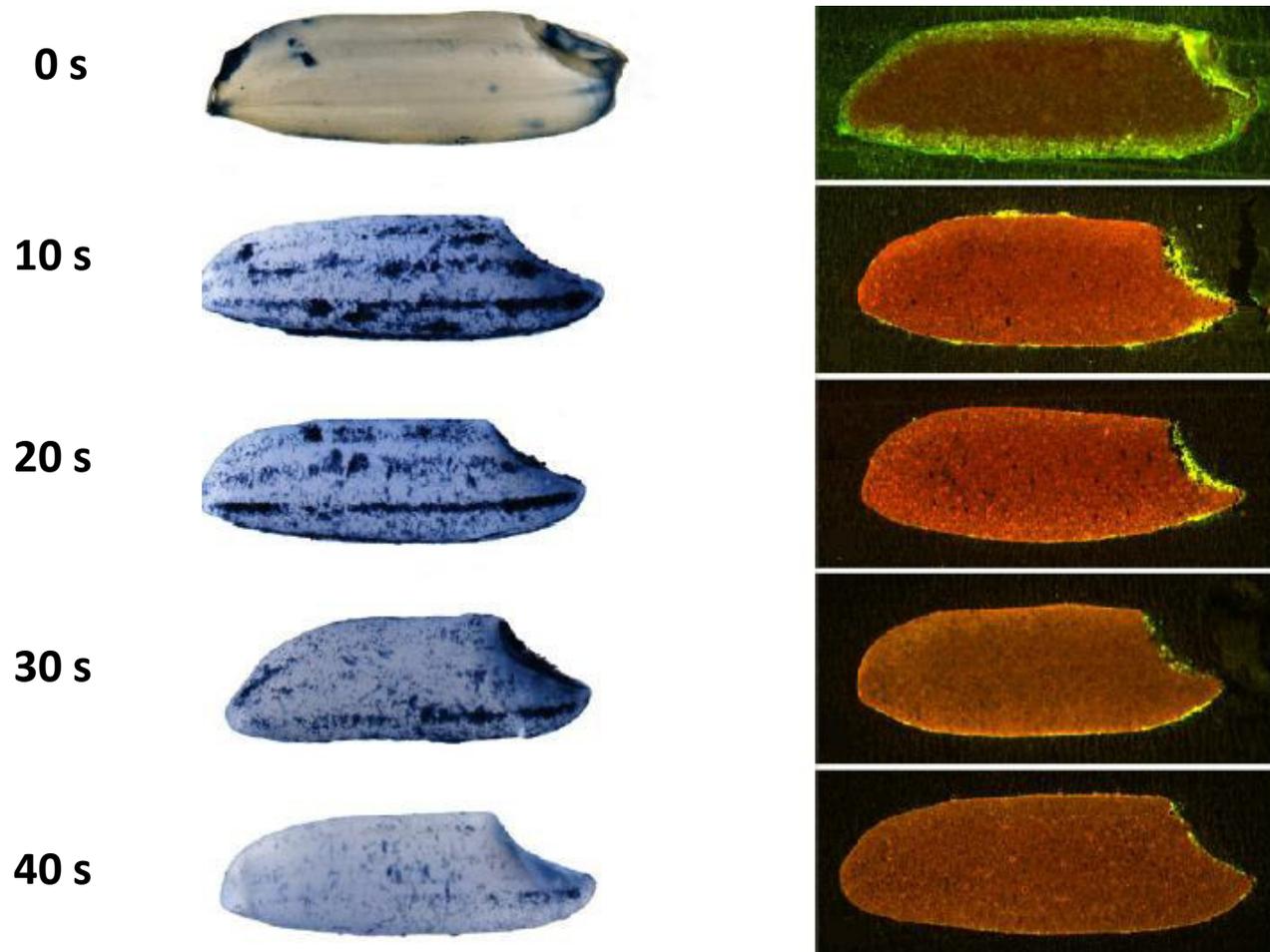


4. Arroz

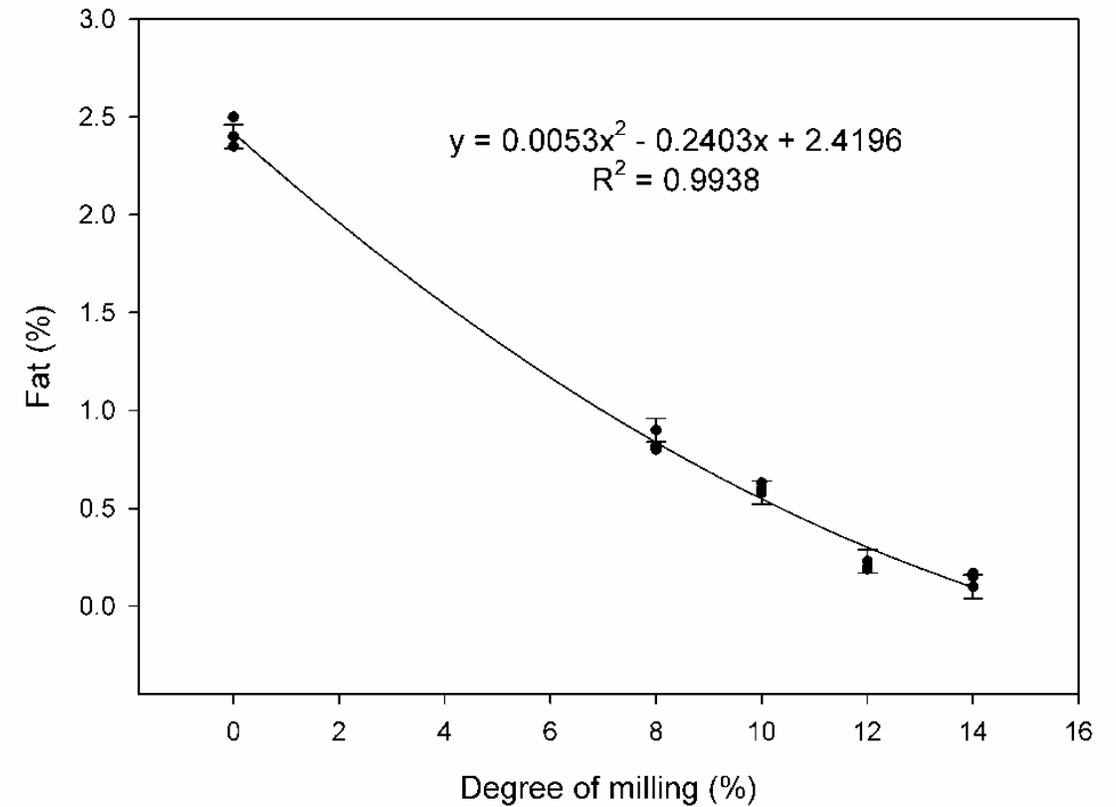
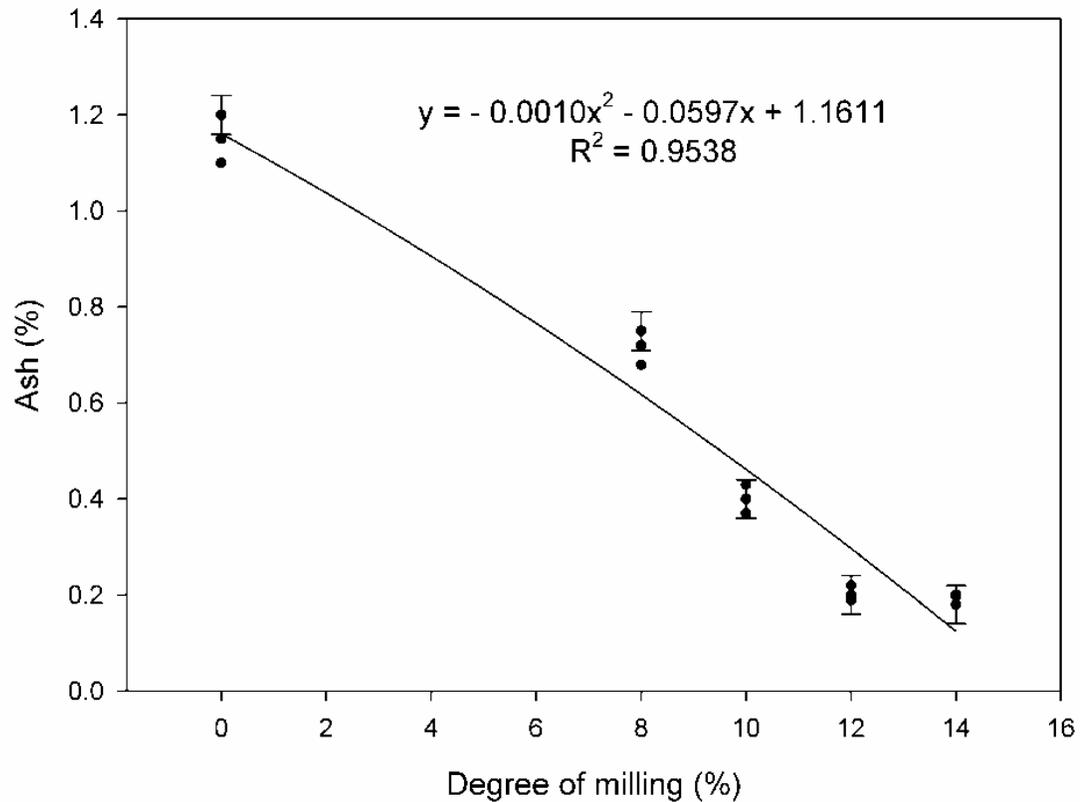
Amido poliédrico



Presença de lipídeos em função da intensidade de polimento



Redução nos teores de cinzas e lipídeos com o aumento da intensidade de polimento



IRGA 417



AE 131028



AE 151519



AE 131022



AE 151501



Jasmine 85



AE 131036



4. Arroz

Por que o arroz indiano tem maior valor comercial se for “old-type”?



5. Aveia



Composição centesimal (cariopse):

Umidade – 12%

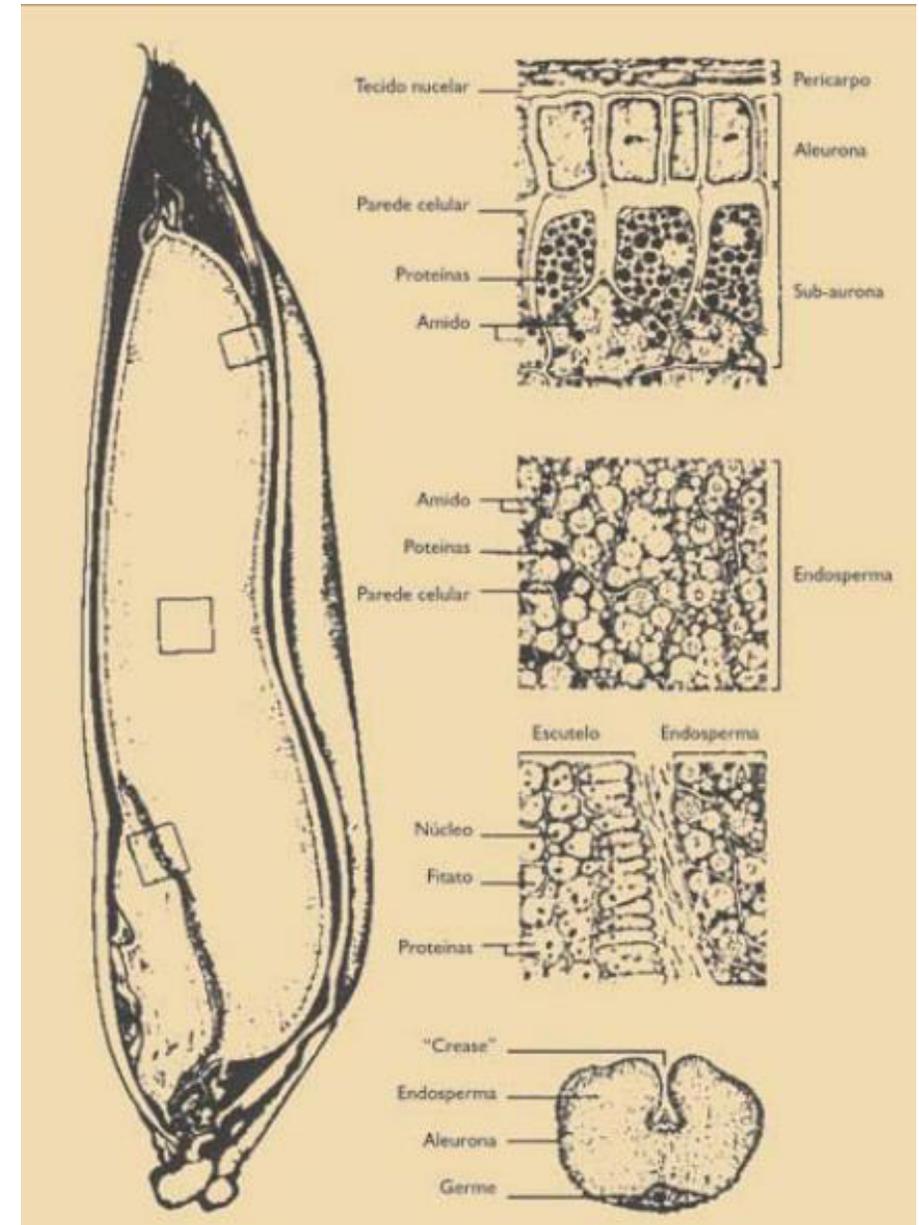
Proteína bruta – 15%

Cinzas – 2%

Fibra alimentar – 13%

Lipídeos totais – 7% - e alta atividade de lipase

Carboidratos – 51%

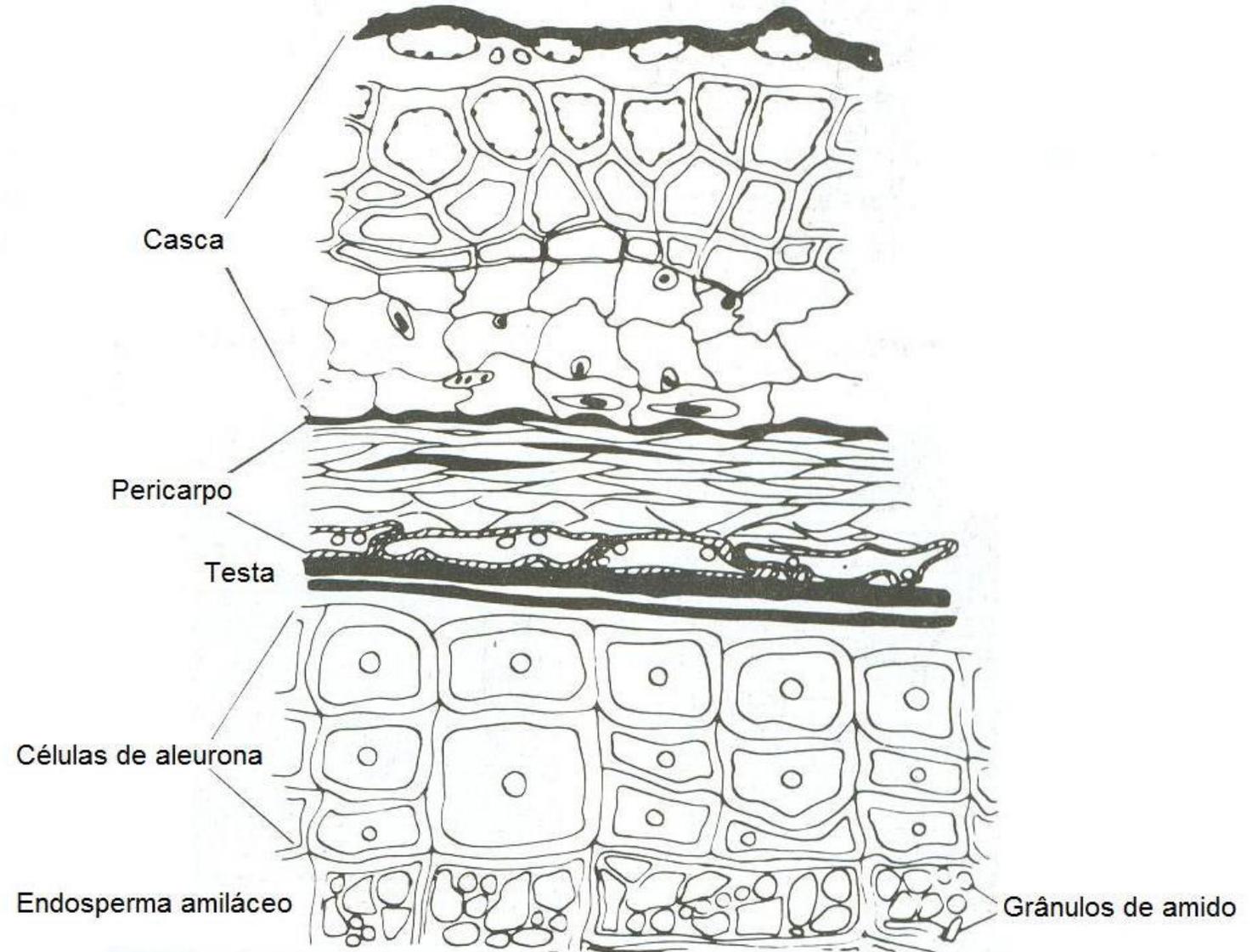
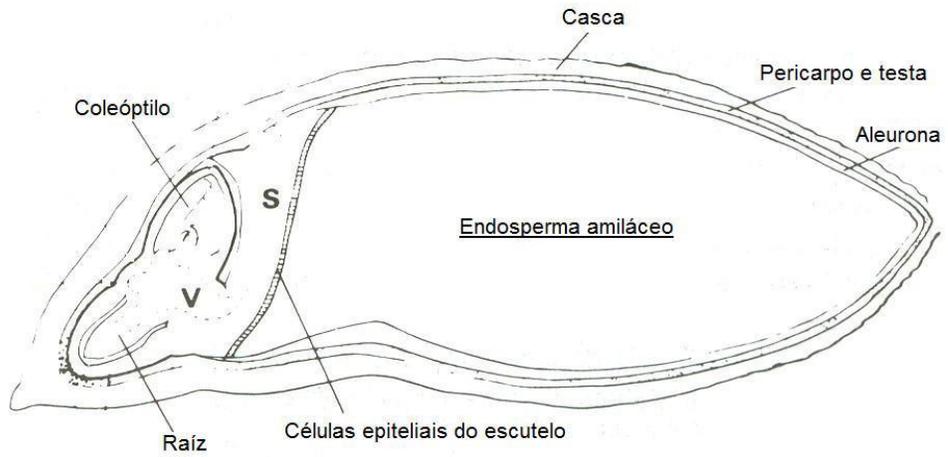


5. Aveia

Camada de aleurona simples

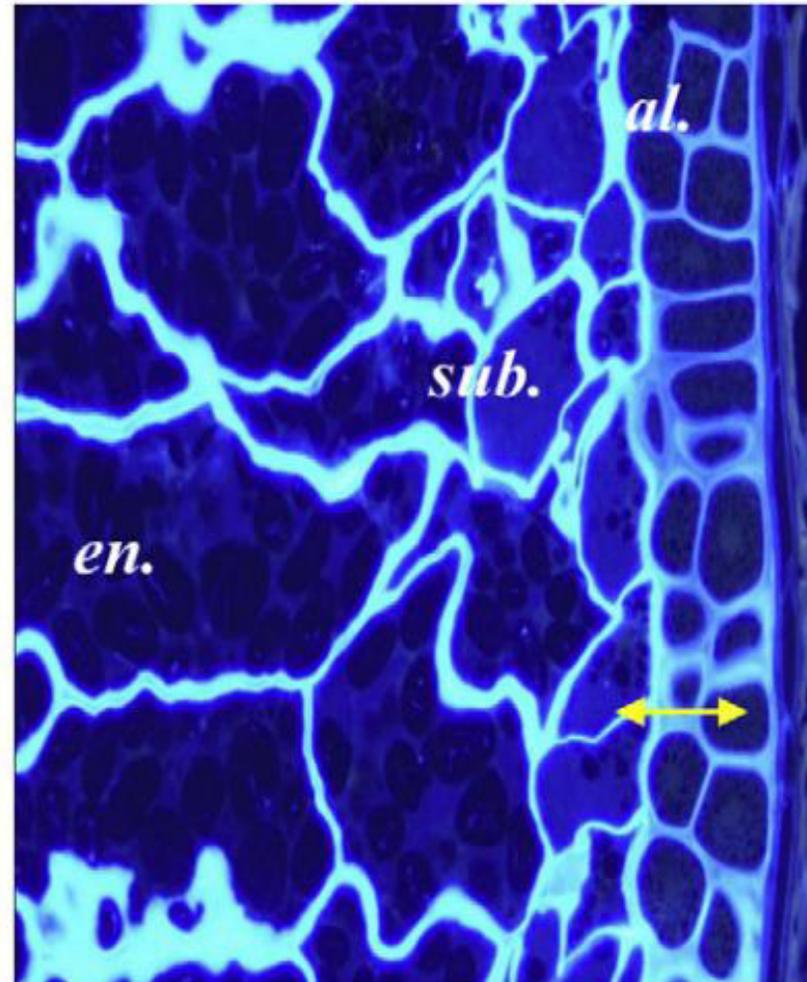
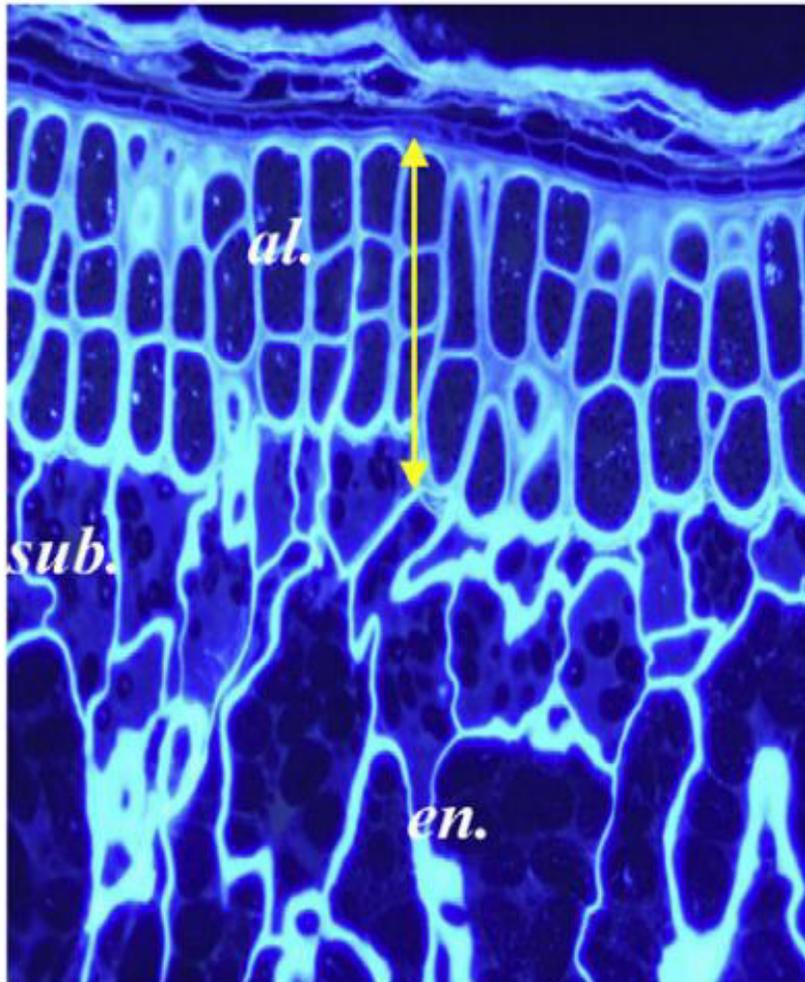


6. Cevada

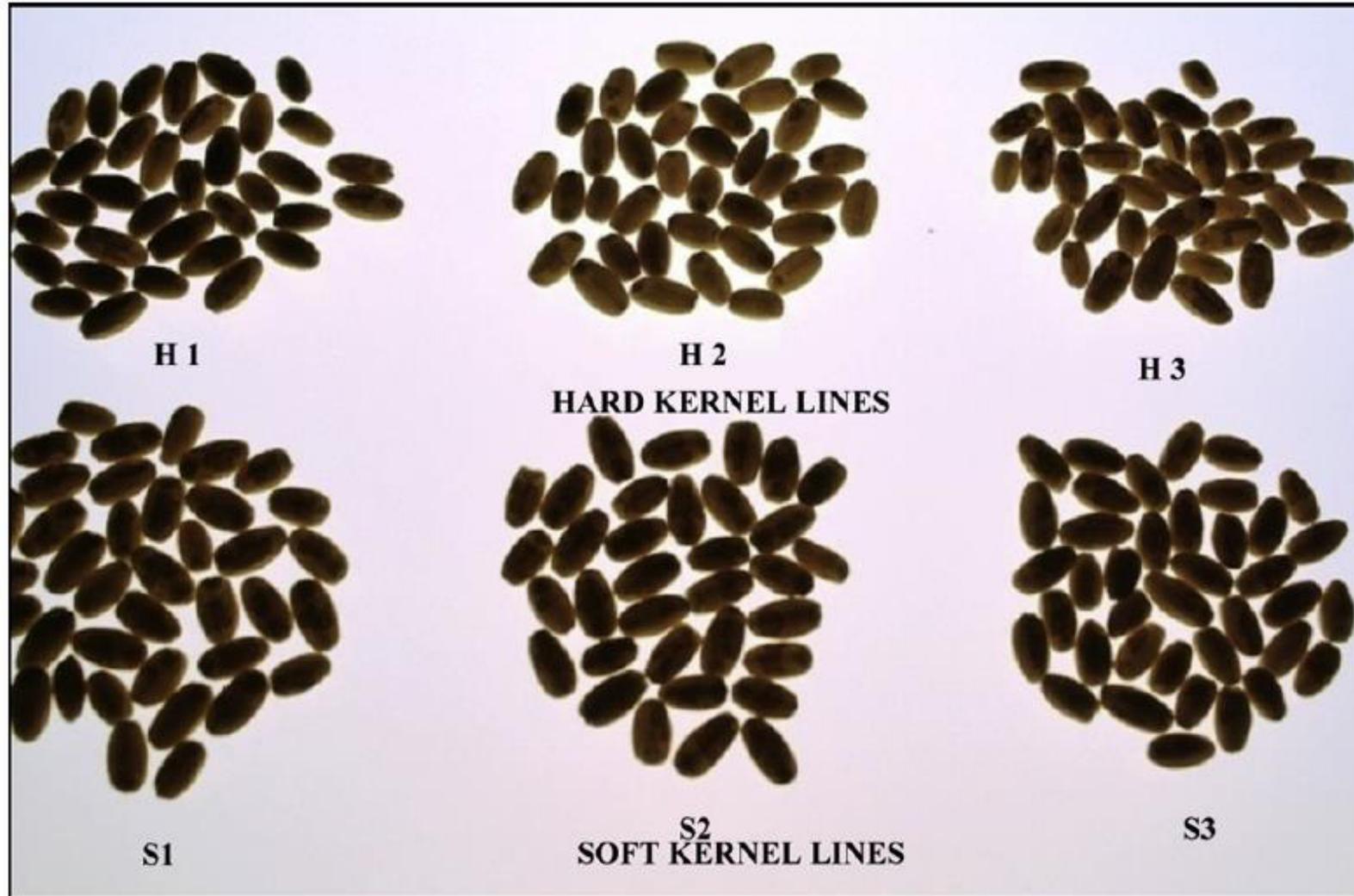


6. Cevada

Camada de aleurona composta

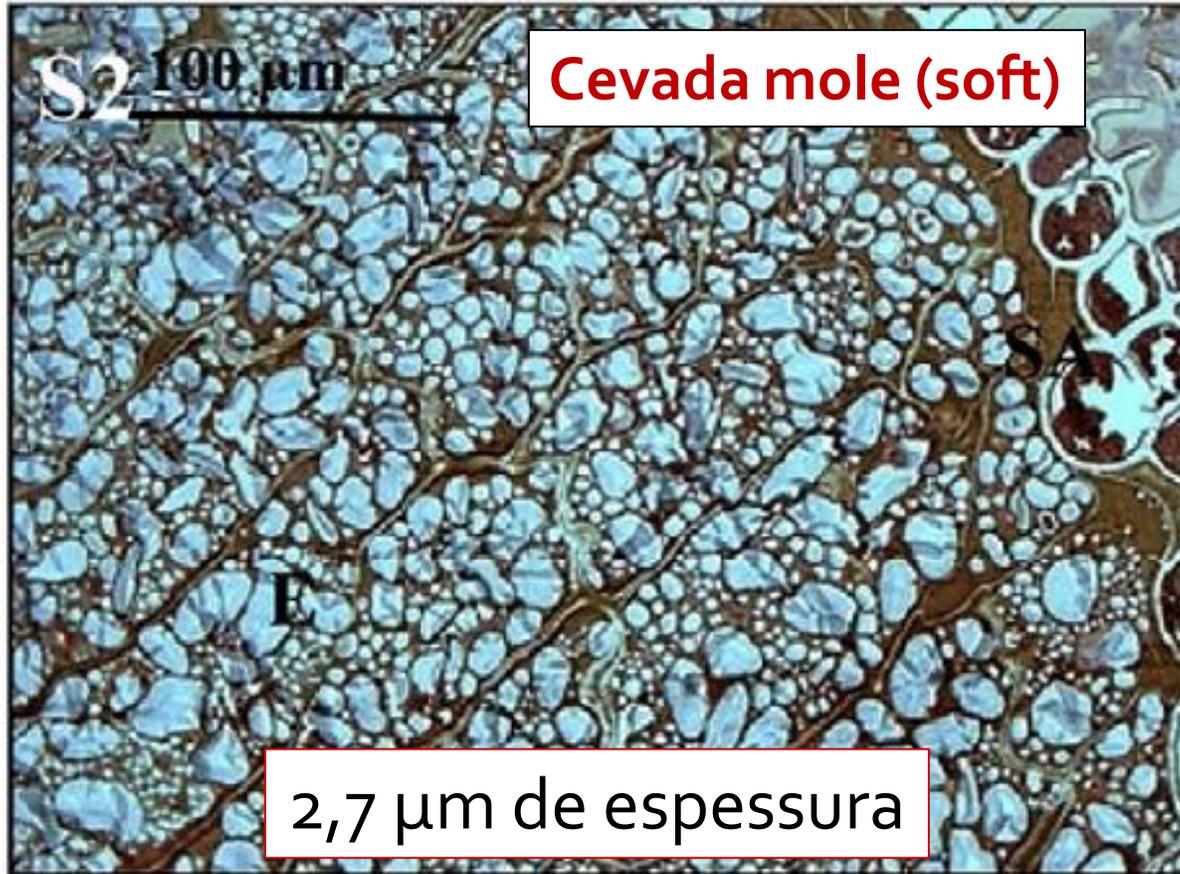


Cevada “dura” x Cevada “mole”



6. Cevada

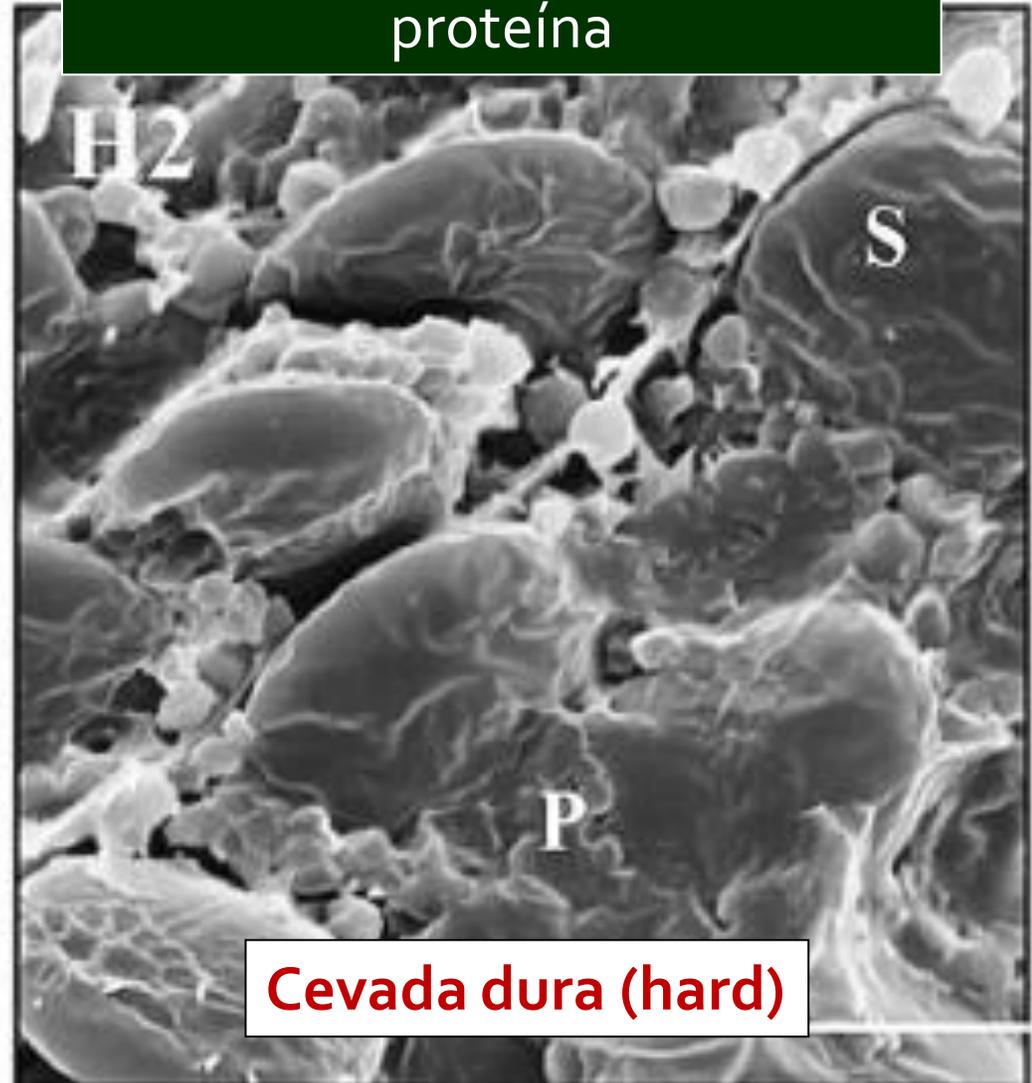
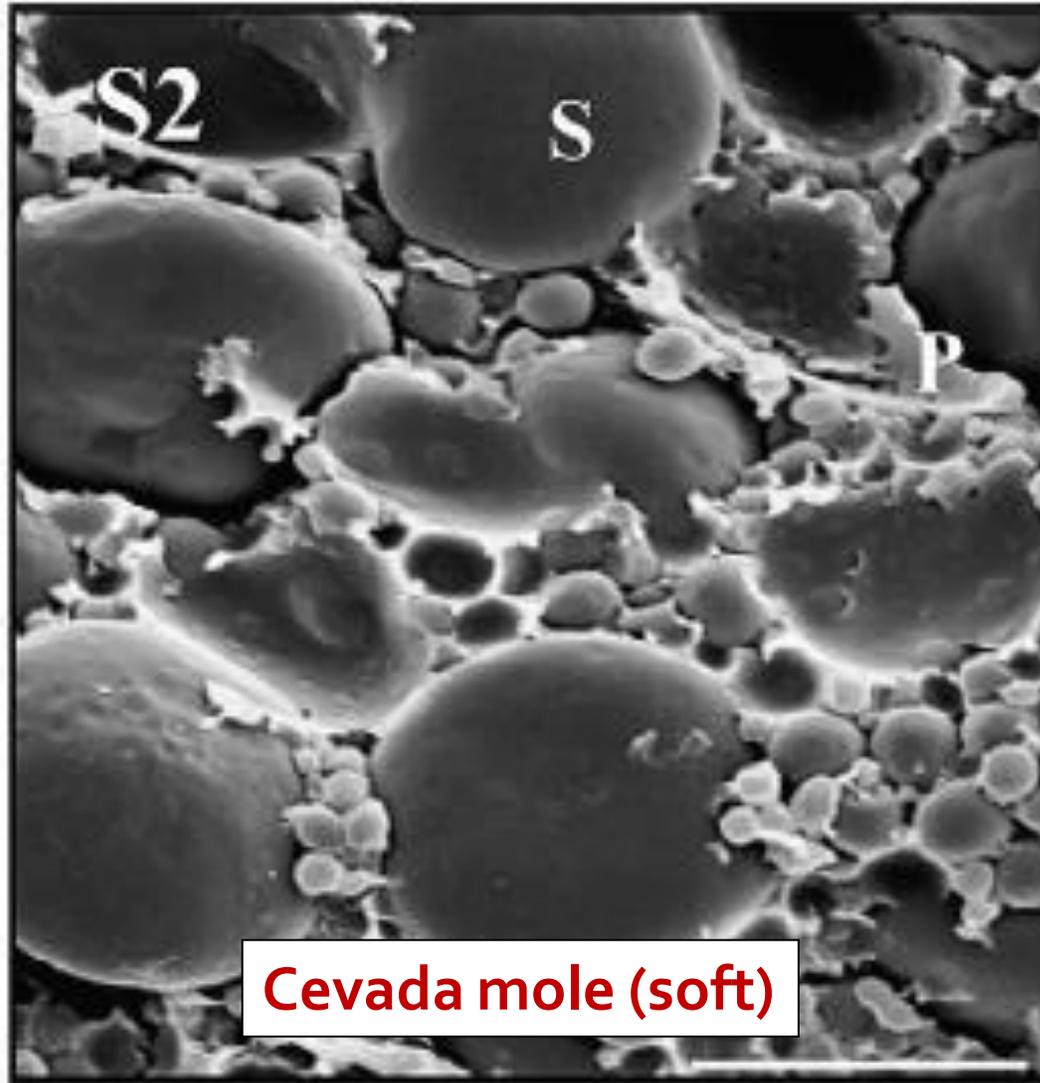
Parede celular



6. Cevada

No endosperma de uma boa cultivar de cevada para produção de malte, a superfície dos grânulos de amido "A" é suave e há pouca associação com proteína. Já em cultivares de cevada consideradas ruins para a produção de malte os grânulos "A" estão incorporados na matriz proteica, mascarando a presença dos grânulos "B".

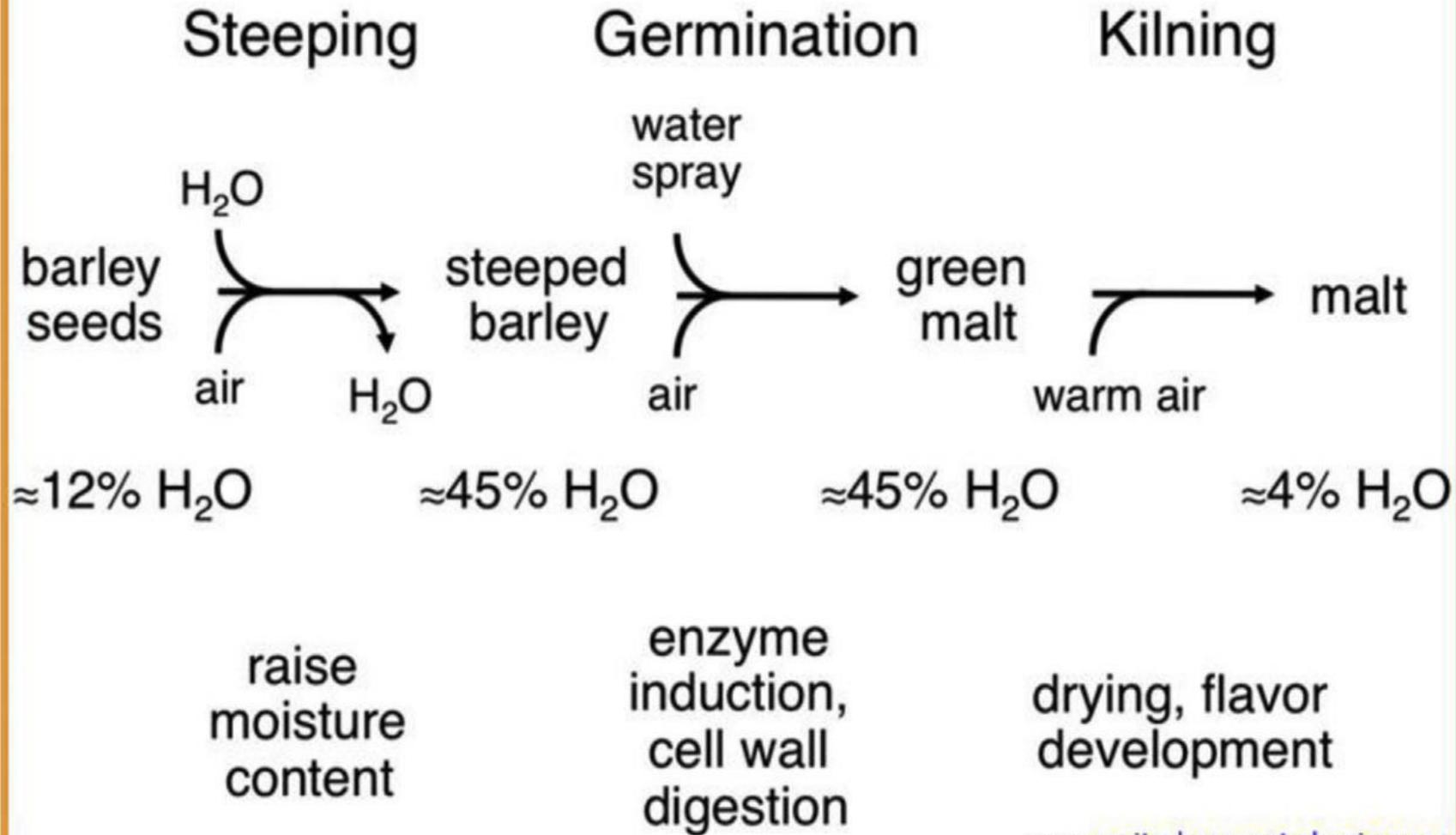
6. Cevada



Rede complexa entre amido e proteína

a).

The Malting Process



www.scitechconnect.elsevier.com



Por que a cevada deve ser armazenada por 3 meses antes de passar pela malteação?

MACERAÇÃO

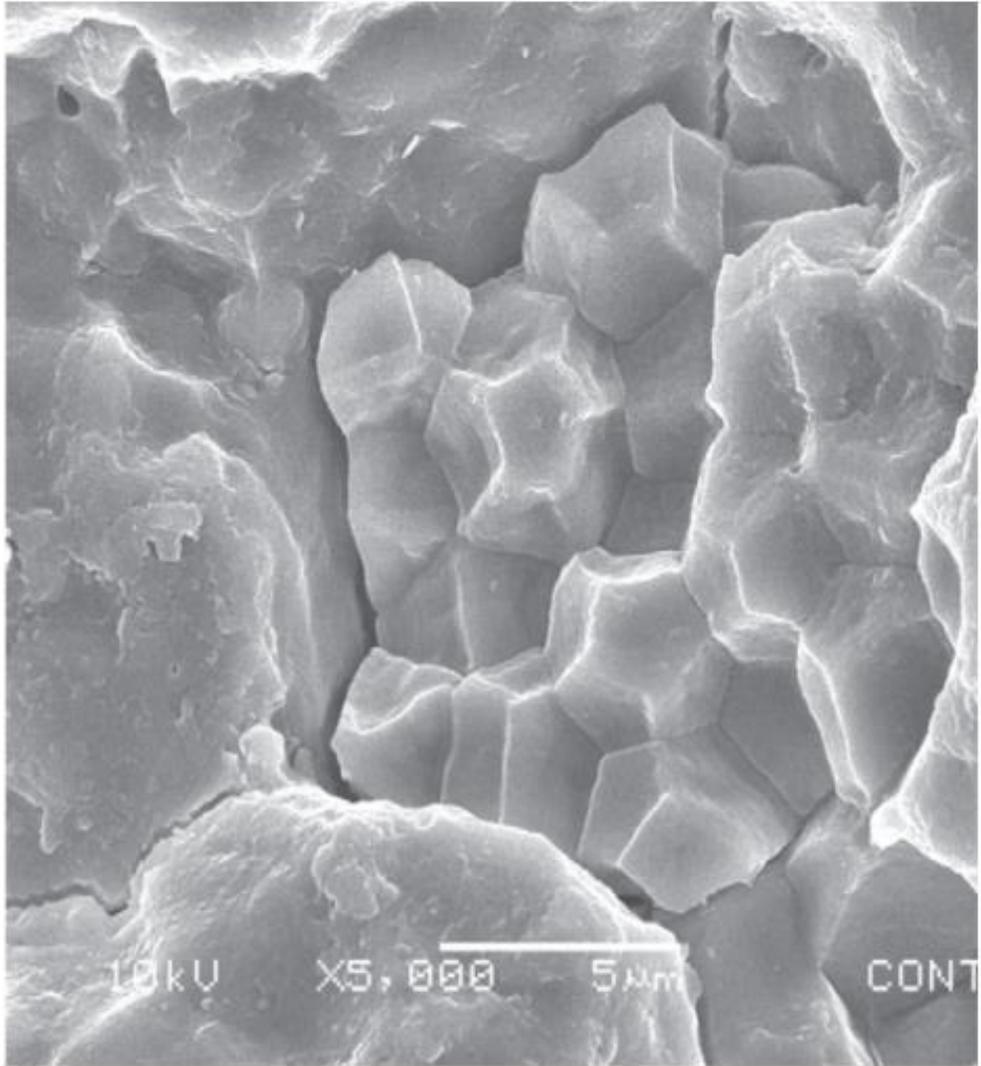
15°C até +ou- 42% de umidade do grão



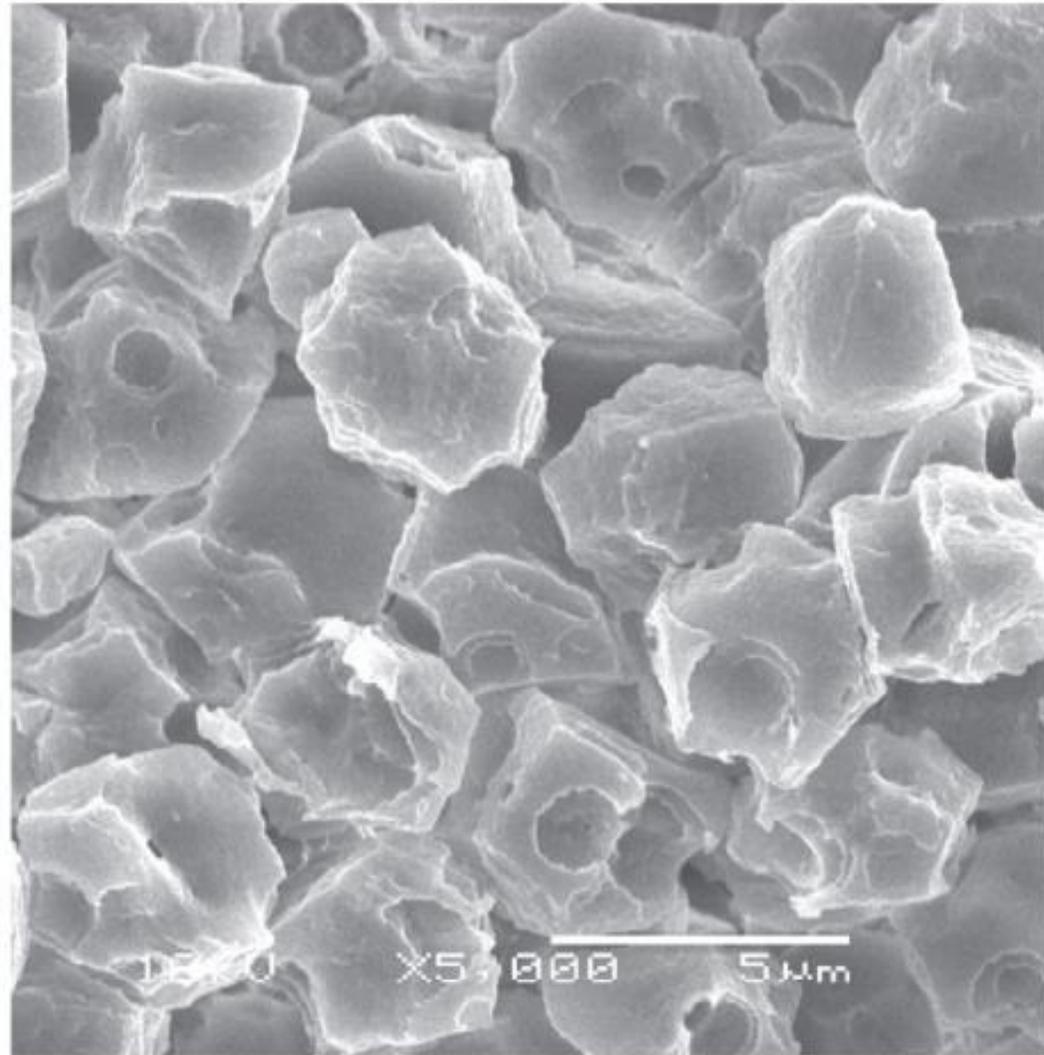
Secagem (20 a 100°C, dependendo do malte desejado)



Arroz não germinado

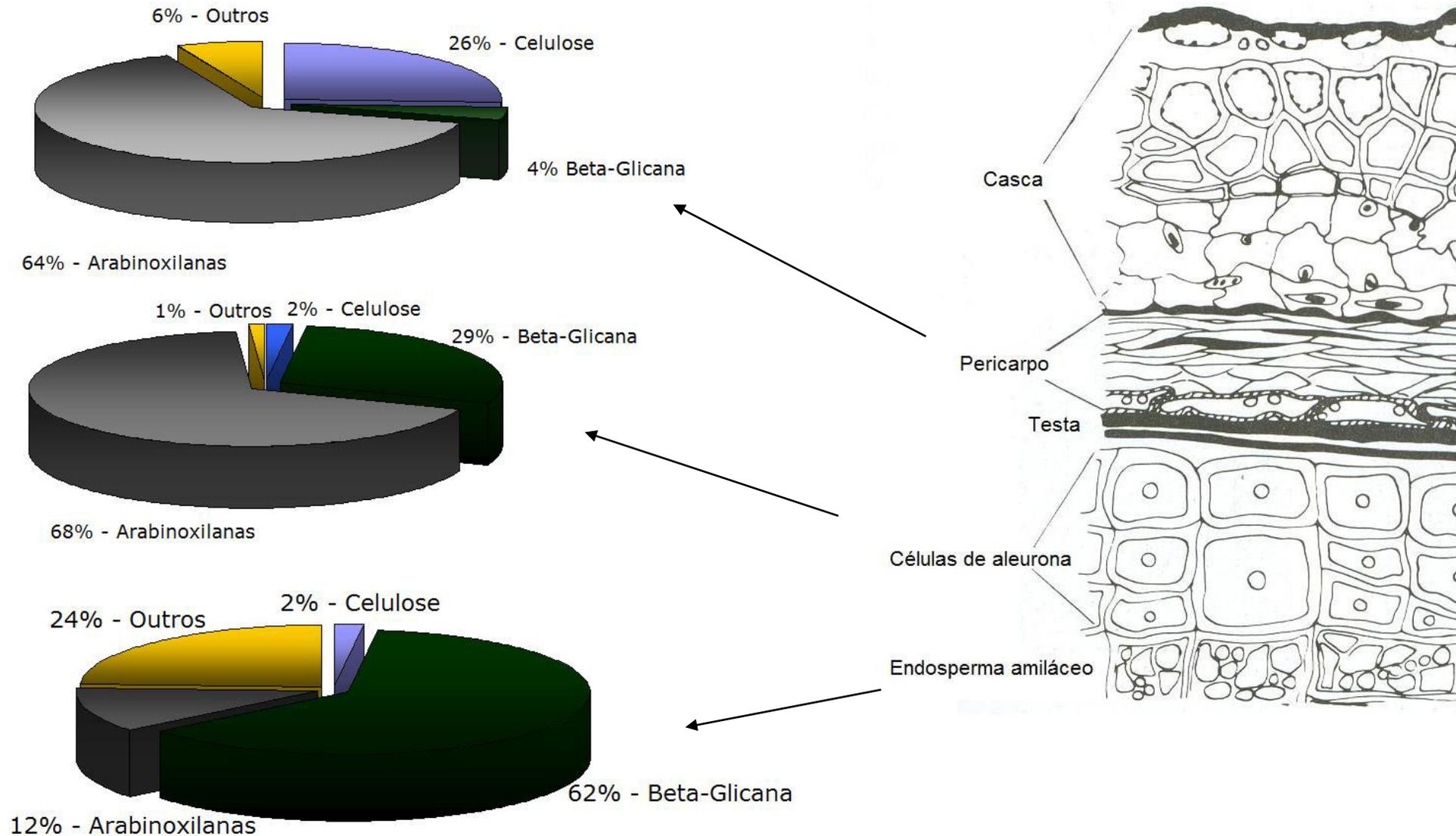


4 dias de germinação controlada



6. Cevada

Composição de polissacarídeos da cevada



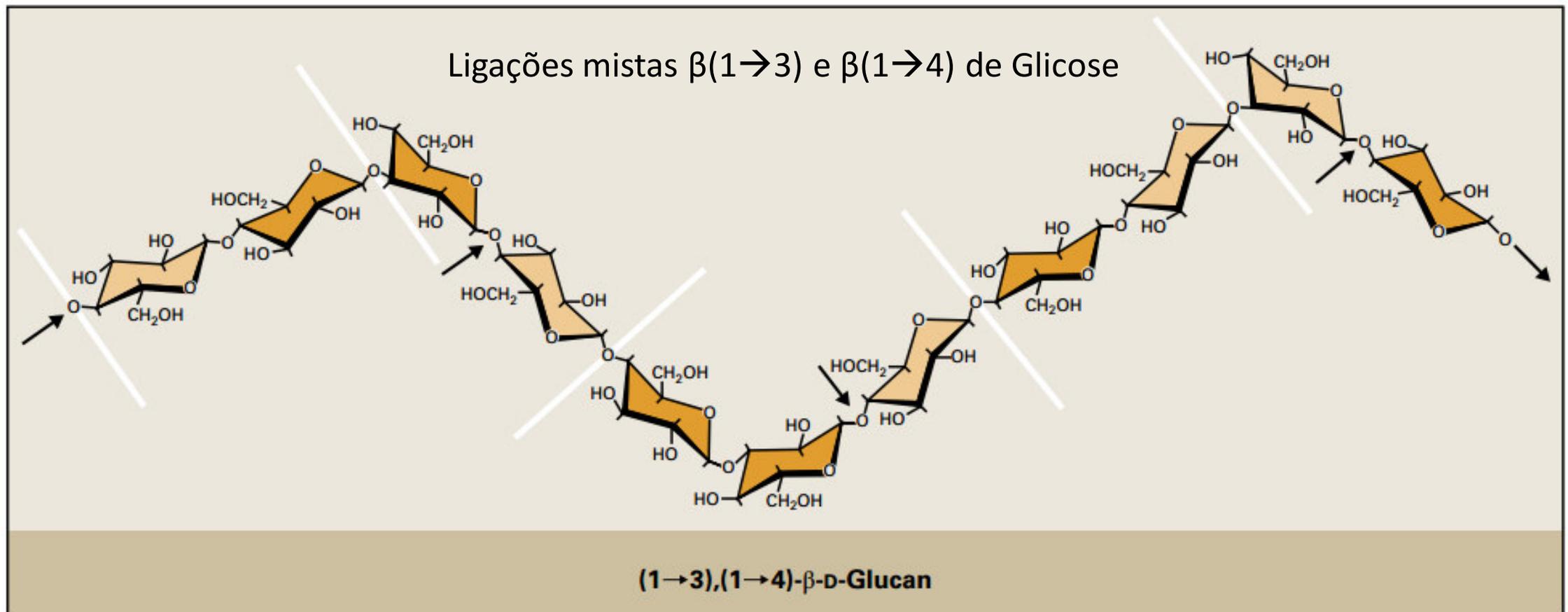
Teor de β -Glicana nos cereais:

Cevada \rightarrow 3-11%

Aveia \rightarrow 3-7%

Centeio \rightarrow 1-2%

Trigo \rightarrow <1%

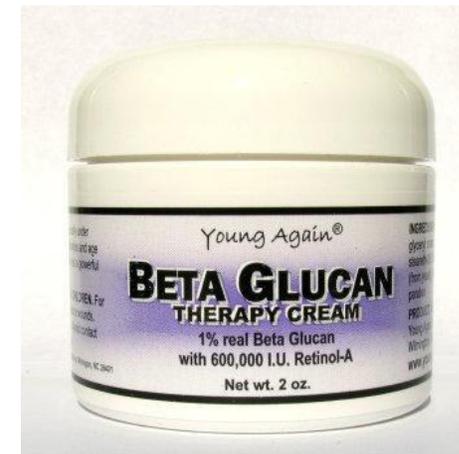


β -Glicana

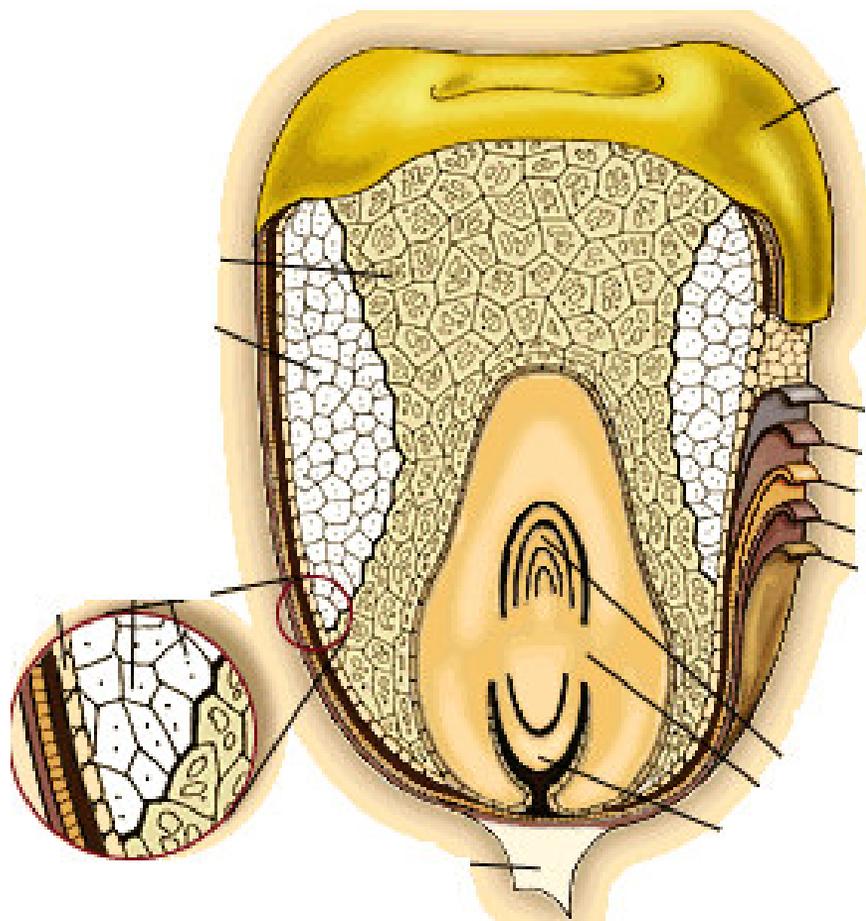
Utilizado experimentalmente em vários alimentos enriquecidos com fibras solúveis e com baixo teor de gordura, como carnes, bolos, tortas, sobremesas congeladas, molhos para saladas, sopas, molhos, maionese, margarina, cereais matinais e doces.

Alguns benefícios à saúde:

- Redução dos níveis de colesterol no sangue
- Redução do índice glicêmico
- Melhoria do metabolismo de lipídeos

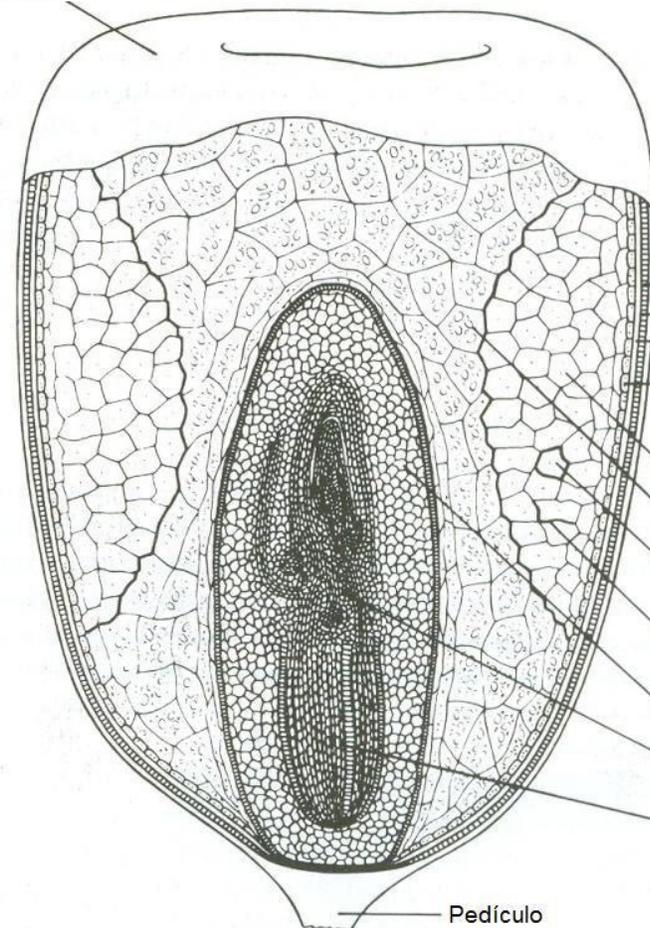


7. Milho

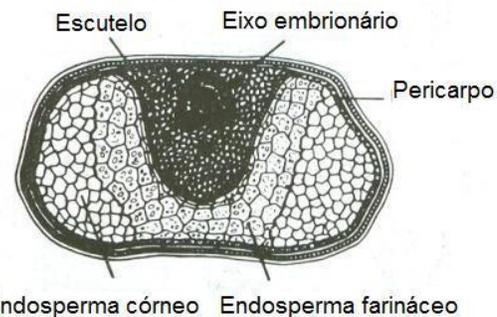


~350 mg

Casca

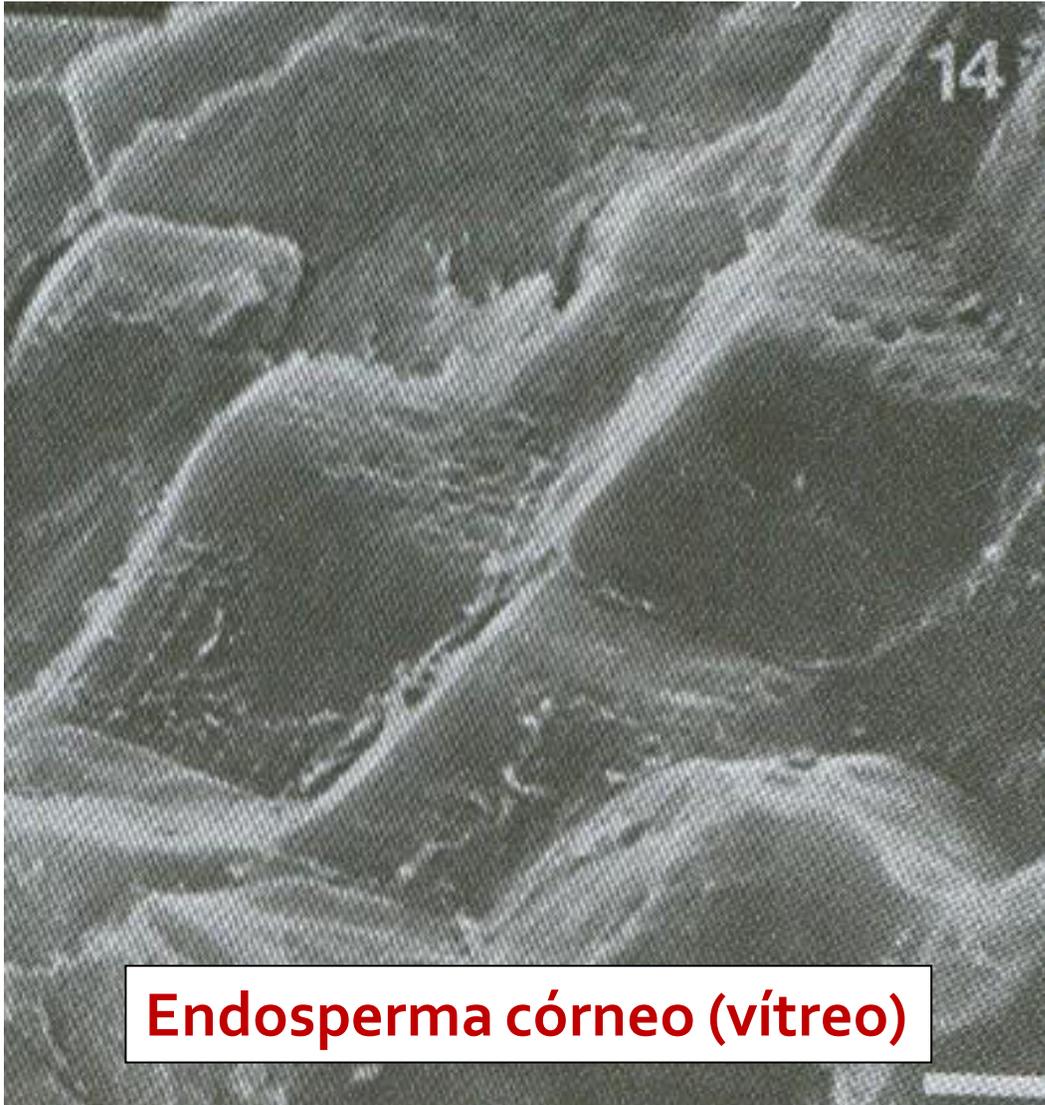


- Epiderme
- Mesocarpo
- Células cruzadas
- Células tubulares
- Testa/tegumento
- Camada de aleurona (parte do endosperma que é removida com o farelo)
- Endosperma córneo
- Endosperma farináceo
- Células com grânulos de amido na matriz protéica
- Paredes celulares
- Escutelo
- Plúmula ou raízes e folhas rudimentares
- Radícula ou raiz primária

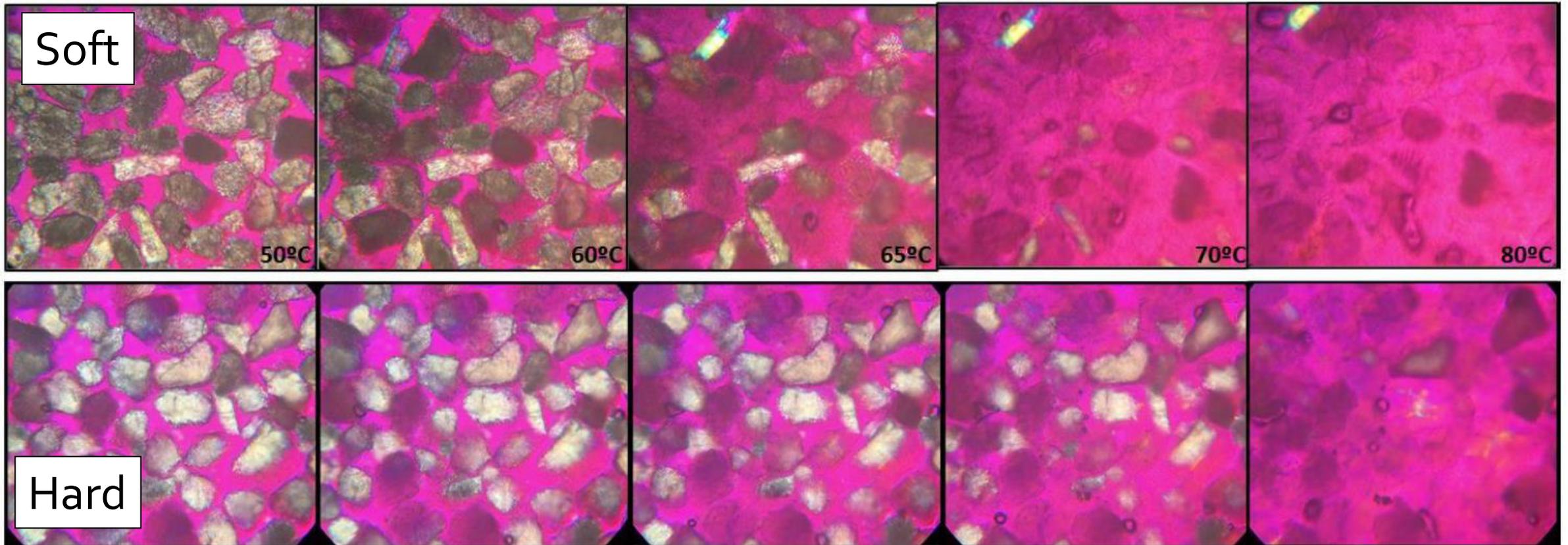


Endosperma córneo Endosperma farináceo

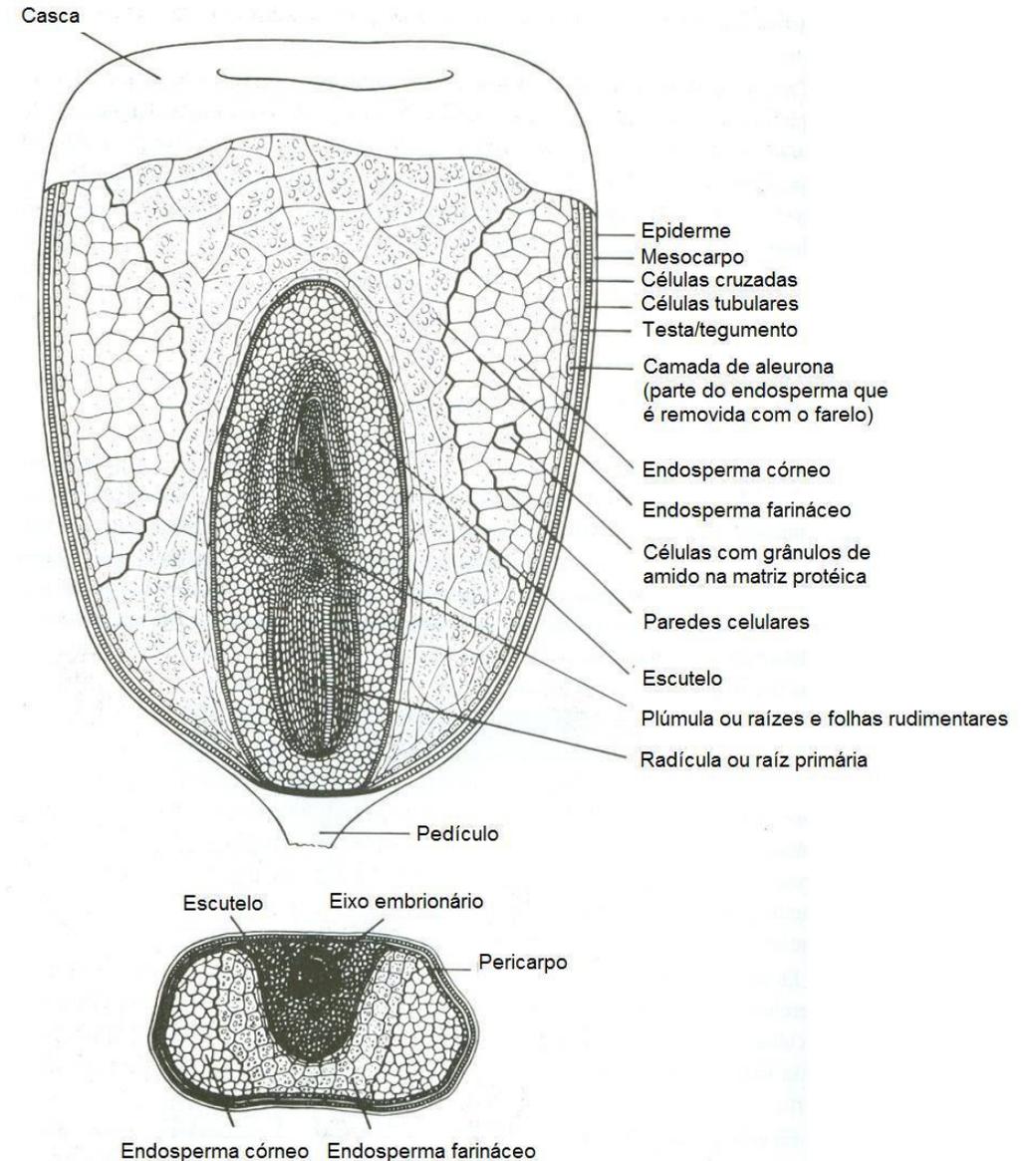
7. Milho



Diferenças na temperatura de gelatinização



Qual(is) é(são) o(s) fator(es) responsável(is) pela existência de uma região com amido poligonal e de outra com amido esférico em um mesmo grão de milho?





Se o milho for colhido ainda imaturo não haverá a presença de grânulos poliédricos. Por quê?

8. Sorgo



~20-30 mg



8. Sorgo

- **Sorgo branco:** Não apresenta taninos ou antocianinas, com poucos fenóis.
- **Sorgo vermelho:** Não apresenta taninos, mas apresenta elevados níveis de fenóis.
- **Sorgo preto:** Apresenta alto teor de antocianinas.
- **Sorgo marrom:** Apresenta alto teor de taninos.

Quais cultivares são denominadas “resistentes ao ataque de pássaros”?
Por quê?



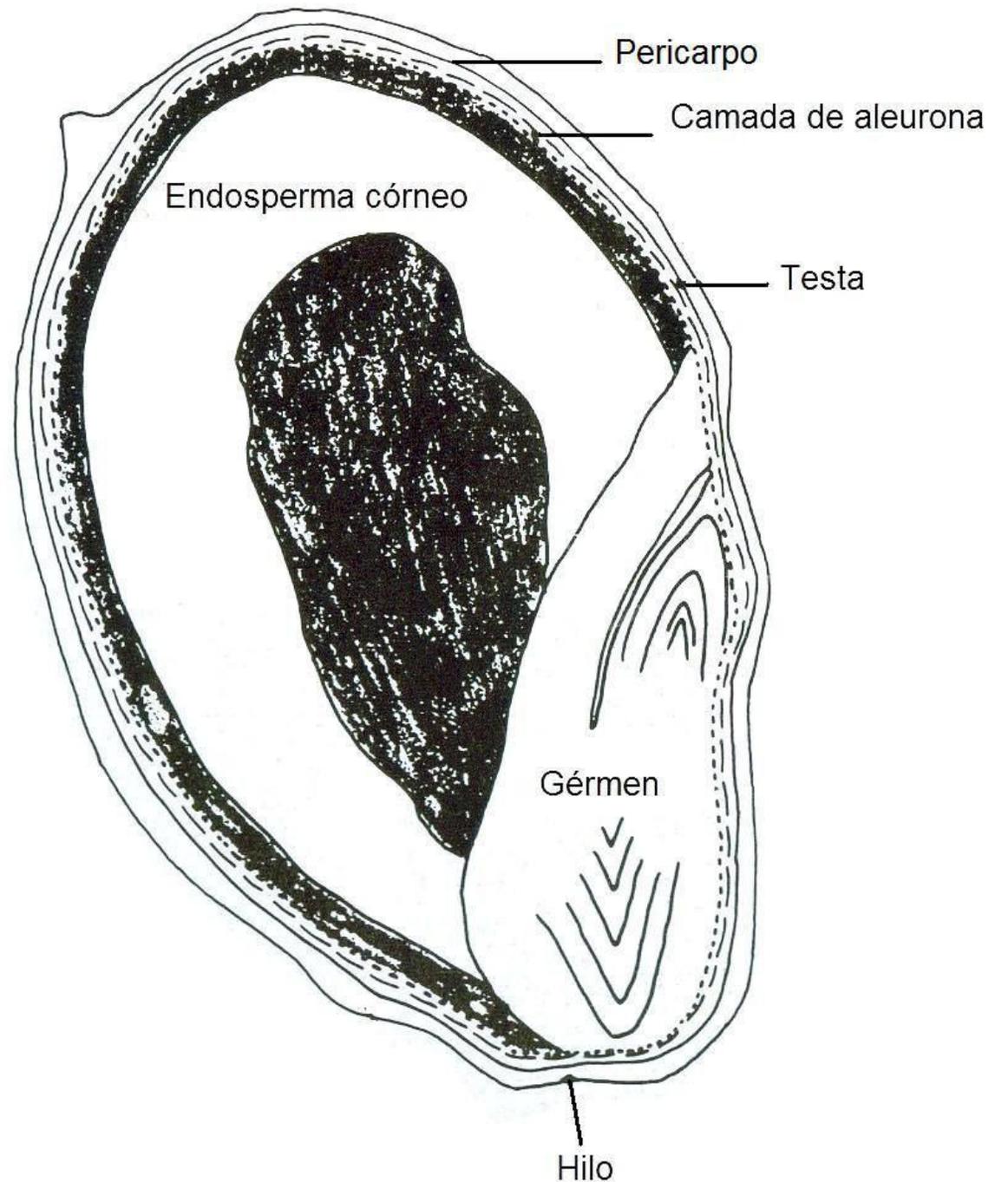
8. Sorgo

Diferentemente dos demais cereais, o sorgo contém amido no mesocarpo.

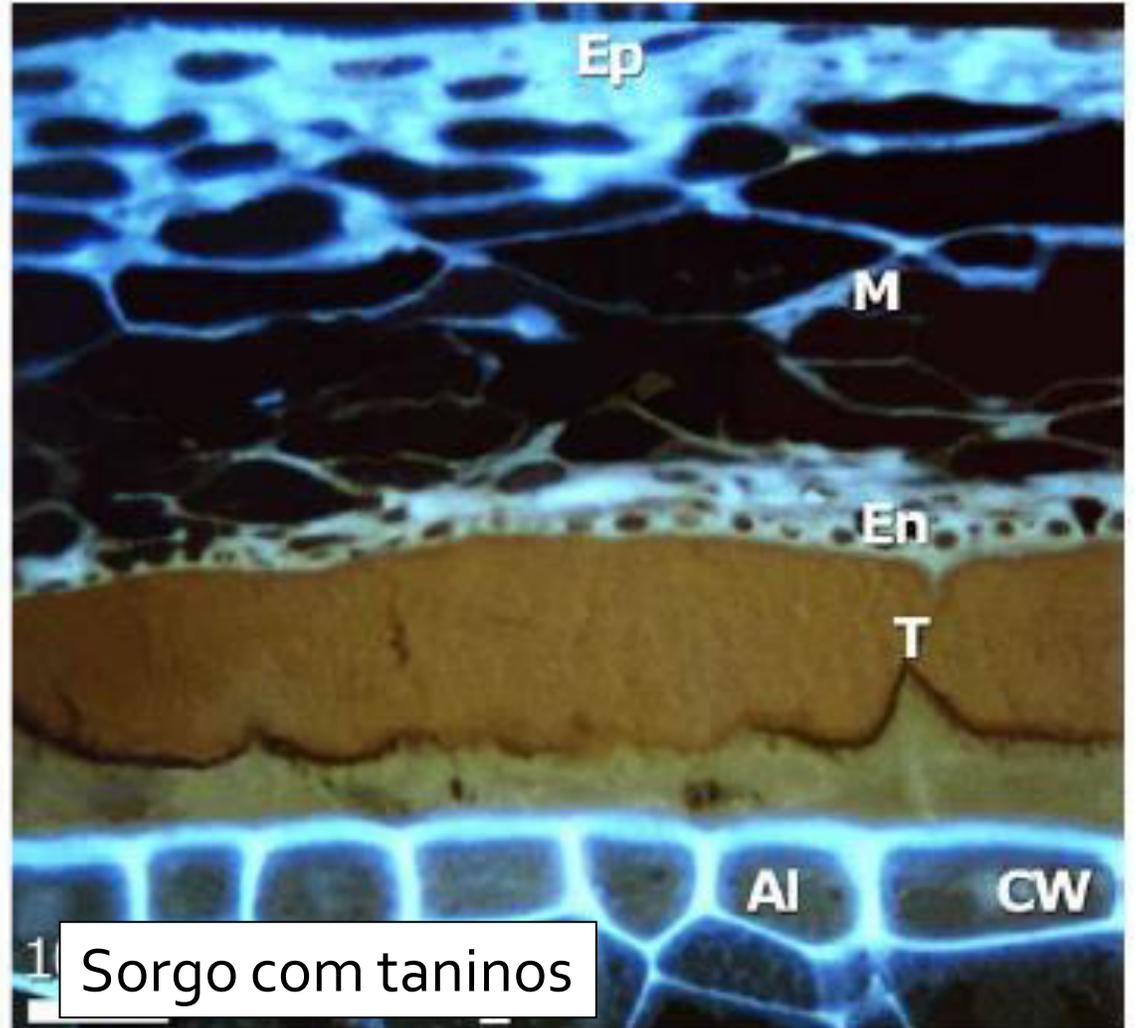
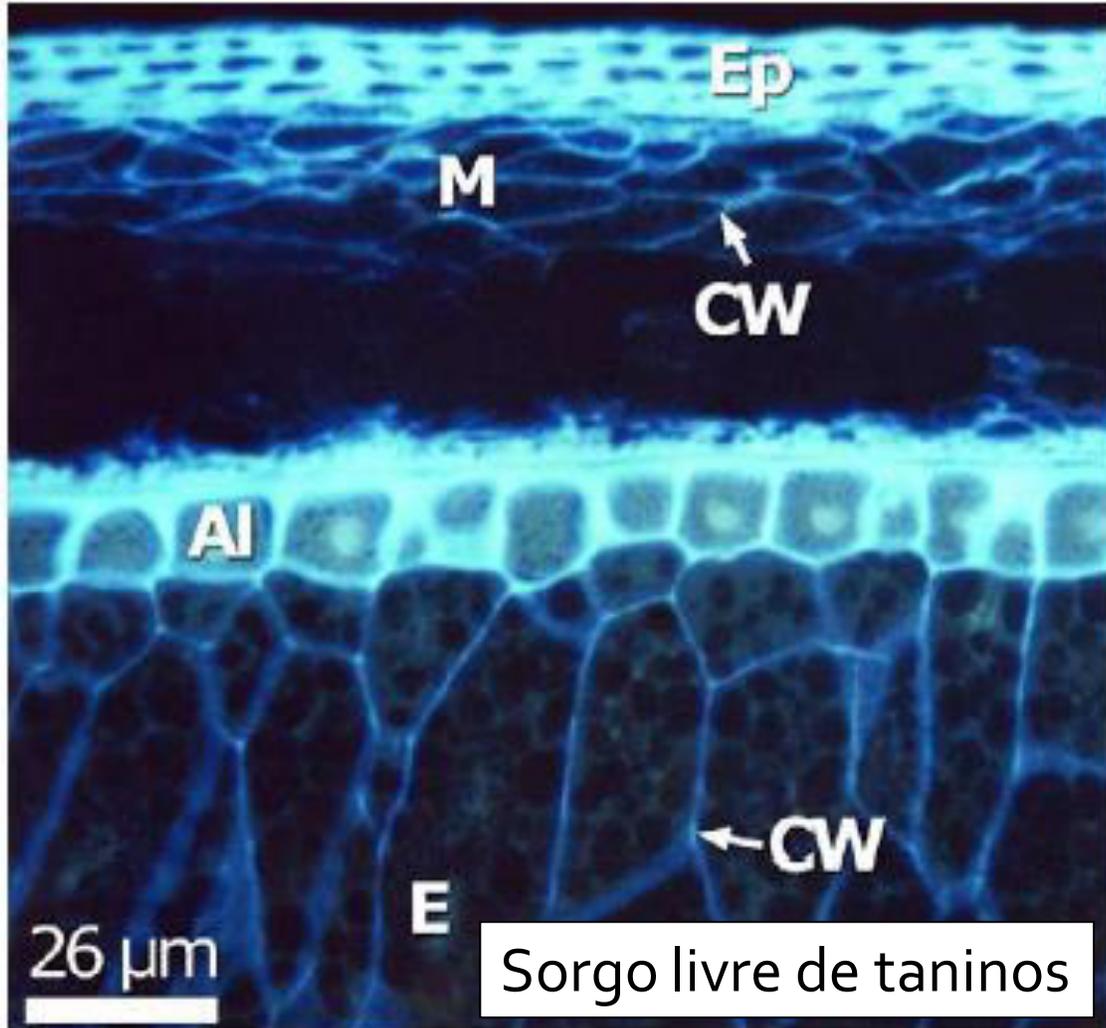
7,9% - Pericarpo

9,8% - Embrião

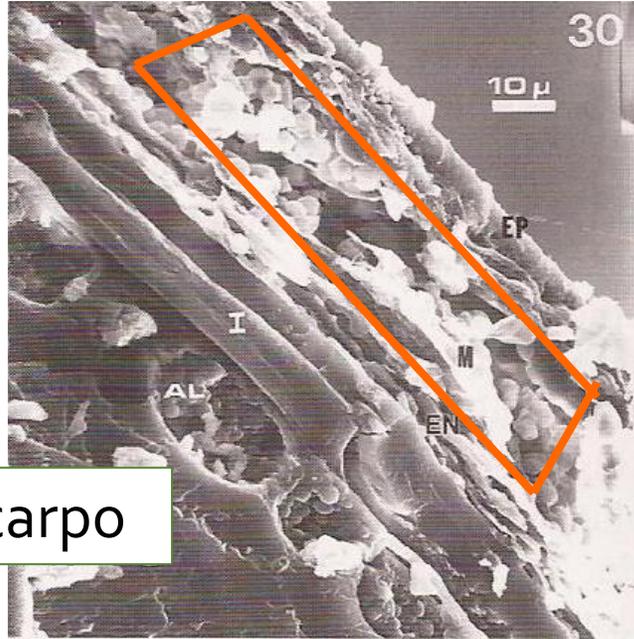
82,3% - Endosperma



8. Sorgo

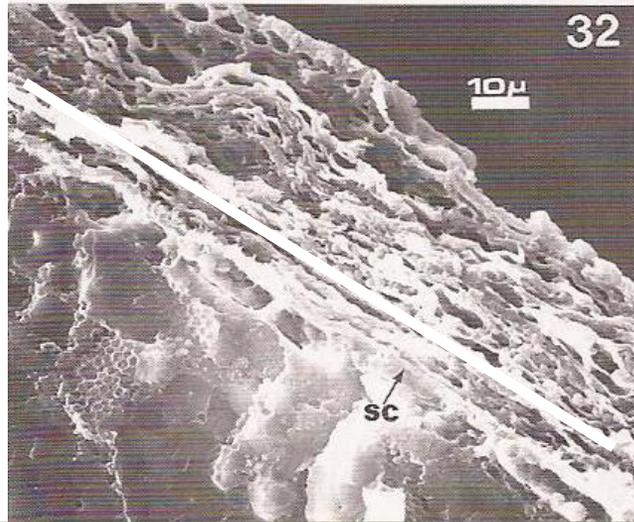


8. Sorgo

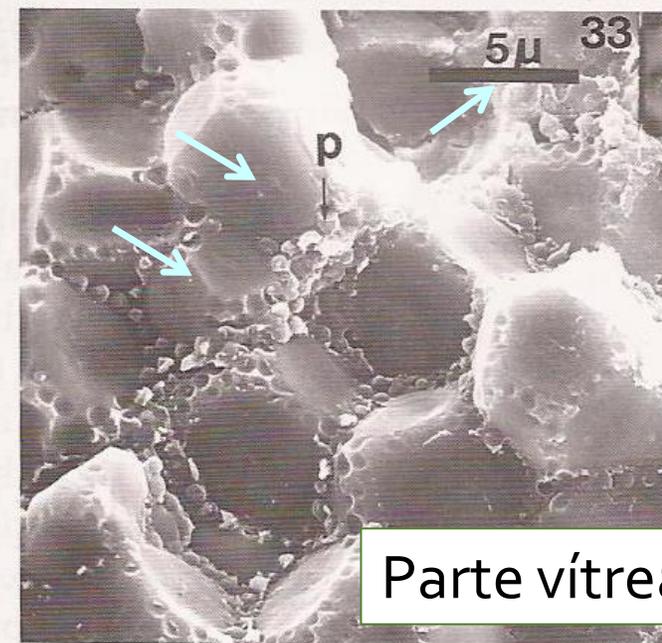


Tegumento interno – onde se depositam as proantocianidinas

Amido no mesocarpo



Grãos apenas com seed coat, sem tegumento



Parte vítrea do grão de sorgo

ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DOS CEREAIS

Prof. Nathan L. Vanier | Eng. Agrônomo, Dr.

nathanvanier@hotmail.com



Faculdade de Agronomia
"Eliseu Maciel"



Programa de
Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia
de Alimentos

