Universidade de São Paulo

Biblioteca Digital da Produção Intelectual - BDPI

Departamento de Ciências Biológicas - ESALQ/LCB | Livros e Capítulos de Livros - ESALQ/LCB

2014-08

Morfologia do caule de plantas com sementes

http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/46005

Downloaded from: Biblioteca Digital da Produção Intelectual - BDPI, Universidade de São Paulo

(Coleção Botânica, 2)

MORFOLOGIA DO CAULE DE PLANTAS COM SEMENTES



Marcílio de Almeida
Cristina Vieira de Almeida

Capa: Cristina Vieira de Almeida

(Coleção Botânica, 2)

Marcílio de Almeida

Cristina Vieira de Almeida

MORFOLOGIA DO CAULE DE PLANTAS COM SEMENTES

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "Luiz de Queiroz"

Departamento de Ciências Biológicas

Laboratório de Morfogênese e Biologia Reprodutiva de Plantas

***InVitroPalm* Consultoria, Estudo e Desenvolvimento Biológico**

ESALQTec Incubadora Tecnológica

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Almeida, Marcílio de
Morfologia do caule de plantas com sementes [recurso eletrônico] / Marcílio de Almeida e Cristina Vieira de Almeida. - - Piracicaba: ESALQ/USP, 2014.
155 p. : il. (Coleção Botânica, 2)

Modo de Acesso: Word Wide Web
Disponível em: http://www.esalq.usp.br/biblioteca/EBOOK/morfologia_caule.html
ISBN: 978-85-86481-33-8

1.Morfologia vegetal 2. Caule 3. Fanerógamas I. Almeida, C. V.de II.Título

CDD 582.04
A447m

Autores

Marcílio de Almeida: Bacharel em Ciência Biológicas pela UNESP, Campus Rio Claro, mestre em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) Universidade de São Paulo (USP), doutor em Botânica pelo Instituto de Biociências (IB) Universidade de São Paulo (USP) e Livre Docente pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) Universidade de São Paulo (USP), Professor Associado de Morfologia Vegetal no Departamento de Ciências Biológicas (ESALQ/ USP).

Cristina Vieira de Almeida: Bacharel em Ciência Biológicas, Mestre em Nutrição Mineral de Plantas na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Doutora em Fisiologia Vegetal pela UNESP/Rio Claro, com Pós-doutorado na ESALQ/USP em Biotecnologia e Associação Microrganismos/Plantas. Diretora de Pesquisa e Desenvolvimento da Empresa *InVitroPalm* Consultoria Estudo e Desenvolvimento Biológico Ltda. Associada à ESALQTec Incubadora Tecnológica na ESALQ/USP – Piracicaba/SP.

Apresentação

Este segundo volume da Coleção Botânica descreve outra estrutura vegetativa, **o *caule***, órgão que permite a comunicação entre os sistemas: radicular e foliar, responsável por sustentar a copa constituída pelos ramos e folhas. Os caules, geralmente são aéreos e sua forma arquitetônica permite que as plantas assumam posição privilegiada em relação à luz. Seu crescimento é oposto à força da gravidade, e em função disso, são caracterizados como órgãos que apresentam **geotropismo negativo**. Todavia, como tudo na natureza, essa característica não é uma regra, uma vez que inúmeros são os exemplos de caules subterrâneos, ou mesmo aéreos, que apresentam geotropismo positivo. Assim como na raiz, você verá que o caule pode desempenhar funções extras como reserva, propagação e fotossíntese. Para facilitar seu estudo, usaremos o mesmo método de classificação e caracterização dos caules, como o fizemos em raízes (Volume I dessa Coleção), seguindo uma ordem de acordo com sua origem, constituição, alterações que apresentam nos diferentes ambientes e suas principais funções. Esperamos auxiliá-lo com essas informações básicas, assim como o fizemos com o tema Raiz.

Excelente leitura para você!!!!!

Os autores

Sábio é aquele que conhece os limites da própria ignorância.

Sócrates

Agradecimentos

Agradecemos a todos que direta e indiretamente foram fundamentais para a criação desta obra, destacando entre tantos, a família, os colegas e amigos de trabalho, que nos acompanham diariamente.

Um especial agradecimento à Dra. Erika Mendes Graner pelo auxílio na revisão deste livro.

Agradecemos aos funcionários da Biblioteca Central da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz": Márcia Regina Migliorato Saad, Silvio Douglas Bacheta, Alexandre Nasser Fidelis, Eliana Maria Garcia e Ligiana C. do Carmo Damiano pelo apoio, incentivo e orientações fundamentais para a publicação dessa obra.

Particularmente a empresa InVitroPalm Consultoria E.D.B. Ltda. agradece à ESALQTec Incubadora Tecnológica e à USP pela oportunidade de realização deste trabalho, desenvolvido em parceria com o Laboratório de Morfogênese e Biologia Reprodutiva de Plantas.

Os autores

SUMÁRIO

I. Classificação do Caule quanto à origem 13

1. Caules com origem embrionária (Típicos).....13
2. Caules com origem Não Embrionária (Adventícios).....15

II. Constituição do Caule.....16

III. Classificação das gemas de acordo com a posição.....20

1. Gemas apicais ou terminais.....20
2. Gemas axilares ou laterais.....21
3. Gemas adventícias.....24
4. Gemas acessórias ou múltiplas.....29

iv. Classificação das Gemas de acordo com o desenvolvimento 37

1. Gemas vegetativas (ramíferas ou folhíferas).....37

2. Gemas reprodutivas (floríferas ou "botões").....38

V. Classificação das Gemas de acordo com o período de atividade.....44

1. Gemas prontas.....44
2. Gemas hibernantes.....44
3. Gemas dormentes.....44
4. Caulifloria.....47

VI. Classificação do Caule de acordo com a consistência.....54

1. Caule com consistência herbácea.....54
2. Caule com consistência sublenhosa.....55
3. Caule com consistência lenhosa.....57

VII. Classificação do Caule de acordo com o Habitat.....60
1. Caules aéreos 60
1.1. Caules aéreos eretos 61

1.1.1. Tronco 61
1.1.2. Estipe 64
1.1.3. Haste.....66
1.1.4. Colmo 68

1. 2. Caules aéreos rastejantes 69
1.3. Caules aéreos trepadores 70
1.3.1. Caules aéreos trepadores escandecentes ou sarmentosos.....70
1.3.2. Caules aéreos trepadores volúveis 74

2. Caules Subterrâneos.....76
2.1. Caule subterrâneo rizoma 76
2.1.1. Rizomas indefinidos 76
2.1.2. Rizomas definidos.....77

2.2. Caule subterrâneo tubérculo.....82

2.3. Caule subterrâneo bulbo 84
2.3.1. Bulbos tunicados 84
2.3.1.1. Bulbos tunicados simples 84
2.3.1.2. Bulbos tunicados compostos 89
2.3.2. Bulbos sólidos (cheios) 90
2.3.3. Bulbos escamosos 93

3. Caules Aquáticos 99

VIII. Metamorfose caulinar.....99

1. Gavinhas 100
2. Espinhos 103
3. Cladódios 107
4. Filocládios 110

IX. Sistemas de Ramificação.....113

1. Sistema de ramificação monopodial (indefinido) 114
2. Sistema de ramificação simpodial 117

XII. Porte das plantas.....124

1. Ervas 126
2. Arbustos (porte arbustivo) 128
3. Subarbustos 133
4. Árvores (ou porte arbóreo) 134
5. Lianas (porte liana) 136
6. Epífitas 138
6.1. Holoepífita.....138
6.2. Hemiepífitas.....140
6.2.1. Hemiepífitas primárias 140
6.2.2. Hemiepífitas secundárias.....145

Bibliografia recomendada.....155

CAULE

I. Classificação do caule quanto à origem

1. Caules com origem embrionária (Típicos)

Embora não seja usual a classificação dos caules como "típicos", vamos aplicá-la para aqueles com origem a partir da germinação da semente, onde o desenvolvimento do epicótilo (ou plúmula) resulta na formação da gema apical da plântula (figura 1), responsável pelo desenvolvimento do caule principal e das gemas laterais, também chamadas axilares. As gemas axilares, por sua vez, formarão os ramos e as folhas (figuras 2, 3 e 4).

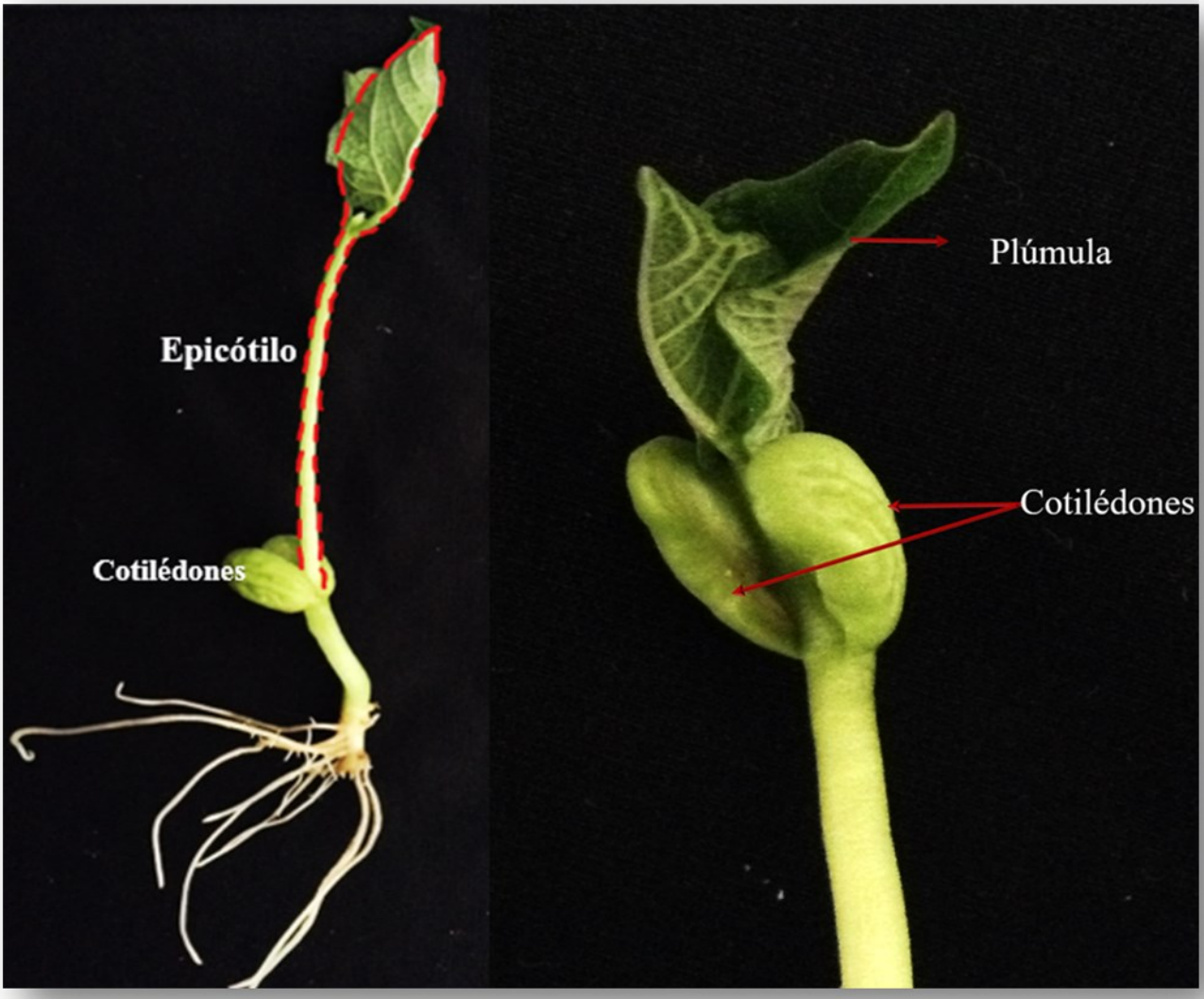


Figura 1 - Desenvolvimento do epicótilo (plúmula) evidenciando a formação do ápice caulinar, ainda na presença dos cotilédones

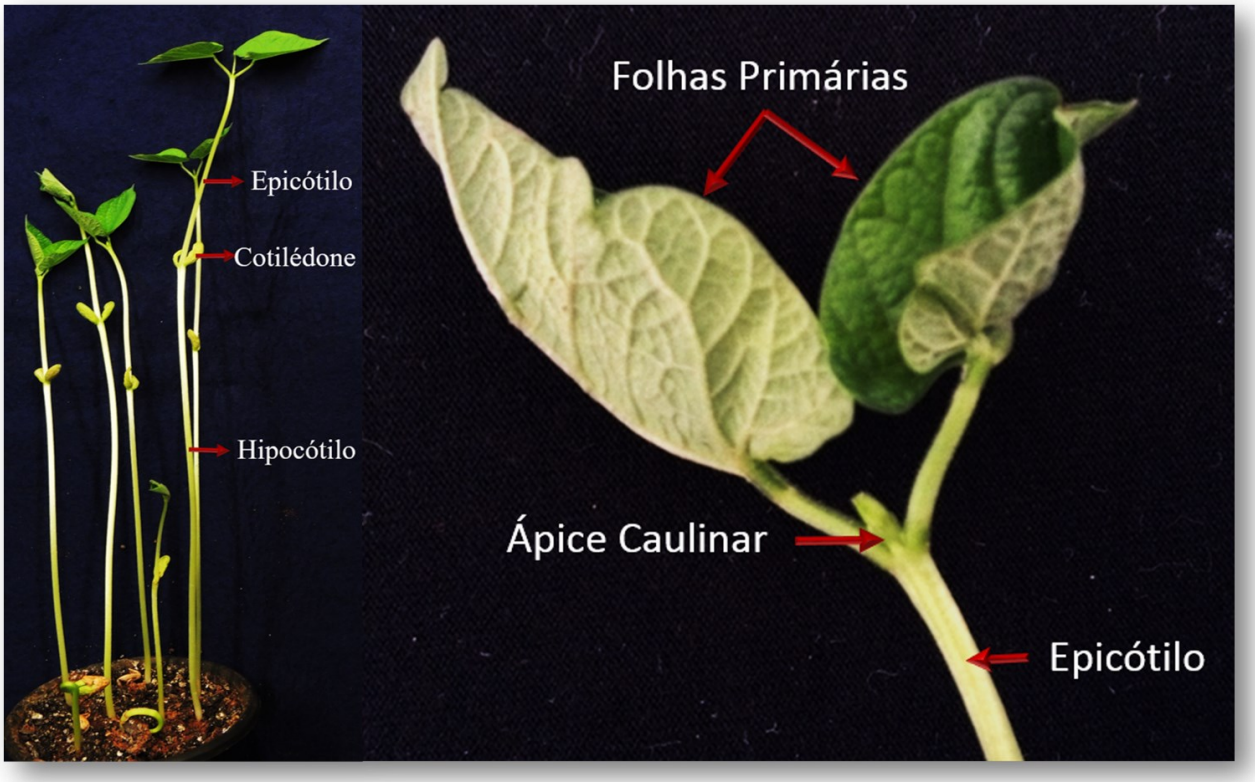


Figura 2 - Desenvolvimento do epicótilo evidenciando a formação do ápice caulinar e folhas primárias

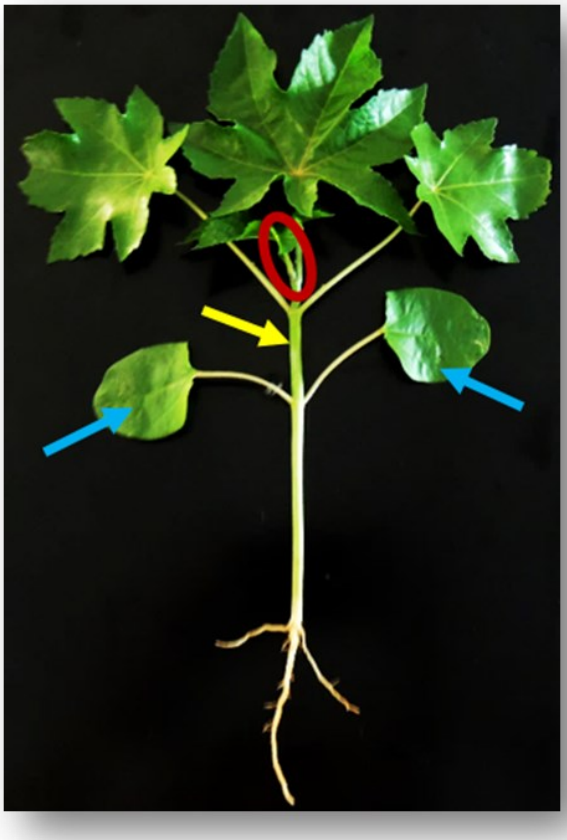


Figura 3 - Plântula ou *seedling* de mamona. Folhas cotiledonares (setas azuis); Epicótilo (seta amarela) e Gema apical (círculo)

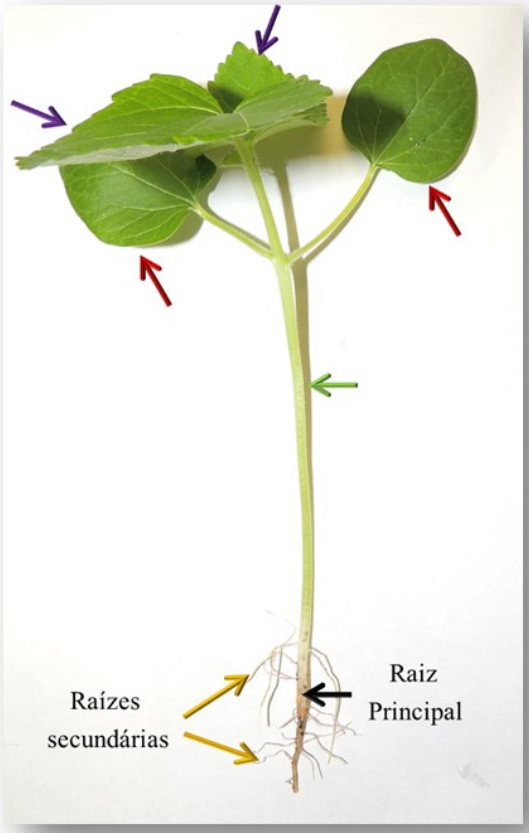


Figura 4 - Plântula ou *seedling* de quiabo. Folhas cotiledonares (setas vermelhas); Hipocótilo (seta verde) e Folhas primárias (setas roxas)

2. Caules com origem Não Embrionária (Adventícios)

Em situações especiais, os caules se originam ***assexuadamente***, ou seja, não se formam via germinação da semente e sim, a partir de um caule preexistente ou qualquer outro órgão já formado, que tenha sofrido injúrias ou recebido tratamentos com reguladores de crescimento. Nestes casos, diz-se que células especiais ("**células tronco**"[1]) respondem aos estímulos externos, desencadeando processos morfogênicos que resultarão em uma gema adventícia, e esta ao se desenvolver formará um caule também adventício (figura 5).



Figura 5 - Brotações adventícias (setas) após poda (A) ou tombamento (B)

[1] **Células tronco:** Células que podem ser mantidas indiferenciadas (não especializadas) conservando as características meristemáticas (com capacidade de divisão celular) em pontos estratégicos do vegetal, que permitem a algumas plantas, responder a injúrias (ferimentos) ou estímulos exógenos (externos) de reguladores de crescimento, originando gemas adventícias.

II. Constituição do Caule

O caule é um órgão segmentado, constituído por **gema apical, gemas axilares, nós e entrenós.** Os **nós** correspondem à região caulinar, geralmente delgada, de onde partem as **folhas e as gemas axilares.** Os **entrenós** representam os segmentos de caule, ou seja, a região que fica entre dois nós adjacentes (consecutivos) (figuras 6, 7, 8 e 9). O próximo volume da Coleção Botânica abordará as folhas, e neste volume descreveremos as gemas que compõem os caules.

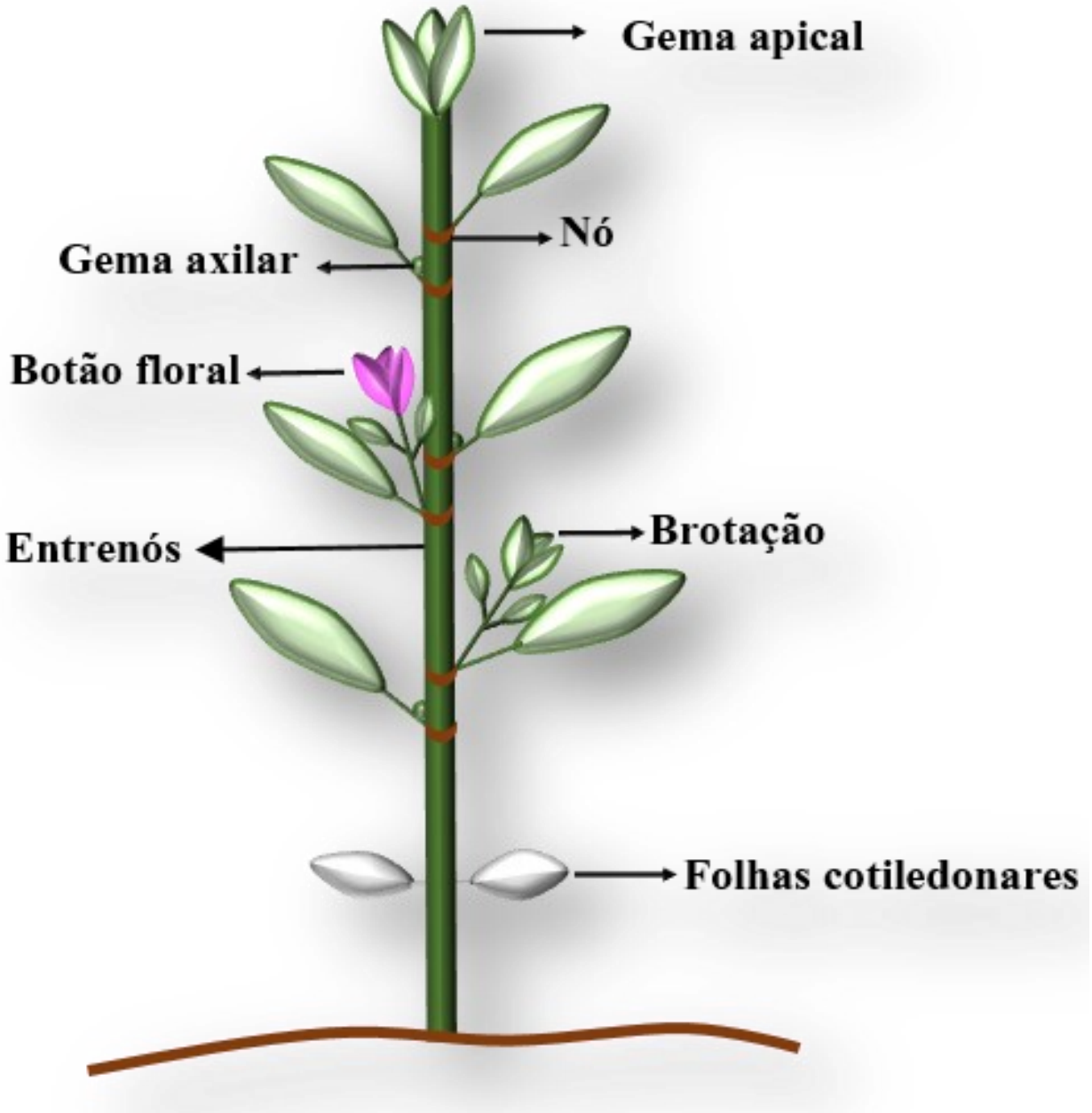


Figura 6 - Representação esquemática do caule e suas partes constituintes



Figura 7 - Constituição do caule evidenciando os nós (linhas tracejadas) e entrenós (estrela)

As estruturas denominadas **gemas** são esboços ou rudimentos de ramos vegetativos ou florais. Quando ***vegetativas***, as gemas são responsáveis pelo crescimento do caule e/ou dos ramos, definindo a arquitetura (forma) das plantas. Quando ***reprodutivas***, as gemas se responsabilizam pela reprodução sexuada, pois desenvolvem-se em flores, que originarão frutos e sementes, nas Angiospermas, ou em cones ou estróbilos, nas Gimnospermas, que formarão as sementes, fechando o ciclo reprodutivo dos vegetais. ***As estruturas reprodutivas das plantas com sementes serão abordadas no quarto e quinto volumes dessa Coleção (Flor, Fruto e Semente).*** Ainda em relação às gemas, é importante que você saiba que existem classificações específicas de acordo com sua posição, sua função (desenvolvimento) e o período em que se desenvolvem na planta, como você verá a seguir.



Figura 8 - Constituição do caule evidenciando **nós e entrenós**. Observe no Jasmim do Caribe (*Plumeria pudica*) que nem sempre o **nó** está em evidencia, bastando para identificá-lo, a presença da folha com a gema axilar (setas). Linhas tracejadas: **nós**; Estrelas: **entrenós**

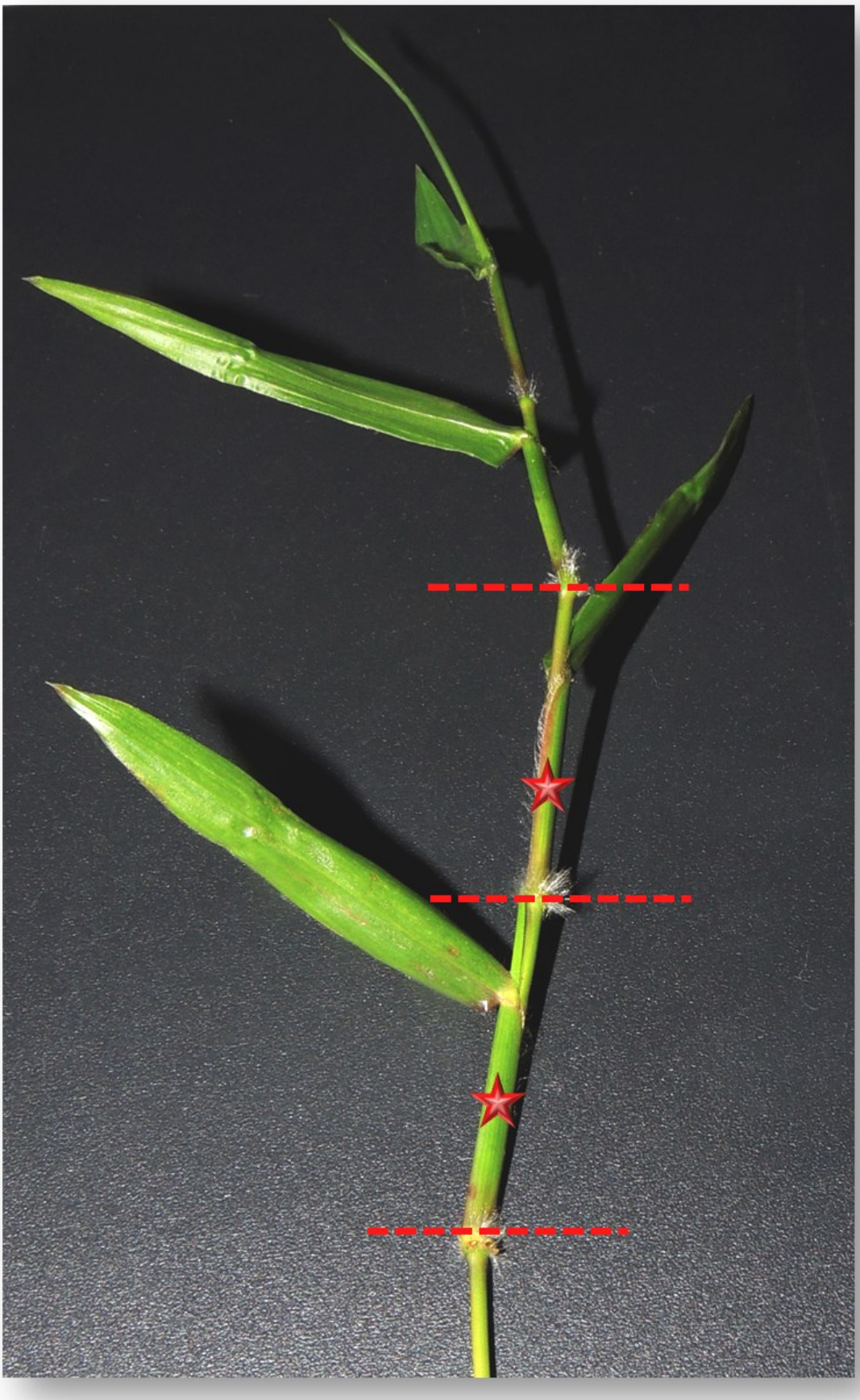


Figura 9 - Constituição do caule evidenciando os nós (linhas tracejadas) e entrenós (estrela)

III. Classificação das Gemas de acordo com a Posição

1. Gemas apicais ou terminais: são gemas que se formam no ápice do caule ou no ápice dos ramos da planta. Essas gemas tem a função de promover o crescimento da planta em comprimento (figura 10).



Figura 10 - Gemas apicais ou terminais (círculos)

Normalmente os termos apical e terminal são usados como sinônimos, porém, alguns autores preferem restringir o termo gema apical para a gema presente apenas no ápice do caule principal da planta e gemas terminais, para as que estão no ápice dos ramos.

2. **GEMAS AXILARES OU LATERAIS:** são as gemas que se encontram no nó, ou seja, na lateral de um caule ou ramo, junto à axila de uma folha. Essas gemas surgem na base da superfície superior (***adaxial***) das folhas (figuras 11, 12, 13 e 14).



Figura 11— Setas vermelhas: gemas axilares ou laterais; seta branca: broto



Figura 12— Setas vermelhas: gemas axilares ou laterais; setas brancas: brotos



Figura 13— Gemas axilares (setas vermelhas) e brotos (setas brancas)



Figura 14- Corte longitudinal de repolho roxo evidenciando a gema apical (seta vermelha) e as gemas laterais nas axilas das folhas (setas azuis)

É importante que você saiba que, as gemas axilares são assim chamadas enquanto não estão em atividade, pois ao iniciarem o desenvolvimento, passam a ser classificadas como gemas terminais (apicais) dos ramos em formação e, novas gemas axilares terão origem a partir destas (figura 12).

3. **Gemas adventícias:** são gemas que se formam em outras regiões da planta que não, as regiões apical e axilares, mas sim, na base ou ao longo dos troncos (figuras 15, 16, 17 e 18), ou sobre as nervuras das folhas (figura 19), nas margens das folhas (figura 20) e mesmo em algumas raízes, como ocorre nas denominadas *raízes gemíferas* (figura 21).



Figura 15— Desenvolvimento de ramos adventícios a partir da formação e desenvolvimento de gemas adventícias ao longo do tronco de *Agathis robusta*, uma espécie de Gimnosperma



Figura 16 - Desenvolvimento de ramos adventícios a partir da formação e desenvolvimento de gemas adventícias em troco de *Cycas revoluta* (Gimnosperma)



Figura 17 - Ramos adventícios a partir da formação e desenvolvimento de gemas adventícias (setas vermelhas) em tronco de primavera



Figura 18 - Ramos adventícios a partir da formação e desenvolvimento de gemas adventícias em tronco

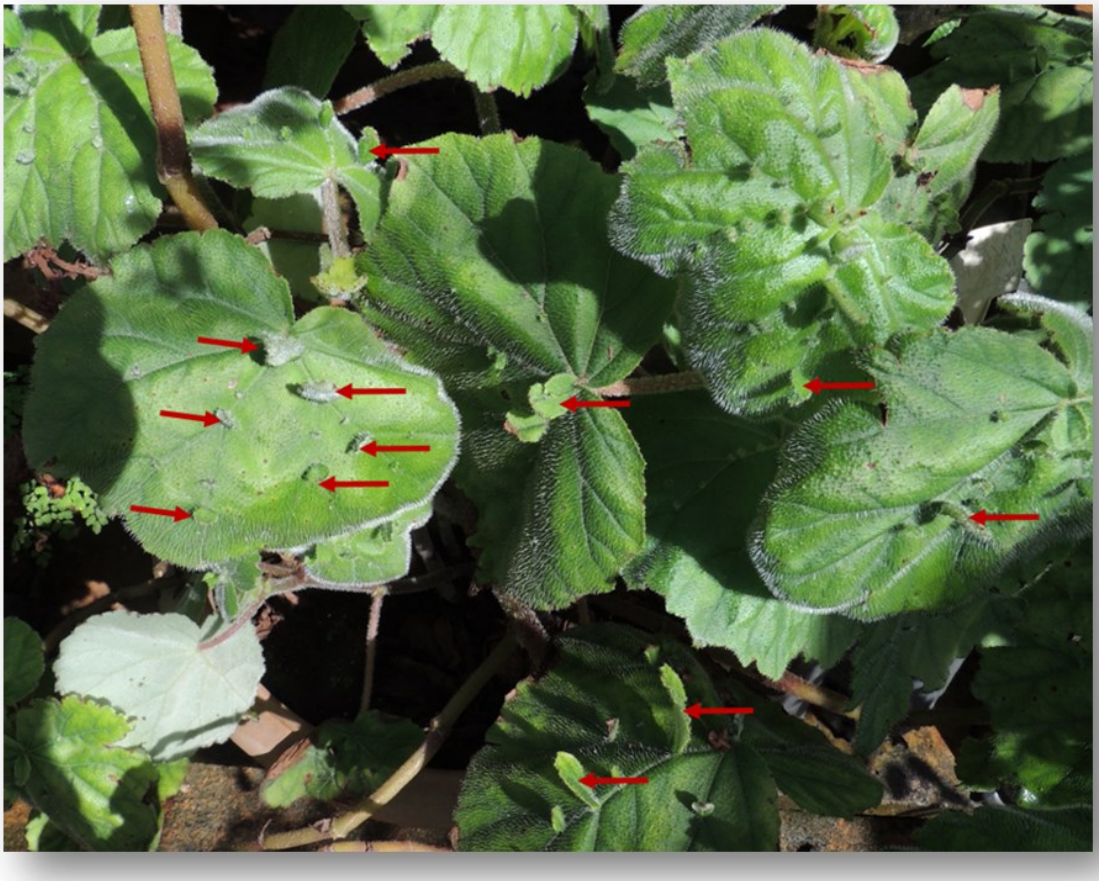


Figura 19 - Gemas adventícias (setas vermelhas) desenvolvidas no limbo foliar



Figura 20 - Gemas adventícias (setas vermelhas) desenvolvidas na margem das folhas. Setas azuis: folhas



Figura 21 — Desenvolvimento de ramos adventícios (setas brancas) a partir da formação e desenvolvimento de gemas adventícias em raízes gemíferas (setas vermelhas)

4. **Gemas acessórias ou múltiplas:** São gemas secundárias desenvolvidas ao redor (ao lado ou acima) da gema axilar ou terminal. Essas gemas podem variar em número e se desenvolver em diferentes estruturas vegetais. Observe na figura 22, as flores desenvolvidas nas axilas de um ramo de coca (*Erythroxylum coca*), onde uma gema é resultante do desenvolvimento da gema axilar e as demais, das gemas acessórias. Em citros, por exemplo, em uma mesma axila pode ocorrer o desenvolvimento simultâneo de um ramo e um espinho (figura 23), assim como no feijão de porco (figura 24), onde na região da gema axilar ocorre o desenvolvimento do ramo vegetativo normal e de uma inflorescência. Essas gemas acessórias são comuns em plantas de cerrado (figura 25), em mamona (figura 26) onde várias flores são formadas na mesma axila em *Chrysophyllum cainito* (figuras 27 e 28) ou na leguminosa *Leucaena leucocephala* figura 29).



Figura 22 — Ramo de coca (*Erythroxylum coca*) evidenciando as gemas acessórias (setas)



Figura 23 — Ramo de citros provenientes de gema acessória (setas amarelas). Setas vermelhas: espinhos provenientes de gemas axilares; setas azuis: folhas



Figura 24 - Gema acessória (setas vermelhas) formando a inflorescência. Gema axilar (seta azul) originando o ramo em feijão de porco



Fi

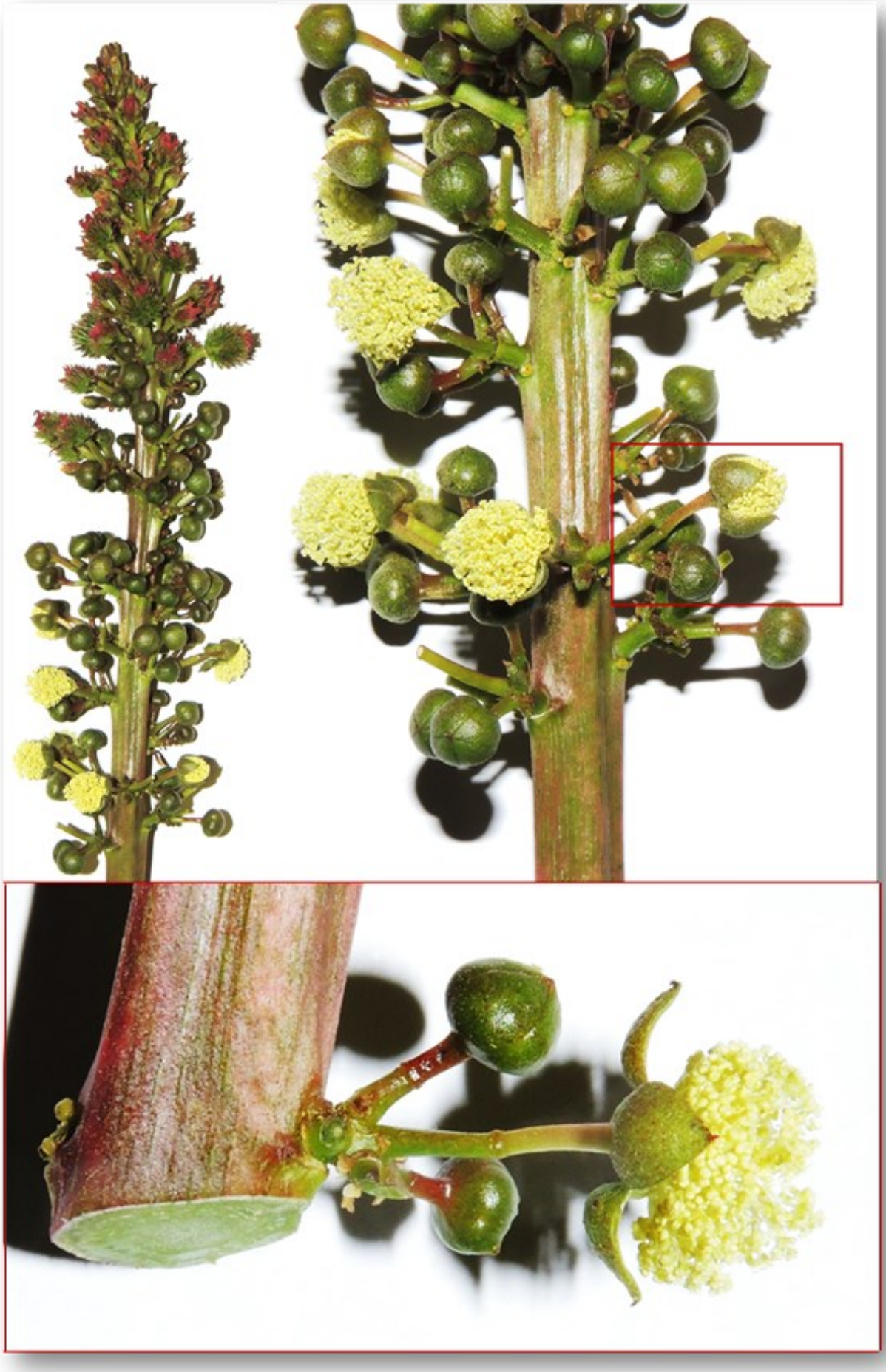


Figura 26 - Gemas acessórias em inflorescência de mamona. Retângulo evidenciando detalhe das gemas acessórias no agrupamento de flores masculinas



Figura 27 - Gemas acessórias (setas) originando as inflorescências nas axilas de caimito (*Chrysophyllum cainito*)



Figura 28– Detalhe das gemas acessórias em caimito (*Chrysophyllum cainito*)



Figura 29 - Gemas acessórias (setas) em ramos com inflorescência de *Leucena leucocephala*

Outros exemplos de gemas acessórias serão apresentados no item Caulifloria, como ocorre na jabuticabeira evidenciada na figura 30!



Figura 30 - Gemas acessórias constituindo a Caulifloria em jabuticabeira

IV. Classificação das Gemas de acordo com o desenvolvimento (função)

1. **Gemas vegetativas** (***ramíferas ou folhíferas***): são gemas que ao se desenvolverem, têm por função originar um caule ou um ramo. Essas gemas formarão ramos com novas gemas nas axilas dos primórdios foliares, que darão origem a novas folhas (figura 31).



Figura 31 - Gemas vegetativas: setas

2. Gemas reprodutivas

(***floríferas ou "botões"***): essas gemas ao se desenvolverem, têm por função produzir flores e/ou inflorescências (figuras 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39), na dependência dos estímulos ambientais, assim como fotoperíodo (comprimento do dia/noite) e vernalização (exposição a temperaturas baixas não congelantes).



Figura 32 - Gemas reprodutivas (setas) observada nessa espécie da família Myrtaceae de Cerrado



Figura 33 - Gemas reprodutivas (setas) em Aroeira-Mansa - *Schinus terebinthifolius*

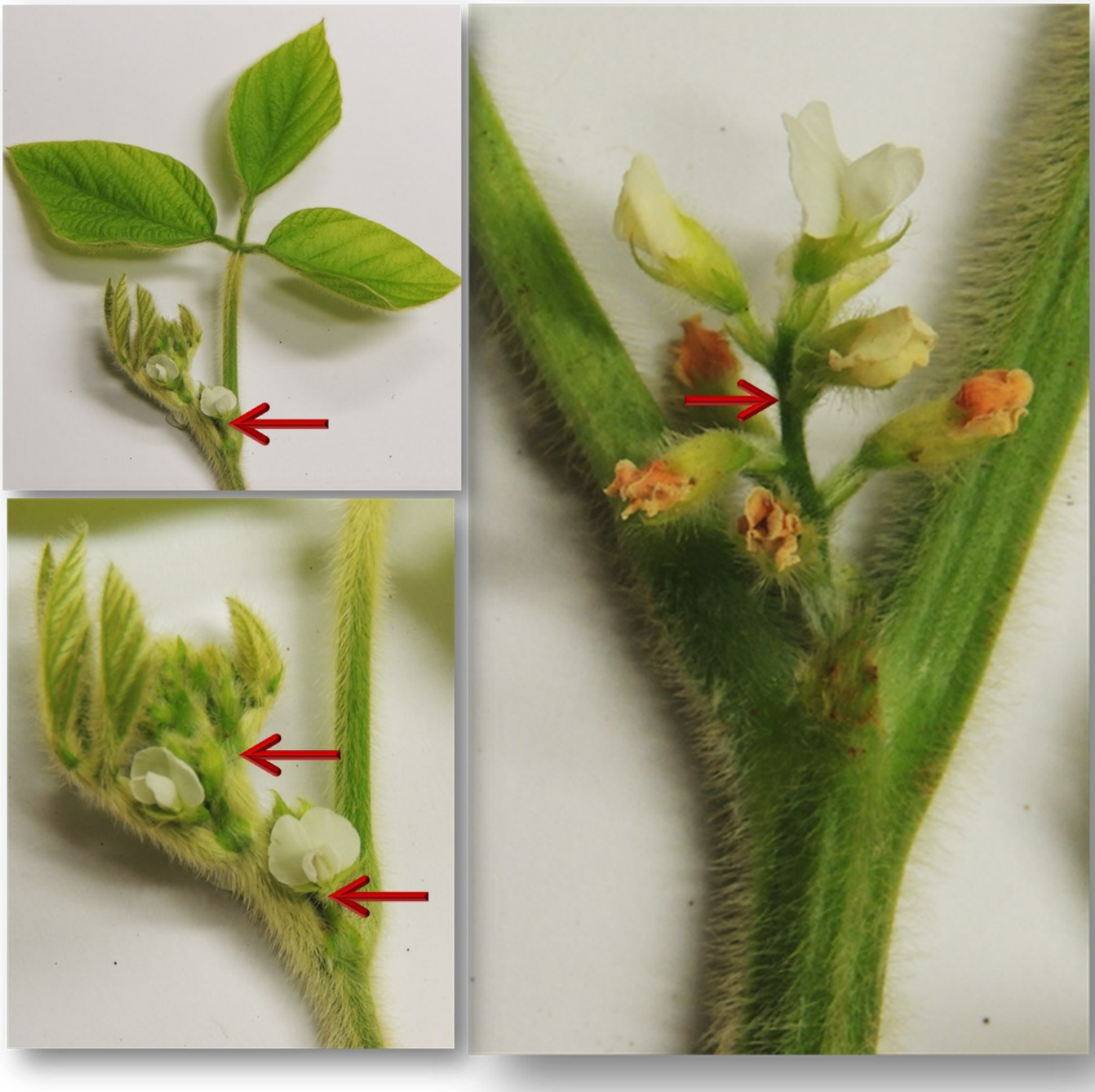


Figura 34 — Gemas reprodutivas (setas) em soja em diferentes estádios de desenvolvimento



Figura 35 — Gemas reprodutivas (setas) em diferentes estádios de desenvolvimento em *Leucophyllum frutescens*



Figura 36 — Gemas reprodutivas (setas) em diferentes estádios de desenvolvimento



Figura 37— Gemas reprodutivas (setas) em diferentes estádios de desenvolvimento

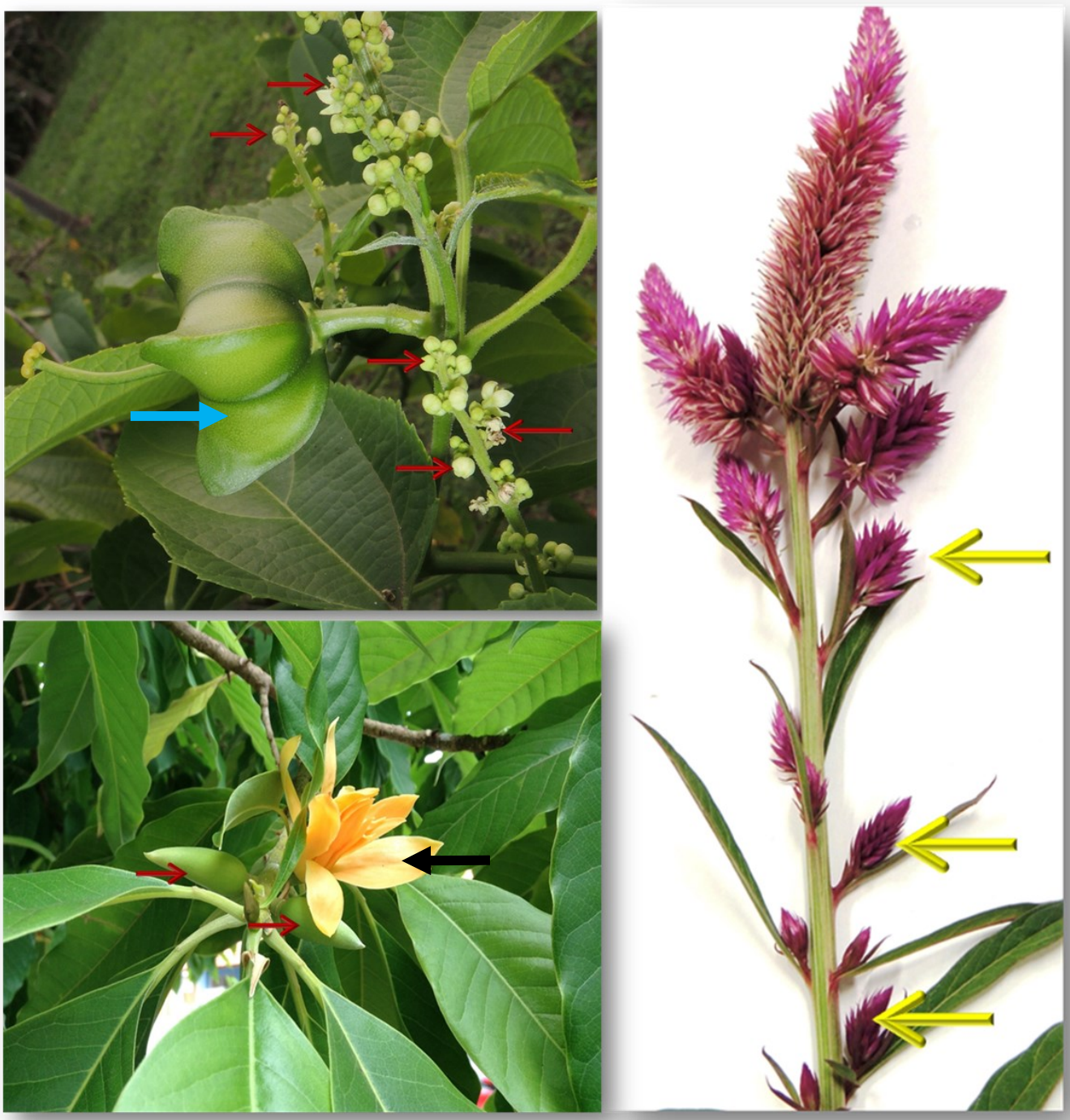


Figura 38— Gemas reprodutivas em A: *Plukenetia volubilis*; B: *Magnolia champaca*; C: crista de galo - *Celosia caracas.*

Setas vermelhas: botões florais; setas amarelas: inflorescências, seta preta: flor e seta azul: fruto

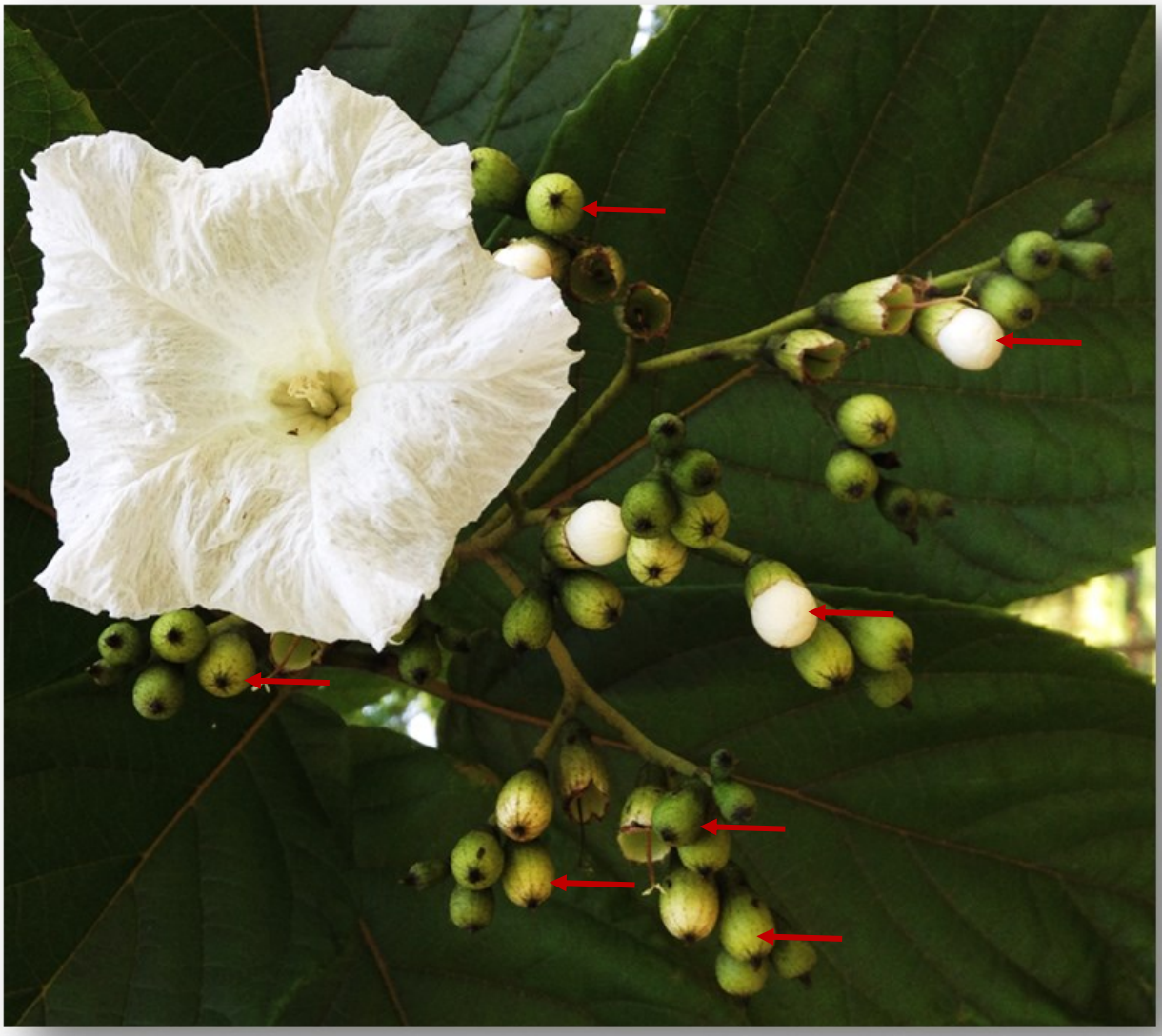


Figura 39 — Gemas reprodutivas (setas) em diferentes estádios de desenvolvimento

V. Classificação das gemas de acordo com o período de atividade

1. **Gemas Prontas:** quando as gemas desabrocham e se desenvolvem no mesmo ano de sua formação. Dependendo da época do ano em que iniciam seu desenvolvimento essas gemas são denominadas: *primaveris (primavera), estivais (verão) e outonais (outono).* As gemas normalmente não se desenvolvem no inverno;

2. **Gemas Hibernantes:** as gemas são formadas em um ano e somente iniciam o desenvolvimento (entrarão em atividade) no ano seguinte;

IMPORTANTE: Macieiras (figura 40), Pereiras, Pessegueiros e Videiras (figura 41) são exemplos de plantas que apresentam gemas hibernantes e/ou dormentes, na dependência das condições climáticas e do sistema de podas aplicado.



Figura 40 - Flores resultantes do desenvolvimento de gemas hibernantes e/ou dormentes em macieira

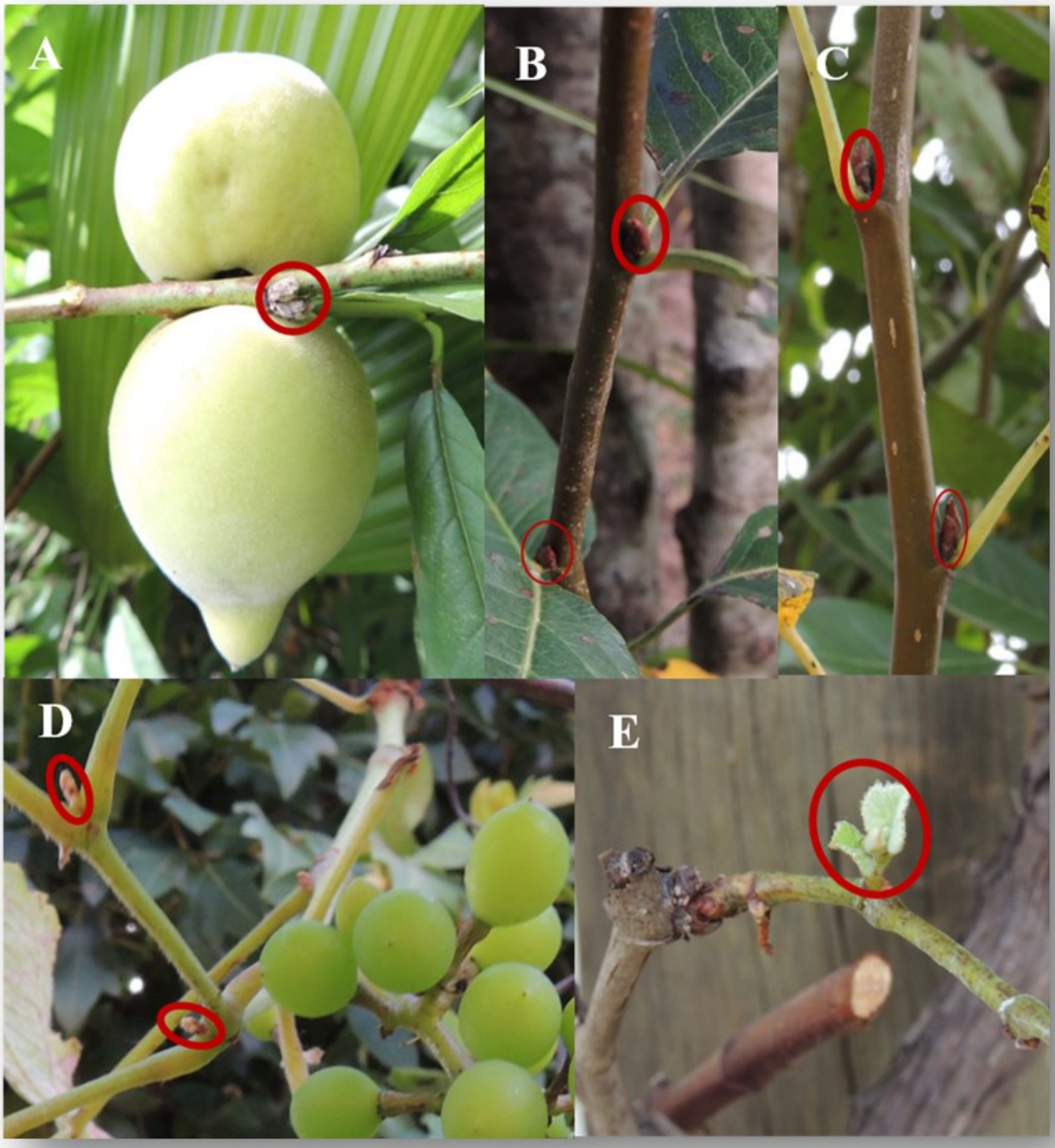


Figura 41 - Gemas hibernantes e/ou dormentes (círculos). A: Pessegueiro; B: Macieira; C: Pereira; D e E: videira

4. Caulifloria

Algumas espécies apresentam ***caulifloria***, ou seja, as flores se desenvolvem ao longo do caule não se restringindo às regiões apicais e axilares dos ramos, como acontece na maioria das plantas em que *gemas prontas* se desenvolvem em flores. O fenômeno da caulifloria é decorrente do desenvolvimento de gemas adventícias reprodutivas ou da presença de gemas dormentes que somente se desenvolvem após vários anos de sua formação, período este em que o caule pode tornar-se bastante desenvolvido e espesso, como ocorre na jaqueira, no cafeeiro, no jambo-vermelho, no cacaueiro, na jabuticabeira, abricó-de-macaco e outras tantas espécies (figuras 42, 43, 44, 45, 46, 47 e 48). Cabe lembrar que, a maioria destes casos, também representam exemplos de gemas acessórias.



Figura 42 - Caulifloria em jaqueira



Figura 43 - Caulifloria em cafeeiro



Figura 44 - Caulifloria em cafeeiro



Figura 45 - Caulifloria em jambo-vermelho



Figura 46 - Caulifloria em cacaueiro



Figura 47 - Caulifloria em jabuticabeira



Figura 48 - Caulifloria em abricó de macaco

Agora que descrevemos os tipos de gemas que constituem as plantas, vamos voltar à classificação do caule propriamente dito, e conhecer um pouco mais a seu respeito.

VI. Classificação do Caule de acordo com a consistência

1. Caule com consistência herbácea: é um caule macio ou maleável (*elástico*) com predominância de tecido formado por células com acúmulo da celulose junto à parede celular, o que lhe confere flexibilidade (figura 49). De maneira mais simples, podemos dizer que caule herbáceo é todo aquele que não é lenhoso, ou seja, não apresenta "madeira".

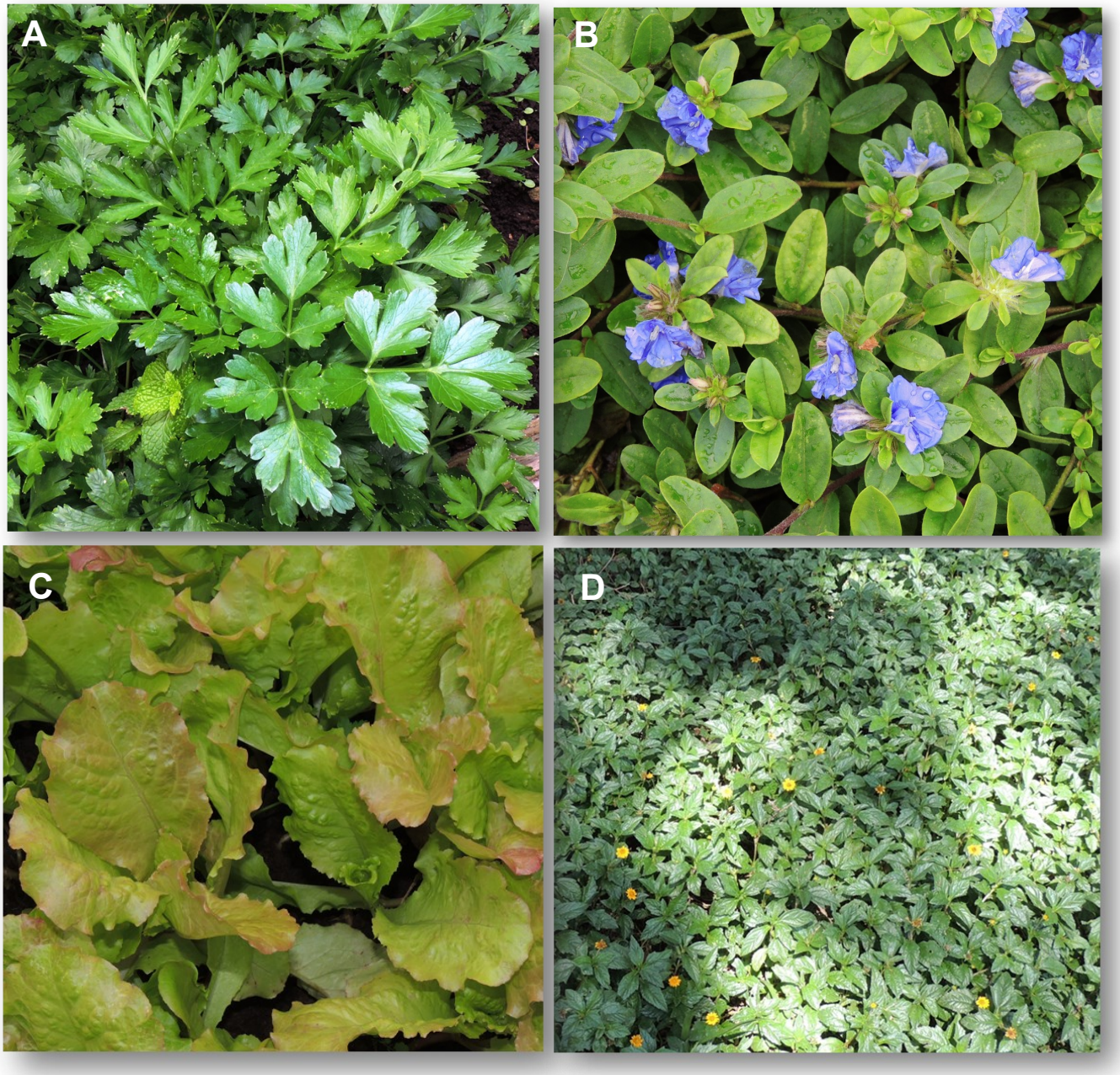


Figura 49 - Exemplos de plantas que apresentam caules com consistência herbácea : A: salsinha; B: azulzinha ou evólvulo C: alface ; D: vedéia ou picão-da-praia

2. Caule com consistência sublenhosa: caule lignificado[2] (*duro, rígido*) apenas na parte mais velha junto à raiz. São caules típicos de pequenos arbustos e algumas ervas de maior porte (figuras 50, 51 e 52).



Figura 50 - "Alfavacão": espécie que apresenta caule de consistência sublenhosa. Seta: região mais velha lignificada

[2]**Lignificado:** termo utilizado para se referir a um órgão ou estrutura formada por tecido com células com parede impregnadas por lignina, que confere maior rigidez.



Figura 51 - Exemplos de caules com consistência sublenhosa. A: almeirão; B: alfavaca; C: quiabo; D: mandioca

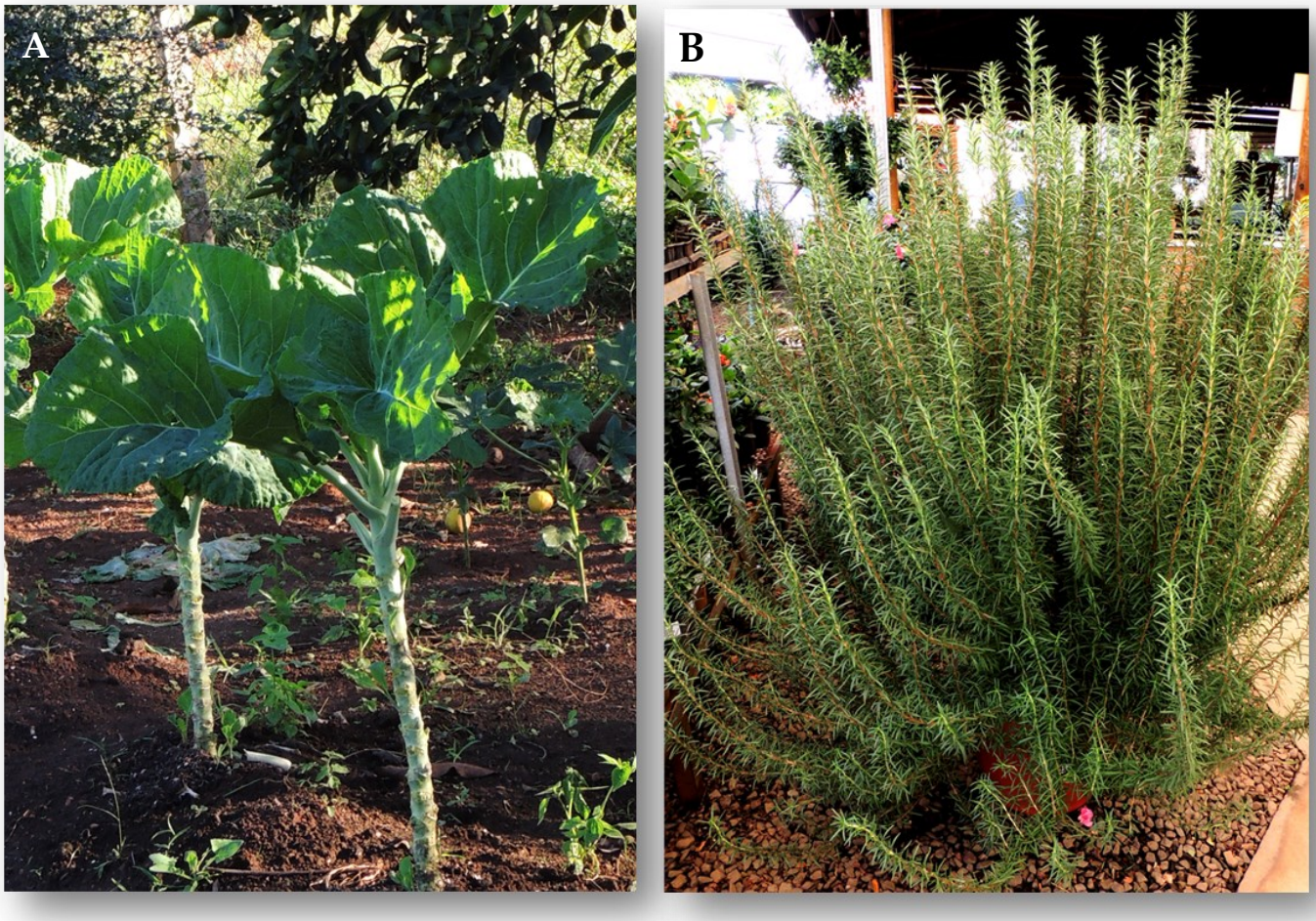


Figura 52 - Planta de couve que apresenta caule de consistência sublenhosa. A: couve; B: alecrim

3. **Caule com consistência lenhosa:** estes caules são amplamente lignificados (*totalmente rígidos*), com consistência lenhosa. Em geral, as plantas que apresentam este tipo de caule são caracterizadas por exibirem troncos com tamanhos avantajados. São portes de caules típicos de árvores e arbustos (figuras 53 e 54). Podemos dizer de maneira "bem simples", que esses são os caules que apresentam "madeira".



Figura 53 - Exemplo de árvores que apresentam caule de consistência lenhosa



Figura 54—Plantas com caules de consistência lenhosa

VII. Classificação do Caule de acordo com o Habitat

Quanto ao ambiente que ocupam, os caules podem ser classificados em **Aéreos, Subterrâneos ou Aquáticos:**

1. Caules aéreos: são caules que estão acima do solo e em contato com a atmosfera, assim como o milho, a roseira, ipê, abóbora, eucalipto, capim, além de uma infinidade de espécies de plantas que observamos todo o tempo ao nosso redor (figura 55).



Figura 55 - Exemplos de caules aéreos

Entre os exemplos de caules aéreos existem espécies e formas completamente diferentes e mesmo encontrando-se no mesmo ambiente (em contato direto com o ar), exibem diferentes formas em função de seu "comportamento" e por essa razão recebem classificações específicas como: **eretos, rastejantes e trepadores**.

1.1. Caules aéreos eretos: são caules típicos de árvores que compõem as florestas. Esses caules normalmente são altos e perpendiculares ao solo ou parcialmente inclinados, que crescem em busca de luz. Dentre as espécies que apresentam caules eretos encontramos muitas diferenças, principalmente no que se refere à dimensão dos mesmos, e sendo assim, vamos novamente classificá-los em:

1.1.1. Tronco: caule lenhoso, arborescente, com crescimento secundário (em espessura), quase sempre com maior diâmetro na base, formado por um eixo principal ereto, que pode ou não apresentar ramificações por toda a sua extensão. Esse caule é típico de eucaliptos, laranjeiras, paineiras, teca, peroba, mogno, pinheiro, e tantas outras espécies (figuras 56, 57, 58).



Figura 56 - Caules aéreos eretos do tipo tronco em Angiospermas



Figura 57 - Caule aéreo ereto do tipo tronco de uma espécie de Gimnosperma: Pinheiro-da-Nova-Zelândia (*Agathis robusta*)



Figura 58 - Caule aéreo ereto tipo tronco de uma Angiosperma

1.1.2. Estipe: caule fibroso, arborescente, cilíndrico, não ramificado, com nós e entrenós evidentes em decorrência das cicatrizes foliares. Apresentam suas folhas fortemente agrupadas no ápice, assim como as palmeiras e mamoeiro (Angiospermas) (figuras 59 e 60). São caules também presentes nas Gimnospermas, como é o caso das *Cycas* (figura 61). Observe nas palmeiras e nos mamoeiros que as gemas axilares estão presentes e são ***exclusivamente reprodutivas***, ou seja, não se desenvolvem para formar ramos, e sim, ***exclusivamente flores em inflorescências***.



Figura 59 - Caules aéreos do tipo estipe típicos de palmeiras



Figura 60 - Caules aéreos do tipo estipe em palmeira e mamoeiro (Angiospermas)



Figura 61 - Caules aéreos do tipo estipe em *Cycas circinalis* (Gimnosperma)



Esse tipo de estrutura caulinar (caule estipe) também é observado nos fetos arborescentes, plantas sem sementes, que pertencem à família Dicksoniaceae (figura 62).

Figura 62 - Caule aéreo do tipo estipe em feto arborescente (samambaiaçu)

1.1.3. Haste: São caules tenros, macios, maleáveis, geralmente verdes e não lenhosos, pois não apresentam crescimento secundário. Entretanto, algumas espécies apresentam a região mais velha, sublenhosa. São típicos de mandioqueira, fumo, tomateiro, escapos florais[3] de alho, cebola, lírios, bastão do imperador, cúrcuma, biri (figuras 63 e 64) , entre tantos outras espécies.



Figura 63 - Caule aéreo do tipo haste. As setas evidenciam os escapos florais

[3]**Caule escapo floral:** São caules presentes em espécies herbáceas com caules subterrâneos, geralmente desprovidos de folhas e crescem em direção a superfície para liberar as flores.



Figura 64 - Caule aéreo do tipo haste. Setas evidenciam escapos florais

1.1.4. Colmo: caule verde e flexível, geralmente de consistência herbácea, constituídos por nós e entrenós semelhante às estipes com evidentes cicatrizes foliares, de onde saem as gemas axilares. O colmo pode apresentar-se preenchido por tecido maciço, geralmente de reserva, como observado em cana-de-açúcar, milho e sorgo e por essa razão, diz-se que essas espécies apresentam ***colmo cheio***. Já, nos bambus observamos as mesmas características, porém essas espécies desenvolveram colmo oco (***fistuloso***) preenchido por ar (figura 65).



Figura 65 - A: Caule aéreo do tipo colmo cheio em cana-de-açúcar; B: Caule aéreo tipo colmo oco em bambu

1.2. Caules aéreos rastejantes: Geralmente são caules de consistência herbácea, desprovidos de estruturas que proporcionam a postura ereta, e por essa razão são comumente chamados rasteiros, crescendo sempre rente ao solo. Algumas espécies conseguem, de forma bastante limitada, subir em pedras ou qualquer outro substrato. Um exemplo clássico de plantas com caules aéreos rastejantes é a grama amendoim e outras forragens de jardins e dunas. Esse tipo de caule, normalmente mantêm-se rente ao solo por toda sua vida (figura 66).



Figura 66 - Caules aéreos do tipo rastejante. A: invasoras de gramados; B: gota de orvalho; C: dinheiro em penca; D: acalifa-rasteira; E: rasteiras de dunas; F: grama amendoim

1.3. Caules aéreos trepadores: quando os caules são delgados, alongados, flexíveis e, pelo menos no início do desenvolvimento da planta, são pouco espessos, fixando-se ou enrolando-se em outros vegetais ou diferentes substratos, alcançando, dessa forma, posição privilegiada em relação à iluminação. As trepadeiras, por sua vez, dependendo da forma como se fixam ao substrato podem ser classificadas em:

1.3.1. Caules aéreos trepadores escandecentes ou sarmentosos: são caules presentes em plantas trepadeiras que, ou se enrolam ou apresentam órgãos especializados denominados *gavinhas*, que são folhas ou ramos modificados semelhantes a "molas" que permitem a fixação em muros, cercas e outras plantas. Essas estruturas de fixação são típicas em inúmeras espécies como a flor da lua, o maracujá e videiras (figura 67). Além das gavinhas, estruturas como "unhas" ou "ventosas" também são observadas em plantas trepadeiras como a unha-de-gato ou a hera japonesa, respectivamente (figuras 68 e 69). No Capítulo I dessa Coleção Botânica, foram ilustradas as raízes grampiformes, estruturas radiculares presentes na hera (figura 70) características de trepadeiras escandescentes.



Figura 67 - Caules aéreos trepadores escandecentes ou sarmentosos com gavinhas (setas)

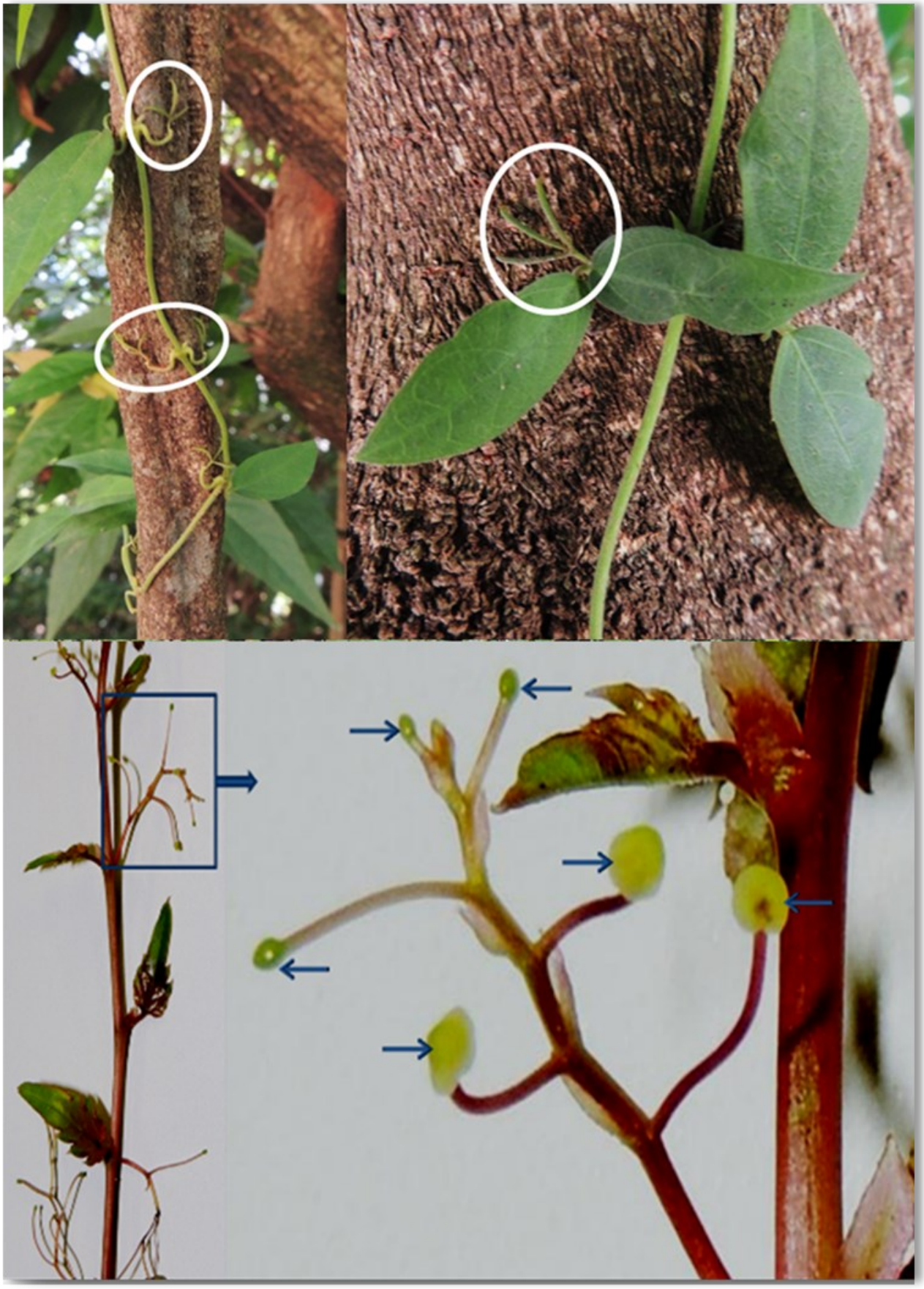


Figura 68 - Caules aéreos trepadores do tipo escandecentes ou sarmentosos, com gavinhas semelhantes a garras (círculos) em unha de gato, e com gavinhas semelhantes a ventosas (setas) em hera japonesa. **ATENÇÃO!!!!** ***Nesta última figura, por ser uma hera, é muito comum a ocorrência de erros em sua caracterização, pois alguns autores as classificam como "raízes grampiformes" CUIDADO!***



Figura 69 - Caule aéreo trepador do tipo escandecente ou sarmentoso, com **gavinhas semelhantes a ventosas** em hera japonesa



Figura 70 - Caule aéreo trepador do tipo escandecente ou sarmentoso em hera, apresentando **raízes grampiformes** (setas) como estrutura de fixação no substrato. O assunto raiz grampiforme está descrito no Capítulo I (Raízes) dessa Coleção Botânica

1.3.2. Caules aéreos trepadores volúveis: são plantas trepadeiras sem órgãos especializados em fixação e por essa razão enrolam-se em outras plantas, postes ou cercas. É bastante curioso que as trepadeiras volúveis não obedecem sempre o mesmo sentido para se enrolar em seu suporte, pois existem espécies que se enrolam em sentido horário e outras em sentido anti-horário. Para entendermos melhor, devemos seguir o movimento que o ápice descreve para se enrolar, e prestar atenção se, ao passar por trás do suporte ele seguiu para a direita, sendo assim denominado caule ***DEXTRORSO*** – sentido horário (figuras 71 e 72), ou para a esquerda, cuja denominação será caule ***SINISTRORSO*** – sentido anti-horário (figuras 71 e 73).

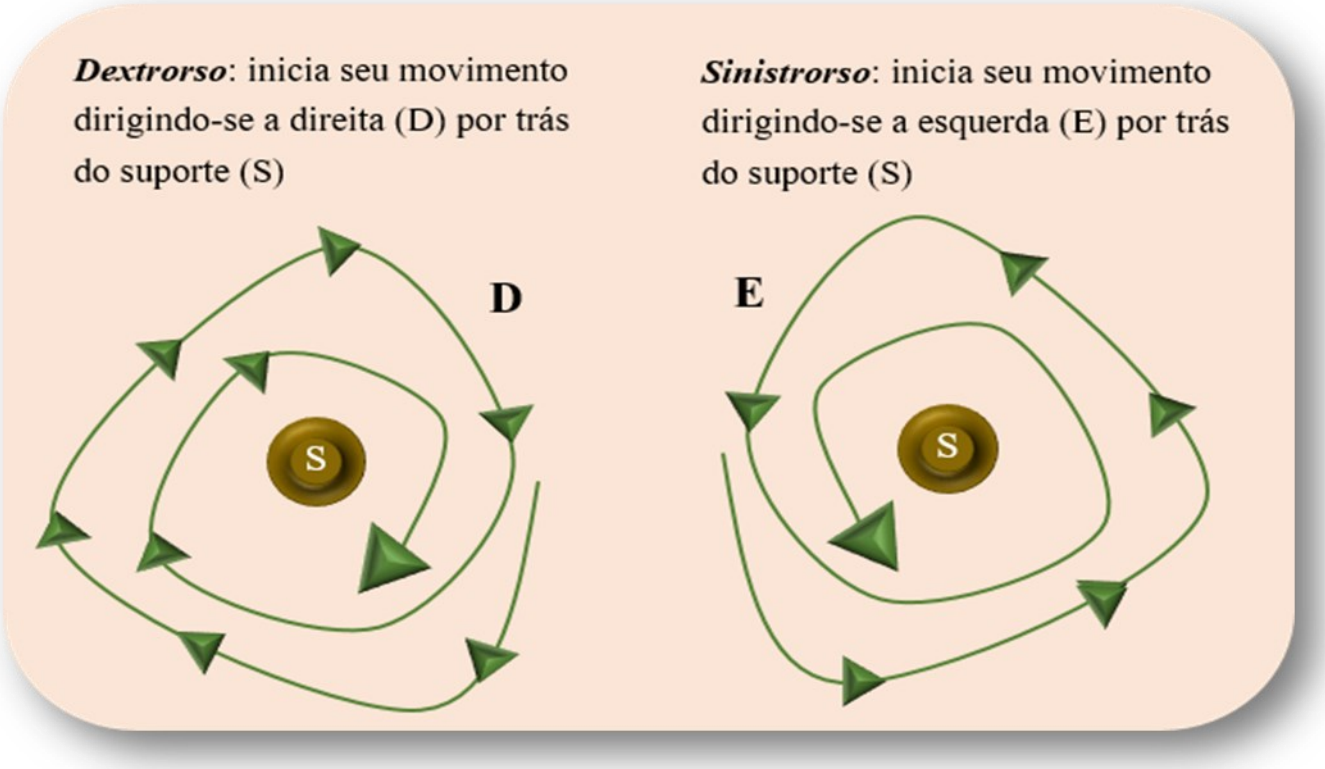


Figura 71 - Representação esquemática dos movimentos Dextrorsos e Sinistrorsos descritos pelos caules trepadores volúveis ao se enrolarem em seus suportes. Observe que os movimentos dos caules trepadores obedecem o sentido horário e anti-horário, respectivamente



Figura 72 - Caules aéreos trepadores volúveis dextrorsos (sentido horário)



Figura 73 - Caules aéreos trepadores volúveis sinistrorsos (sentido anti-horário)

2. Caules Subterrâneos: são caules que se desenvolvem abaixo da superfície do solo como ocorre no gengibre, na bananeira, alho, cebola e na batata-inglesa. Esses caules recebem três classificações: *rizomas, bulbos e tubérculos.*

2.1. Caule subterrâneo rizoma: são caules geralmente ricos em reservas. Apresentam consistência herbácea carnosa ou lenhosa, diâmetro variando de poucos milímetros em algumas gramíneas, a meio metro ou mais, em algumas palmeiras. Esses caules exibem **nós, entrenós e folhas reduzidas semelhantes a *escamas ou catafilos*[4]** que protegem as gemas axilares, as quais, ao se desenvolverem, originam folhas ou brotos foliados, que emergem para o ambiente aéreo, formando os ***pseudocaules,*** compostos por bainhas foliares enroladas entre si, ou os ***escapos,*** que representam caules geralmente de consistência sublenhosa. Da mesma forma que os pseudocaules, os escapos sustentam as flores e frutos até o amadurecimento da planta. As cicatrizes que surgem em consequência da queda das folhas (*cicatrizes foliares*) delimitam os nós de onde partem as raízes adventícias para a fixação e absorção, sendo essas, características fundamentais para a classificação deste tipo de caule. Os rizomas geralmente apresentam crescimento "mais ou menos" horizontal a partir da gema apical e das gemas axilares, e dependendo do período de atividade da gema apical, alguns autores optam por classificá-los em:

2.1.1. Rizomas indefinidos: quando a gema apical mantem-se ativa, permanecendo em crescimento indefinidamente, sendo essa, a única a formar o rizoma, como acontece em araruta (figura 74).



Figura 74 - Rizoma indefinido (setas verdes) de araruta; setas vermelhas: nós; setas brancas: escamas e setas azuis: pseudocaules

[4]**Catáfilos:** são folhas reduzidas que geralmente protegem as gemas dormentes, com reservas de nutrientes. Em alguns casos especiais, atuam como órgão de reserva, como na cebola e no alho.

2.1.2. **Rizomas definidos:** são assim classificados quando a gema apical interrompe sua atividade de crescimento após um período determinado, sendo seu crescimento mantido por gemas axilares (laterais), que formarão ramificações (novos eixos) que podem facilmente ser utilizadas como propágulos para a multiplicação da planta. Esses caules são característicos de gengibre (figura 75), bananeira (figura 76), íris, estrelítzia, taro, açafrão-da-terra (figura 77) e alpínia (figura 78).



Figura 75 - Rizoma definido do gengibre. As setas brancas evidenciam os brotos e as setas vermelhas correspondem aos nós



Figura 76 - Rizoma definido de bananeira. Setas amarelas: pseudocaules; setas brancas: brotos; setas vermelhas: escamas e nós

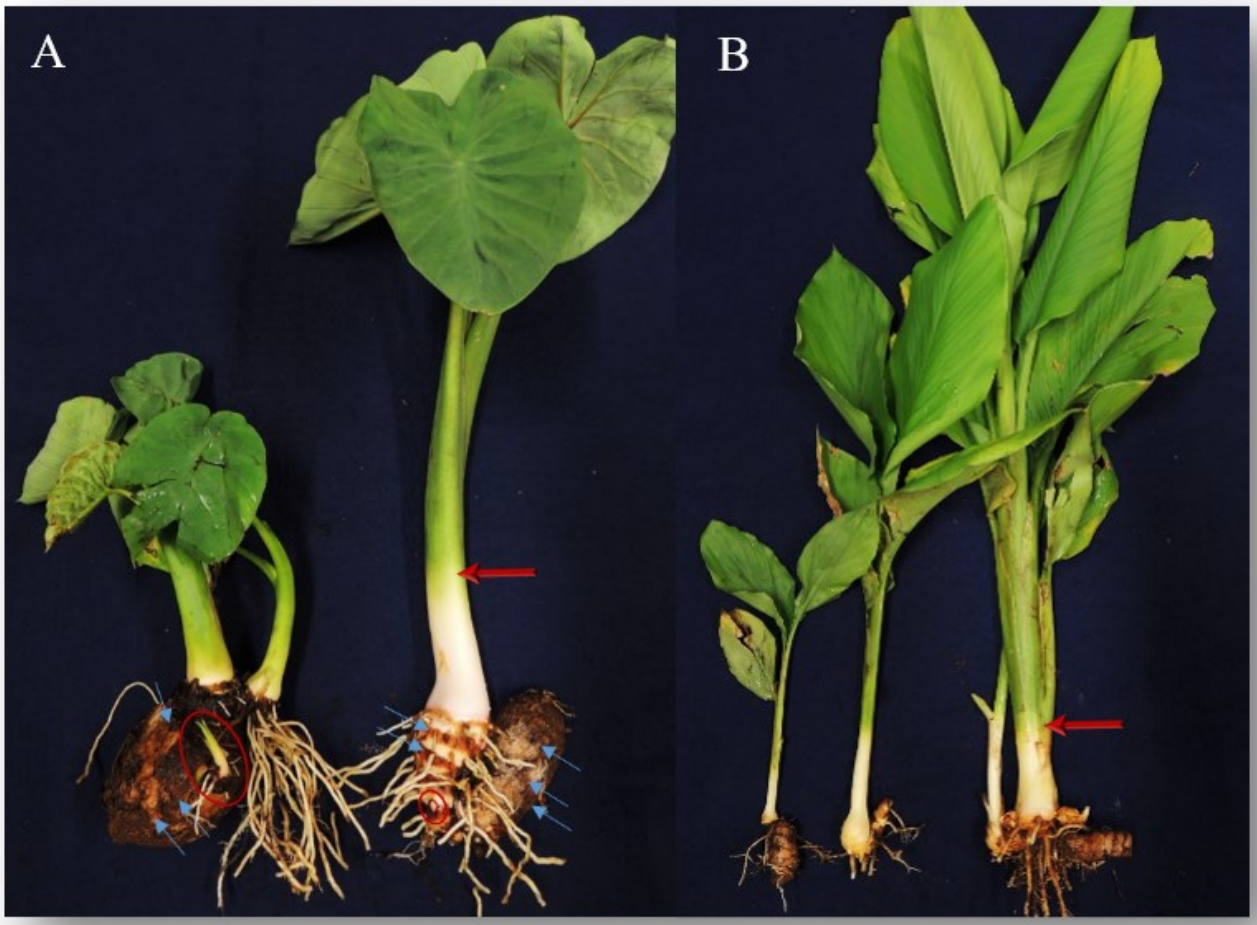


Figura 77 - Rizoma definido. A: Taro e B: Açafrão da terra. Setas azuis: nós e escama, círculo: broto. Setas vermelhas: pseudocaules



Figura 78 - Rizoma definido de alpinia. Setas brancas: pseudocaules; setas azuis: brotos; setas verdes: escamas; setas amarelas: nós nos rizomas

Em muitos casos, como no bambu (figura 79), bastão-do-imperador e espada-de-são-jorge (figura 80), essa característica (definido ou indefinido) não é tão evidente, tornando muito difícil a classificação. Sendo assim, para esses casos, sugerimos a classificação simples em caule do tipo rizoma, pois esta sim representa uma característica morfológica estável e bastante útil não somente em taxonomia, como também, em horticultura.



Figura 79 - Caule subterrâneo do tipo rizoma do bambu. Setas brancas: brotos; setas vermelhas: nós com raízes adventícias



Figura 80 - Caule do tipo rizoma de espada-de-são jorge. Seta azul: rizoma; setas brancas: pseudocaules; setas vermelhas: nós com raízes adventícias

Nas plantas popularmente conhecidas por "cará" e "inhame" é muito comum erros de classificação tanto na nomenclatura, como no tipo de caule, portanto, recomendamos a procura de nós, entrenós e folhas do tipo escamas ou catáfilos na estrutura, para classificar como rizoma, como observado na figura 81, e na ausência destes, considere como caule do tipo tubérculo que veremos a seguir. É evidente que ainda devemos considerar a possibilidade de tratar-se de uma raiz tuberosa, como visto na batata doce no Capítulo I dessa Coleção Botânica, e neste caso, lembre-se da ausência de gemas, além de nós, entrenós e folhas.

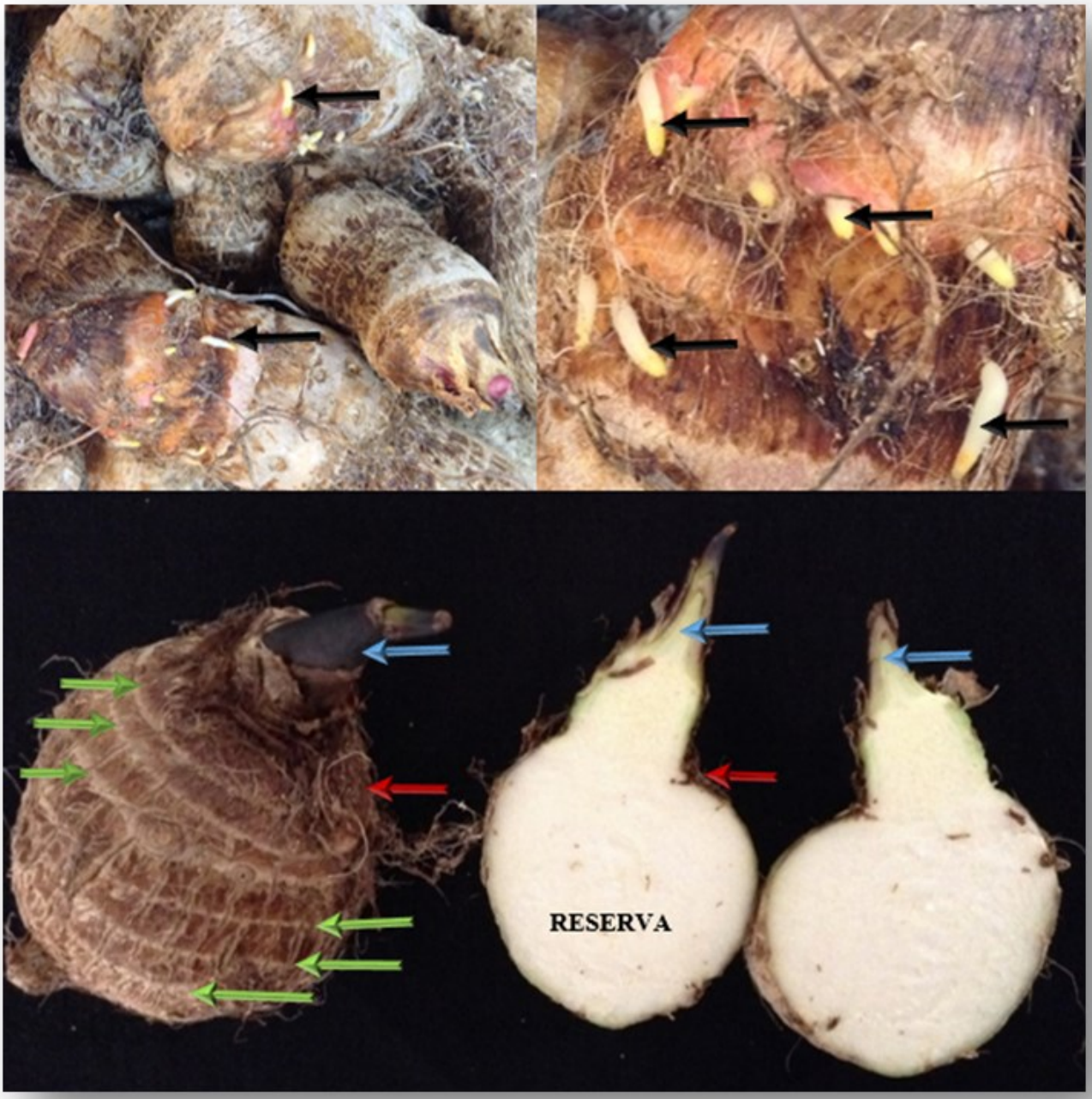


Figura 81 - Rizoma definido do inhame. Setas azuis: gemas apicais; Setas vermelhas: escamas; Setas verdes: nós; setas pretas: radicelas

2.2. Caule subterrâneo tubérculo: É um caule subterrâneo arredondado ou ovóide, bastante intumescido pelo acúmulo de reservas (*principalmente amido e inulina*). Apesar de não apresentarem órgãos vegetativos diferenciados (como escamas ou catáfilos) e consequentemente **não exibirem nós e entrenós**, podem originar novas plantas a partir das pequenas gemas ou botões ("olhos"), que nascem em depressões distribuídas pela superfície, as quais se nutrem das reservas do tubérculo, até que estas formem suas próprias folhas e raízes e possam se auto sustentar, como é o caso da batata-inglesa (figura 82), begônia tuberosa, cíclame, *Anredera cordifolia*, *Plectranthus esculentus* (um tipo de hortelã Lamiaceae) e *Oxalis tuberosa*.

Como comentado no item anterior, a ausência de nós e entrenós nos "carás" e "inhames", associado a gemas distribuídas pela superfície, permitem classifica-los como caule tubérculo (figura 82) e ainda, na dúvida pela falta de características definidas, recomendamos classificar a estrutura como **caule tuberoso**, indicando simplesmente tratar-se de um caule subterrâneo de reserva.

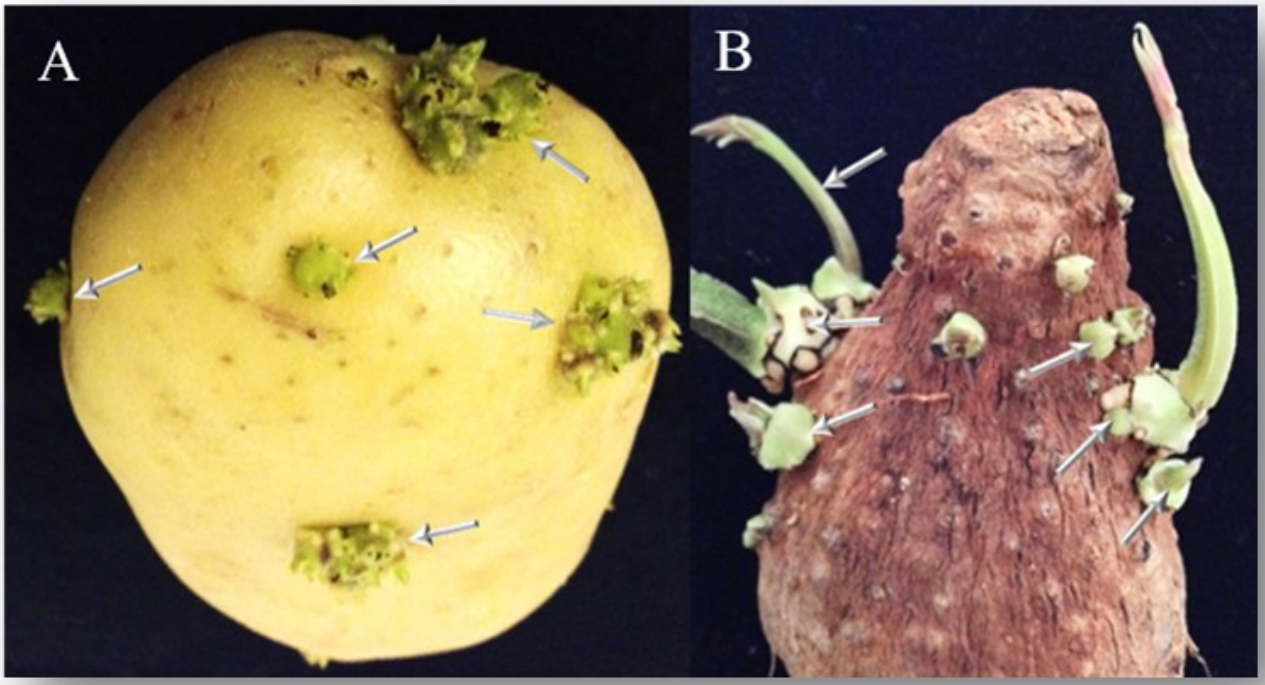


Figura 82 - Tubérculo representado pela batata inglesa (A) e pelo cará (B). As setas indicam a presença de gemas adventícias ("olhos"). ***Preste atenção na ausência de nós, entrenós e escamas***

Lembre-se!!!
A batata doce é uma RAIZ TUBEROSA

2.3. Caule subterrâneo bulbo: Este tipo de caule caracteriza-se por apresentar um eixo caulinar curto com formato ovóide ou discóide, denominado "prato", envolto por folhas subterrâneas modificadas e aclorofiladas, que quando secas recebem o nome de *escamas* e quando apresentam reservas são denominadas *catafilos*. Os bulbos são responsáveis pela sobrevivência da planta em épocas impróprias do ano (frias ou secas) e possui elevada capacidade de propagação vegetativa, como é o caso das cebolas e dos alhos. Os bulbos apresentam raízes adventícias fasciculadas na região inferior do prato e uma gema apical na região superior que, ao brotar forma um caule aéreo e herbáceo que escapa do solo (razão do nome "*caule escapo floral*") expondo as flores ao ambiente aéreo. Além da cebola e do alho, também o lírio, o amarílis e o copo-de-leite colorido (calla), são bons exemplos de plantas bulbosas.

Na dependência do tamanho do prato e das folhas que o rodeia, os bulbos podem ser classificados em:

2.3.1. Bulbos tunicados: apresentam prato reduzido, revestido por um conjunto de folhas onde as mais externas são secas e quebradiças (escamas), e as mais internas grandes, espessas e com reserva (catáfilos). Os bulbos tunicados, por sua vez, recebem duas diferentes classificações:

2.3.1.1. Bulbos tunicados simples: quando apresentam um único caule (prato) diminuto, circundado por catáfilos concêntricos revestidos por escamas externas e a presença de raízes cilíndricas na base, típicos das cebolas (figura 83) e de algumas plantas ornamentais como por exemplo a tulipa (figura 84), o lírio-sangu-salmão (figura 85) e o amarílis (figura 86).



Figura 83 - Caules Subterrâneos do tipo bulbo tunicado Simples de “cebolas” comestível e ornamental. Prato (setas azuis); catáfilos (setas brancas); escamas (setas amarelas); caule escapo (setas vermelhas); folhas (setas verdes)



Figura 84 - Tulipas apresentam caules subterrâneos do tipo bulbo tunicado simples. Bulbo (setas verdes); prato (setas pretas); catáfilos (setas vermelhas); escamas (setas amarelas); pseudocaules (setas brancas e azuis) formado por bainha de folhas enroladas, e o escapo (seta roxa)



Figura 85 - Caules Subterrâneos do tipo bulbo tunicado simples da planta ornamental (lírio-sangu-salmão). Setas brancas: bulbo; setas vermelhas: prato; setas amarelas: pseudocaule; setas azuis: catáfilos; setas laranjas: escamas; setas pretas: gema apical que formarão as folhas e o caule escapo (setas rosas)



Figura 86 - Caules Subterrâneos do tipo bulbo tunicado simples de amarílis. Bulbo (seta verde); prato (setas brancas); catáfilos (setas rosas); escamas (setas roxas); gema apical (setas azuis); folhas (setas laranjas) e caule escapo (setas amarelas)

2.3.1.2. Bulbos tunicados compostos: quando formado pelo acúmulo de vários caules, os *bulbilhos*, cada um deles semelhante a um bulbo simples e, em conjunto, formando um aglomerado conhecido como "cabeça", assim como no alho (figura 87).



Figura 87 - Caules Subterrâneos do tipo bulbo tunicado composto de alho. Setas vermelhas: prato da estrutura composta; seta amarela: prato na base de cada bulbilho; setas verdes: bulbilhos; setas laranjas indicam as gemas apicais nos bulbilhos e o caule escapo na estrutura composta; setas roxas: escamas; setas pretas: catafilos

2.3.2. **Bulbos sólidos** (cheios): quando apresentam o prato bastante volumoso, pela presença de reservas, e são rodeados por escamas foliares em tamanho e número reduzido, como nas palmas-de-santa-rita (figura 88), Calla ou *Zantedeschia* sp. (figura 89), *Agapanthus* (90) e ciclame (figura 91);

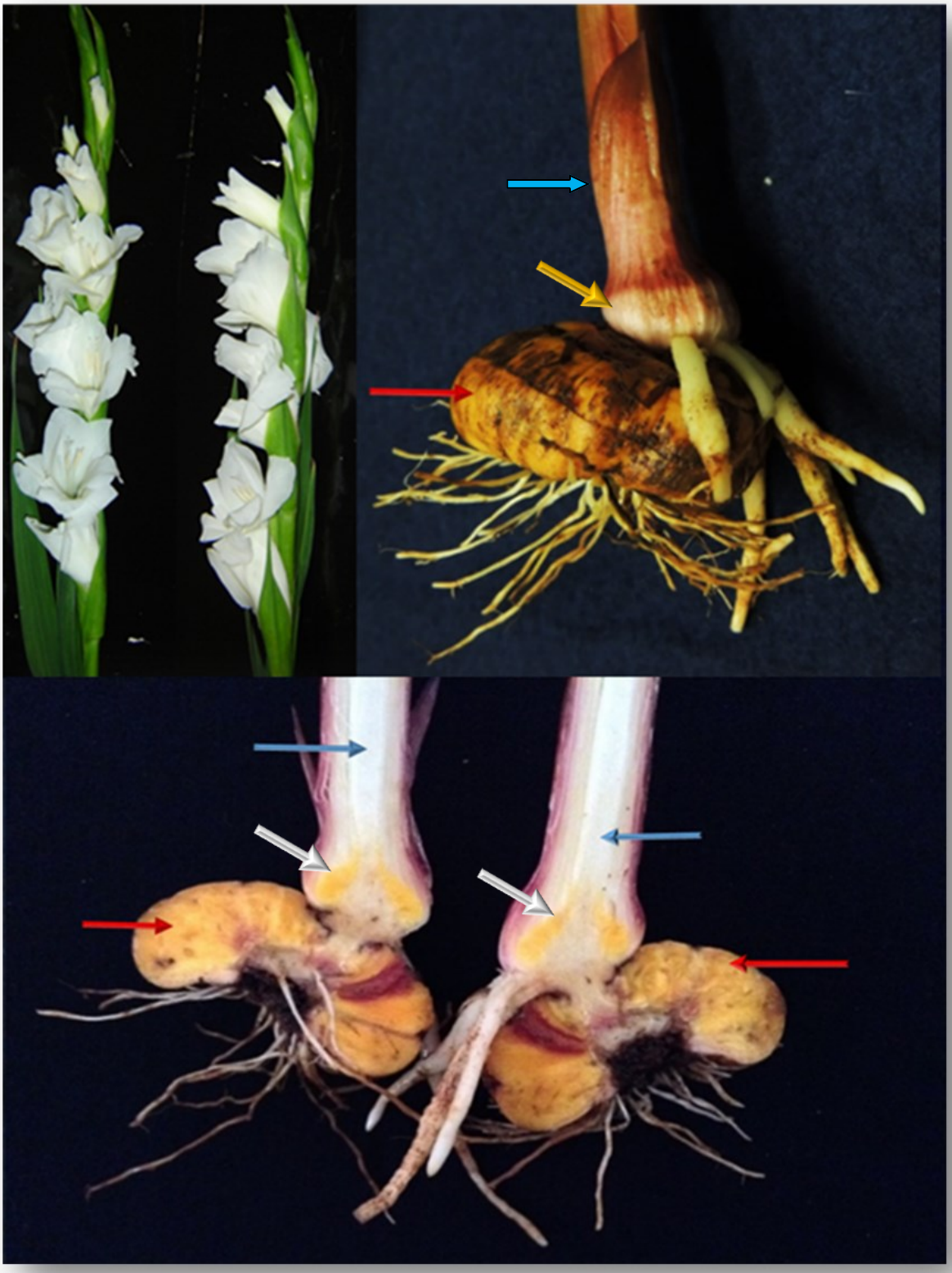


Figura 88 - Caules subterrâneos do tipo bulbo sólido em palma-de-santa rita. Setas vermelhas: bulbo sólido. Seta laranja: broto do bulbo, setas azuis: pseudocaule e setas brancas: prato



Figura 89 - Caules Subterrâneos do tipo bulbo sólido em *Zantedeschia* sp. Setas azuis: pseudocaule; setas vermelhas: bulbo; círculos: brotos



Figura 90 - Caules Subterrâneos do tipo bulbo sólido em *Agapanthus africanus*. Setas azuis: pseudo-caule; setas vermelhas: prato; seta laranja: gema apical; seta branca: bulbo; setas rosas: escamas; seta amarela: caule escapo



Figura 91 - Caules Subterrâneos do tipo bulbo sólido em *Cyclamen graecum*. Setas vermelhas: bulbo; setas amarelas: brotação do bulbo; setas pretas: prato

2.3.3. Bulbos sscamosos: quando o prato é parcialmente desenvolvido, ou seja, intermediário entre o bulbo tunicado e o sólido, apresentando catáfilos dispostos como se fossem grossas escamas, assim como se observa no jacinto e no lírio asiático (figura 92).

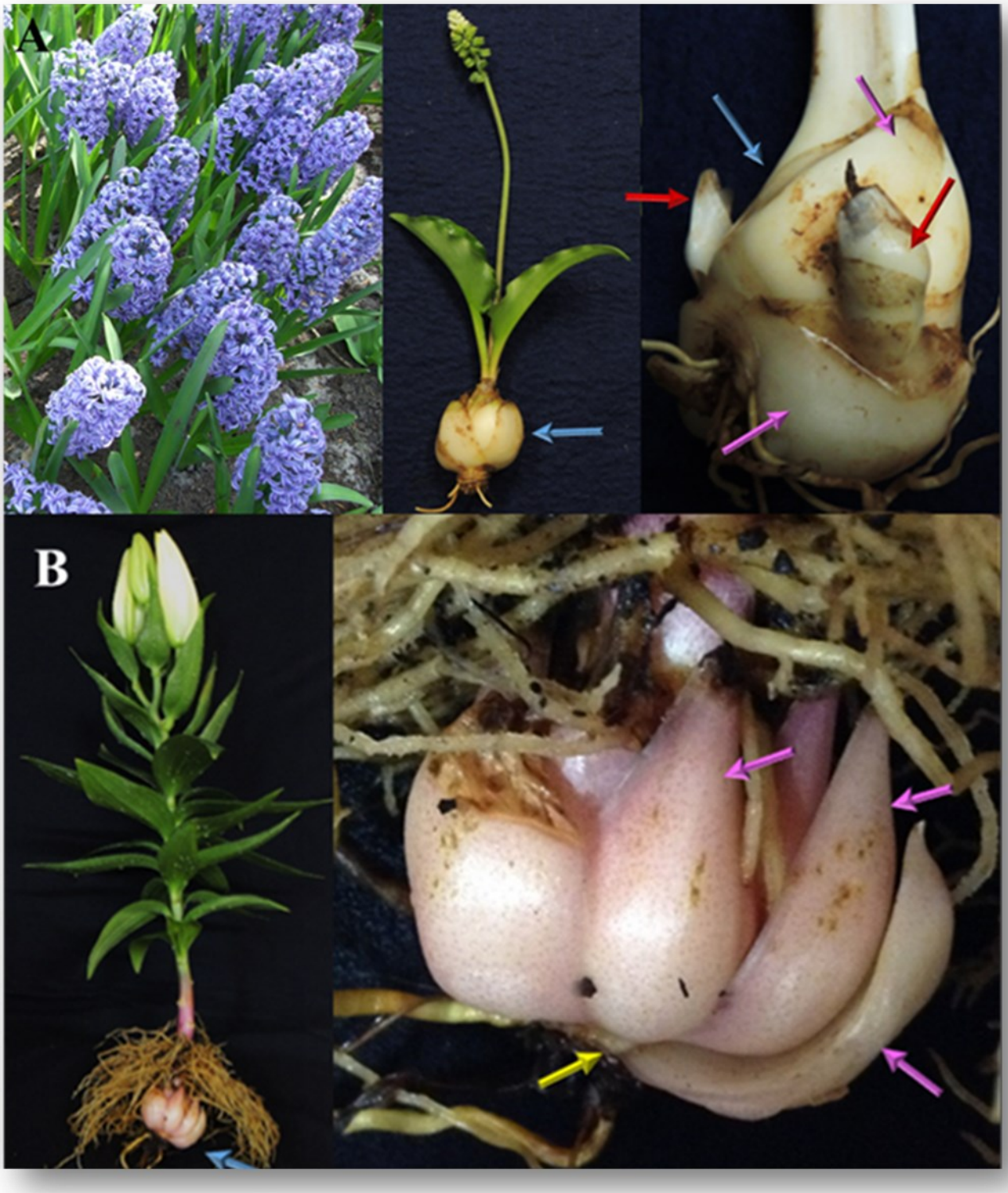


Figura 92 - Caules Subterrâneos do tipo bulbo escamoso em jacintos (A) e lírio asiático branco (B). Setas azuis: bulbo; setas rosas: catafilos; seta amarela: prato e setas vermelhas: brotos

Outros dois tipos de caules, além dos apresentados, que possuem grande potencial para propagação vegetativa, são os **pseudobulbos** e os **estolões**, que embora normalmente sejam aéreos, podem ser subterrâneos, ou variar o habitat dentro de uma mesma espécie. Os **pseudobulbos** representam um caule intumescido e espessado, preenchido por tecido rico em reserva de água (*parênquima aquífero*), não revestido por escamas e catáfilos, o que o difere do bulbo. Nos pseudobulbos o órgão responsável pela reserva é o próprio caule e não as folhas, podendo ser confundido com o bulbo sólido, mas lembre-se de que neste último existe uma considerável quantidade de escamas externas. O pseudobulbo é um caule geralmente presente em orquídeas epífitas (figura 93), mas também ocorre em algumas espécies terrestres. Assumem as mais diversas formas e tamanhos (desde pseudobulbo no tamanho de um grão de feijão, como na mini orquídea *Sophonitis cernua*, ou chegando a cerca de 1 metro de comprimento no pseudobulbo de *Cyrtopodium gigas*, outra orquídea.



Figura 93 - Caule aéreo do tipo pseudobulbo típico de orquídeas

O **estolho** (*estolão)*, por sua vez, é um tipo de caule aéreo, fino e rastejante, que nasce lateralmente em relação à base de outro preexistente, com crescimento paralelo a superfície do solo, emitindo espaçadamente nós, com gemas e raízes



Figura 94—Caule aéreo do tipo estolho (setas) evidenciando brotos com raízes em espaços regulares



Figura 95 - Caule aéreo do tipo estolho (setas) evidenciando brotos com raízes em espaços regulares

que podem se desenvolver em novas plantas, mantendo-se dependentes desta, até que as plantas "filhotes" possam se sustentar sozinhas, apresentando por isso, elevado potencial de propagação. São exemplos de caules com estolho: moranguinho, hortelã, clorofito (espécie bastante utilizada no paisagismo), algumas espécies de gramas e forrageiras invasoras (figuras 94 , 95 e 96).

Os estolhos ou estolões diferem dos caules rastejantes, devido a distribuição regular de brotos enraizados ("filhotes"), que representam novas plantas ao serem isolados da planta de origem.



Figura 96 - Caule aéreo do tipo estolho em moranguinho (setas)

Algumas plantas aquáticas flutuantes, como o aguapé e a alface d´água também apresentam o caule estolho (figura 97).



Figura 97 - Caule aquáticos do tipo estolho (setas) em alface-d'água (superior) e aguapé (inferior)

Os trevos de maneira geral apresentam caules subterrâneos do tipo bulbo escamoso, porém, os trevos roxos podem apresentar os bulbos enfileirados e unidos por raízes contráteis curtas causando a falsa impressão de ser um rizomas (figuras 98A e B).

As unidades de bulbos, apresentam-se sempre conectadas pelas raízes contráteis, nas plantas de trevo, as quais funcionam como "elásticos", percebidas ao remover a planta do solo, as raízes contráteis forçam em sentido contrário e ao quebrarem liberam os bulbos que se encontram em suas extremidades, auxiliando assim, a propagação da espécie, como pode ser melhor observado no trevo verde (figura 98 C e D).

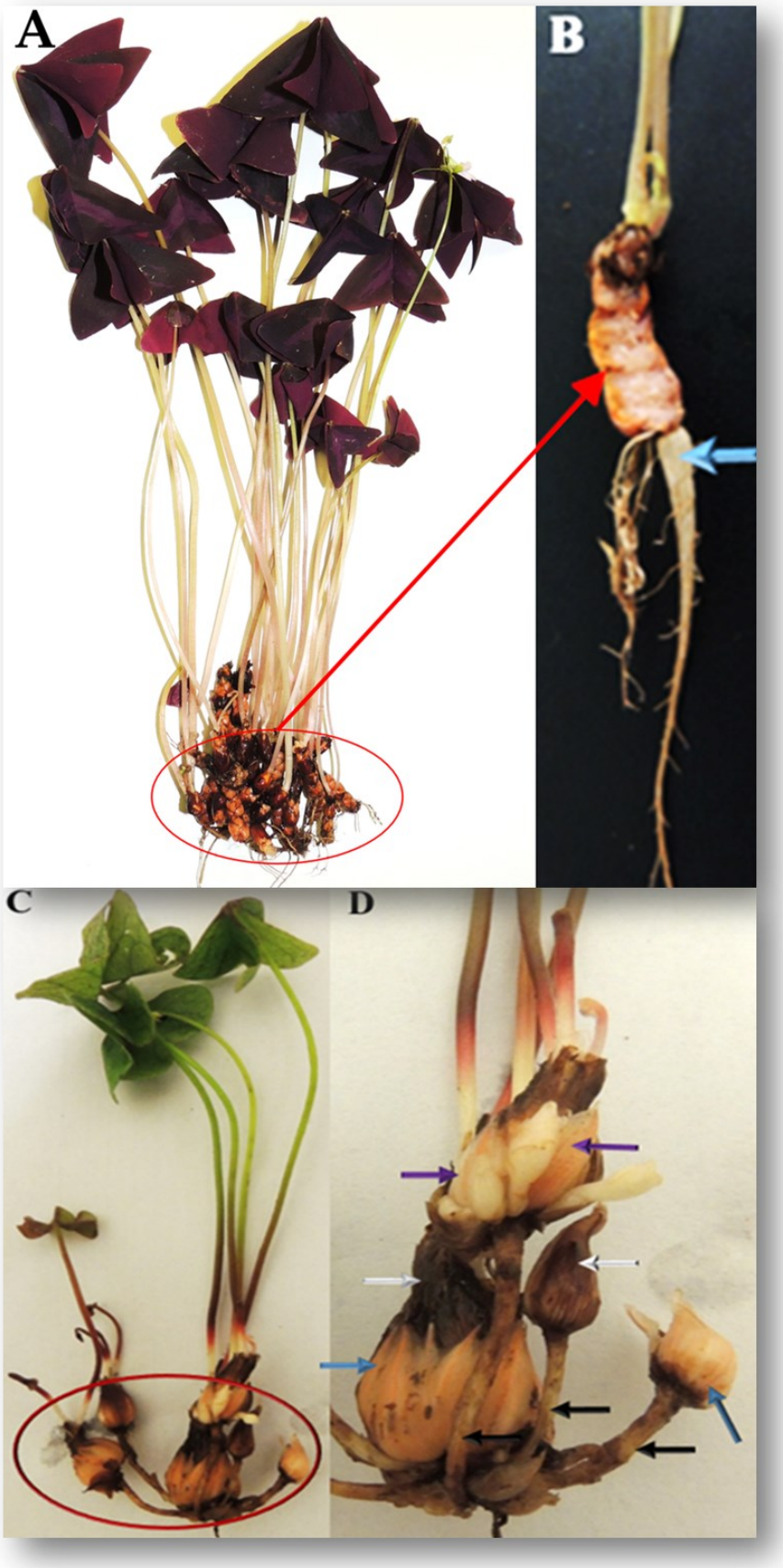


Figura 98 - Caules subterrâneos do tipo bulbo escamoso (círculos). A: Trevo vermelho, B: Trevo verde. Seta vermelha: broto; seta branca: escama; setas azuis: bulbos; setas roxas: catafilos e setas pretas: raízes contráteis. Observe que em A e B os bulbos estão enfileirados e unidos por raízes contráteis curtas, porém, em C e D, além das raízes serem maiores, os bulbos não se enfileiram.

3. **Caules Aquáticos:** Caules que se desenvolvem *inteiramente na água durante toda a vida da planta*, submersos ou flutuantes, podendo apresentar raízes aquáticas ou subterrâneas, ou seja, fixas ao solo. Os caules aquáticos são geralmente herbáceos, maleáveis, verdes ou coloridos, mas fotossintetizantes e pouco rígidos, uma vez que nessa condição, a sustentação da planta é menos exigida. Isto pode ser facilmente observado em plantas cultivadas em aquários, como a elódea e *Alternanthera* sp. (figura 99).

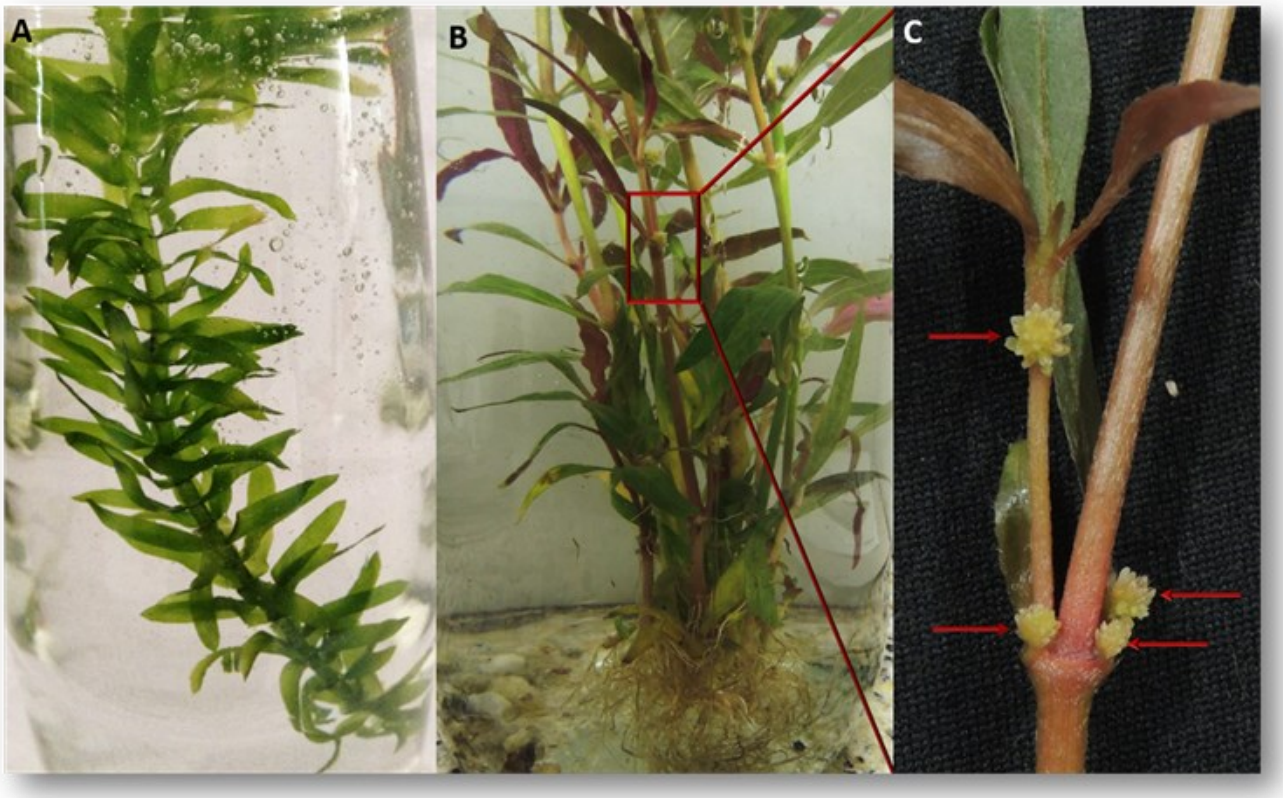


Figura 99 - Caules aquáticos de elódea (A) e *Althernathera* sp. (B); C: detalhe de B. Setas: flores

VIII. Metamorfose caulinar

A ideia de considerar a flor como sendo um órgão formado por caule e folhas modificados, foi inicialmente estabelecida por Goethe em seu trabalho *"Uma Tentativa de Interpretação da Metamorfose das Plantas"*, datado de 1790, que provou ser verdadeiro após a descrição molecular do modelo ABC para a determinação da identidade dos órgãos florais durante a última década.

Desta forma, é importante que você saiba que os caules podem apresentar características especiais, geralmente relacionadas a certas peculiaridades de adaptação das plantas. O próprio caule do tipo rizoma pode ser considerado como um exemplo de modificação caulinar para adaptação à vida subterrânea. O termo consagrado em relação a isto é ***metamorfose caulinar***. Outros exemplos podem ser observados nas plantas, confiram a seguir.

1. **Gavinhas:** estruturas originadas de ramos (ou folhas) metamorfoseados, que se enrolam ou agarram no suporte ou substratos, como tentáculos e posteriormente se encurtam como molas espirais, permitindo desta forma a fixação da planta (figuras 100, 101 e 102). Gavinhas caulinares são encontradas em trepadeiras como o maracujá e o chuchu. A melhor maneira de identificar uma gavinha quanto a sua origem, se caulinar ou foliar, está na formação, determinamos como ***caulinar*** quando ela se origina na axila de uma folha, ou seja a partir de uma gema axilar, entretanto, se ela apresentar uma gema em sua axila, ela é a própria folha, portanto trata-se de foliar.



Figura 100 - Exemplos de gavinhas (setas) originadas a partir de ramos metamorfoseados

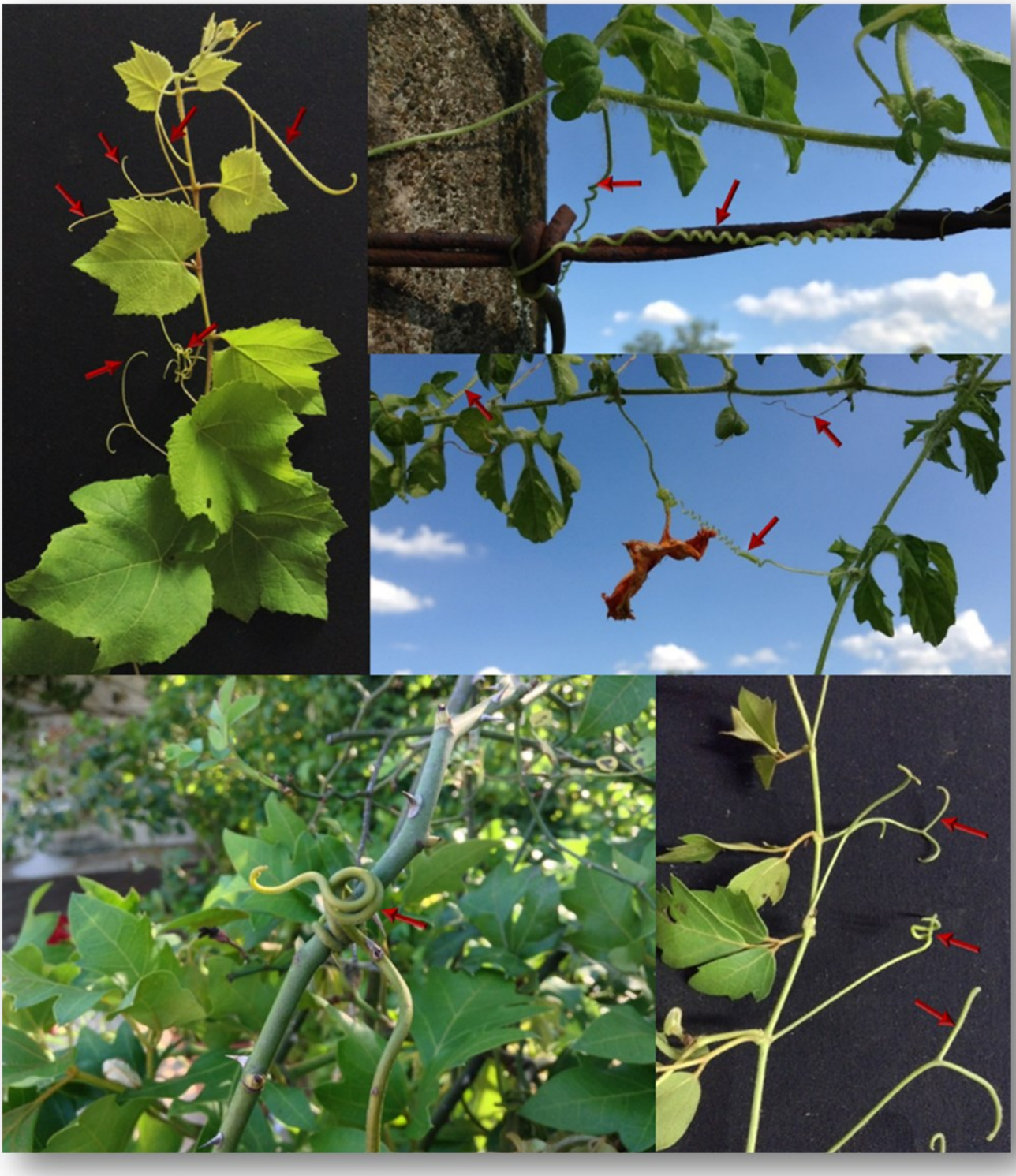


Figura 101 - Metamorfose caulinar do tipo gavinha (setas)



Figura 102 - Gavinhas (setas) com origem foliar em planta trepadeira

2. **Espinhos:** semelhantes às gavinhas, representam estruturas modificadas, ou seja, outro exemplo de metamorfose caulinar. Trata-se de uma estrutura dura e pontiaguda, resultante da modificação de um ramo, folha, estípula ou até mesmo da raiz, apresentando em sua constituição além de tecidos vasculares, tecidos com paredes de células lignificadas e, em consequência, ao serem arrancados destroem o tecido subjacente, causando um ferimento aparente e não superficial. Apresentam destacado papel na defesa da planta, principalmente contra a herbivoria. São exemplos que apresentam espinhos os *Citrus*, primavera, coroa de Cristo, cactos (figuras 103, 104 e 105).



Figura 103 - Exemplos de metamorfose caulinar do tipo espinho

Em cactáceas os espinhos são folhas modificadas, com menor grau de organização, reduzida superfície em comparação com as folhas, estratégia evolutiva que evita perda d'água (figuras 104 e 105).



Figura 104 - Metamorfose foliar do tipo Espinho em cactus



Figura 105 - Exemplos de metamorfose foliar do tipo espinho em cactos

Acúleos: *apesar de também serem rígidos e pontiagudos não devem ser confundidos com os espinhos, pois diferem destes por originarem-se da projeção de paredes lignificadas de células epidérmicas e, por esta razão, podem ser facilmente destacados causando menores danos no tecido subjacente. São típicos de roseiras e paineiras (figura 106).*



Figura 106 - Exemplos de acúleos em caules

Em ambientes xerofíticos (secos), sérios prejuízos referentes à perda de água por transpiração são constantes nos vegetais, principalmente através das folhas, devido a sua forma laminar. Em função disso e como estratégia adaptativa, inúmeras espécies de plantas não apresentam folhas, "transferindo" a função fotossintética para o caule, que podem ser caracterizados como ***cladódios e filocládios***.

3. **Cladódios:** caules verdes e achatados ou angulosos, que desempenham importante função na redução da transpiração, com crescimento indefinido (ramificações), com nós e entrenós nítidos, constituídos por gemas.

São exemplos de plantas que apresentam cladódios os cactos, a fita-de-moça, a carqueja e algumas euforbiáceas (figuras 107, 108, 109, 110 e 111);



Figura 107 - Metamorfose caulinar do tipo cladódio (setas azuis); folhas (setas vermelhas) em euforbiáceas



Figura 108 - Presença de cladódios (setas vermelhas) em cactos. Setas azuis: botões florais

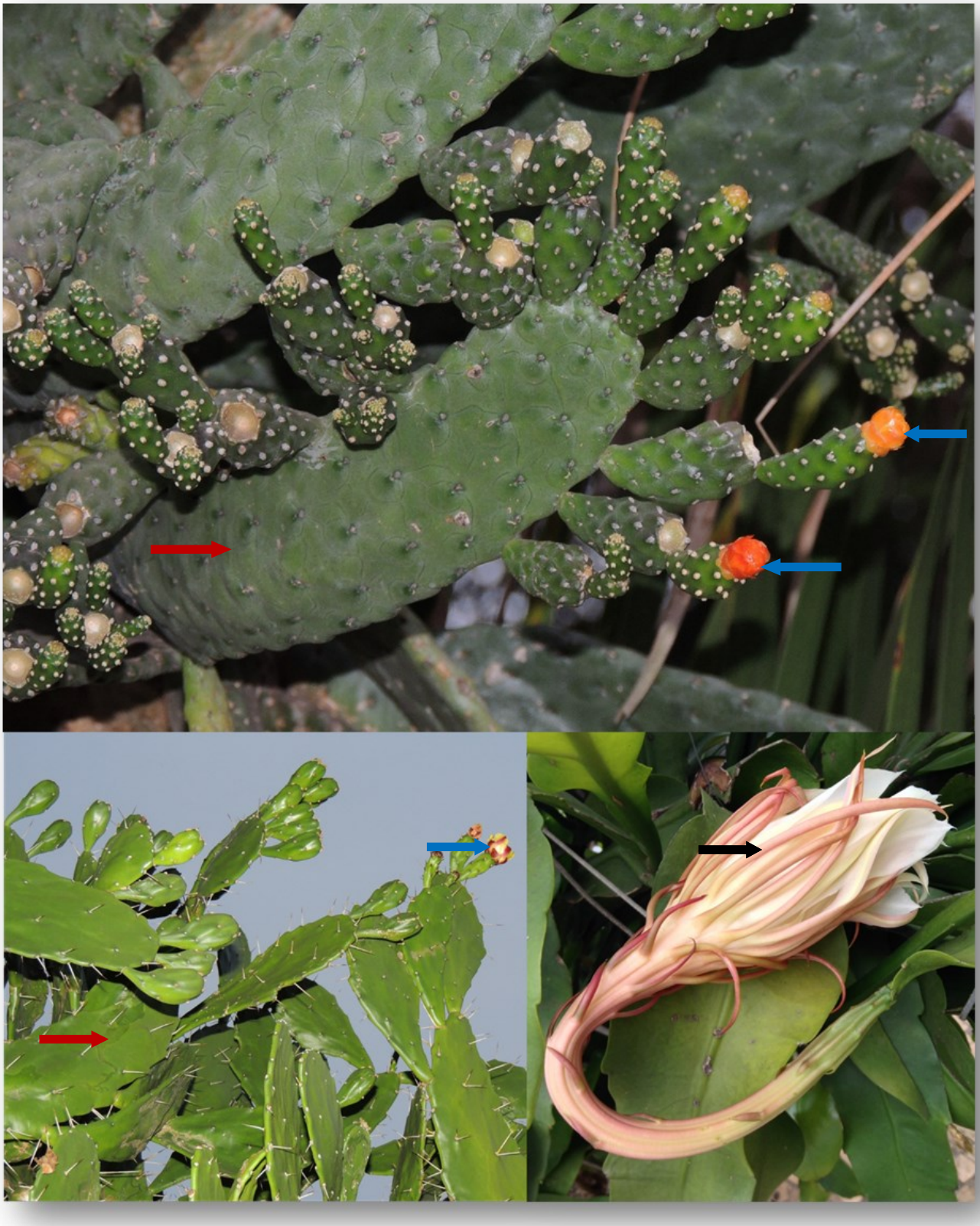


Figura 109 - Metamorfose caulinar do tipo cladódio (setas vermelhas), botões florais (setas azuis) e flores (setas pretas)



Figura 110 - Metamorfose caulinar do tipo cladódio (setas vermelhas)



Figura 111 - Metamorfose caulinar do tipo cladódio (setas vermelhas). A: Cactos epífita; B: Carqueja; C: fita-de-moça; D e E: cactos epífita. Seta branca: botão floral; setas pretas: frutos; setas laranjas: folhas

4. **Filocládios:** da mesma forma que os cladódios, os filocládios são verdes, ramificam-se, tem aspecto semelhante a uma folha, porém apresentam crescimento limitado (definido). São finos, segmentados, com nós, entrenós nítidos e gemas. Melindre, aspargo, rusco, flor de maio e alguns cactos epífitas são exemplos de filocládios (figuras 112, 113 e 114).



Figura 112 - Metamorfose caulinar do tipo filocládio (seta vermelha) em flor-de-maio. Seta azul: botões florais; seta amarela: flor



Figura 113 - Filocládio em melindre. Seta vermelha: flores



Figura 114 - Filocládio em cactos epífita

Certamente você já notou que as plantas, principalmente as árvores, apresentam diferentes formas de copa, ora piramidal ou colunar, como a de um pinheiro e ora arredondada em meia circunferência, como na figueira ou mangueira. Isso ocorre, em função das diferentes ramificações, consequência da continuidade da atividade da gema apical e do início do desenvolvimento das gemas axilares, que ocorre em pontos "estratégicos". É em função dessas ramificações, determinadas geneticamente, que observamos as "formas arquitetônicas" naturais e peculiares às espécies vegetais. Veja a seguir os sistemas de ramificações básicos das plantas.

IX. Sistemas de ramificação

Ao examinar os caules aéreos, podemos facilmente dividi-los em dois tipos básicos de sistema de ramificação: Monopodial, típicas de Gimnospermas como: pinheiros, ciprestes e araucárias (figura 115) e Simpodial, típicas de Angiospermas arbustos e árvores (figura 116).

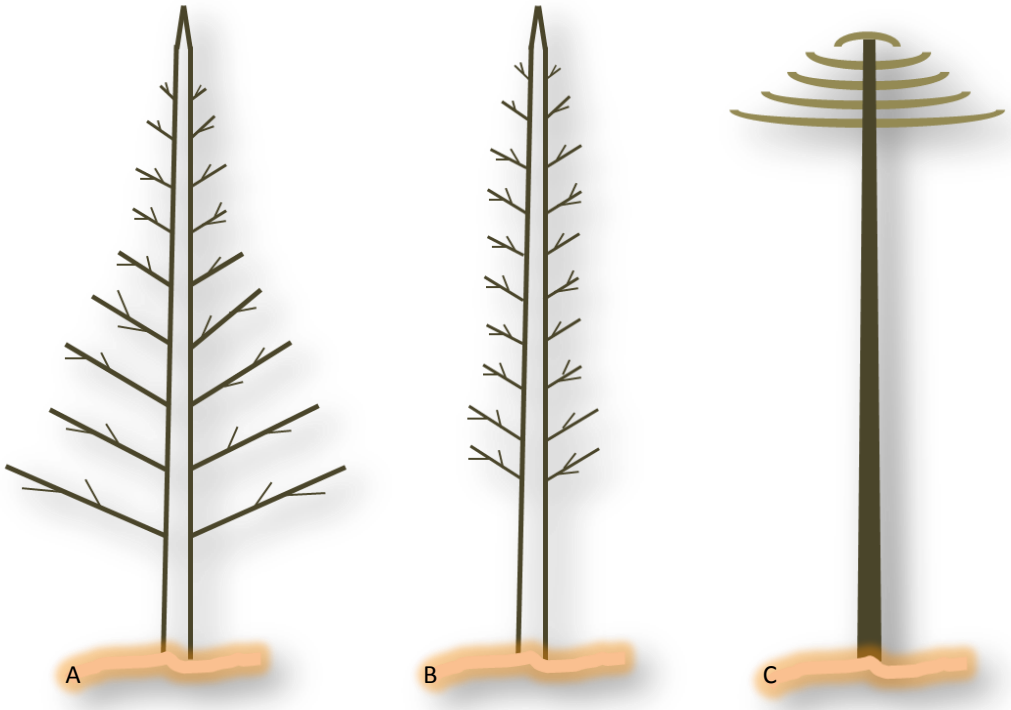


Figura 115 - Representação esquemática do sistema monopodial. A: Piramidal; B: Colunar; C: Araucaria

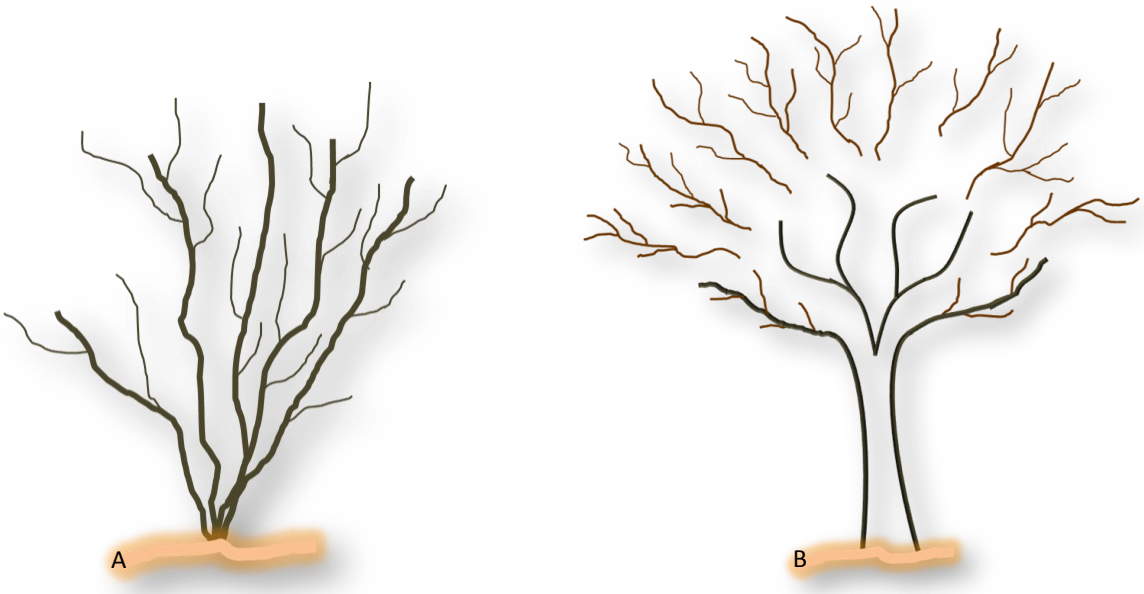


Figura 116 - Representação esquemática do sistema simpodial. A: Arbustos; B: Árvores

1. **Sistema de ramificação monopodial** (*indefinido*): Ocorre devido à manutenção da atividade da gema apical durante toda a vida da planta e seu desenvolvimento não é interrompido o que determina a formação de um eixo principal que se destaca na planta, como pode ser observado nos pinheiros, com ramos oriundos das gemas axilares desse eixo, que somente entram em atividade após se distanciarem da apical (*dominância apical*), conferindo à planta uma forma piramidal, comum em pinheiros e abetos (figuras 115, 117 e 118), colunar em ciprestes (figuras 115, 117 e 119) e a forma típica da araucária (*Araucaria angustifólia)* adultas (figuras 115, 117 e 120).



Figura 117 - Sistema de ramificação mono-



Figura 118 - Sistema de ramificação monopodial de pinheiros



Figura 119 - Sistema de ramificação monopodial colunar de ciprestes. Observe que somente com na idade adulta e avançada, a base da copa da planta

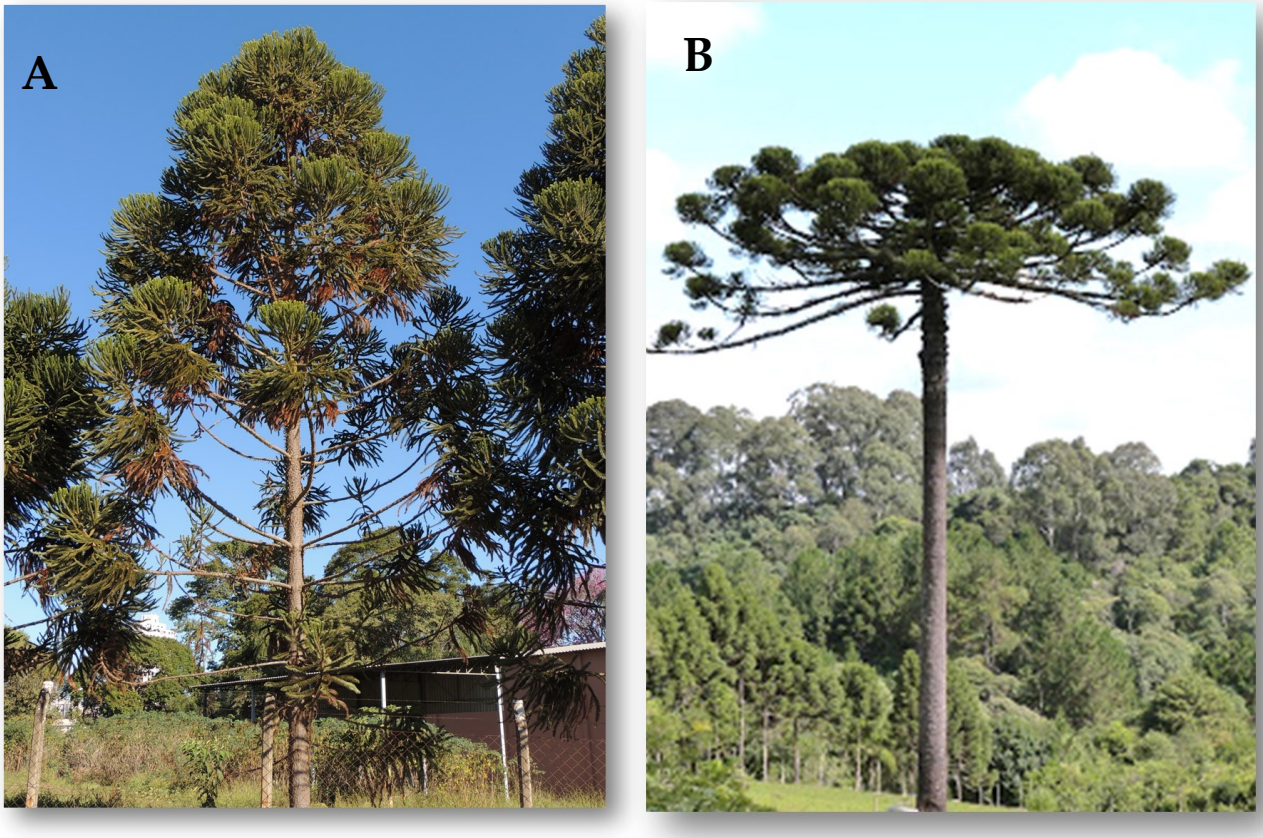


Figura 120 - Sistema de ramificação monopodial. A: Forma piramidal da *Araucaria angustifólia* (Gimnosperma) na fase juvenil; B: Forma típica na fase adulta com folhas somente no ápice

Algumas Gimnospermas, semelhantes às araucárias, podem apresentar forma juvenil bastante diferente da adulta, dando a impressão de mudar o sistema de ramificação adulta a primeira vista parece apresentar o sistema de ramificação simpodial típico das Angiospermas, com a forma arredondada da copa (figura 121).



Figura 121 - Pinheiro-da-Nova-Zelândia (*Agathis robusta*) com forma juvenil piramidal e forma adulta, com copa arredondada

2. **Sistema de ramificação simpodial** (*definido*): A gema apical após período determinado de atividade, interrompe o desenvolvimento e consequentemente, o crescimento do eixo caulinar mantidos por ela. Quando isso ocorre, duas ou mais gemas axilares imediatamente abaixo da gema apical, assumem o crescimento da planta produzindo ramificações. Essas gemas por sua vez, também terão seu desenvolvimento interrompido após um período de atividade, quando novas gemas axilares assumirão o crescimento e ramificação, repetindo os mesmos passos de suas antecessoras e assim sucessivamente. Este comportamento determinará a forma mais ou menos arredondada que caracteriza o sistema simpodial, típico da maioria das árvores e arbustos das Angiospermas (figuras 116 e 122).



Figura 122 - Sistema de ramificação simpodial

Algumas Angiospermas, como a maioria das espécies de eucaliptos, o guapuruvu e o pau mulato, apresentam um maior período de atividade da gema apical comparado às demais espécies de árvores deste grupo (figura 123) dando-lhes o aspecto de ramificação monopodial, que se mantem apenas durante os primeiros anos de vida. Já, as palmeiras e os mamoeiros, também Angiospermas, apresentam durante todo seu ciclo de vida, o desenvolvimento único da gema apical, portanto, não se ramificam (figuras 124 e 125) pois suas gemas axilares apresentam exclusivamente a função de reprodução, ou seja, são caracterizadas como gemas florais e, em função disto, exibem sistema de ramificação monopodial (indefinido) que é típico da maioria das coníferas (Gimnospermas). Sendo assim, recomenda-se uma maior atenção na ramificação do eixo principal das árvores pois não necessariamente deve-se caracterizar uma planta como simpodial apenas observando sua copa arredondada (figura 126). O mesmo se implanta para árvores que apresentam forma piramidal ou colunar, como se observa no jambo-vermelho ou no ipê-branco (Angiospermas), que são simpodiais com características de copa monopodial (figura 127).

Ainda, algumas Angiospermas como a casuarina e a grevílea (figura 128), além de apresentarem copa piramidal, como as Gimnospermas, também apresentam outras características morfológicas como folhas e flores, que muito se assemelham a dos pinheiros.

Portanto, muita atenção ao caracterizar os sistemas de ramificação dos grupos vegetais!!!!!

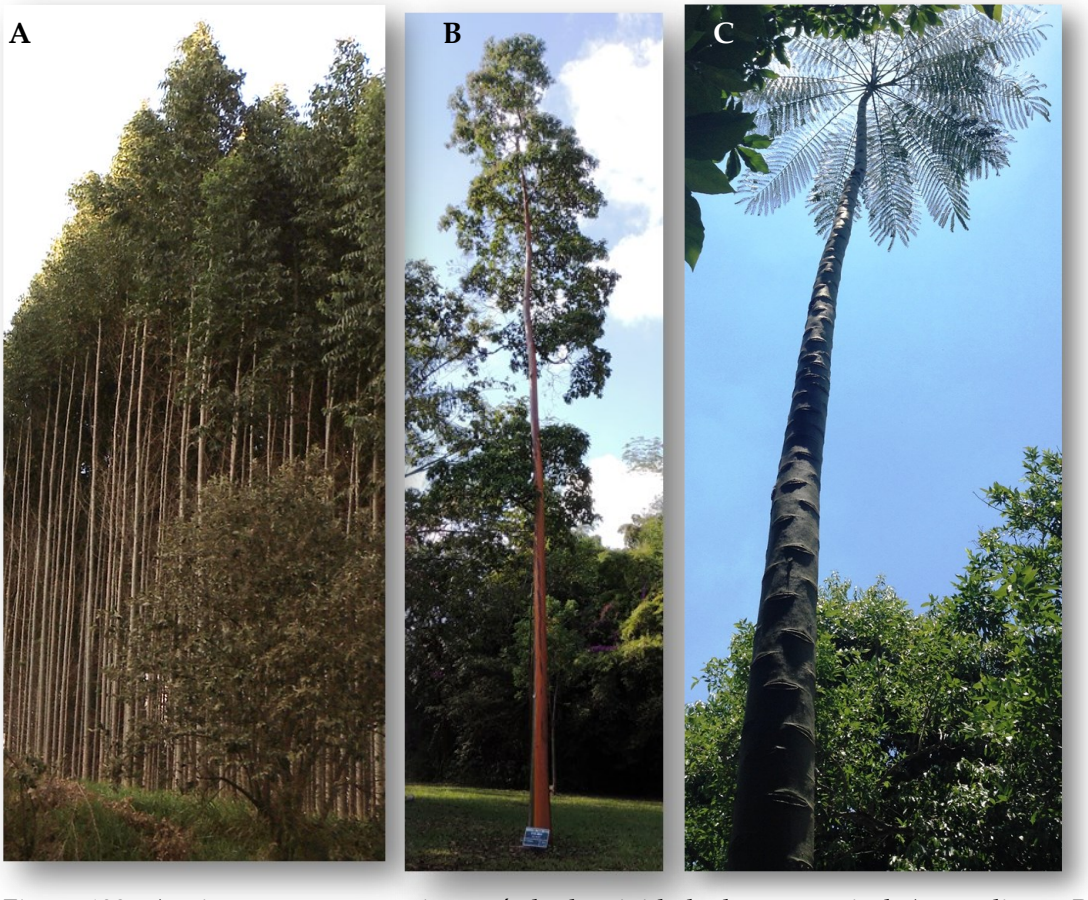


Figura 123 - Angiospermas com maior período de atividade da gema apical. A: eucaliptos; B: pau mulato; C: guapuruvu



Figura 124 - Casos específicos de Angiospermas que apresentam atividade prolongada da gema apical, confundindo o Sistema Simpodial com o Monopodial em mamoeiro . Setas: frutos desenvolvidos a partir das gemas florais



Figura 125 - Casos específicos de Angiospermas que apresentam atividade prolongada da gema apical, confundindo o Sistema Simpodial com o Monopodial em Palmeira. Setas: gemas florais



Figura 126 - Detalhe dos sistemas de ramificação simpodial (seta vermelha) e monopodial (setas azuis)

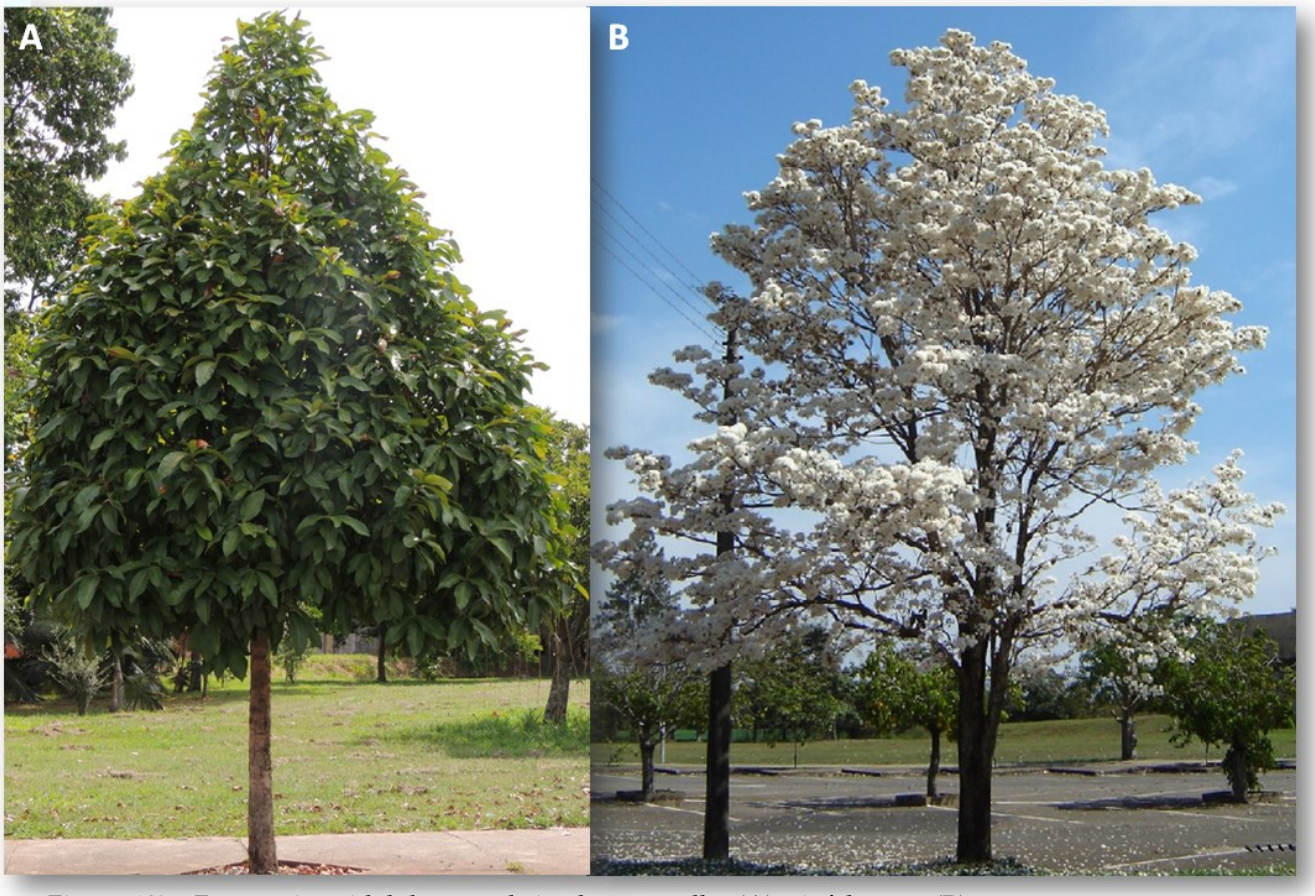


Figura 127 - Forma piramidal da copa de jambo-vermelho (A) e ipê-branco (B)



Figura 128 - Árvores Angiospermas (simpodial) que em consequência de prolongado período de atividade da gema apical apresentam características de sistema monopodial. A: Casuarina; B: Grevílea

Da mesma forma que as Gimnospermas, algumas Angiospermas também podem apresentar a fase juvenil com formato diferente da adulta, como pode ser observado em eucaliptos (figura 129) em que a fase juvenil apresenta-se como um eixo longo e único, sem ramificações, o que é decorrente do genótipo e do manejo e a fase adulta apresentar a forma arredondada.



Figura 129 - Angiosperma eucalipto com diferente forma entre a fase juvenil e adulta

Outro fato de extrema importância com relação aos caules refere-se à troca gasosa entre os tecidos do caule e o meio ambiente. Para os caules herbáceos, a troca gasosa se faz naturalmente por meio da própria epiderme, porém, no caso de caules lenhosos, os quais a epiderme é substituída pela **periderme**[5] que forma parte da casca das árvores, também apresentando várias formas que em muito pode auxiliar a classificação de árvores (figura 130), aberturas ou fendas denominadas lenticelas assumem essa função. O formato, tamanho e densidade das lenticelas são características organográficas bastante úteis para o reconhecimento de espécies (figura 131).



Figura 130 - Diferentes revestimentos da peridermes em árvores

[5]**Periderme:** revestimento secundário que surge em substituição à epiderme, decorrente da atividade do meristema secundário, o câmbio cortical (felogênio), que produz o súber ou felema para o exterior e a feloderme para o interior, que em conjunto formam a periderme



Figura 131 - Presença de Lenticelas na periderme de plantas (setas vermelhas)

X. Porte das plantas

Tendo em vista que as características de um caule definem a forma e a estrutura de uma planta, torna-se evidente que o mesmo representa o principal fator a determinar o porte da planta. Porém, para a classificação do porte, é importante lembrar que, mesmo sendo seu reconhecimento aparentemente óbvio em muitos casos, classificações intermediárias entre tipos são frequentes e geram muitas dúvidas. Cabe ainda destacar que, uma mesma planta pode variar seu porte durante seu desenvolvimento, apresentando-se inicialmente como uma planta herbácea, ou mesmo de uma trepadeira, ou epífita e posteriormente passar ao porte até mesmo de uma árvore como comentado no caso das raízes estranguladoras (Volume I Raízes). Finalmente, salientamos que o porte de uma planta não deve ser considerado em relação ao seu tamanho, por exemplo, um pequeno arbusto, pode ser conduzido com podas, de forma a apresentar o porte de uma árvore, ao mesmo tempo em que, uma árvore pode ser conduzida a apresentar o porte de um arbusto, e mesmo um capim dos pampas ou o capim colonião, que naturalmente atingem alguns metros de altura, e ainda assim são classificados como ervas (figura 132).



Figura 132 - Capim dos pampas e capim colonião: apesar da altura que podem atingir são classificados como ervas

Com base nessas informações apresentamos a seguir os principais tipos de porte dos vegetais: Ervas (porte Herbáceo), arbustos, subarbustos, árvores, lianas, epífitas e os portes especiais de plantas com características típicas que as definem, como o porte das palmeiras, bambus, bananeiras e agaves.

1. **Ervas** (ou *porte herbáceo*): Plantas com caules herbáceos, geralmente verdes, revestidos por epiderme, pouco resistentes e não lignificados. Podemos definir como **erva** toda planta não lenhosa (figuras 133, 134 e 135);



Figura 133 - Plantas com porte herbáceo (ervas)

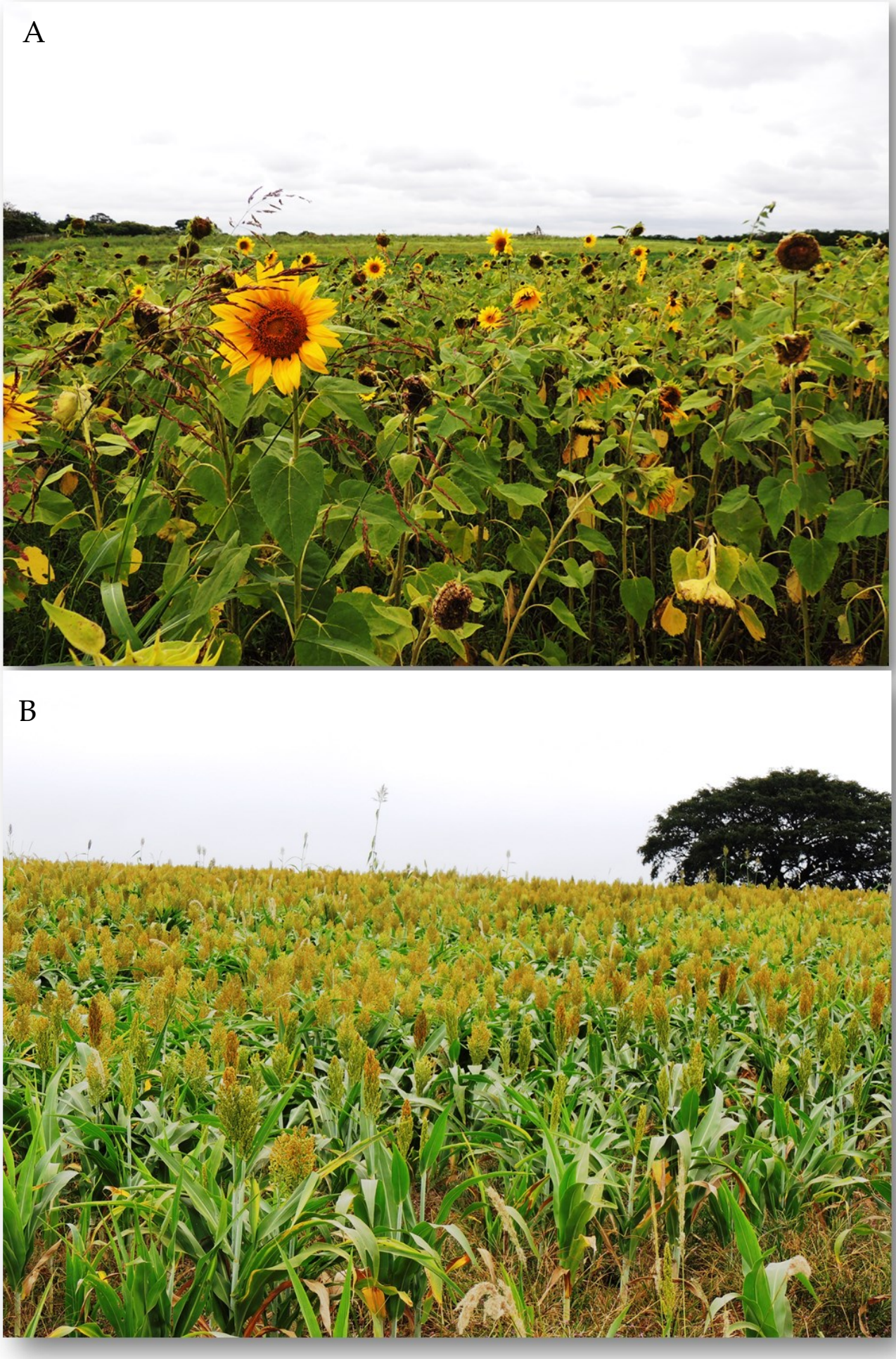


Figura 134 - Ervas: plantas com porte herbáceo. A: girassol; B: sorgo



Figura 135 - Ervas: plantas com porte herbáceo

2. **Arbustos (porte arbustivo):** plantas que apresentam caule consistência lenhosa, resistente e cilíndrico, porém, ramificam-se próximo ao solo, formando diversos ramos principais com espessuras semelhantes, não definindo um tronco como eixo principal (figuras 136, 137, 138 e 139);



Figura 136 - Arbusto: Planta com porte arbustivo (*Leucophyllum frutescens)*



Figura 137 - Arbusto: Planta com porte arbustivo (*Mussaenda erythrophylla*)



Figura 138 - Porte arbusto: A: camélia vermelha; B: alamanda



Figura 139 - Arbusto. Observe que o porte arbusto independe da altura da planta, mas sim, da ramificação do caule principal que ocorre próximo ao solo, formando ramos com diâmetros semelhantes

3. **Subarbusto:** plantas com características intermediárias entre ervas e arbustos. Normalmente esse termo é empregado para plantas que apresentam parte aérea praticamente herbácea, mas com a base do caule e/ou o sistema subterrâneo lenhoso (figura 140);



Figura 140 - Subarbustos: parte aérea herbácea, porém, o caule subterrâneo é lenhoso

4. **Árvores (ou porte arbóreo):** Plantas com caules formados por um único eixo ereto (tronco), de consistência lenhosa, resistente e intensamente ramificado no ápice, definindo a copa (figuras 141, 142 e 143).



Figura 141 - Porte arbóreo: Árvores Angiospermas e Gimnospermas



Figura 142 - Plantas com porte arbóreo



Figura 143— Plantas com porte arbóreo.

Observe na figura 143, que da mesma forma que vimos em porte arbustivo, o porte árvore, independe do tamanho da planta e sim da identificação do eixo principal formando o tronco.

5. **Lianas (*porte liana*):** são plantas que se aproveitam de outra planta ou suporte para sua sustentação, sem perder, no entanto, o contato de suas raízes com o solo. Na classificação de tipos de caules aéreos são classificados como caules trepadores e representam as plantas trepadeiras (figuras 144, 145 e 146) ou os populares cipós (figura 147).



Figura 144 - Lianas: Plantas trepadeiras



Figura 145 - Lianas: Plantas trepadeiras



Figura 146 - Lianas: Plantas trepadeiras



Figura 147 - Lianas: Os populares cipós (setas)

6. **Epífitas:** são plantas que se desenvolvem nos troncos ou ramos de outros vegetais, sem que suas raízes tenham contato com o solo. São frequentemente confundidas com parasitas, porém, somente utilizam a planta hospedeira (planta em que vivem) como suporte, permitindo alcançar posição privilegiada e obtenção de água e nutrientes da atmosfera, sintetizando sua própria matéria orgânica, não retirando nada da planta hospedeira. As epífitas comportam-se de formas diferentes com relação aos seus respectivos hospedeiros e por essa razão são classificadas em:

6.1. **Holoepífita:** plantas que se comportam como epífita durante toda sua vida, ou seja, nascem, crescem, florescem e morrem vivendo sobre uma planta hospedeira, sem prejudicar e nem retirar nada desta. Destacam-se as orquídeas, bromélias, algumas cactáceas e inúmeras outras espécies (figuras 148, 149 e 150**);**



Figura 148 - Plantas com porte epífita: holoepífitas (Bromélias)



Figura 149 - Plantas com porte epífita. holoepífitas (orquídeas)



Figura 150 - Plantas com porte epífita. holoepífitas (bromélias e cactos)

6.2. Hemiepífitas: Plantas que comportam-se como epífitas somente durante uma das fases de seu ciclo de vida e em função desta característica são subdivididas em:

6.2.1. Hemiepífitas primárias: espécies que iniciam sua vida como epífitas e posteriormente emitem raízes que ao crescerem atingem o solo, sendo por essa razão confundidas com lianas. Comportamento comum entre algumas aráceas (figuras 151 e 152), além de algumas figueiras mata-pau que apresentam raízes estranguladoras onde o mesmo comportamento inicial é observado (figuras 153 e 154).



Figura 151 - Plantas com porte epífita. Hemiepífita primária com evidentes raízes crescendo em direção ao solo , junto ao tronco do hospedeiro



Figura 152 - Plantas com porte epífita: hemiepifita primaria , observe que apesar das raízes da planta epífita envolverem o caule da hospedeira, não a prejudicam, diferentemente da figueira mata-pau que veremos a seguir



Figura 153 - Hemiepífita primária: figueira mata-pau (setas vermelhas); planta hospedeira: palmeira (setas pretas)

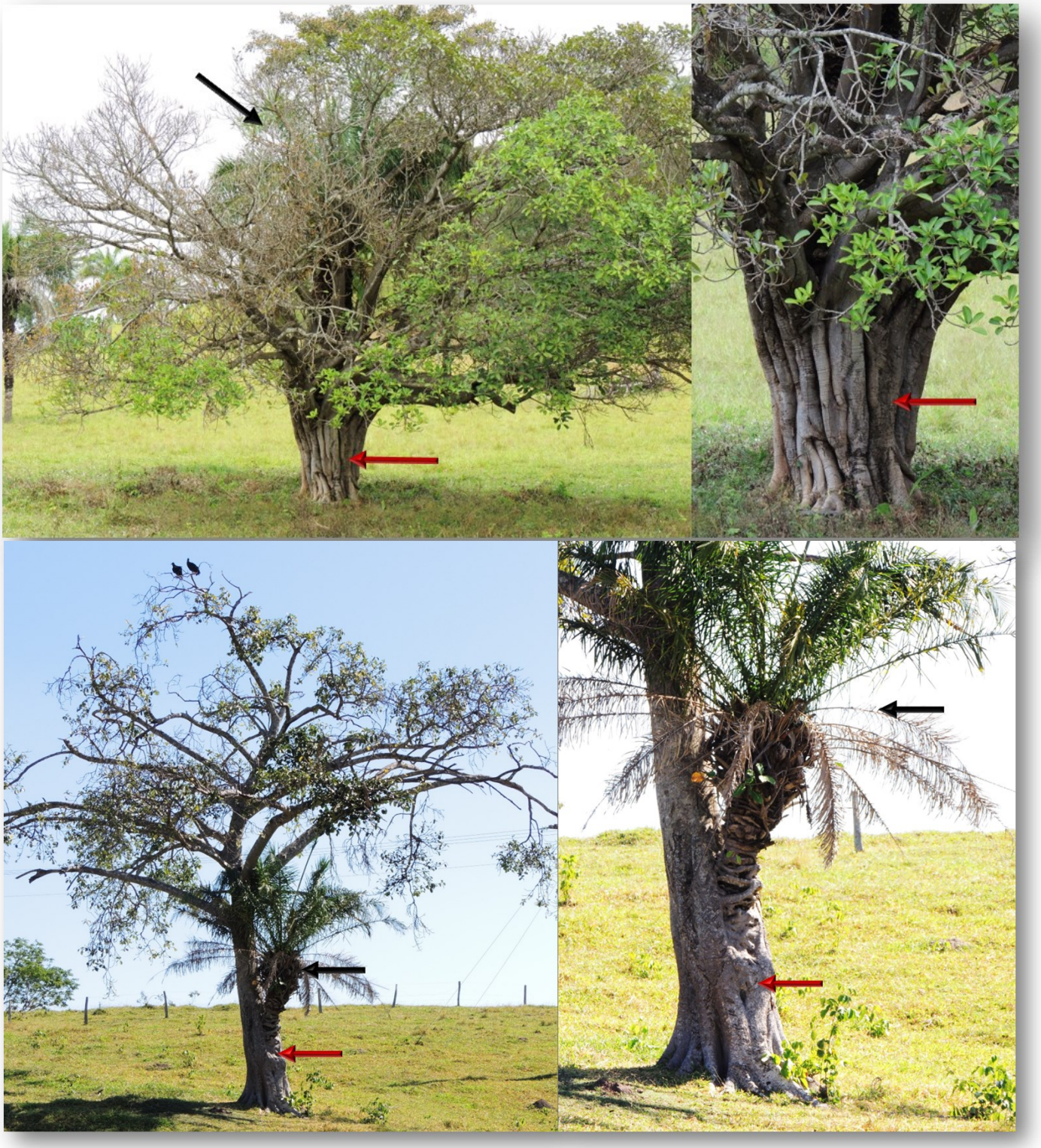


Figura 154 - Setas vermelhas: figueira hemiepífita primária; setas pretas: palmeira hospedeira

6.2.2. Hemiepífitas secundárias: plantas que iniciam seu desenvolvimento como lianas (com raízes fixas ao solo) e durante seu desenvolvimento, perdem este contato e passam a sobreviver como epífitas (figura 155), da mesma forma que as hemiepífitas primárias, somente podemos classificá-las seguindo o ciclo de vida da planta.



Figura 155 - Plantas com porte epífita: hemiepífita secundária (rabo-de-arara) que de forma inversa às primárias, desenvolve-se inicialmente como liana e posteriormente como epífita

Finalmente, vamos abordar as palmeiras, os fetos arborescentes, bambus e agaves, espécies que não se encaixam em nenhuma das definições anteriores, representando por essa razão, casos particulares de portes e são mencionados como **porte de palmeira** (figura 156), **porte de bambu** (figura 157) e **porte de agave** (figura 158). Desta forma, consideraremos incorreto chamar qualquer um destes exemplos de "árvore", "arbusto", ou mesmo no caso do bambu, de erva.









Figura 156 - Porte de palmeira



Figura 157 - Porte de bambu



Figura 158 - Porte Agave

Especificamente para os agaves, dracenas e cordilines, recomenda-se utilizar a expressão "**porte agavóide**" (figura 159, 160 e 161).



Figura 159 - Exemplos de porte agavóide: dracenas e agaves



Figura 160 - Exemplo de porte agavóide



Figura 161 - Cordilines, exemplo de porte agavóide

Uma situação que pode causar confusão, ocorre em relação a distinção entre epífitas e hemiparasitas. As epífitas somente ocupam o lugar, como hóspedes em plantas hospedeiras, diferentemente das parasitas que roubam seiva. As holoparasitas (figura 162) por serem aclorofiladas e geralmente não apresentarem folhas, são mais fáceis de se distinguir, entretanto, as hemiparasitas (figura 163), somente podem ser reconhecidas se prestarmos atenção em como estão fixadas ao hospedeiro, ou seja, quando existir raízes haustório (sugadoras) penetrando no caule da hospedeira, trata-se de uma parasita, já nas epífitas, as raízes aéreas somente se enrolam e fixam a planta ao hospedeiro.

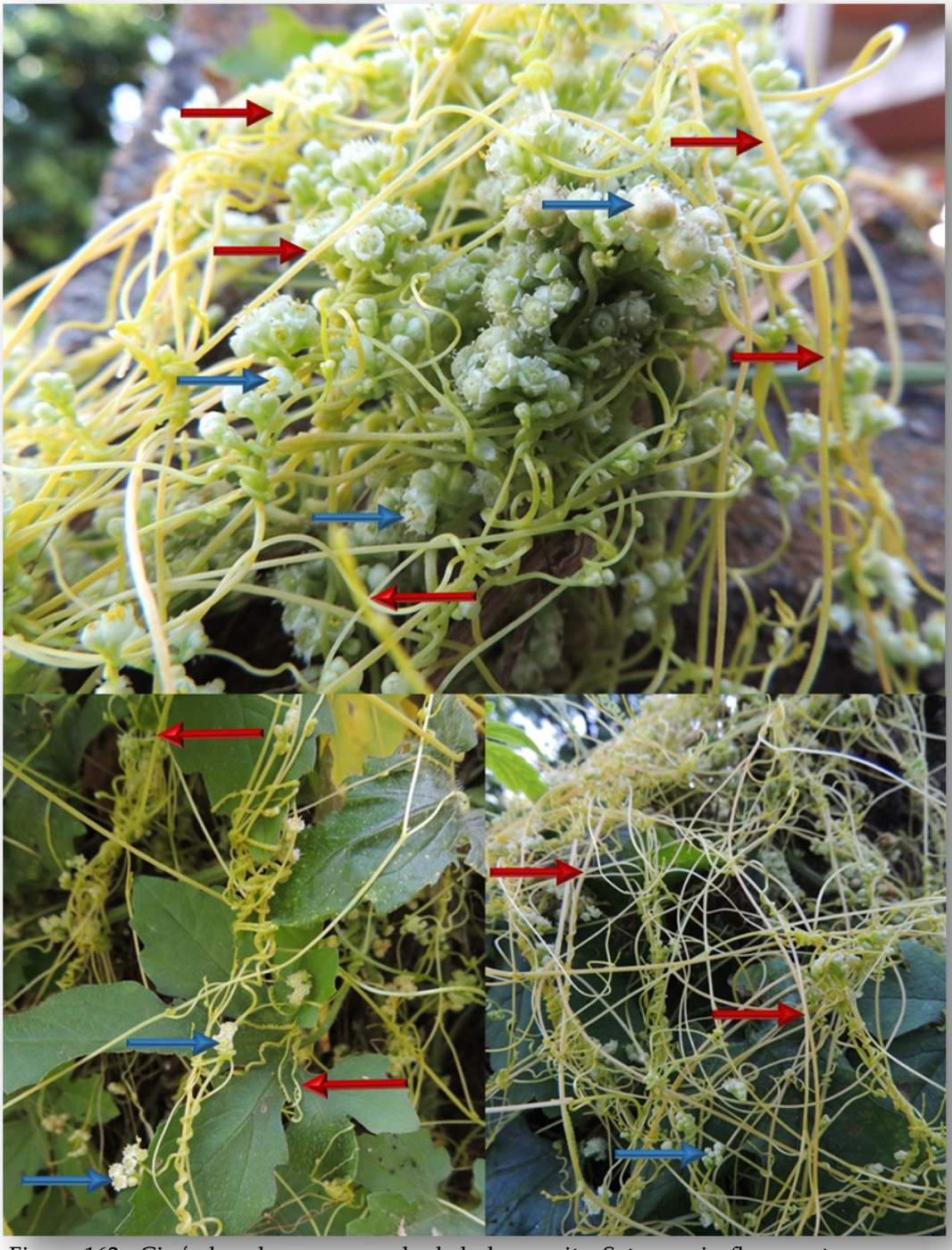


Figura 162 - Cipó-chumbo um exemplo de holoparasita. Setas azuis: flores; setas vermelhas: ramos aclorofilados



Figura 163 - Erva-de-passarinho, uma hemiparasita em seu hospedeiro, que muito facilmente pode ser confundida com uma epífita se não atentarmos para o fato de que esta apresenta raízes sugadoras (haustórios) penetrando no ramo da planta hospedeira

Outra situação que pode causar confusão refere-se às plantas típicas de manguezais, como a *Rhizophora mangle*, as quais desenvolvem ramos que crescem em direção ao solo e comportam-se semelhantemente às raízes escoras, tanto que até pouco tempo atrás eram classificadas como tal (raízes escoras), somente após análises anatômicas foi possível observar a presença de feixes vasculares, o que permitiu classificá-los como caules que atuam como escoras para garantir a sustentação dessas plantas em solos movediços (figura 164).



Figura 164 - Planta de típica de manguezal, a *Rhizophora mangle* apresenta ramos que atuam como raízes escoras (setas)

Sobre os caules acreditamos que essas sejam as principais informações para você compreender e distinguir os inúmeros tipos e funções desse órgão fundamental para a sustentação e forma dos diferentes vegetais. Preparamos para você um esquema, assim como nas raízes, resumindo as informações sobre os caules (figuras 165 e 166).

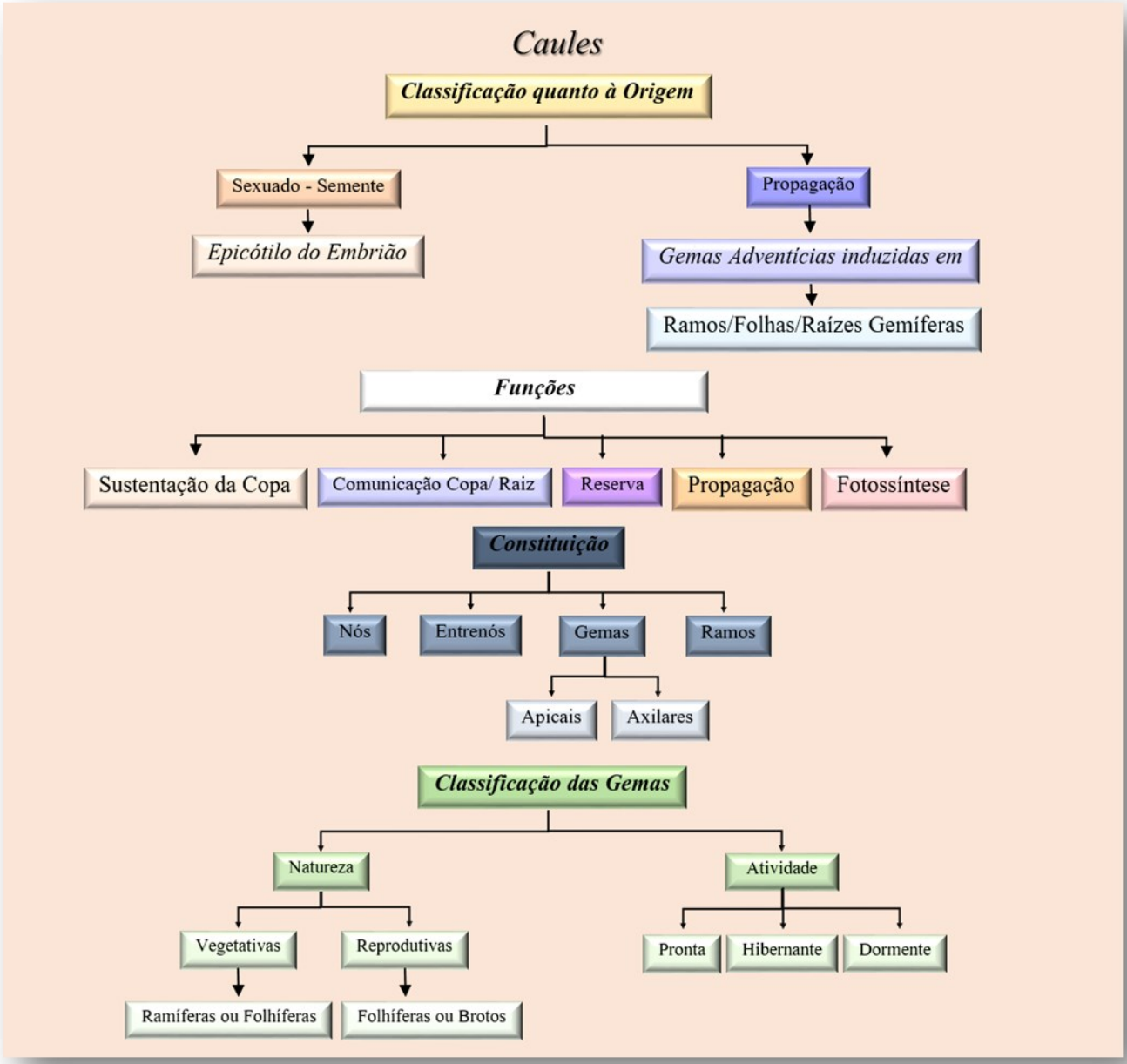


Figura 165 - Representação esquemática da classificação de caule

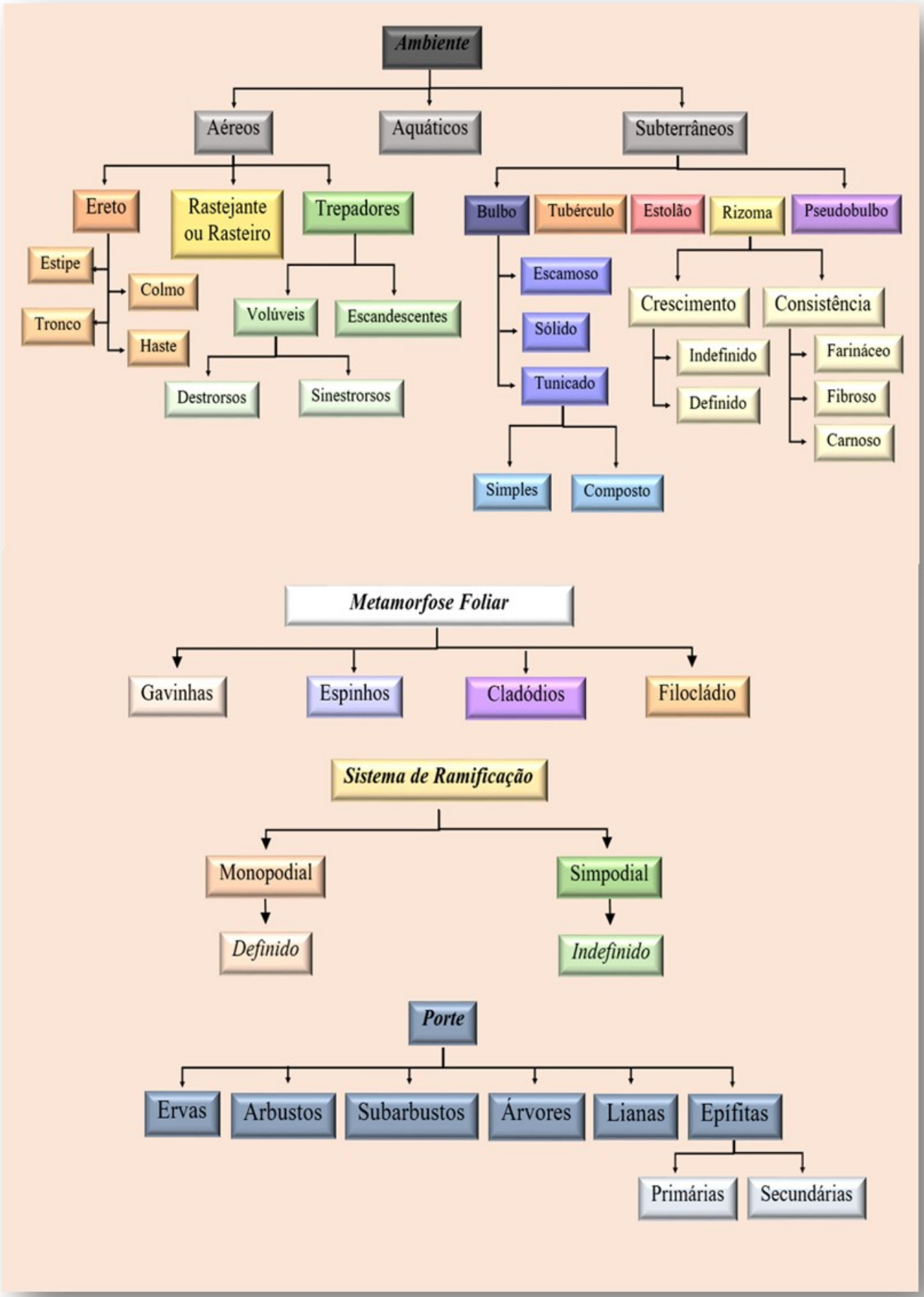


Figura 166 - Representação esquemática da classificação de caule

Bibliografia recomendada

ALMEIDA, M.; ALMEIDA, C.V. **Morfologia da raiz de plantas com sementes** [recurso eletrônico] Piracicaba: ESALQ, 2014. 71 p. (Coleção Botânica, 1). Disponível M: <http://www.esalq.usp.br/biblioteca/EBOOK/morfologia_raiz.html>. Disponível em: 10 jul. 2014.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. **Morfologia de sistemas subterrâneos:** histórico e evolução do conhecimento no Brasil. Ribeirão Preto: A.S. Pinto, 2003. 80 p.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. ; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (Org.) . **Anatomia vegetal.** 3. ed. Viçosa: UFV, 2012.. v. 1, 404 p.

BELL, A.D. **Plant form:** an illustrated guide to flowering plant morphology. 2nd ed. Portland: Timber Press, 2008. 431 p.

FERRI, M.G.; MENEZES, N.L.; MONTEIRO-SCANAVACCA, W.R. **Glossário ilustrado de botânica.** São Paulo: EBRATEC; EDUSP, 1978. 197 p.

GOLA, G.; NEGRI, G.; CAPPELLETTI, C. **Tratado de botánica.** 2. ed. Barcelona: Ed. Labor, 1965. 1160 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 1992. 368 p.

_____. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 1998. 400 p.

PIÑAL, C.S. et al. **Botánica general.** La Habana: ISCAH, Departamento de Ediciones, 1991. 326 p.

RAY, P.M. **A planta viva.** Tradução de A.B. Joly. Rio de Janeiro: Centro de Bibliotecnia, 1971. 161 p.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Botânica organografia:** quadros sinóticos ilustrados de fanerógamas. 4. ed. Viçosa: UFV, 2000. 124 p.

