

AGENTES CAUSAIS DE DOENÇAS DE PLANTAS: VÍRUS

1. INTRODUÇÃO

2. HISTÓRICO DA VIROLOGIA VEGETAL

3. IMPORTÂNCIA DAS FITOVIROSES

4. VÍRUS, VIRÓIDES, VÍRUS SATÉLITES, RNA SATÉLITES

5. NOMENCLATURA E CLASSIFICAÇÃO

2. HISTÓRICO DA VIROLOGIA VEGETAL



Hieroglifo egípcio
3700 a.c.



Rhamses V
Egito, 1146 a.c.

Edward Jenner, 1789: primeira vacina
Erradicada em 1980

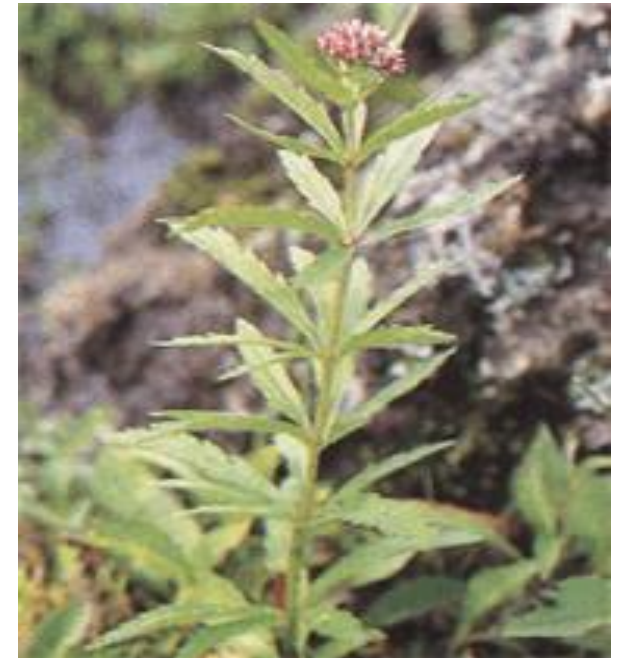


2. HISTÓRICO DA VIROLOGIA VEGETAL

A. NO MUNDO

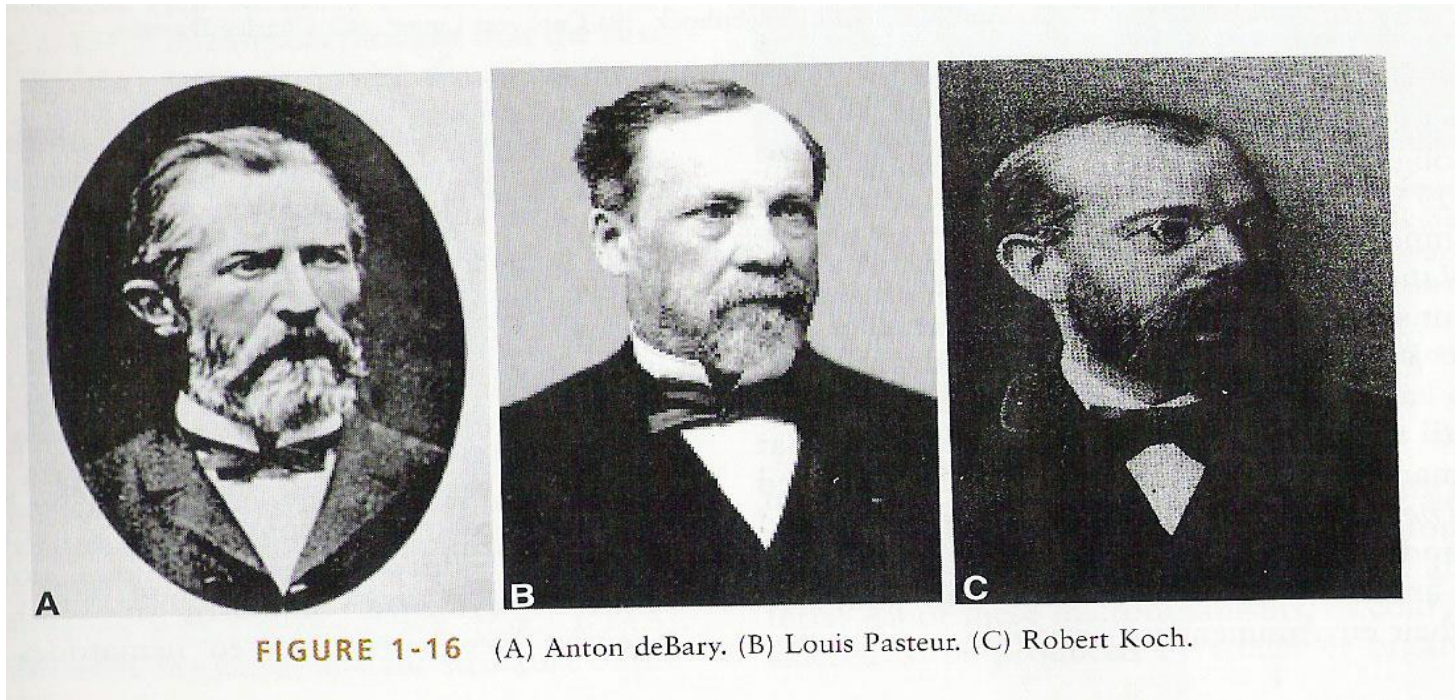
752: Poema amarelo do *Eupatorium lindleyanum* “Tobacco leaf curl virus”

“In this village
It looks as if frosting continuously
For, the plant I saw
In the field of summer
The color of the leaves were yellowing”
(Hull, 2002)



Asteraceae

A virologia continuava obscura até então:



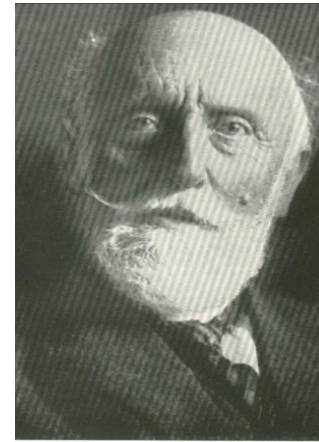
De Barry, 1861: identifica o agente causal da requeima da batata

Pasteur, 1860-64: geração espontânea

Postulados de Koch, 1881

1886: ADOLF MAYER

Transmissão agente causal
mosaico do fumo por injeções

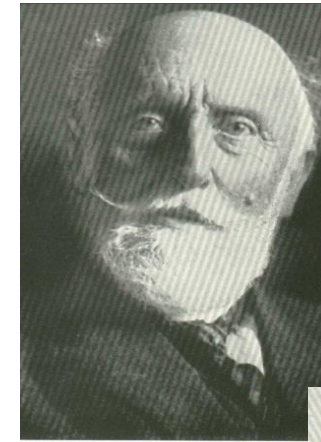


ADOLF MAYER



1886: ADOLF MAYER

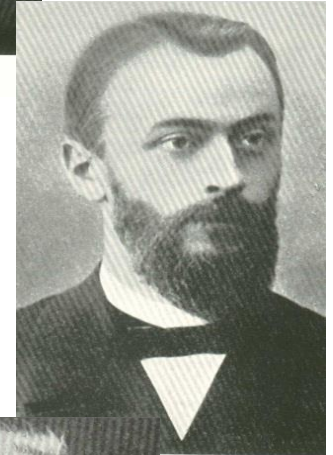
**Transmissão agente causal
mosaico do fumo por injeções**



ADOLF MAYER

1892: DMITRI IVANOWISKI

**Agente do mosaico do fumo passa
por filtro que retém bactéria**



IVANOWSKI

1898: MARTINUS BEIJERINK

**Repetiu testes. Agente difundiu-se
em gel de agar.
FLÚIDO VIVO CONTAGIOSO**



MARTINUS WILLEM BEIJERINCK

Phytopathological Classics

NUMBER 7

1. CONCERNING THE MOSAIC DISEASE OF TOBACCO

By Adolf Mayer

2. CONCERNING THE MOSAIC DISEASE OF THE
TOBACCO PLANT

By Dmitrii Ivanowski

3. CONCERNING A CONTAGIUM VIVUM FLUIDUM
AS A CAUSE OF THE SPOT-DISEASE OF
TOBACCO LEAVES

By Martinus W. Beijerinck

4. ON THE ETIOLOGY OF INFECTIOUS VARIEGATION

By Erwin Baur

Translated from German

by

JAMES JOHNSON

With a preface and biographical sketches by the translator.

PUBLISHED BY

THE AMERICAN PHYTOPATHOLOGICAL SOCIETY

1942

REPRINTED 1968

1935: STANLEY

**Purificou TMV,
continha proteína**



PRÊMIO NOBEL DE QUÍMICA 1946

**1935: BAWDEN & PIRIE
TMV continha RNA**

**1939: KAUCHE, PFANKUCH & RUSKA
TMV: Microscópio Eletrônico**



**Na TV - 1960
Infeccioso**

HISTÓRICO DA VIROLOGIA VEGETAL

B. NO BRASIL

1893: DAFERT

Seção Phythopathologica/IAC

1911 - 13: MORAES E LORENA

Vírus em batata

1935: BITANCOURT

Vírus de citros

1936: K. SILBERSCHIMDT & A. S. COSTA ↗

Pioneiros da fitovirologia

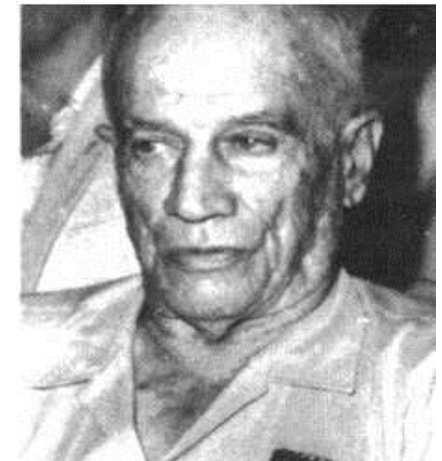
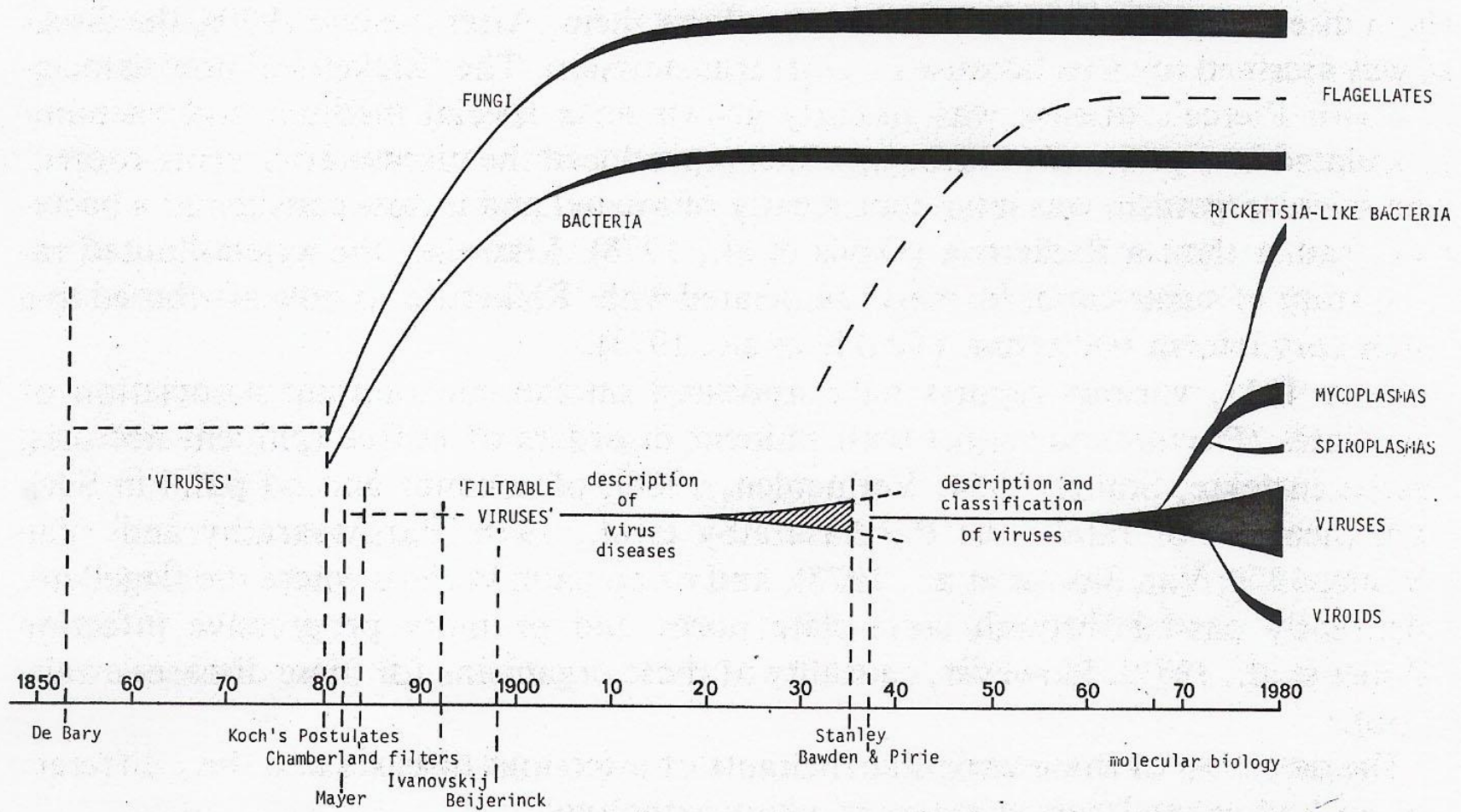


Fig. 5. Diagram representing the history of etiology in the study of plant virus diseases.



3. IMPORTÂNCIA DAS FITOVIROSES

- International Committee on Taxonomy of Viruses – 2016:
 - ~ 3.704 espécies de vírus; 32 espécie de viróides
 - ~ Milhares de vírus e vários viróides ainda não caracterizados
- Infectam: [10th report: http://ictv.global/report](http://ictv.global/report)
 - Vertebrados: homem e outros animais
 - Invertebrados  *Anticarsia gemmatalis*
multiple nucleopolyhedrovirus
 - Bactérias, fungos, algas, leveduras e protozoários
 - Plantas

DOENÇAS DE VÍRUS DE PLANTAS NO BRASIL

Estimativa

(Kimati et al., 2005)

242 doenças fúngicas

151 DOENÇAS VIRAIS

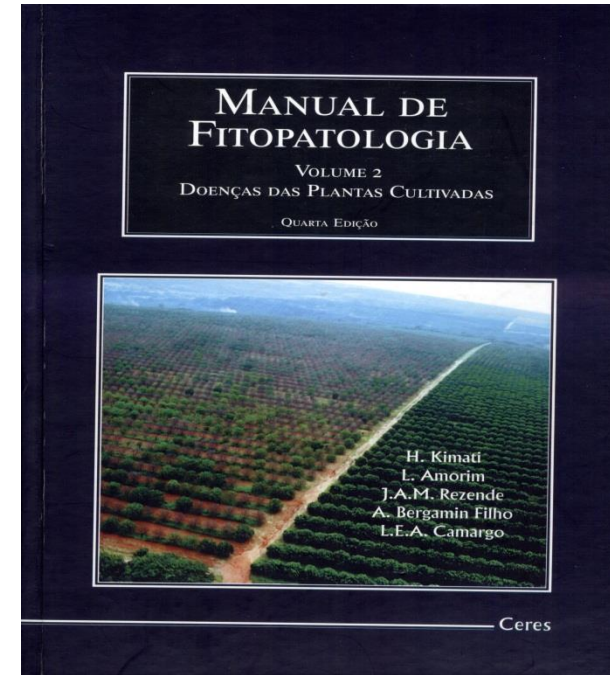
116 doenças bacterianas

39 doenças de nematóides

13 doenças de fitoplasmas

2 doenças causadas por viróides

1 doença de espiroplasma



70 capítulos

104 espécies
vegetais

~564 doenças

COMPLEXO DE VÍRUS EM MORANGUEIRO

Produção do morangueiro cv. Campinas livre de vírus e infectado com três vírus, isoladamente e em mistura

Clone/vírus	Produção total (jun. – dez. 1974)	
	Kg/m ²	g/fruto
Sadio	5,46	6,3
VMM	5,09	6,3
VCMM	5,51	6,1
VFNM	5,64	6,4
VMM + CVMM	4,66 (<15%)	5,9
VMM + CVMM + VFNM	1,74 (<68%)	4,9

VMM = vírus do mosqueado

VCMM = vírus da clorose marginal

VFNM = vírus da faixa das nervuras

Betti *et al.*, 1979

Produção do morangueiro cv. Campinas livre de vírus e infectado com três vírus, isoladamente e em mistura



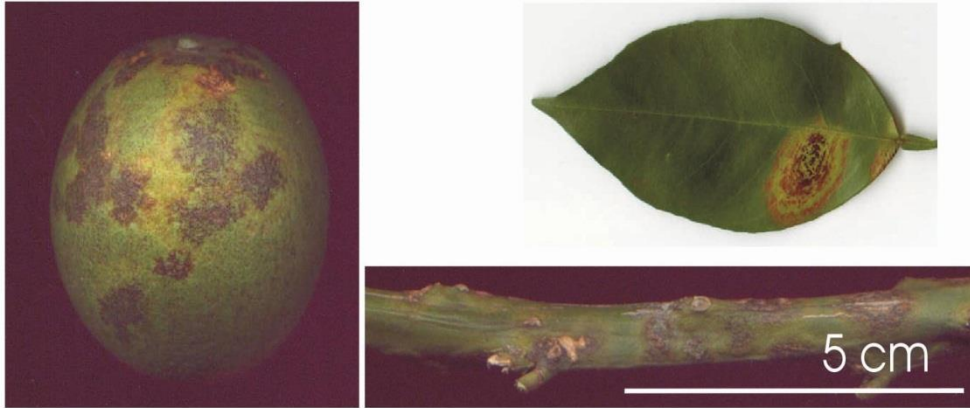
Sadias



**VMM + CVMM +
VFNM**

Betti *et al.*, 1979

LEPROSE DO CITROS



Citrus leprosis virus (CiLV)
tipos citoplasmático e nuclear

Histórico: - Florida, USA, ~1900
desapareceu 1970
- Argentina 1930,
Lepra explosiva
- Brasil ~1930

Vetor: *Bravipalpus yothersi* sin: *phoenecis*

Danos: queda de folhas e frutos; morte
de ramos. Morte da planta
em 2 – 3 anos

Distribuição geográfica: Brasil, Bolívia,
Colômbia.
América Central: Honduras e
Panamá

Bassanezi & Laranjeira, 2007
E. W. Kitajima

CONTROLE

Laranjas doce são altamente suscetíveis
Limões são praticamente não suscetíveis.

Controle preventivo com pulverizações com acaricidas

Vendas de defensivos agrícolas por classe para a citricultura brasileira
(em US\$ milhões)

CLASSES	2004	2005	2006
Herbicidas	18,2	14,2	16,8
Inseticidas	26,1	34,3	40,2
Fungicidas	23,2	32,5	40,2
Acaricidas	73,5	73,5	60,5
Outros	3,3	7,9	9,6
TOTAL	144,3	162,3	167,2

~14% do
custo da
produção

Signorini &
Neves, 2007

Agronegócios

Citricultores gastam US\$ 532 mi para controlar pragas e doenças

HENRIQUE SANTOS/DIVULGAÇÃO



GREENING – Doença foi uma das contabilizadas no estudo

Levantamento levou em conta gastos com manejo do pomar, perdas de produção e erradicações de plantas doentes

Gustavo Porto

Estimativa considerada conservadora do Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) mostra que as doenças mais comuns no parque comercial citrícola brasileiro custam US\$ 532 milhões por ano aos

produtores. O valor corresponde a cerca de 15% dos mais de US\$ 3 bilhões que a cadeia de laranja movimenta no País, segundo dados do Centro de Conhecimento em Agronegócios da Universidade de São Paulo, do Programa de Estudos dos Negócios do Sistema Agroindustrial (Pensa/USP).

O presidente do Fundecitrus, Lourival Monaco, explica que os cálculos do levantamento levam em conta todos os gastos do citricultor com o manejo das plantas, as perdas de produção advindas das pragas e doenças, além das erradicações realizadas nos pomares no ano passado.

BACTÉRIAS E PRAGAS

Foram incluídas na avaliação as três principais doenças bac-

terianas da citricultura – cloro-se variegada dos citros (CVC), greening e cancro cítrico –, além de outras três pragas comuns nos pomares: leprose, pinta preta e estrelinha.

De acordo com o levantamento do Fundecitrus, a poda e erradicação de árvores contaminadas, a redução da produtividade decorrente da severidade de algumas doenças, as vistorias necessárias nos pomares para detectar doenças e o investimento em inseticidas para o controle das doenças bacterianas custaram ao produtor US\$ 352 milhões no ano passado.

Outros US\$ 100 milhões foram gastos com o controle da pinta preta e da estrelinha e, ainda, US\$ 80 milhões com a leprose. ●

VÍRUS DETECTADOS EM CUCURBITÁCEAS EM SÃO PAULO - 2000

Cultura	INCIDÊNCIA (%)				
	VMC	VMA	VCL	VMP	VMM
Ab. de moita	69	24	9	0	15
Abóbora	51	25	7	1	2
Pepino	33	29	8	13	5
Melancia	69	19	3	4	7

Yuki et al., 2000

VMC = Vírus do mosaico comum

VMA = Vírus do mosaico amarelo

VCL = Vírus da clorose letal

VMP = Vírus do mosaico do pepino

VMM = Vírus do mosaico da melancia

PRODUÇÃO DE FRUTOS COMERCIAIS DE ABOBRINHA DE MOITA 'CASERTA' INFECTADA COM O VMC E O VMA

Tratamentos	Frutos comerciais (gramas/planta)		
	5 DAE ¹	15 DAE	25 DAE
Controle	573 a B ²	937 a AB	1172 a A
VMC	0 b A	0 b A	0 b A
VMA	0 b A	10 b A	0 b A
VMC + VMA	0 b A	0 b A	0 b A
C.V. (%): 84,59			

¹ DAE = Dias após a emergência;

² Médias seguidas da mesma letra minúscula (vertical), e maiúscula (horizontal), não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

**VÍRUS, VIRÓIDES,
VÍRUS SATÉLITES,
RNA SATÉLITES, ETC**

Vírus – o vírion

Vírion = partícula viral em sua forma extracelular

Ácido nucléico

RNA ou DNA

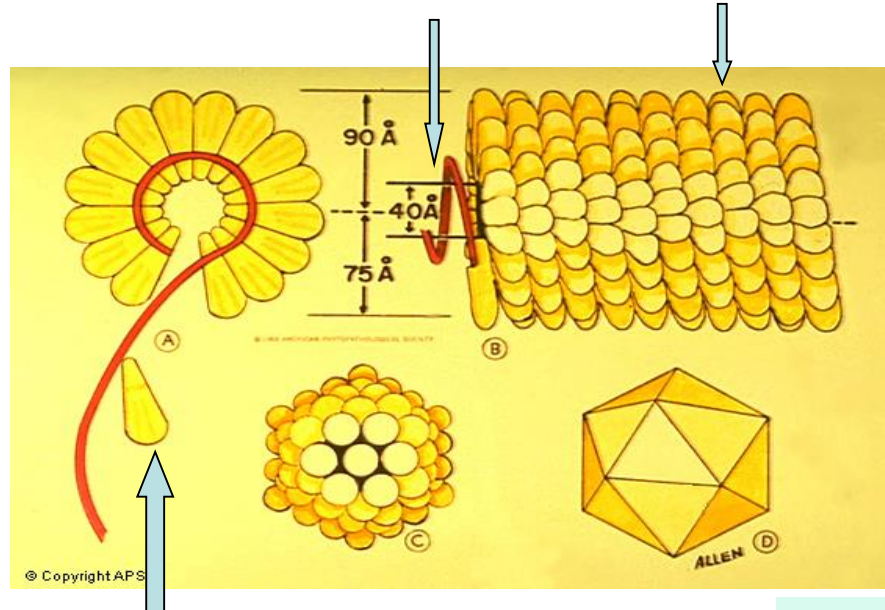
Fita simples

Fita dupla

- Capa protéica
- Envelope (alguns)
- Espículas (alguns)
- Replicação na hospedeira
- Parasitas obrigatórios
- Visualizados somente no microscópio eletrônico

Ácido nucléico

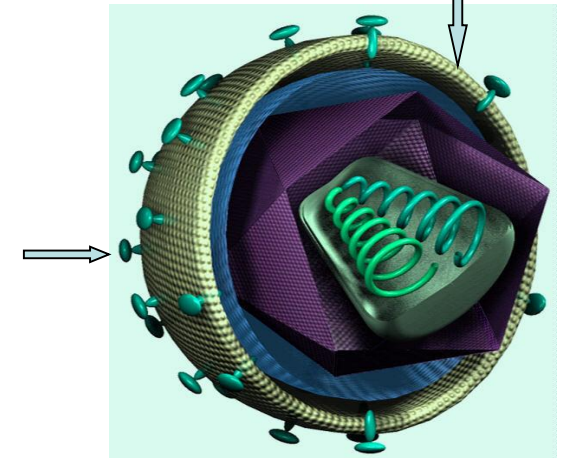
Capa protéica



Capsômero

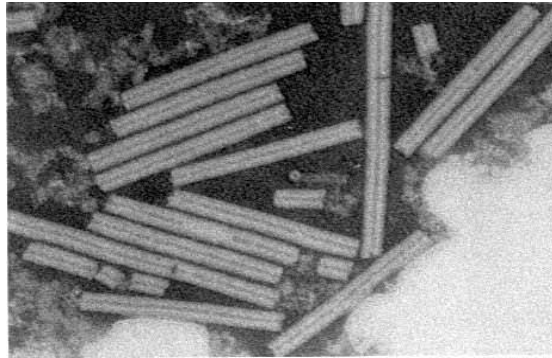
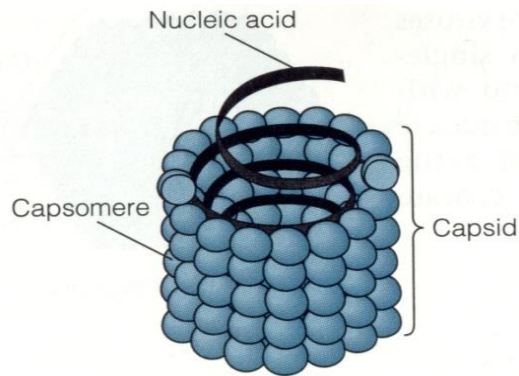
Envelope

Espículas

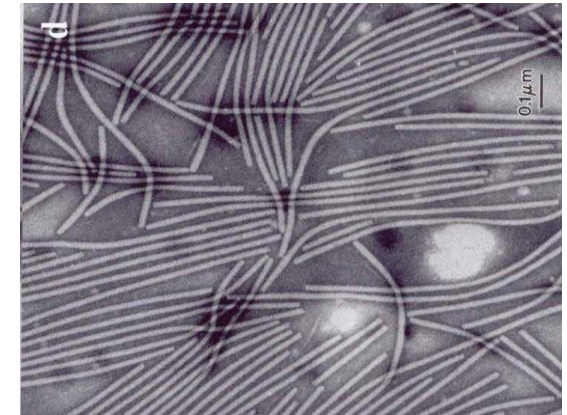


Vírus – Formas Básicas

1. Helicoidal: rígido ou flexuoso com ou sem envelope

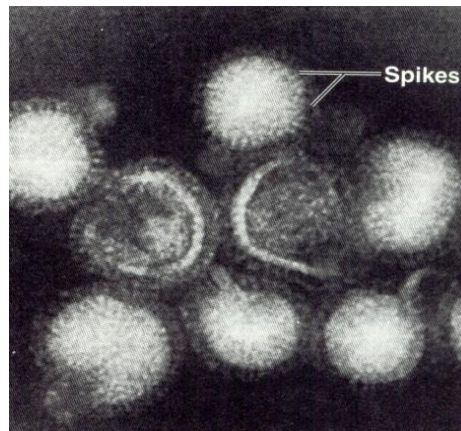
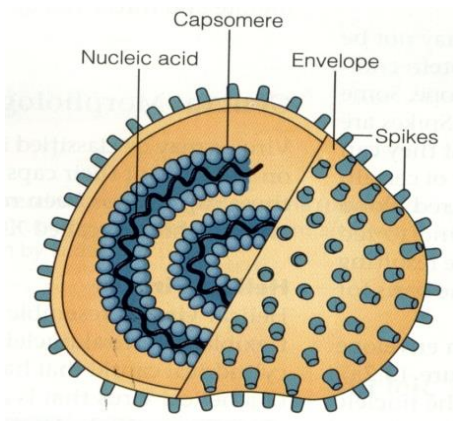


RÍGIDO (TMV)



Potyvirus

FLEXUOSO

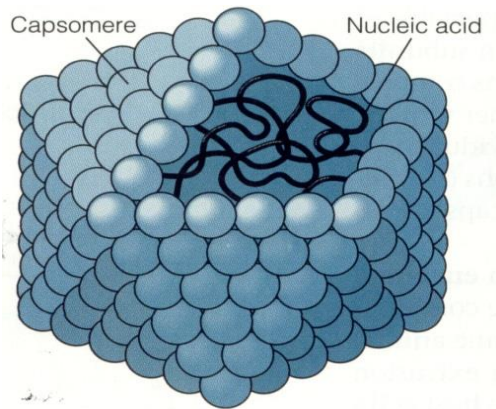


Influenzavirus

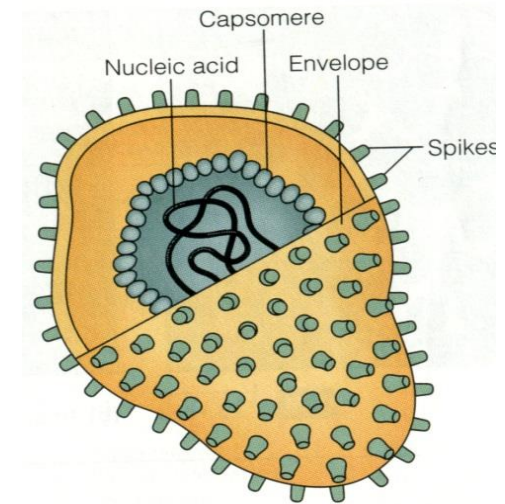
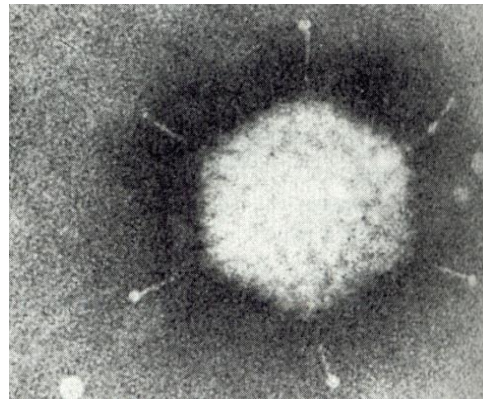
ISOMÉTRICO (Esférico)

Vírus – Formas Básicas

2. Poliédrico: Icosaédrico (maioria)



Sem envelope

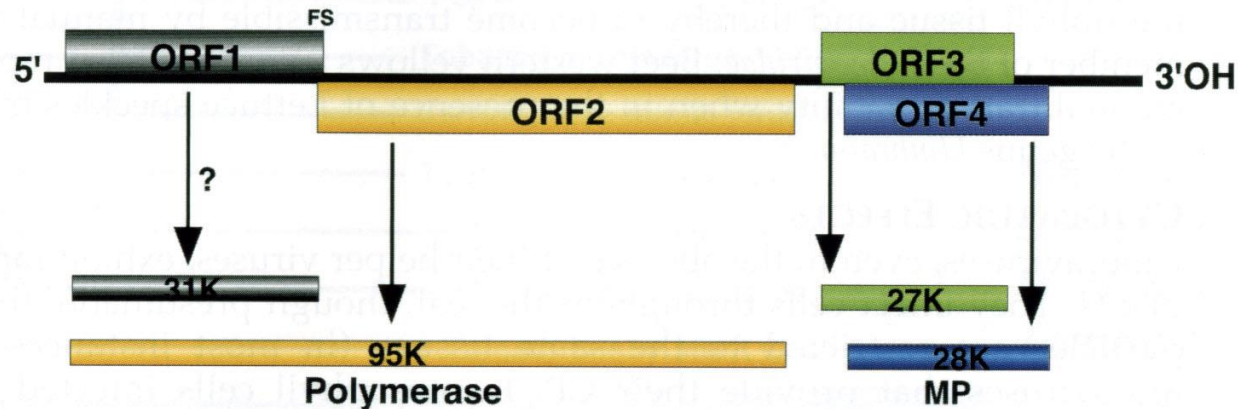


Com envelope

VÍRUS QUE NÃO FORMAM PROTEÍNA CAPSIDIAL ("Afanam de outro vírus")

Gênero *Umbravirus* (umbra = sombra) = 11 espécies

GRV genome 4,019 nts (*Groundnut rosette virus*)



Vírus auxiliar: membro da família *Luteoviridae*

Transmissão por afídeos: circulativa



COMPOSIÇÃO, TAMANHO E ARQUITETURA DOS VÍRUS

Composição: Ácido nucléico e proteína

Vírus	% ácido nucléico	% proteína	Morfologia da partícula e Tamanho (nm)
Tobacco mosaic	5	95	Alongada rígida, 300 x 18
Potato virus X	5-7	93-95	Alongada flexuosa, 515 x 13
Potato virus Y	5	95	Alongada flexuosa, 730 x 11
Beet yellows	5	95	Alongada flexuosa, 1250 x 10
Cauliflower mosaic	17	83	Isométrica, 50
Cowpea mosaic	23-34	66-77	Isométrica, 24
Turnip yellow	35	65	Isométrica, 28 - 30

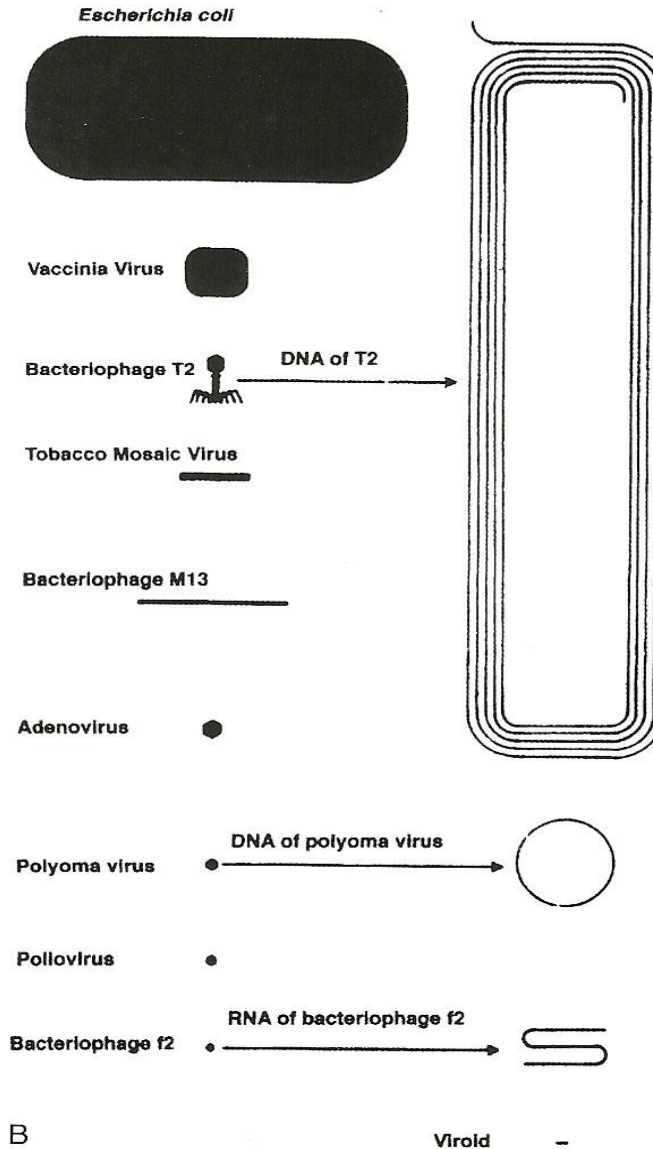
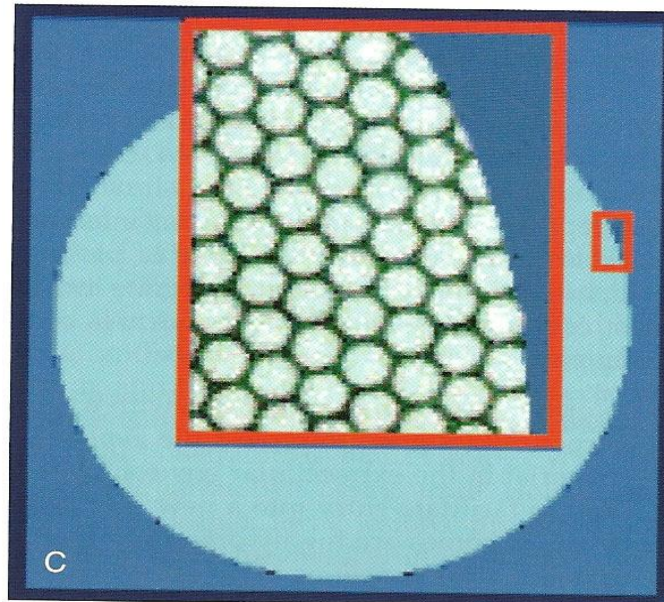
Lipídeos (aprox. 20%) para vírus com envelope
Enzimas (alguns)

COMPOSIÇÃO, TAMANHO E ARQUITETURA DOS VÍRUS

Rhinovirus

VS

Cabeça de
alfinete



B

COMPOSIÇÃO, TAMANHO E ARQUITETURA DOS VÍRUS

TAMANHO

Isométricos:

17 – 300 nm

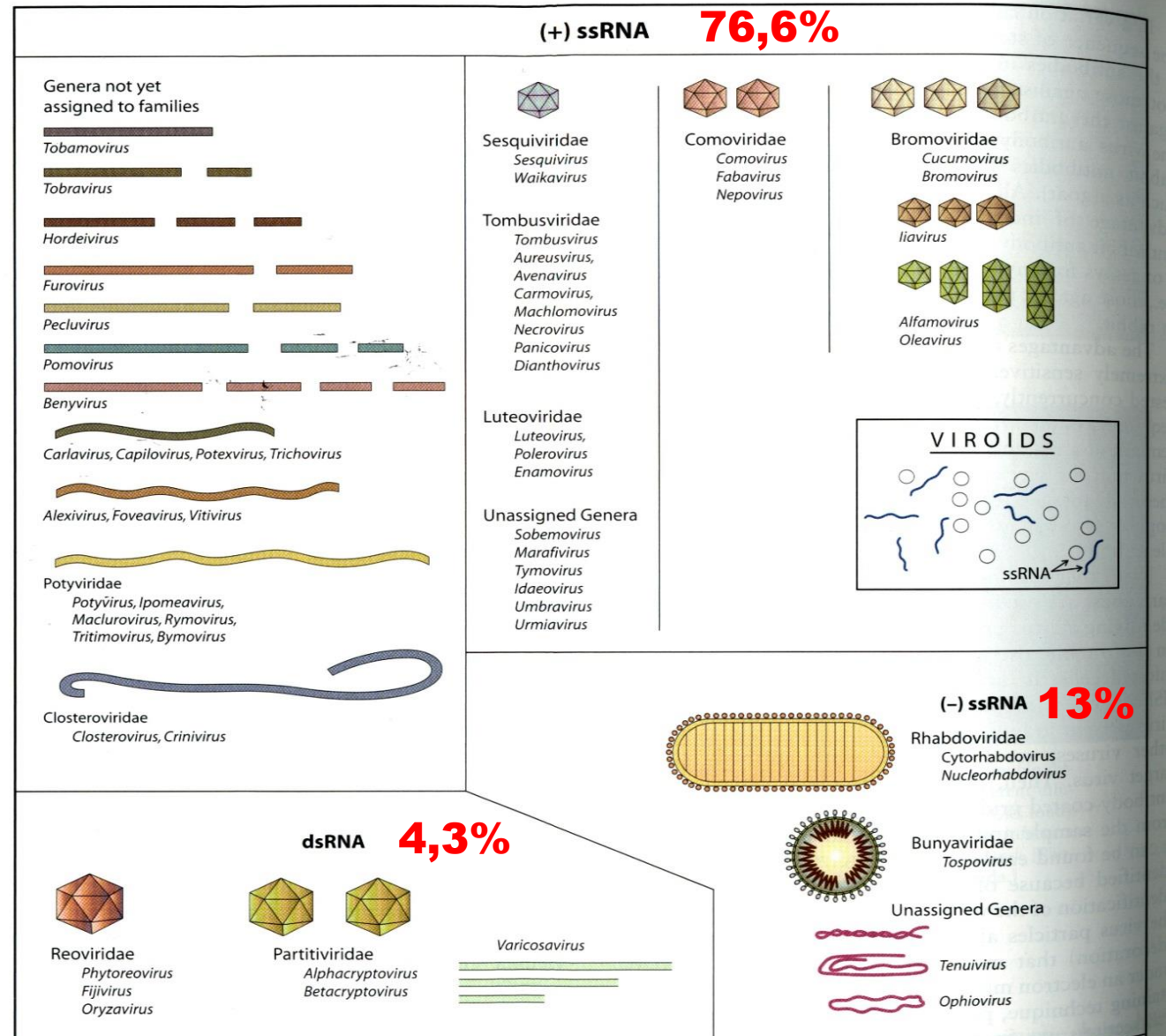
Alongados:

3 – 25 nm X

200 – 2000 nm

nm =

1/1.000.000 mm



COMPOSIÇÃO, TAMANHO E ARQUITETURA DOS VÍRUS

dsDNA 2%

Caulimoviridae

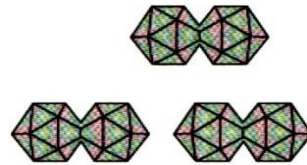


Caulimovirus
CasVMV-like
Pet. V. Clear. V-like
Soyb. CIMottV-like
Badnavirus
RiceTungroBacV-like



ssDNA 4,1%

Geminiviridae



Curtovirus
Mastrevirus
Begomovirus
Topocuvirus

Circoviridae

Nanovirus



VÍRUS SATÉLITES; RNAs E DNAs SATÉLITES

Vírus satélites: pequena molécula de RNA, fita simples, cujo genoma codifica a proteína capsidial.

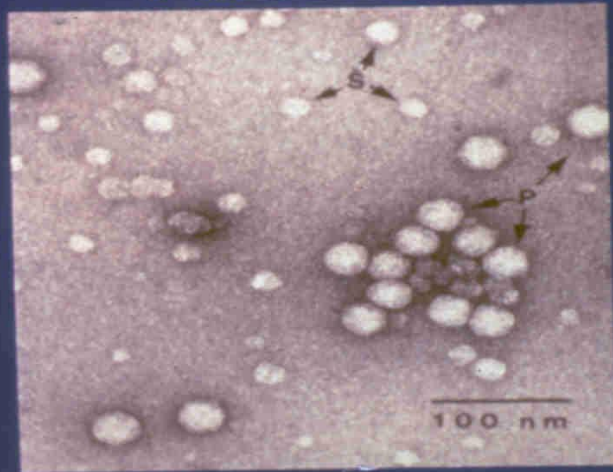
RNAs e DNAs satélites: pequena molécula de RNA ou DNA, encapsulada na capa protéica do “vírus auxiliar”.

Características comuns:

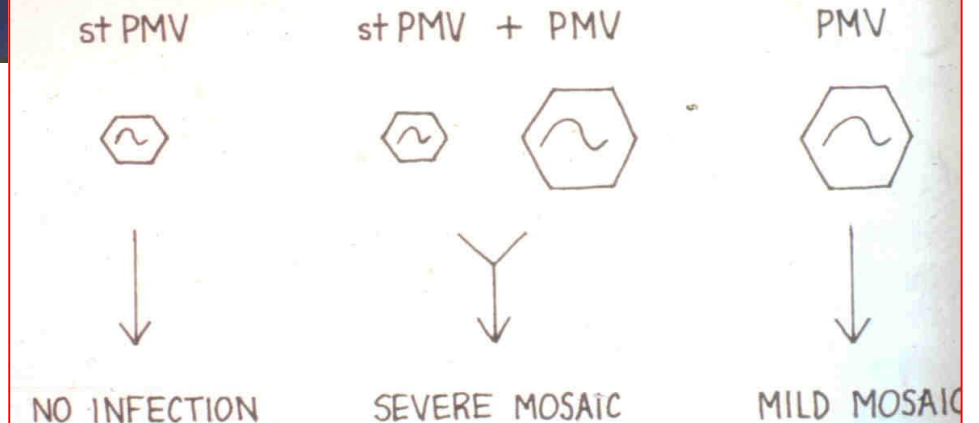
- O material genético não é parte do “vírus auxiliar” e pouca similaridade na sequência de nucleotídeos;
- Replicação dependente do “vírus auxiliar”;
- Replicação interfere na replicação do “vírus auxiliar”;
- Modulam o sintoma da doença.

PANICUM MOSAIC VIRUS (PMV) E SATÉLITE VIRUS (SPMV)

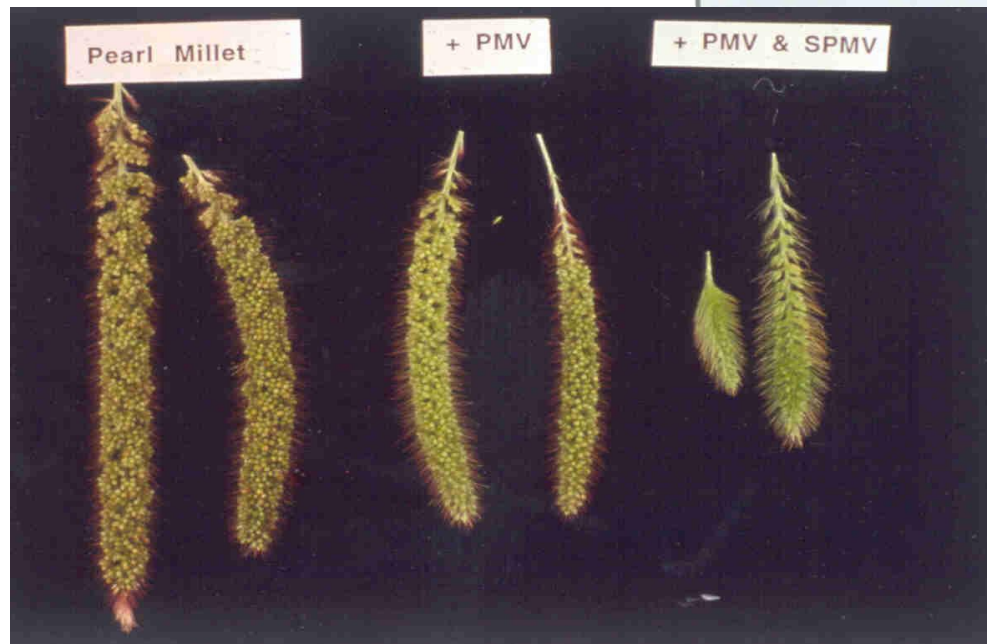
PMV and SPMV Virus Particles



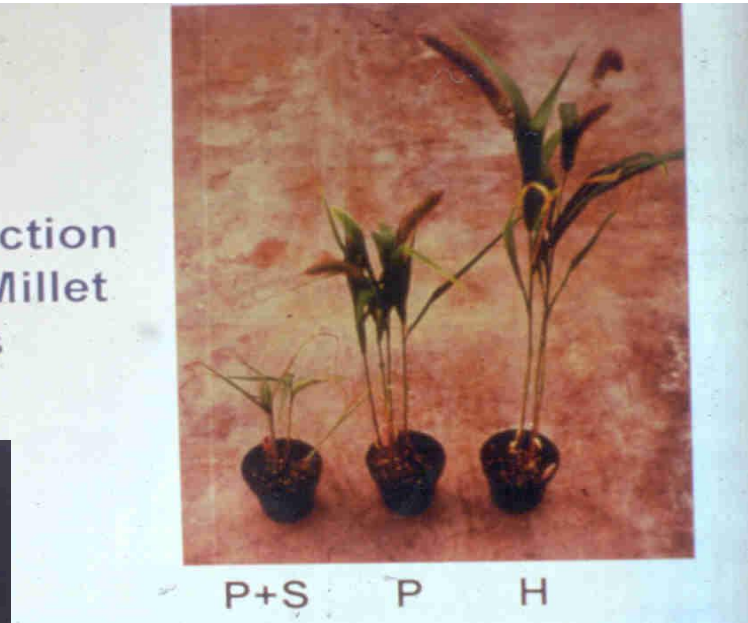
st PMV DEPENDENCE ON PMV



PANICUM MOSAIC VIRUS (PMV) E SATÉLITE VIRUS (SPMV)



Mixed Infection
on Pearl Millet
Plants



Transmissão mecânica:
(lâmina de corte)

Cucumber mosaic virus + RNA Satélite



Sadia

**CMV-S
controle**

**CMV-S +
CMV-16
1 semana**

**CMV-S +
CMV-16
2 semanas**

**CMV-S +
CMV - 16
3 semanas**

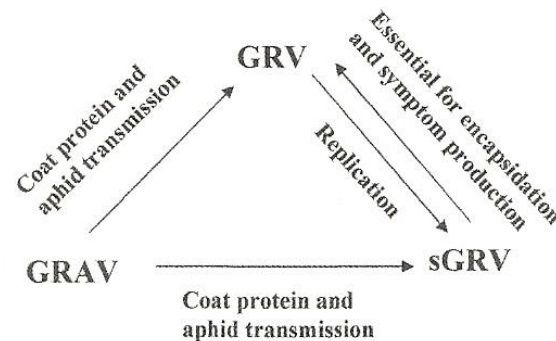
**CMV-16
controle**

INTERAÇÃO UMBRAVIRUS + LUTEOVIRUS + RNA SATÉLITE

GROUNDNUT ROSETTE DISEASE



Groundnut rosette is an important disease of groundnuts (peanut) (*Arachis hypogaea*) in West and East Africa. It is transmitted by the aphid *Aphis craccivora* in a circulative nonpropagative manner. It causes the leaves to become light green or chlorotic, stunts the plant, and reduces yield. The figure here compares a disease plant (upper) with a healthy plant (lower).



The disease is caused by a complex of two viruses—an umbravirus, *Groundnut rosette virus* (GRV), and a luteovirus, *Groundnut rosette assistant virus* (GRAV)—and a satellite RNA (sGRV). Umbraviruses do not encode a coat protein, and that for GRV is provided by GRAV. sGRV is essential for this encapsidation and for the symptom production by GRV. GRV's role in this complex is to potentiate the replication of sGRV. Thus, in the final complex, all three entities interact as shown in the diagram.

VIRÓIDES

Somente encontrado em plantas

Menor agente infeccioso capaz de causar doença

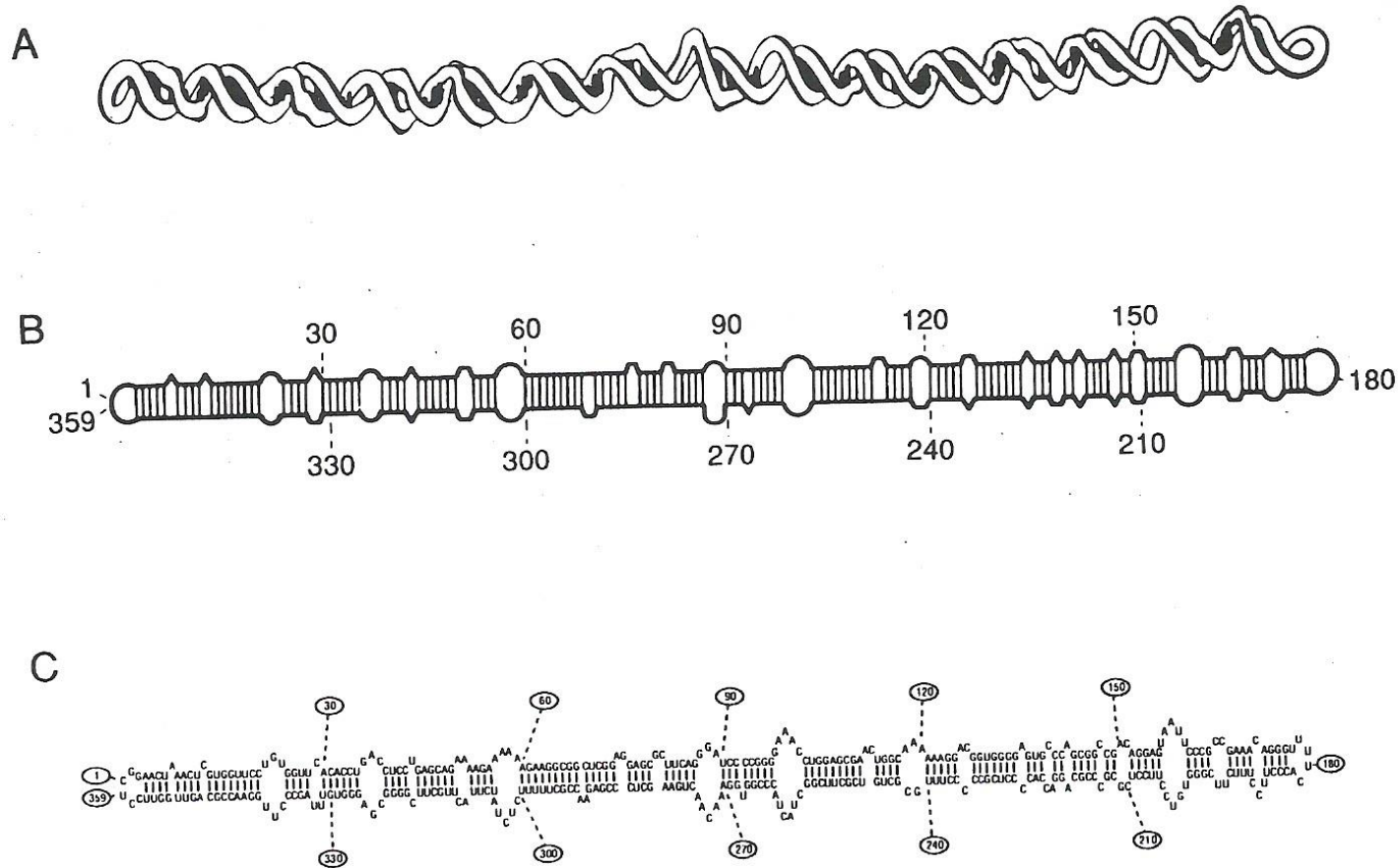
Molécula de RNA circular com alto grau de estruturas secundárias: < 400 nt

Transmissão mecânica, pólen, semente e vetor (?)

Tomato planta macho viroid transmitido por afídeo sob condições especiais

Potato spindle tuber viroid transmitido por afídeo quando na CP do PLRV

VIRÓIDES



Potato spindle tuber viroid (PSTVd): A = representação tridimensional da molécula; B = estrutura secundária proposta e C = sequência de nucleotídeos (Matthews, 1991)



Potato spindle tuber viroid
Quarentenária A1



©H.D. Thurston

Avocado sunblotch viroid
Quarentenária A1



Coconut cadang-cadang viroid
Quarentenária A1

- 1930 Filipinas
- Matou >30 milhões de plantas
- Mata ~um milhão por ano.



NOMENCLATURA E CLASSIFICAÇÃO

Por que classificar vírus?

- Proporcionar uma organização facilmente compreensível para o humana
- Ajudar na comunicação entre virologista e entre esses e outros cientistas
- Auxiliar na predição de propriedades de novos vírus
- Revelar relações evolucionárias dos vírus.

NOMENCLATURA E CLASSIFICAÇÃO

1. PRIMEIRAS TENTATIVA DE CLASSIFICAÇÃO

Johnson & Hoggan (1935) ⇒ Chave baseada em 5 características:

Modo de transmissão

Hospedeiro natural e diferencial

Longevidade in vitro

Ponto final de inativação pelo calor

Sintomas

EX: TMV= Tobacco virus 1

Smith (1937) ⇒ 51 grupos.

EX: TMV = *Nicotiana* virus 1

Holmes (1939) ⇒ Sistema binomial em latin

TMV = *Marmor tabaci*

Bennett (1939) ⇒ Sistema binomial em latin

TMV = *Tobaccovirus altathermus*

NOMENCLATURA E CLASSIFICAÇÃO

2. CLASSIFICAÇÃO BASEADA EM PROPRIEDADES INTRÍNSECAS

Commonwealth Mycological Institute (~ 1957)

Nomes de vírus = nome da moléstia

Sub-Comissão de Nomenclatura de Vírus de Planta (1966)

Classificação em Grupos: 16 grupos $\Rightarrow$ 25 grupos

EX: Tobamovirus = Tobacco mosaic virus

Potyvirus = Potato virus Y

Tomato Spotted Wilt Virus

NOMENCLATURA E CLASSIFICAÇÃO

3. CLASSIFICAÇÃO ATUAL

International Committee for Taxonomy of Viruses (ICTV) (2000)

A. CONCEITO DE ESPÉCIE PARA VÍRUS:

“População de genótipos virais, que através da replicação, mutação e seleção adaptativa para um nicho ecológico particular (planta, vetor, etc), resulta numa linhagem divergente da fonte original. Compartilha diversas características, mas nenhuma delas necessita ser comum a todos os membros”.

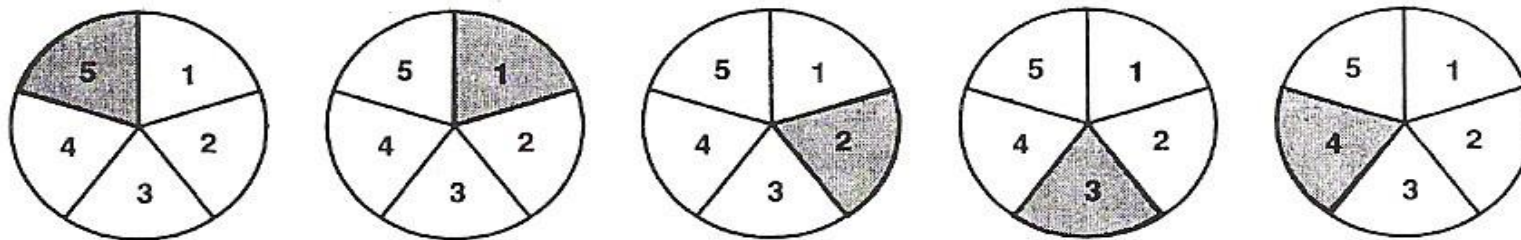


FIGURE 1

Schematic representation of five members of a polythetic class characterized by five properties, 1–5. Each member possesses several of these properties, but no single property is present in all the members of the class. This missing property in each case is represented by the gray sector.

Família *Bunyaviridae*

Compartilham: virion esférico ou pleomórfico, 80 – 120 nm de diâmetro, genoma constituído por três moléculas de RNA negativo ou ambisense, todos possuem 4 proteínas estruturais, envelope proveniente do complexo de Golgi ou membrana celular, replicam-se no citoplasma.

Gênero *Orthobunyavirus*

Gênero *Nairovirus*

Gênero *Phlebovirus*



Replicam-se em vertebrados e artrópodes
Transmitidos por pernilongos, mosquitos
(Phebotominae), carrapatos

Gênero *Hantavirus*



Replicam-se em vertebrados, sem vetor
Hospedeiro primário roedores. Homem sec.
Transmitidos principalmente por aerossol

Gênero *Tospovirus*



Replicam-se em plantas e tripes
Transmitidos por tripes

NOMENCLATURA E CLASSIFICAÇÃO

B. CARACTERES UTILIZADOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE FAMÍLIA E GÊNERO

Morfologia da partícula

Organização do genoma

Método de replicação

Número e tamanho das proteínas (estrutural e não estruturais)

C. CARACTERES UTILIZADOS PARA DISTINGUIR ESPÉCIES

Relacionamento da sequência do genoma

Círculo de hospedeiros naturais

Movimento na célula e tecidos

Patogenicidade e citopatologia

Modo de transmissão

Propriedades físico-químicas do virion

Propriedades antigênicas das proteínas

NOMENCLATURA E CLASSIFICAÇÃO

SITUAÇÃO ATUAL DA TAXONOMIA DE VÍRUS

Ordem = 7

Famílias = 111

Sub-família = 27

Gênero = 609

Espécies = 3.704

VIRÓIDES

Famílias = 2

Gêneros = 8

Espécies = 32

ICTV 2016

EXEMPLO DE CASO: Família *Potyviridae*

- Família** ⇒ 1° Partícula filamentosa (650 – 900 nm)
2° RNA de fita simples, positiva
3° Síntese de poliproteína

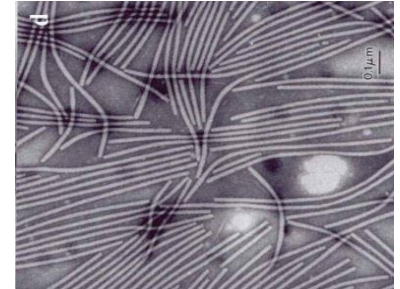
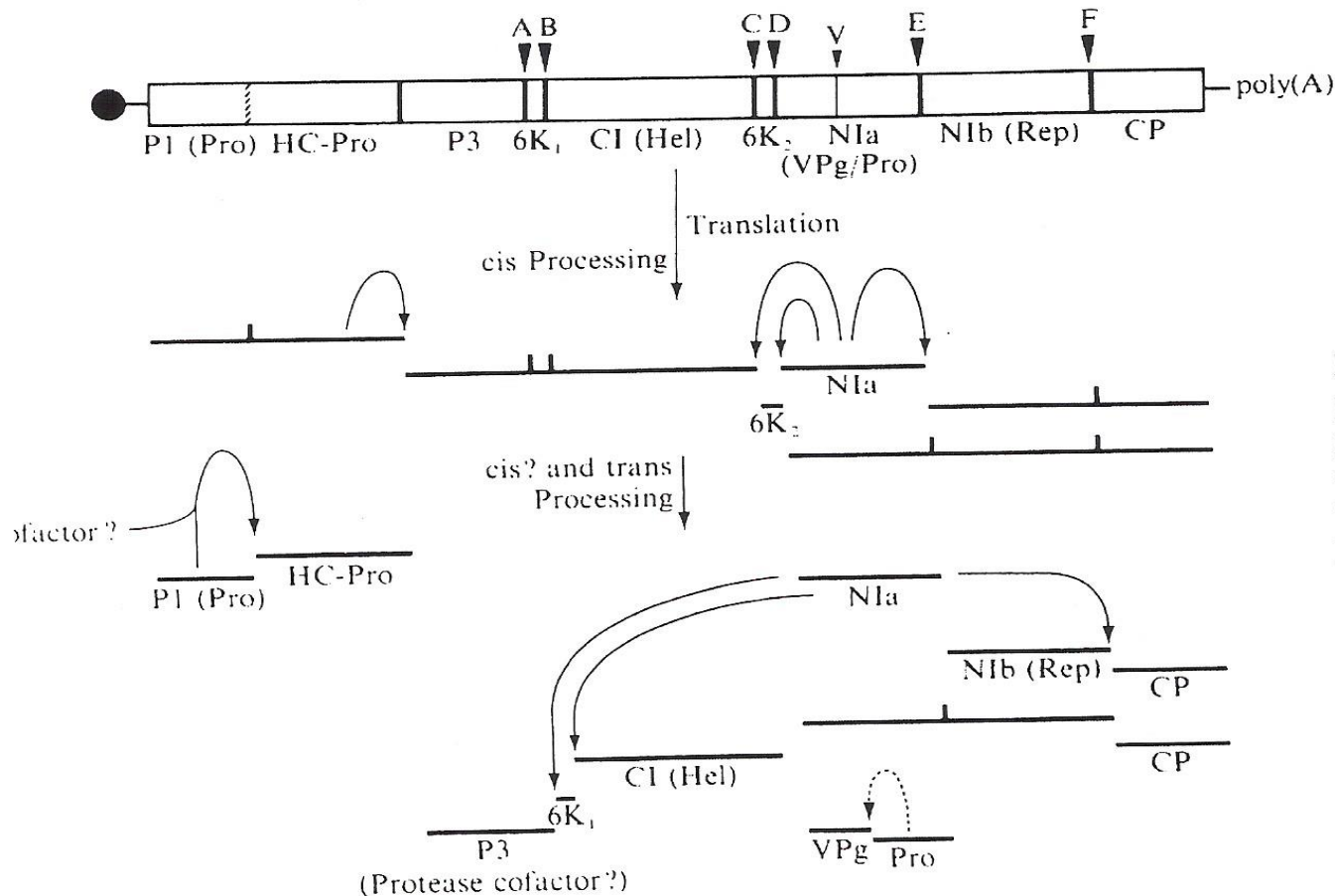


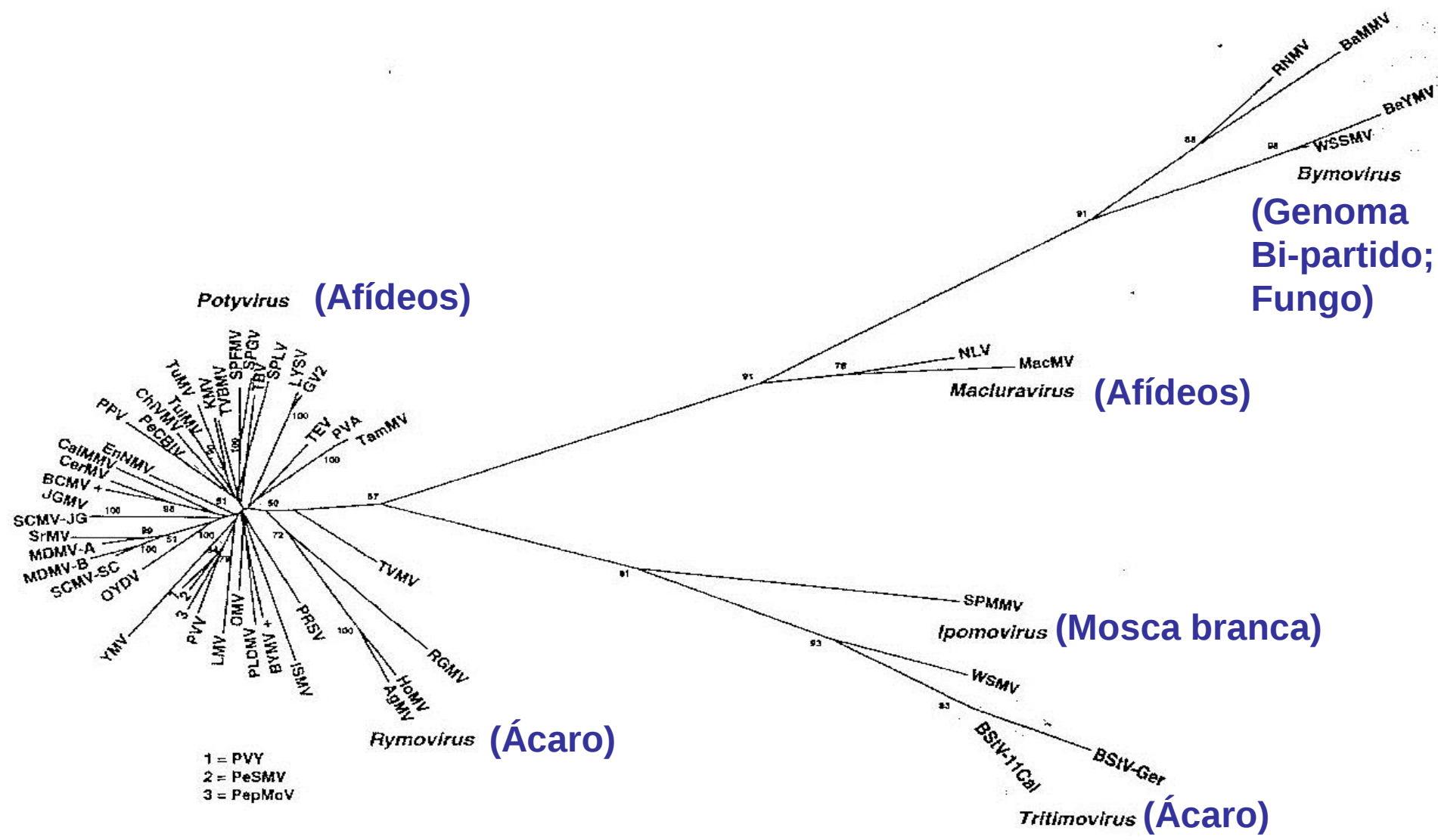
Fig. 7.16 Schematic of the processing of the potyvirus polyprotein. The primary events are probably co-translational and autocatalytic, yielding precursors and mature products. There is no information about the sequential order of these events, nor about the extent of further C-terminal processing of primary cleavage products. From Reichmann *et al.* (1992), permission.

EXEMPLO DE CASO: Família *Potyviridae*

Família *Potyviridae* ⇒ 1° Partícula filamentosa (650 – 900 nm)
2° RNA de fita simples, positiva
3° Síntese de poliproteína

8 Gêneros: Organização do genoma
Monopartido: *Potyvirus*, *Ipomovirus*,
Macluravirus, *Rymovirus*, *Tritimovirus*,
Brambyvirus e *Poacevirus*
Bipartido: *Bymovirus*
Tipo de vetor (pulgão, mosca branca, ácaro, fungo)
Hospedeiros: variável

FAMÍLIA POTYVIRIDAE: RELACIONAMENTO FILOGENÉTICO



EXEMPLO DE CASO: Família *Potyviridae*

Família *Potyviridae* ⇒ 1° Partícula filamentosa (650 – 900 nm)

2° RNA de fita simples, positiva

3° Síntese de poliproteína

7 Gêneros: Organização do genoma

Monopartido: *Potyvirus*, *Ipomovirus*,
Macluravirus, *Rymovirus*, *Tritimovirus*
e *Brambyvirus*

Bipartido: *Bymovirus*

Tipo de vetor (pulgão, mosca branca, ácaro, fungo)

Hospedeiros: variável

Gênero *Potyvirus* ⇒ genoma mono-partido

Transmitido por afídeos

162 espécies

CRITÉRIOS DE DEMARCAÇÃO DE ESPÉCIES DO GÊNERO POTYVIRUS

- Diferentes espécies possuem identidade na sequência de amino ácidos da CP <80%
- Sequência de nucleotídeos do genoma completo ou do gene da CP <76% (<85%, ICTV 2000 e 2005)
- Gama de hospedeiras e hospedeira diferencial chave
- Ausência de proteção
- Inclusões citoplasmáticas com morfologias diferentes
- Relacionamento sorológico

ORTOGRAFIA

BOX 1.5

EXAMPLE OF VIRUS CLASSIFICATION, NOMENCLATURE AND ORTHOGRAPHY

Taxa	Example	Suffix
Order	<i>Mononegavirales</i>	-virales
Family	<i>Rhabdoviridae</i>	-viridae
Subfamily		-virinae
Genus	<i>Nucleorhabdovirus</i>	-virus
Species	<i>Sonchus yellow net virus</i>	
Acronym	SYNV	