

Artigo

Flavonoides do Gênero *Solanum*

Pereira, I. S. P.;* Rodrigues, V. F.; Vega, M. R. G.

Rev. Virtual Quim., 2016, 8 (1), 4-26. Data de publicação na Web: 3 de janeiro de 2016

<http://rvq.sbq.org.br>**Flavonoids from the Genus *Solanum***

Abstract: In Brazil, the Solanaceae family has 31 genus and about 500 native species. The genus *Solanum* is the largest and most complex of his family. It is estimated that the genus consists about 1500 species and 5000 epithets that are located in tropical and subtropical regions of the world, South America being the center of greatest diversity of his kind. The class of secondary metabolites found in most species of the genus *Solanum* are flavonoids and alkaloids on which the flavonoids are involved in a variety of biological processes and can be used as taxonomic markers because in some species specificity. With purpose to contribute as a tool to the genus chemosystematics, this paper is a flavonoid review described in the literature, with a register of 88 substances since 2002.

Keywords: *Solanum*; flavonoids; chemosystematic.

Resumo

No Brasil, a família Solanaceae apresenta 31 gêneros e cerca de 500 espécies nativas. O gênero *Solanum* é o maior e mais complexo desta família. Estima-se que o gênero possua cerca de 1500 espécies e 5000 epítetos que estão localizados nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, sendo a América do Sul o centro de maior diversidade desse gênero. As principais classes de metabólitos secundários encontrados nas espécies do gênero *Solanum* são os alcaloides e flavonoides, estes últimos podem ser utilizados como marcadores taxonômicos devido à especificidade em algumas espécies. Com o objetivo de contribuir para a quimiosistemática do gênero, o presente trabalho traz uma revisão dos flavonoides descritos na literatura, com o registro de 88 substâncias, a partir do ano de 2002.

Palavras-chave: *Solanum*; flavonoides; quimiosistemática.

* Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciência e Tecnologia, Laboratório de Ciências Químicas, Avenida Alberto Lamego, 2000, Horto, CEP 28013-612, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil.

✉ isabelapereira65@yahoo.com.br

DOI: [10.5935/1984-6835.20160021](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20160021)

Flavonoides do Gênero *Solanum*

Isabela S. P. Pereira,^{a,*} Virginia F. Rodrigues,^b Maria Raquel G. Vega^a

^a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciência e Tecnologia, Laboratório de Ciências Químicas, Avenida Alberto Lamego, 2000, Horto, CEP 28013-612, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil.

^b Universidade Estácio de Sá, Av. 28 de Março, 423, Centro, Campos do Goytacazes-RJ, Brasil.

* isabelapereira65@yahoo.com.br

Recebido em 24 de agosto de 2015. Aceito para publicação em 3 de janeiro de 2016

1. Introdução
2. Biossíntese de flavonoides: via mista
3. Ocorrência e diversidade estrutural de flavonoides no gênero *Solanum*
4. Conclusões

1. Introdução

A família Solanaceae possui 106 gêneros¹ e cerca de 3000 espécies, com distribuição cosmopolita, na qual a América do Sul é um dos principais centros de diversidade e endemismo.² No Brasil, a família Solanaceae apresenta 31 gêneros e cerca de 500 espécies nativas.³ Representada no grupo vegetal das angiospermas, essa família é bioprodutora de uma grande variedade de alcaloides, sendo eles: tropânicos, quinolizidínicos, indólicos, piridínicos, quinolínicos, esteroidais, pirrolizidínicos, piperidínicos, isoquinolínicos e mistos.⁴

Entre todos os gêneros da família

Solanaceae, o gênero *Solanum* é o maior e mais complexo. Estima-se que possua cerca de 1500 espécies e 5000 epítetos e estão localizados nas regiões tropicais e subtropicais, sendo a América do Sul o centro de maior diversidade.⁵ No Brasil, cerca de 350 espécies do gênero *Solanum* foram identificadas, sendo muitas delas endêmicas.⁶

Espécies do gênero *Solanum* tem uma grande importância econômica mundial, já que muitas fazem parte da alimentação humana, como por exemplo: a batata (*Solanum tuberosum*), a beringela (*Solanum melongena*), o tomate (*Solanum lycopersicum*) e o jiló (*Solanum gilo*)⁷ (Figura 1).

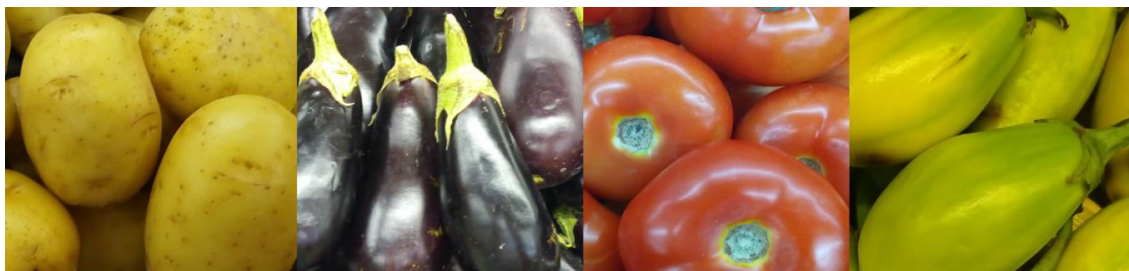


Figura 1. Exemplos de espécies do gênero *Solanum* presentes na dieta humana

A quimiotaxonomia vegetal é uma área da botânica cujo objetivo central compreende a utilização de dados químicos para a resolução de problemas de natureza taxonômica, quando os caracteres morfológicos não são suficientes para a correta classificação de uma espécie ou quando há muita discrepância entre autores das classificações morfológicas, utilizando para isto, além da filogenia, a ocorrência de determinadas classes de metabólitos secundários nos táxons.

A análise do padrão de ocorrência desses metabólitos contribui para o estabelecimento de grupos de marcadores químicos, ou seja, a junção de parâmetros químicos e morfológicos de avanços evolutivos demonstram a existência de gradientes químicos de afinidade entre tais grupos.^{8,9} A classe de metabólitos secundários mais encontrados nas espécies do gênero *Solanum* são os alcaloides e flavonoides.¹⁰

Uma importante área de pesquisas com plantas é a fitoquímica, que tem como objetivo isolar, caracterizar e catalogar os

constituintes químicos presentes em espécies vegetais contribuindo para conhecimento da biodiversidade.⁴ Esses constituintes químicos, denominados metabólitos secundários, tem como função serem “mensageiros de informação”, responsáveis pela conectividade entre organismo e ambiente, e é através delas que as plantas “sentem” e “se fazem sentir” no ambiente, isto é, se comunicam com a biota associada.¹¹

Existem substâncias que são consideradas marcadores quimiotaxonômicos do gênero *Solanum*, tais como: glicosídeos e saponinas esteroidais;¹² alcaloides esteroidais, mais encontrados nas raízes;¹³ flavonoides livres, flavonas, flavonóis e seus glicosídeos, predominante nas folhas.^{14,15} Algumas substâncias dessas classes são mostradas na Figura 2.

Este trabalho apresenta uma revisão da ocorrência e diversificação estrutural de flavonoides dentro do gênero *Solanum*, visando contribuir para o entendimento da sistemática deste gênero.

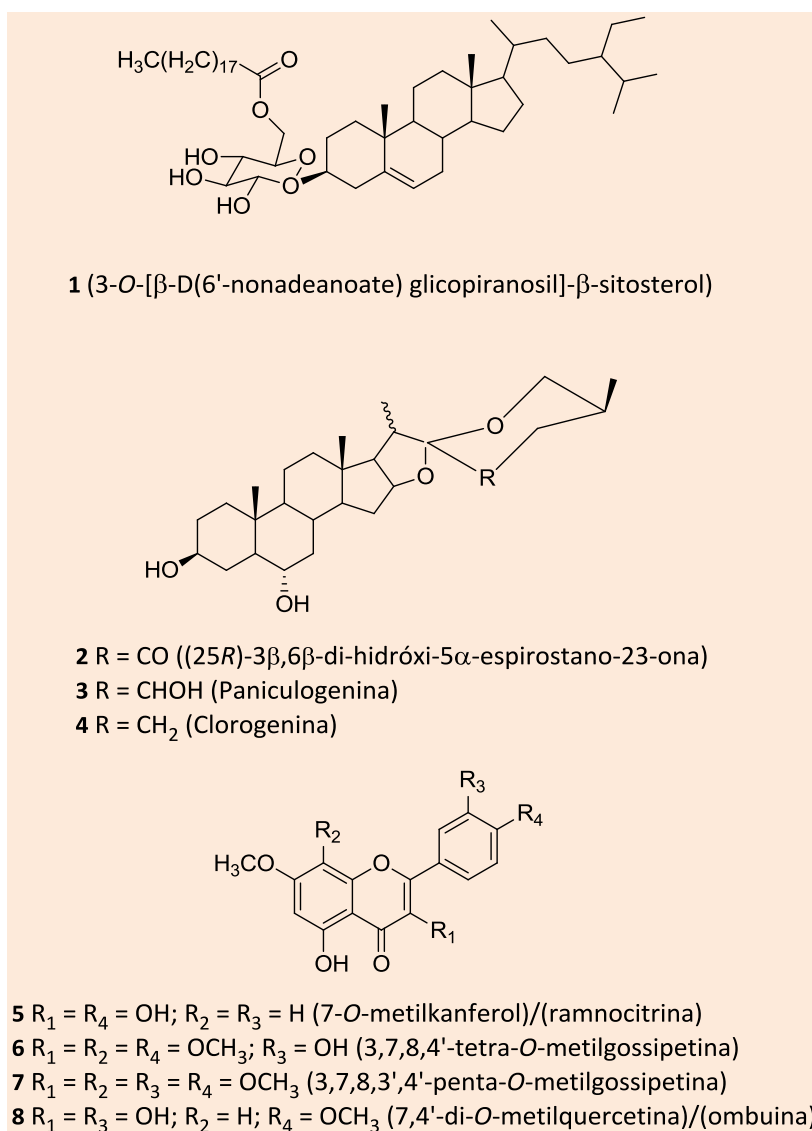


Figura 2. Estrutura química de alguns marcadores taxonômicos do gênero *Solanum*^{12,15}

2. Biossíntese de flavonoides: via mista

Os flavonoides pertencem a uma classe de compostos amplamente distribuída no reino vegetal e representam uma das classes de metabólitos secundários mais importantes e diversificadas entre os produtos naturais. Encontram-se em abundância nas angiospermas e têm grande diversidade estrutural.⁴

Nas plantas, os flavonoides estão envolvidos em uma variedade de processos

biológicos, tais como: a proteção dos vegetais contra a incidência dos raios ultravioleta e visível; a proteção contra insetos, fungos, vírus e bactérias; atração de animais para a polinização; possuem atividade antioxidante; controlam a ação de hormônios vegetais; são agentes alelopáticos e inibem enzimas. Também podem ser utilizados como marcadores taxonômicos devido a especificidade em algumas espécies.⁴

Os flavonoides são oriundos da rota biossintética mista, na qual uma parte do esqueleto flavonoídico é derivado do ácido chiquímico e a outra do acetil-CoA. O esqueleto básico dos flavonoides (Figura 3) é

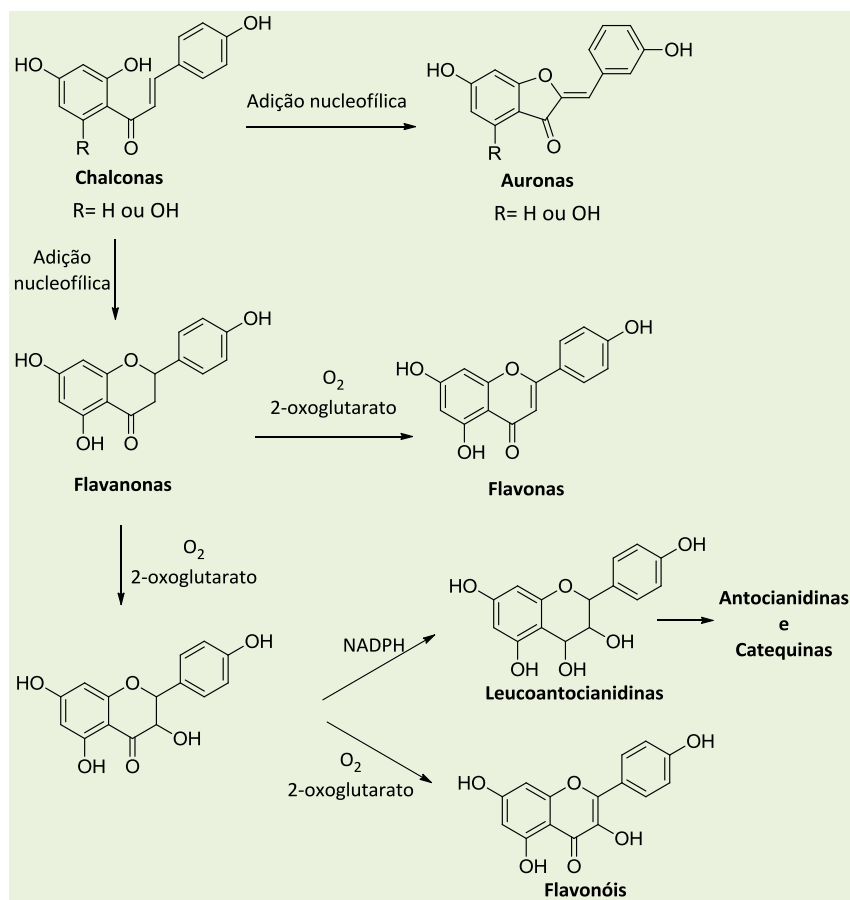


Figura 4 (continuação). Continuação da Biossíntese de flavonoides¹⁶

3. Ocorrência e diversidade estrutural de flavonoides no gênero *Solanum*

Flavonas, flavonóis e seus *O*-heterosídeos são compostos que fazem parte de um grande grupo de flavonoides de origens biossintéticas muito próximas, e são muito encontrados em espécies do gênero *Solanum*.^{4,14} A literatura registra uma revisão da ocorrência de flavonas, flavonóis e seus glicosídeos em espécies do gênero *Solanum* do ano de 1962 à 2002.¹⁴ O presente trabalho atualiza os dados de ocorrências dessas substâncias a partir do ano de 2002 até o atual.

Nas Tabelas 1-4 e Figuras 6-10, estão sumarizados os flavonoides descritos para o

gênero *Solanum* no período de 2002 a 2015. Na primeira coluna da tabela constam os nomes IUPAC e triviais em parênteses das substâncias isoladas; a segunda coluna contém as espécies das quais estas foram isoladas; e a última coluna contém as referências. Nesta pesquisa bibliográfica foram incluídas de forma separada as classes dos flavonóis, flavonas e antocianinas que são derivadas das antocianidinas. Na Tabela 4, estão compiladas as classes de flavonoides cuja presença no gênero é minoritária, são elas: biflavonoides, flavanonas, flavononóis, isoflavonas, isoflavanas, isoflavanonas, e seus glicosídeos.¹⁷ As estruturas dos esqueletos básicos dessas classes de flavonoides estão ilustradas na Figura 5. . A revisão foi realizada na base de dados *SciFinder*, utilizando como palavras-chave: *Solanum*; e como ferramenta de refino: *isolated*.

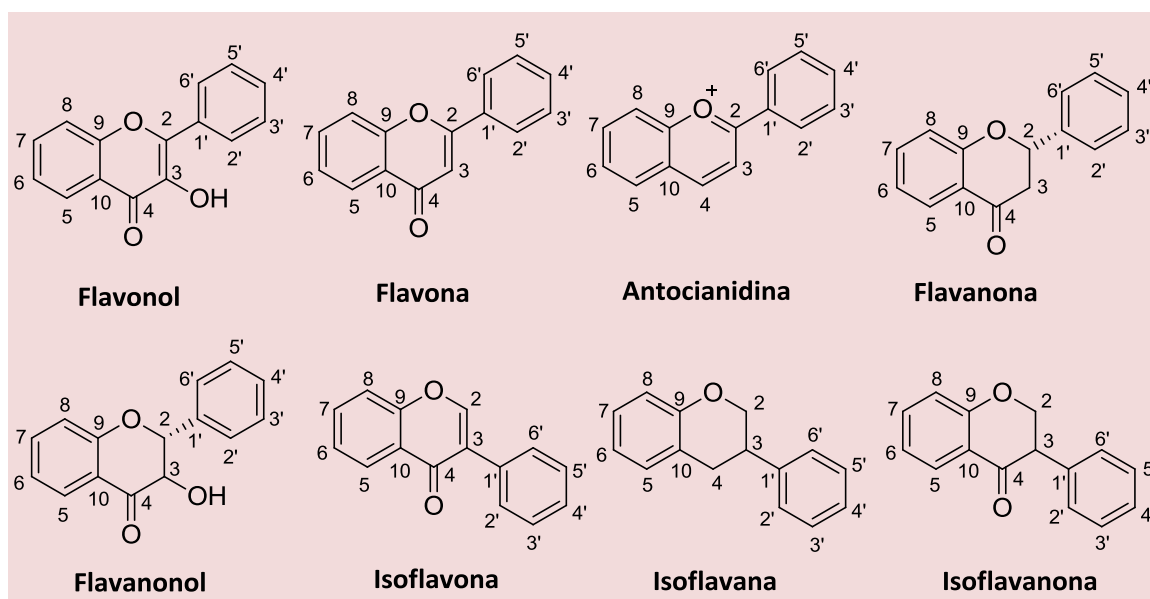


Figura 5. Esqueletos básicos de flavonoides¹⁷

Tabela 1. Ocorrências da classe dos flavonóis e seus glicosídeos descritos do gênero *Solanum* no período de 2002 a 2015

Flavonóis	Espécies	Referências
(9) Quercetina-3-O-β-D-glicopiranosil (isoquercitrina)	<i>S. elaeagnifolium</i>	18
	<i>S. rostratum</i>	19
	<i>S. torvum</i>	20
	<i>S. elaeagnifolium</i>	21
(10) 5-hidróxi-3,7,4'-trimetoxiflavona	<i>S. schimperianum</i>	22
(11) 3,3',4',7-O-tetrametilquercetina (retusina)	<i>S. paludosum</i>	23
	<i>S. jabrense</i>	24
	<i>S. paludosum</i>	15
	<i>S. schimperianum</i>	22
(12) Kaempferol-3-O-β-D-glicopiranosil (astragalina)	<i>S. schimperianum</i>	22
	<i>S. crinitum</i>	25
	<i>S. rantonnetii</i>	26
	<i>S. rostratum</i>	19
	<i>S. crinitum</i>	27
(13) Quercetina-3-O-α-L-ramnopiranosil-(1→6)-O-β-D-glicopiranosil (rutina)	<i>S. elaeagnifolium</i>	21
	<i>S. sordidum</i>	28
	<i>S. palinacanthum</i>	29
	<i>S. elaeagnifolium</i>	30
	<i>S. paniculatum</i>	31
(14) Kaempferol-3-O-ramnopiranosil-(1→6)-β-glicopiranosil	<i>S. torvum</i>	20
	<i>S. lyratum</i>	32
(15) Kaempferol-3-O-β-D-(6''-O-trans-p-cumaroil)-glicopiranosil (trans-tilirosídeo)	<i>S. sordidum</i>	28
	<i>S. asperum</i>	33

	<i>S. crinitum</i>	34
	<i>S. crinitum</i>	25
	<i>S. crinitum</i>	27
	<i>S. erianthum</i>	35
	<i>S. elaeagnifolium</i>	36
(16) Kaempferol-3-O-(6''-O-cis-p-cumaroil)-O-β-glicopiranosil (cis-tilirosídeo)	<i>S. elaeagnifolium</i>	21
(17) Kaempferol-7-O-α-L-ramnopiranosil	<i>S. asperum</i>	33
(18) Kaempferol-3-O-[β-D-glicopiranosil-(1→6)-α-L-ramnopiranosil]-7-O-α-L-ramnopiranosil	<i>S. asperum</i>	33
(19) 3,5,7,4'-tetra-hidroxi flavonol (kaempferol)	<i>S. elaeagnifolium</i>	18
	<i>S. crinitum</i>	25
	<i>S. rantonnetii</i>	26
	<i>S. nienkui</i>	37
	<i>S. torvum</i>	38
	<i>S. torvum</i>	20
	<i>S. torvum</i>	39
	<i>S. crinitum</i>	27
(20) 7,4'-di-O-metilquercetina (ombuína)	<i>S. jabrense</i>	15
(21) 7-O-metilkaempferol (ramnocitrina)	<i>S. paludosum</i>	15
	<i>S. paludosum</i>	23
	<i>S. jabrense</i>	24
(22) 3,7-di-O-metilkaempferol (kumatakenina)	<i>S. paludosum</i>	15
	<i>S. paludosum</i>	23
(23) 3-O-metilquercetina	<i>S. paludosum</i>	15
	<i>S. paludosum</i>	23
	<i>S. rantonnetii</i>	26
(24) 3,7,8,4'-tetra-O-metilgossipetina	<i>S. paludosum</i>	15
	<i>S. paludosum</i>	23
(25) 3,7,8-tri-O-metilherbacetina	<i>S. paludosum</i>	15
(26) 3,7,8,3',4'-penta-O-metilgossipetina	<i>S. paludosum</i>	23
	<i>S. paludosum</i>	15
(27) 7,4'-di-O-metilquercetina	<i>S. jabrense</i>	24
(28) 3,5,7,3',4'-penta-hidroxi flavona (quercetina)	<i>S. elaeagnifolium</i>	30
	<i>S. nienkui</i>	37
	<i>S. torvum</i>	38
	<i>S. torvum</i>	20
	<i>S. torvum</i>	39
	<i>S. lyratum</i>	40
(29) Quercetina-3-O-α-L-ramnopiranosil (quercitrina)	<i>S. cernuum</i>	41
(30) Quercetina 3-O-α-L-ramnopiranosil (1'''→6''')-O-β-D-galactopiranosil	<i>S. paniculatum</i>	31
(31) 8-O-metilkaempferol	<i>S. rantonnetii</i>	26
(32) Quercetina-3-O-β-D-galactopiranosil (hiperina)	<i>S. rostratum</i>	19
	<i>S. rantonnetii</i>	26
	<i>S. elaeagnifolium</i>	21
(33) Kaempferol-8-C-β-galactopiranosil	<i>S. elaeagnifolium</i>	21

(34) 4'-O-metilquercetina-3-glicopiranosil (tamarixin)	<i>S. torvum</i>	38
(35) Kaempferol-3-O-(2'-β-D-galactopiranosil)-β-D-glicopiranosil (cameliasídeo C)	<i>S. erianthum</i>	42
(36) 3,5,7-tri-hidróxi-6,4'-di-O-metilflavona	<i>S. surattense</i>	43
(37) 3,7,3',4',5'-penta-O-metilmiricetina	<i>S. glabratum</i>	44
(38) 6,8-di-C-metilkaempferol 3-O-α-ramnopiranosil	<i>S. erianthum</i>	35
(39) Kaempferol-3-O-α-ramnopiranosil (afzelina)	<i>S. cernuum</i>	41
	<i>S. rantonnetii</i>	26
(40) Isoramnetina-3-O-β-D-galactopiranosil	<i>S. rostratum</i>	19
(41) Isoramnetina-3-O-α-L-ramnopiranosil (1→6)-β-D-glicopiranosil	<i>S. glabratum</i>	45
(42) Kaempferol-7-O-β-D-glicopiranosil	<i>S. elaeagnifolium</i>	21
(43) Kaempferol-6-C-glicopiranosil	<i>S. elaeagnifolium</i>	21
(44) Quercetina-6-C-β-D-glicopiranosil	<i>S. elaeagnifolium</i>	21
(45) Quercetina-3-O-β-D-apiofuranosil-(1→2)-β-D-galactopiranosil	<i>S. elaeagnifolium</i>	21
(46) Kaempferol-8-C-glicopiranosil	<i>S. elaeagnifolium</i>	21
(47) Kaempferol-3-O-(6''-O-cis-p-cumaroil)-O-β-galactopiranosil	<i>S. elaeagnifolium</i>	21

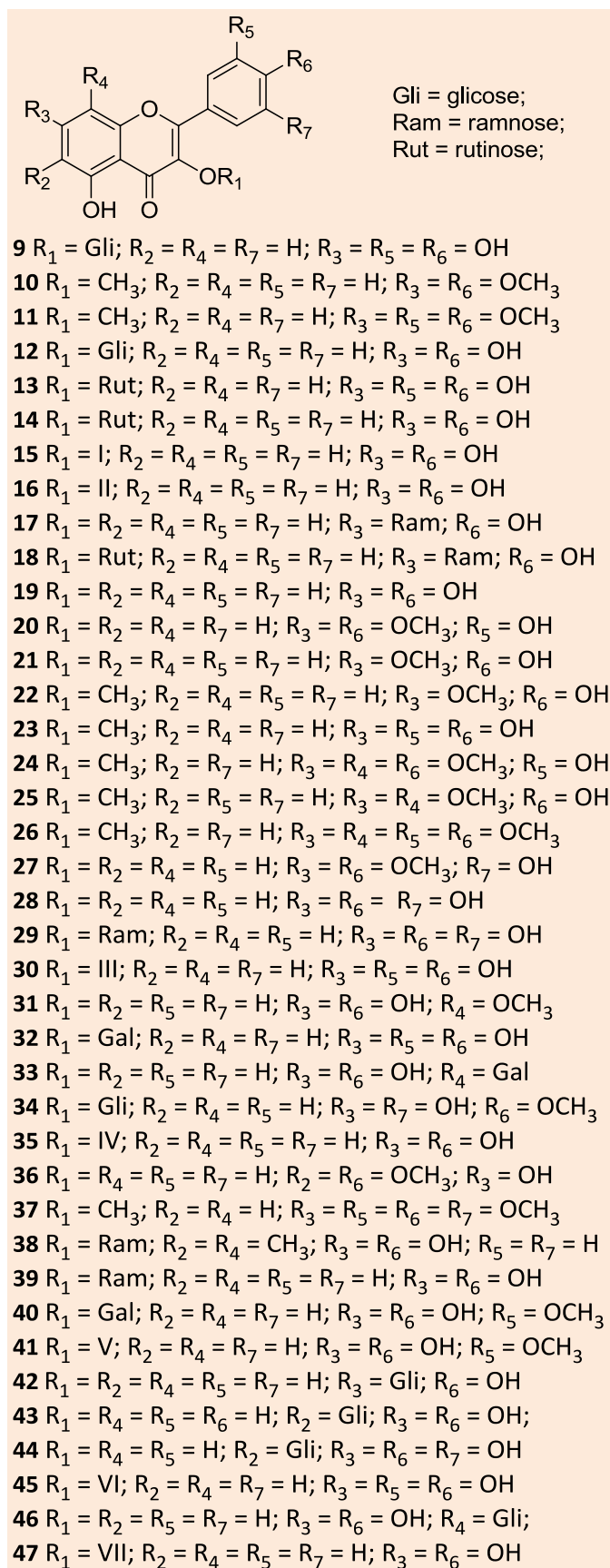


Figura 6. Estruturas químicas dos flavonóis e seus glicosídeos citadas na Tabela 1, sendo seus substituintes (I-IX) apresentados na Figura 7

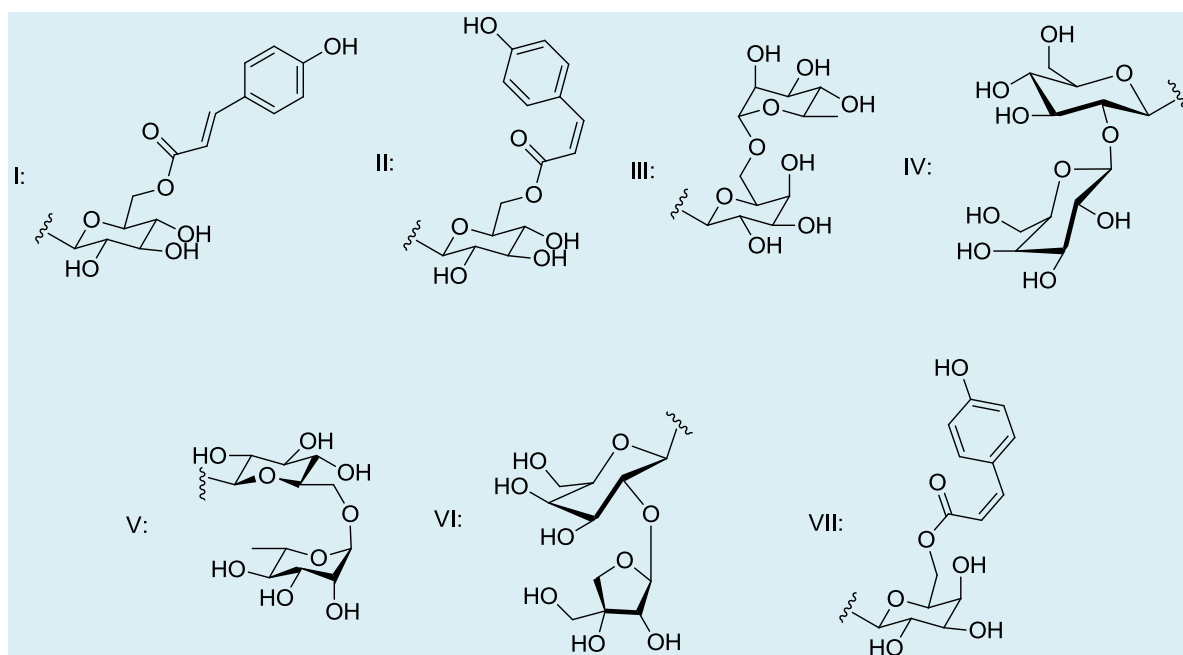


Figura 7. Estruturas químicas dos substituintes (I-VII) presentes nos flavonóis citados na Figura 6

Tabela 2. Ocorrências da classe das flavonas e seus glicosídeos descritos do gênero *Solanum* no período de 2002 a 2015

Flavonas	Espécies	Referências
(48) 7,4'-dimetil-apigenina-6-C-β-glicopiranosil-2''-O-α-L-arabinopiranosil	<i>S. verbascifolium</i>	46
(49) 4'-metil-apigenina-6,7-glicopiranosil (acacetina-6-C-glicopiranosil-7-O-glicopiranosil)	<i>S. verbascifolium</i>	46
(50) 7,4'-dimetil-apigenina-6-C-β-glicopiranosil-2''-O-α-L-glicopiranosil (embinoidin)	<i>S. verbascifolium</i>	46
(51) 7-O-metilapigenina (genkwanina)	<i>S. paludosum</i>	15
	<i>S. paludosum</i>	23
(52) Apigenina 8-C-β-D-glicopiranosil (vitexina)	<i>S. rantonnetii</i>	26
	<i>S. elaeagnifolium</i>	21
(53) Apigenina 6-C-β-glicopiranosil (isovitexina)	<i>S. rantonnetii</i>	26
(54) 5,7,3'-tri-hidróxi-4'-O-metilflavona (diosmetina)	<i>S. nienkui</i>	37
(55) 5,7,3',4'-tetraidroxiflavona (luteolina)	<i>S. torvum</i>	38
(56) 5,7,4'-tri-hidroxiflavona (apigenina)	<i>S. torvum</i>	38
	<i>S. lyratum</i>	47
(57) 5,3',4'-tri-hidroxiflavona-7-O-β-D-glicopiranosil	<i>S. surattense</i>	43
(58) 5-hidróxi-7,2',3',5'-tetra-O-metilflavona	<i>S. glabratum</i>	44
(59) Acacetina-7-O-rutinosil	<i>S. lyratum</i>	48
(60) Apigenina-6,8-di-C-β-D-glicopiranosil	<i>S. elaeagnifolium</i>	21
(61) 5-metóxi-(3'',4''-di-hidro-3'',4''-diacetoxi)-2'',2''-dimetilpirano-(7,8:5'',6'')-flavona	<i>S. erianthum</i>	42

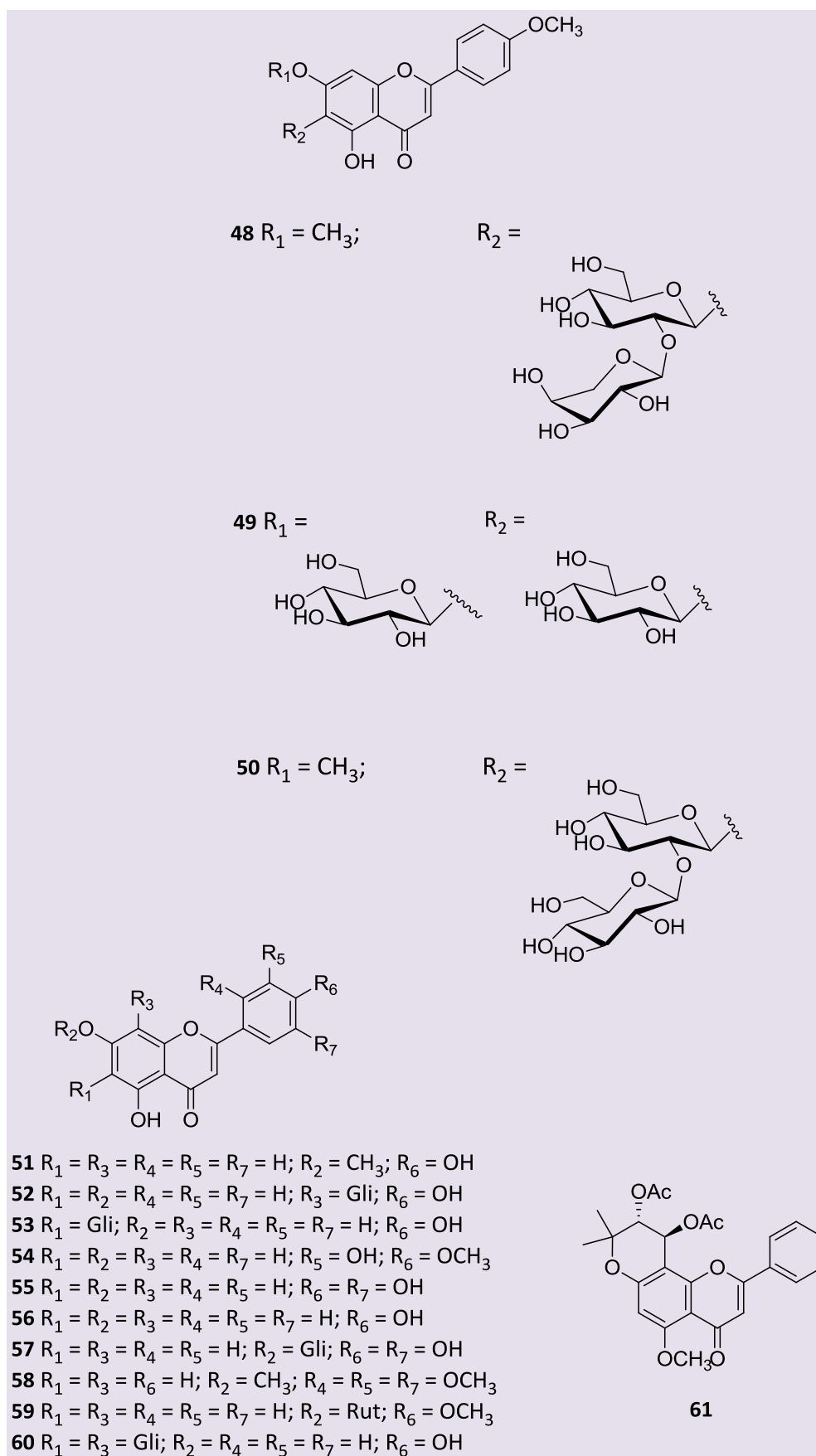


Figura 8. Estruturas químicas das flavonas e seus glicosídeos citadas na Tabela 2

Tabela 3. Ocorrências da classe das antocianinas e seus glicosídeos descritos do gênero *Solanum* no período de 2002 a 2015

Antocianinas	Espécies	Referências
(62) Petunidina-3- <i>O</i> -[6- <i>O</i> -(4- <i>O</i> - <i>trans</i> -cafeoil- <i>O</i> - α -ramnopiranosil)- β -glicopiranosil]-5- <i>O</i> - β -glicopiranosil	<i>S. tuberosum</i>	49
	<i>S. tuberosum</i>	50
(63) Petunidina-3- <i>O</i> -[6- <i>O</i> -(4- <i>O</i> - <i>E-p</i> -cumaroil- <i>O</i> - α -ramnopiranosil)- β -glicopiranosil]-5- <i>O</i> - β -glicopiranosil	<i>S. tuberosum</i>	49
	<i>S. tuberosum</i>	50
(64) Petunidina-3-rutinosil-5-glicopiranosil	<i>S. tuberosum</i>	50
(65) Petunidina-3-feruloilrutinosil-5-glicopiranosil	<i>S. tuberosum</i>	50
(66) Petunidina-3- <i>p</i> -cumaroilrutinosil	<i>S. tuberosum</i>	50
(67) Peonidina-3- <i>O</i> -[6- <i>O</i> -(4- <i>O</i> - <i>E</i> -cafeoil- <i>O</i> - α -ramnopiranosil)- β -glicopiranosil]-5- <i>O</i> - β -glicopiranosil	<i>S. tuberosum</i>	49
(68) Peonidina-3- <i>O</i> -[6- <i>O</i> -(4- <i>O</i> - <i>E-p</i> -cumaroil- <i>O</i> - α -ramnopiranosil)- β -glicopiranosil]-5- <i>O</i> - β -glicopiranosil	<i>S. tuberosum</i>	49
	<i>S. tuberosum</i>	50
(69) Malvidina-3-rutinosil-5-glicopiranosil	<i>S. tuberosum</i>	50
(70) Malvidina-3- <i>p</i> -cumaroilrutinosil-5-glicopiranosil	<i>S. tuberosum</i>	50
(71) Malvidina-3-feruloilrutinosil-5-glicopiranosil	<i>S. tuberosum</i>	50
(72) Delfinidina-3-[4-(<i>cis-p</i> -cumaroil)-L-ramnosil (1 \rightarrow 6) glicopiranosil]-5- glicopiranosil (<i>cis</i> -nasunina)	<i>S. melongena</i>	51
(73) Delfinidina-3-[4-(<i>trans-p</i> -cumaroil)-L-ramnosil-(1 \rightarrow 6) glicopiranosil]-5-glicopiranosil (<i>trans</i> -nasunina)	<i>S. melongena</i>	51
	<i>S. melongena</i>	52
	<i>S. melongena</i>	53
(74) Delfinidina-3- <i>O</i> -(6''- <i>O</i> - α -ramnopiranosil- β -glicopiranosil)-3'- <i>O</i> - β - glicopiranosil	<i>S. betaceum</i>	54
(75) Delfinidina-3- <i>O</i> -(6''- <i>O</i> - α -ramnopiranosil)- β -glicopiranosil	<i>S. betaceum</i>	54
(76) Cianidina-3- <i>O</i> -(6''- <i>O</i> - α -ramnopiranosil)- β -glicopiranosil	<i>S. betaceum</i>	54
(77) Pelargonidina-3- <i>O</i> -(6''- <i>O</i> - α -ramnopiranosil)- β -glicopiranosil	<i>S. betaceum</i>	54
(78) Delfinidina-3-rutinosil-5-glicopiranosil	<i>S. melongena</i>	52

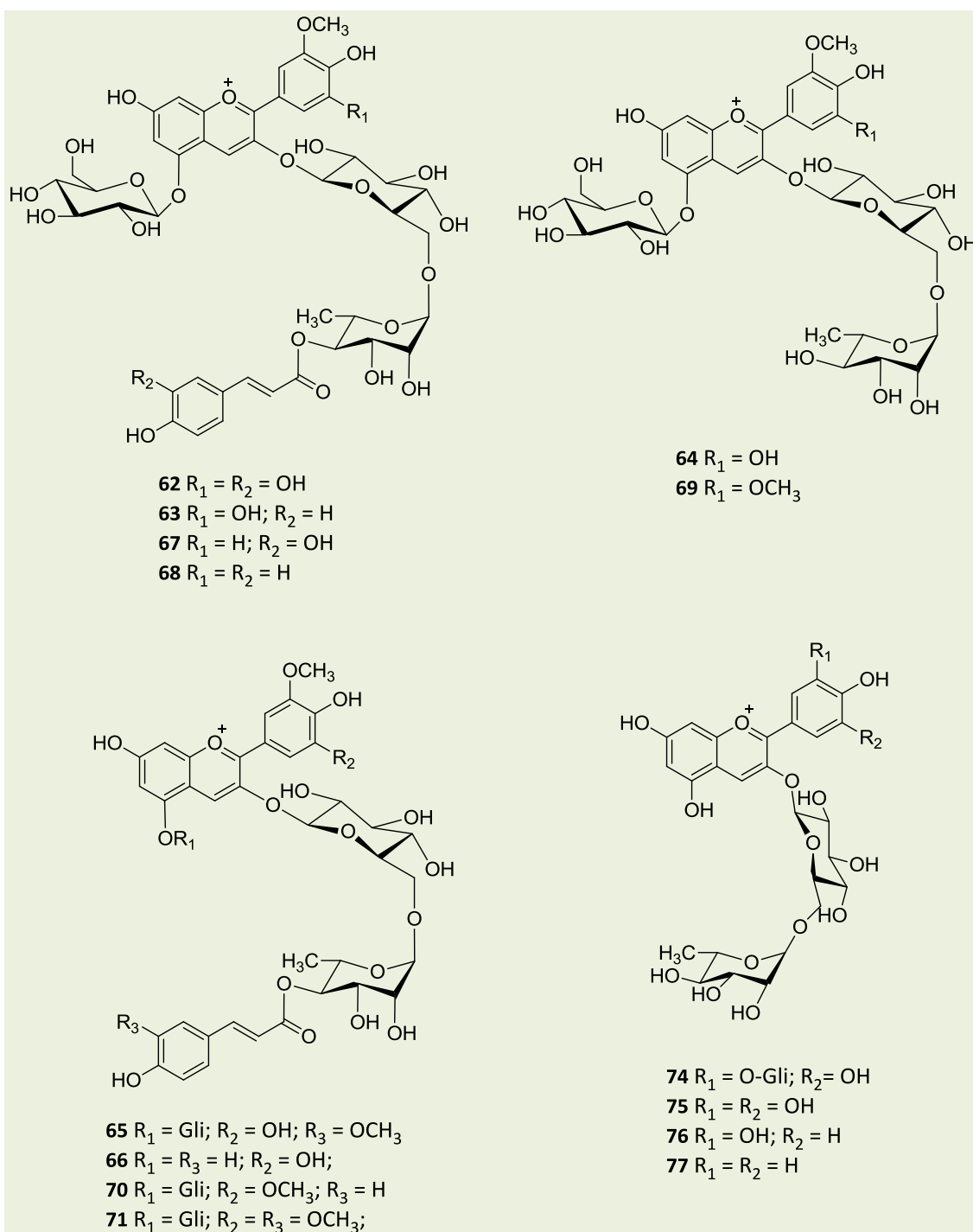


Figura 9. Estruturas químicas das antocianinas e seus glicosídeos citadas na Tabela 3

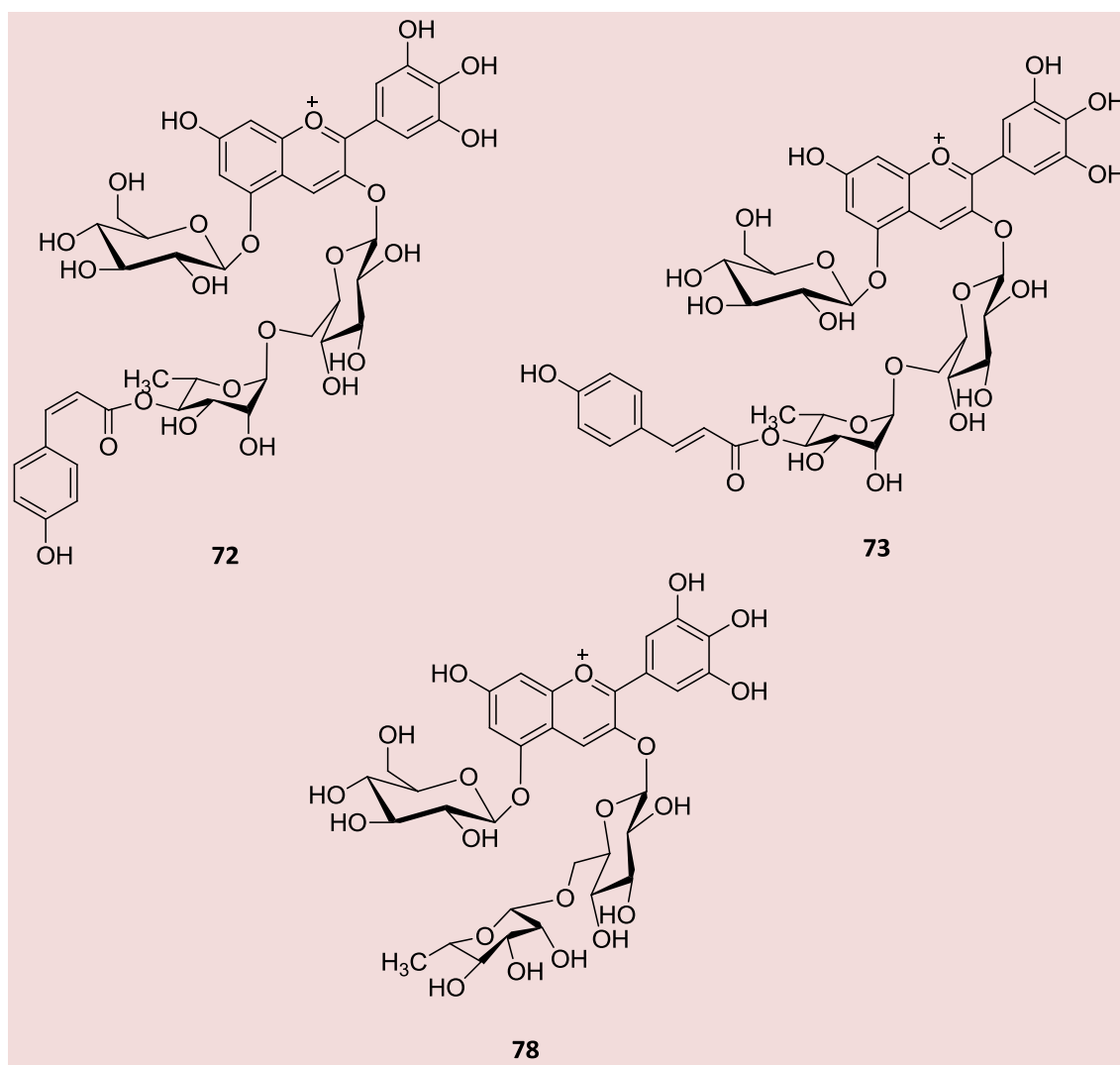


Figura 9 (continuação). Estruturas químicas das antocianinas e seus glicosídeos citadas na Tabela 3

Tabela 4. Ocorrências de classes minoritárias de flavonoides e seus glicosídeos descritos do gênero *Solanum* no período de 2002 a 2015

Outras classes	Espécies	Referências
(79) Isoramnetina-3-O-β-D-glicopiranosil-(4'→O→4''')-galangina-3''-O-β-D-glicopiranosil (Solanoflavona)	<i>S. melongena</i>	55
(80) 2R,3R-5,7,4'-tri-hidróxi-diidroflavona-3-O-α-D-glicopiranosil-6''-O-β-D-glicopiranosil-6'''-p-hidroxi benzoato	<i>S. elaeagnifolium</i>	36
(81) Naringenina	<i>S. nienkui</i>	37
(82) 4,7,2',4'-tetra-hidróxi-3'-prenil isoflavona (liratina A)	<i>S. lyratum</i>	56
(83) 4,7,2'-tri-hidróxi-2'',2''-dimetilpirano-(3',4':5'',6'')-isoflavona (liratina B)	<i>S. lyratum</i>	56
(84) 4,7,2',3''-tetra-hidróxi-2'',2''-dimetil tetra-hidropirano (3',4':5'',6'')-isoflavona (liratina C)	<i>S. lyratum</i>	56
(85) 4,7,2' tri-hidróxi-4'-O-metil-isoflavan	<i>S. lyratum</i>	56
(86) Biochanina-A-7-O-β-D-apiofuranosil-(1→5)-β-D-apiofuranosil-(1→6)-β-D-glicopiranosil	<i>S. crinitum</i>	25
(87) (2E)3-{4-hidróxi-3-metóxi-5-[6-metóxi-4-(sulfóxi)-3,4-dihidro-2H-1-benzopirano-3-il] fenil} ácido prop-2-enoico (torvanol A)	<i>S. torvum</i>	57
(88) 7,2',4'-tri-hidróxi-5-O-metil-isoflavanona	<i>S. nienkui</i>	37
(89) 4'-O-metil-isoflavona-7-O-β-D-glicopiranosil (ononina)	<i>S. lyratum</i>	58
(90) 5,4'-di-hidróxi-isoflavona-7-O-β-D-glicopiranosil (genistina)	<i>S. lyratum</i>	58
(91) 7-β-D-glicopiranosil-5,7-di-hidróxi-4'-O-metil-isoflavona (biochanina A-7-glicopiranosil)	<i>S. lyratum</i>	58
(92) 7-hidróxi-4'-O-metil-isoflavona (formononetina)	<i>S. lyratum</i>	58
	<i>S. lyratum</i>	47
(93) 7,4'-di-hidróxi-isoflavona (daidzeina)	<i>S. lyratum</i>	58
	<i>S. lyratum</i>	47
(94) 7,4'-di-hidróxi-isoflavona-7-glicopiranosil (daidzina)	<i>S. lyratum</i>	58
	<i>S. lyratum</i>	47
(95) 5,7,4'-tri-hidróxi-isoflavona (genisteína)	<i>S. lyratum</i>	47
(96) 6,2',3'',5'',4'''-penta-hidróxi-3,7''-biflavona	<i>S. dulcamara</i>	59

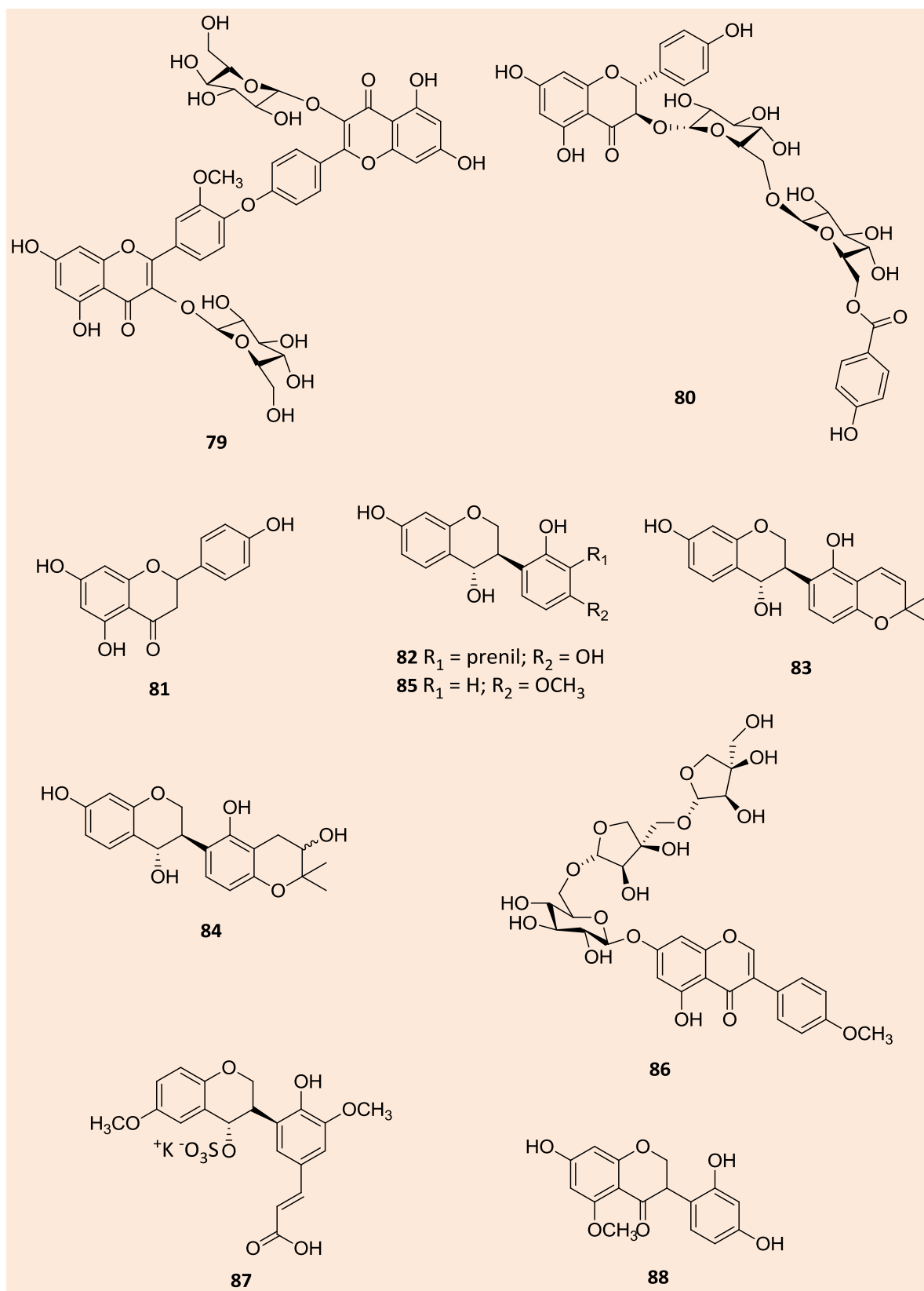


Figura 10. Estruturas químicas das classes minoritárias de flavonoides e seus glicosídeos citadas na Tabela 4

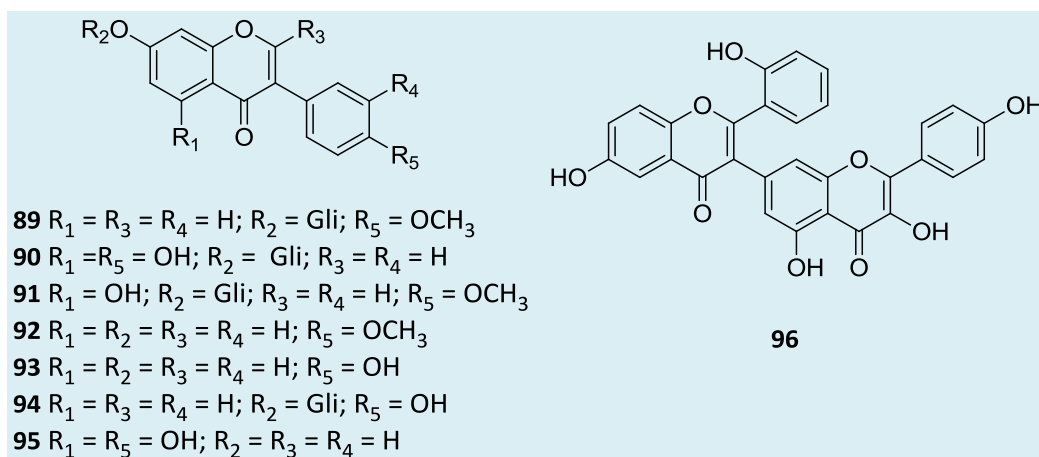


Figura 10 (continuação). Estruturas químicas das classes minoritárias de flavonoides e seus glicosídeos citadas na Tabela 4

Na revisão publicada em 2003 por Silva e colaboradores, foram catalogados apenas dados de flavonóis e flavonas, outras classes de flavonoides haviam sido excluídas devido aos poucos dados disponíveis na literatura.¹⁴ Já na presente pesquisa bibliográfica foi constatada uma significativa presença da classe das antocianinas, o que levou a incluí-la nessa revisão.

Na Figura 11 é apresentada a distribuição da ocorrência em termos percentuais das classes de flavonoides encontrados no gênero *Solanum* de acordo com a revisão bibliográfica realizada neste trabalho. Pode-se observar a predominância da subclasse dos flavonóis com 44%, seguido das classes de antocianinas e flavonas com 19% e 16%, respectivamente. Uma análise mais

detalhada da diversidade estrutural destas moléculas revela a presença de uma grande quantidade de flavonoides glicosilados.

A evolução micromolecular depende do teor de oxigênio disponível na atmosfera, embora não atue diretamente sobre a evolução macromolecular, mas provoca ação de dispositivos de proteção enzimáticos, que dentro das angiospermas vem acompanhado da redução de produção de metabólitos secundários pela via do chiquimato concomitante com o aumento da produção pela via do acetato/mevalonato, assim um maior nível de oxigenação observado nos flavonoides catalogados pode sugerir maior evolução em termos químicos dentro da classe.⁹

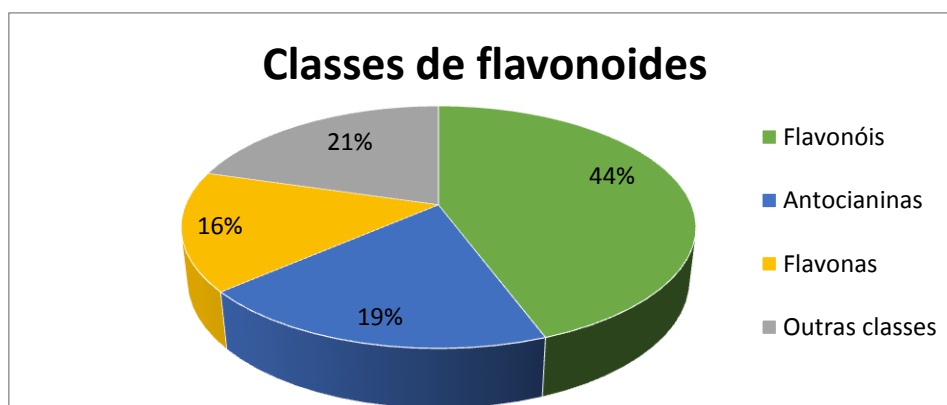


Figura 11. Distribuição percentual das classes de flavonoides relatadas nas espécies do gênero *Solanum* nos anos 2002 a 2015

Há relatos na literatura da presença de flavonoides em diferentes órgãos vegetais, tais como: folhas, frutos, flores, sementes, raízes e caules.⁶⁰ De acordo com a revisão realizada neste trabalho, pode-se perceber,

como ilustrado na Figura 12, que a maior parte dos flavonoides isolados para este gênero foram encontrados nas folhas (27%) e partes aéreas (28%) (entende-se como partes aéreas estudo com folhas e galhos).

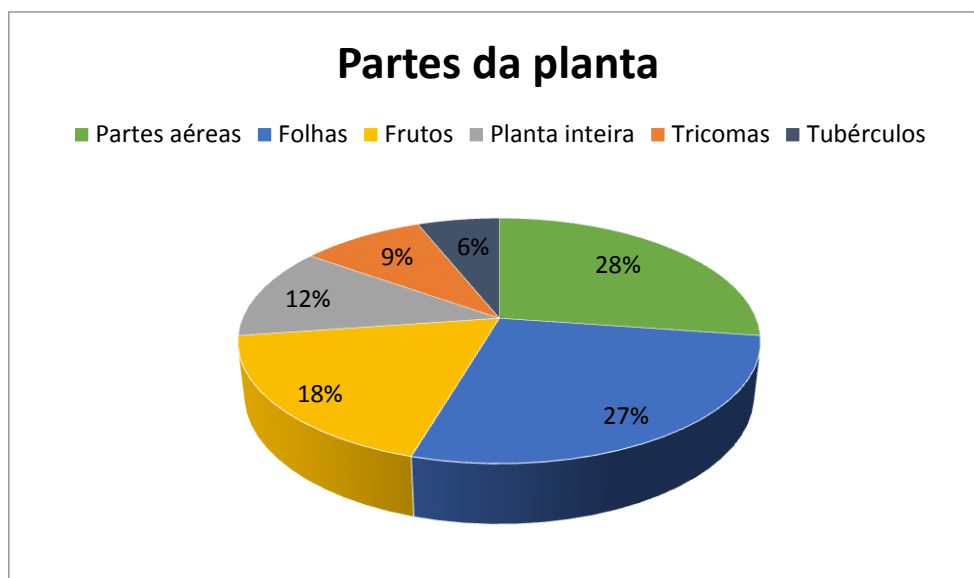


Figura 12. Distribuição percentual das partes de espécies do gênero *Solanum* em que flavonoides foram registrados

A Figura 13 mostra o número de flavonoides registrados no período de abrangência desta revisão. Observa-se que houve um aumento no número de flavonoides isolados ao longo do período da pesquisa, mostrando o crescente interesse no estudo fitoquímico de espécies do gênero *Solanum*, o que pode estar relacionado ao envolvimento dos flavonoides em uma

grande variedade de processos biológicos. Isto fica claro ao analisarmos os sete primeiros anos da pesquisa (2002-2008), no qual foram identificados 30 flavonoides, e no período seguinte (2009-2015) 112 flavonoides foram registrados; a quantidade de flavonoides relatados na literatura praticamente quadruplicou nos últimos sete anos.

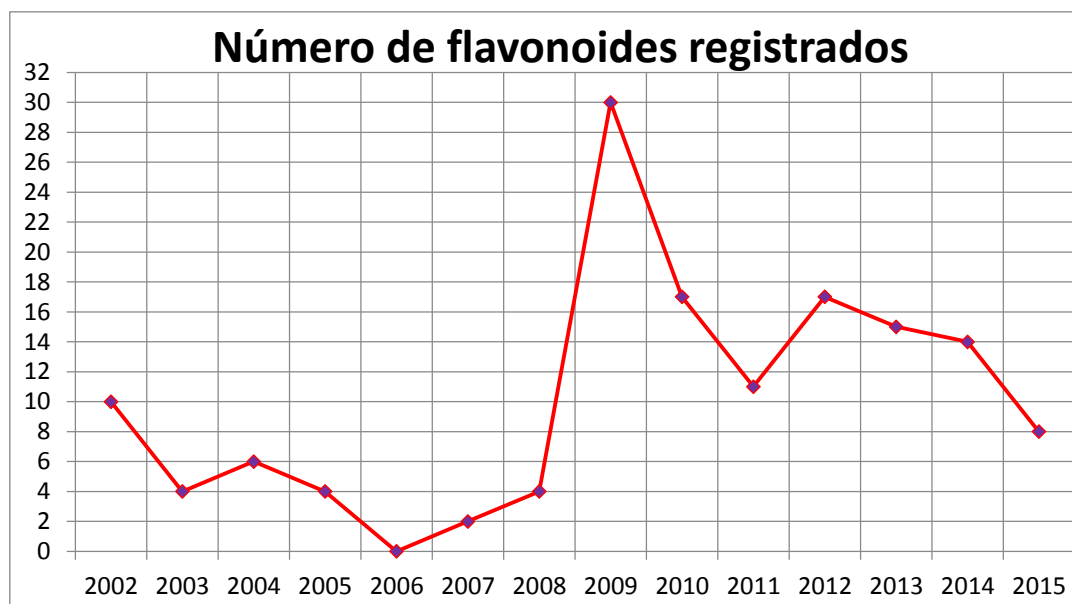


Figura 13. Número de flavonoides descritos para o gênero *Solanum* no período de 2002 a 2015

4. Conclusões

O levantamento bibliográfico realizado no período de 2002 ao início de 2015, levou a construção das Tabelas 1-4, com dados de flavonoides identificados de espécies estudadas do gênero *Solanum*, totalizando 88 substâncias registradas e distribuídas nas seguintes subclasses: flavonóis (39), flavonas (14), antocianinas (17) e outras classes minoritárias (18).

Os resultados apresentados corroboram a importância da utilização de dados de ocorrência das subclasses de flavonóis e flavonas como marcadores para o gênero *Solanum*, podendo estes serem utilizados como ferramentas na análise quimiotaxonômica. Somado as questões de ordem evolutiva, no qual substâncias altamente oxigenadas são consideradas mais evoluídas, existe ainda um amplo interesse econômico acerca do estudo da composição química e potencial de atividades biológicas de espécies deste gênero.

Referências Bibliográficas

- ¹ Agra, M. F.; Silva, K. N.; Berger, L. Flora da Paraíba, Brasil: *Solanum* L. (Solanaceae). *Revista Acta Botanica Brasilica* **2009**, *23*, 826. [CrossRef]
- ² Silva, P. C. B.; Neto, J. C.; Silva, A. D. S.; Silva, K. M.; Silva, T. M. S.; Agra, M. F.; Cavalcante, F. A. Antidiarrheal activity of *Solanum asterophorum* in mice. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* **2012**, *22*, 131. [CrossRef]
- ³ Soares, E. L. C.; Silva, M. V.; Vendruscolo, G. S.; Thode, V. A.; Silva, J. G.; Mentz, L. A. A família Solanaceae no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Brazilian Journal of Biosciences* **2008**, *6*, 177. [Link]
- ⁴ Simões, C. M. O.; Schenkel, E. P.; Gosmann, G.; Mello, J. C. P.; Mentz, L. A.; Petrovick, P. R. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*, 1a. ed., Ed. Universidade/ UFRGS/Ed. DA UFSC: Porto Alegre/Florianópolis, 1999.
- ⁵ Agra, M. F. A new species of *Solanum* subgenus *Leptostemonum* (Solanaceae) from Chapada da Diamantina, Bahia, Brasil. *Novon* **1999**, *9*, 292. [CrossRef]
- ⁶ Silva, T. M. S.; Camara, C. A.; Freire, K. R. L.; Silva, T. G.; Agra, M. F.; Bhattacharyya, J. Steroidal Glycoalkaloids and Molluscicidal

Activity of *Solanum asperum* Rich. Fruits. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2008**, *19*, 1048. [CrossRef]

⁷ Giacomini, L. L.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010. [Link]

⁸ Gottlieb, O. R. *Micromolecular evolution, systematics and ecology an essay into a novel botanical discipline*, 1a. ed. Springer Verlag: Berlim e Nova Iorque, 1982.

⁹ Gottlieb, O. R.; Kaplan, M. A. C.; Borin, M. R. M. B. *Biodiversidade: um enfoque químico-biológico*, 1a. ed. Editora da Universidade Federal do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 1996.

¹⁰ Silva, T. M. S.; *Tese de Doutorado*, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2002. [Link]

¹¹ Gottlieb, O. R.; Borin, M. R. M. B. Químico-Biológica Quantitativa: um novo paradigma? *Química Nova* **2012**, *35*, 2105. [CrossRef]

¹² Chou, C. H.; Hsu, Y. M.; Huang, T. J.; Liu, F. C.; Weng, J. R. Steroidal sapogenins from *Solanum torvum*. *Biochemical Systematics and Ecology* **2012**, *45*, 108. [CrossRef]

¹³ Ripperger, H. *Solanum Steroid Alkaloids*; Pelletier, S. W.; Pergamon: Georgia, 1998, cap. 2.

¹⁴ Silva, T. M. S.; Carvalho, M. G.; Braz-Filho, R.; Agra, M. F. Ocorrência de flavonas, flavonóis e seus glicosídeos em espécies do gênero *Solanum* (Solanaceae). *Química Nova* **2003**, *26*, 517. [CrossRef]

¹⁵ Silva, T. M. S.; Carvalho, M. G.; Braz-Filho, R. Estudo espectroscópico em elucidação estrutural de flavonoides de *Solanum jabrense* Agra & Nee e *S. paludosum* Moric. *Química Nova* **2009**, *32*, 1119. [CrossRef]

¹⁶ Dewick, P. M.; *Medicinal Natural Products: a biosynthetic approach*, 2a. ed., Wiley: England, 2002.

¹⁷ Harbone, J. B.; Mabry, T. J.; *The Flavonoids: Advances in Research*, 1a. ed. Chapman and Hall: London, 1982.

¹⁸ Badawy, A.; Ahmed, S.; Hassanean, H. Phytochemical and pharmacological studies of *Solanum elaeagnifolium* growing in Egypt. *Journal of Natural Products* **2013**, *6*, 156. [Link]

¹⁹ Hao, L. J.; Wang, S.; Zhu, J. J.; Wang, Z. M.; Wei, S. H. Chemical constituents from *Solanum rostratum*. *China Journal of Chinese Materia Medica* **2014**, *39*, 2034. [CrossRef][PubMed]

²⁰ Lu, Y. Y.; Luo, J. G.; Kong, L. Y. Chemical Constituents from *Solanum torvum*. *Chinese Journal of Natural Medicines* **2011**, *9*, 30. [Link]

²¹ Hawas, U. W.; Soliman, G. M.; El-Kassem, L. T. A.; Farrag, A. R. H.; Mahmoud, K.; Leon, F. A new flavonoid C-glycoside from *Solanum elaeagnifolium* with hepatoprotective and curative activities against paracetamol-induced liver injury in mice. *Zeitschrift für Naturforschung C* **2013**, *68*, 19. [CrossRef][PubMed]

²² Al-Oqail, M.; Hassan, W. H. B.; Ahmad, M. S.; Al-Rehaily, A. J. Phytochemical and biological studies of *Solanum schimperianum* Hochst. *Saudi Pharmaceutical Journal* **2012**, *20*, 371. [CrossRef][PubMed]

²³ Silva, T. M. S.; Braz-Filho, R.; Carvalho, M. G.; Agra, M. F. Flavonoids and an alkalamide from *Solanum paludosum* Moric. *Biochemical Systematics and Ecology* **2002**, *30*, 479. [CrossRef]

²⁴ Silva, T. M. S.; Nascimento, R. J. B.; Câmara, C. A.; Castro, R. N.; Braz-Filho, R.; Agra, M. F.; Carvalho, M. G. Distribution of flavonoids and N-transcaffeoyl-tyramine in *Solanum* subg. *Leptostemonum*. *Biochemical Systematics and Ecology* **2004**, *32*, 513. [CrossRef]

²⁵ Cornelius, M. T. F.; Carvalho, M. G.; Silva, T. M. S.; Alves, C. C. F.; Siston, A. P. N.; Alves, K. Z.; Sant'anna, C. M. R.; Neto, M. B.; Eberlin, M. N.; Braz-Filho, R. Other Chemical Constituents Isolated from *Solanum crinitum* Lam. (Solanaceae). *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2010**, *21*, 2211. [CrossRef]

²⁶ Rashed, K.; Sahuc, M. E.; Deloison, G.; Calland, N.; Brodin, P.; Rouille, Y.; Seron, K. Potent antiviral activity of *Solanum rantonnetii* and the isolated compounds against hepatitis C virus *in vitro*. *Journal of Functional Foods* **2014**, *11*, 185. [CrossRef]

- ²⁷ Cornelius, M. T. F.; Alves, C. C. F.; Silva, T. M. S.; Alves, K. Z.; Carvalho, M. G.; Braz-Filho, R.; Agra, M. F. Solasonina e flavonoides isolados do *Solanum crinitum* Lam. *Revista Brasileira de Farmácia* **2004**, *85*, 57. [[Link](#)]
- ²⁸ Kanada, R. M.; Simionato, J. I.; Arruda, R. F.; Santin, S. M. O.; Souza, M. C.; Silva, C. C. *N-trans-feruloyltyramine* and flavonol glycosides from the leaves of *Solanum sordidum*. *Revista Brasileira de Farmacognosia* **2012**, *22*, 502. [[CrossRef](#)]
- ²⁹ Pereira, A. C.; Oliveira, D. F.; Silva, G. H.; Figueiredo, H. C. P.; Cavalheiro, A. J.; Carvalho, D. A.; Souza, L. P.; Chalfoun, S. M. Identification of the antimicrobial substances produced by *Solanum palinacanthum* (Solanaceae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* **2008**, *80*, 427. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ³⁰ Elabbar, F. A.; Bozkeha, N. M. A.; El-Tuonsia, A. T. M. Extraction, separation and identification of compounds from leaves of *Solanum elaeagnifolium* Cav. (Solanaceae). *International Current Pharmaceutical Journal* **2014**, *3*, 234. [[CrossRef](#)]
- ³¹ Vieira Junior, G. M.; Rocha, C. Q.; Rodrigues, T. S.; Lima, C. K. H.; Vilegas, W. New steroidal saponins and antiulcer activity from *Solanum paniculatum* L. *Food Chemistry* **2015**, *186*, 160. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ³² Yang, J. Z.; Guo, G. M.; Zhou, L. X.; Ding, Y. Studies on chemical constituent of *Solanum lyratum*. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi* **2002**, *27*, 42. [[PubMed](#)]
- ³³ Pinto, F. C. L.; Uchoa, D. E. A.; Silveira, E. R.; Pessoa, O. D. L.; Braz-Filho, R. Glicoalcaloides antifúngicos, flavonoides e outros constituintes químicos de *Solanum asperum*. *Química Nova* **2011**, *34*, 284. [[CrossRef](#)]
- ³⁴ Esteves-Souza, A.; Silva, T. M. S.; Alves, C. C. F.; Carvalho, M. G.; Braz-Filho, R.; Echevarria, A. Cytotoxic Activities Against Ehrlich Carcinoma and Human K562 Leukaemia of Alkaloids and Flavonoid from Two *Solanum* Species. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2002**, *13*, 838. [[CrossRef](#)]
- ³⁵ Tuan, N. H.; Than, N. V.; Thuan, N. D.; Minh, C. V.; Kiem, P. V. A new C-methylflavonol from the leaves of *Solanum erianthum* D. Don. *Advances in Natural Sciences* **2008**, *9*, 163. [[Link](#)]
- ³⁶ Radwan, M. M.; Badawy, A.; Zayed, R.; Hassanin, H.; Elsohly, M. A.; Ahmed, S. A. Cytotoxic flavone glycosides from *Solanum elaeagnifolium*. *Medicinal Chemistry Research* **2015**, *24*, 1326. [[CrossRef](#)]
- ³⁷ Wu, D.; Chen, G. Y.; Han, C. R.; Liu, W. J.; Yang, H. Z. Chemical constituents from *Solanum nienkui*. *Zhongcaoyao* **2012**, *43*, 1068. [[Link](#)]
- ³⁸ Tang, W. W.; Liu, X. L.; Zeng, D. G. Natural products with bioactivity against *Plutella xylostella* L. isolated from *Solanum torvum* Swartz. *Jiangxi Nongye Daxue Xuebao* **2012**, *34*, 483. [[Link](#)]
- ³⁹ Shu, W.; Zhou, G.; Ye, W. Chemical constituents of *Solanum torvum*. *Zhongcaoyao* **2011**, *42*, 424. [[Link](#)]
- ⁴⁰ Sun, L. X.; Li, F. R.; Wang, C. J.; Li, W.; Wang, M. W.; Bi, K. S. Isolation and identification of chemical constituents of *Solanum lyratum* Thunb. *Shenyang Yaoke Daxue Xuebao* **2008**, *25*, 364. [[Link](#)]
- ⁴¹ Alves, T. M. A.; Moengo, S.; Machado, C.; Caldeira, R.; Carvalho, O.; Isaias, R. M. S.; Stehmann, J. R.; Zani, C. Morphological, anatomical, macro and micromolecular markers for *Solanum cernuum* identification. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* **2007**, *17*, 542. [[CrossRef](#)]
- ⁴² Chou, S. C.; Huang, T. J.; Lin, E. H.; Huang, C. H.; Chou, C. H. Antihepatitis B virus constituents of *Solanum erianthum*. *Natural Product Communications* **2012**, *7*, 153. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ⁴³ Ahmed, E.; Sharif, A.; Nawaz, H.; Mukhtar, H.; Rasool, M. A.; Nafeesa, K.; Begum, R.; Ashraf, M.; Mahmud, T. Bioassay directed isolation studies on *Solanum surattense*. *Journal of the Chemical Society of Pakistan* **2011**, *33*, 682. [[Link](#)]
- ⁴⁴ Abdel-Monem, A. R. Non alkaloidal constituents and antimicrobial activity of *Solanum glabratum* var. *Sepicula* Dun. *Bulletin of the Faculty of Pharmacy* **2009**, *47*, 59. [[Link](#)]

- ⁴⁵ Abdel-Sattar, E.; Farag, M. A.; Mahrous, E. A. Chemical Constituents from *Solanum glabratum* Dunal var. *sepicula*. *Records of Natural Products* **2015**, *9*, 94. [[Link](#)]
- ⁴⁶ Ohtsuki, T.; Miyagawa, T.; Koyano, T.; Kowithayakorn, T.; Ishibashi, M. Isolation and structure elucidation of flavonoid glycosides from *Solanum verbascifolium*. *Phytochemistry Letters* **2010**, *3*, 88. [[CrossRef](#)]
- ⁴⁷ Ren, Y.; Shen, L.; Dai, S. Studies on flavonoids and amides from herbs of *Solanum lyratum*. *Zhongguo Zhongyao Zazhi* **2009**, *34*, 721. [[PubMed](#)]
- ⁴⁸ Yang, L.; Feng, F.; Gao, Y. Chemical constituents from herb of *Solanum lyratum*. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi* **2009**, *34*, 1805. [[PubMed](#)]
- ⁴⁹ Fossen, T.; Øvstedal, D. O.; Slimestad, R.; Andersen, Ø, M. Anthocyanins from a Norwegian potato cultivar. *Food Chemistry* **2003**, *81*, 433. [[CrossRef](#)]
- ⁵⁰ Hillebrand, S.; Naumann, H.; Kitzinski, N.; Köhler, N.; Winterhalter, P. Isolation and characterization of anthocyanins from blue-fleshed potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Food* **2009**, *3*, 96. [[Link](#)]
- ⁵¹ Ichiyanagi, T.; Kashiwada, Y.; Shida, Y.; Ikeshiro, Y.; Kaneyuki, T.; Konishi, T. Nasunin from Eggplant Consists of Cis-Trans Isomers of Delphinidin 3-[4-(p-Coumaroyl)-L-rhamnosyl (1→6) glucopyranoside]-5-glucopyranoside. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2005**, *53*, 9472. [[CrossRef](#)]
- ⁵² Jing, P.; Qian, B.; Zhao, S.; Qi, X.; Ye, L.; Giusti, M. M.; Wang, X. Effect of glycosylation patterns of Chinese eggplant anthocyanins and other derivatives on antioxidant effectiveness in human colon cell lines. *Food Chemistry* **2015**, *172*, 183. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ⁵³ Tsukuda, Y.; Kaneyuki, T. Extraction of nasunin from the fruit of eggplant. *Japanese Kokai Tokkyo Koho* **2005**. (JP 2005304466)
- ⁵⁴ Hurtado, N. H.; Morales, A. L.; Miret, M. L. G.; Gilete, M. L. E.; Heredia, F. J. Colour, pH stability and antioxidant activity of anthocyanin rutinosides isolated from tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). *Food Chemistry* **2009**, *117*, 88. [[CrossRef](#)]
- ⁵⁵ Shen, G.; Kiem, P. V.; Cai, X. F.; Li, G.; Dat, N. T.; Choi, Y. A.; Lee, Y. M.; Park, Y. K.; Kim, Y. H. Solanoflavone, a new biflavonol glycoside from *Solanum melongena*: seeking for anti-inflammatory components. *Archives of Pharmacal Research* **2005**, *28*, 657. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ⁵⁶ Zhang, D. W.; Li, G. H.; Yu, Q. Y.; Dai, S. J. New anti-inflammatory 4-hydroxyisoflavans from *Solanum lyratum*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin* **2010**, *58*, 840. [[CrossRef](#)]
- ⁵⁷ Arthan, D.; Svasti, J.; Kittakoop, P.; Pittayakhachonwut, D.; Tanticharoen, M.; Thebtaranonth, Y. Antiviral isoflavonoid sulfate and steroidal glycosides from the fruits of *Solanum torvum*. *Phytochemistry* **2002**, *59*, 459. [[CrossRef](#)]
- ⁵⁸ Yin, H. L.; Li, J.; Li, Q. S.; Dong, J. X. Chemical constituents from *Solanum lyratum* Thunb. *Junshi Yixue Kexueyuan Yuankan* **2010**, *34*, 65. [[Link](#)]
- ⁵⁹ Sabudak, T.; Kaya, O.; Cukurova, E. A new biflavonoid from *Solanum dulcamara* L. and investigation of anti-hyperglycaemic activity of its fruit extract. *Natural Product Research* **2015**, *29*, 308. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ⁶⁰ Middleton, E. J. Effect of plant flavonoids on immune and inflammatory cell function. *Advances in Experimental Medicine Biology* **1998**, *439*, 175. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]