

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONOMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**“CLASSIFICAÇÃO DE FUNGICIDAS DE ACORDO COM O
MECANISMO DE AÇÃO PROPOSTO PELO FRAC”**

MARCO ANTONIO TAVARES RODRIGUES

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP- Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas).

Botucatu – SP
Janeiro – 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONOMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**“CLASSIFICAÇÃO DE FUNGICIDAS DE ACORDO COM O
MECANISMO DE AÇÃO PROPOSTO PELO FRAC”**

MARCO ANTONIO TAVARES RODRIGUES

Orientador: Prof. Dr. Nilton Luiz de Souza

Co-orientador: Prof Dr. Wilson Story Venâncio

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP- Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas).

Botucatu – SP
Janeiro – 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

R696c Rodrigues, Marco Antonio Tavares, 1968-
Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de
ação proposto pelo FRAC / Marco Antonio Tavares Rodri-
gues . - Botucatu : [s.n.], 2006.
xxxix, 249 f. : il. color.

Dissertação (mestrado)-Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006
Orientador: Nilton Luiz de Souza
Co-Orientador: Wilson Story Venâncio
Inclui bibliografia.

1. Fungicidas. 2. Controle. 3. Pesticidas - Formulação. 4.
Misturas. 5. Doenças. I. Souza, Nilton Luiz de. II. Venân-
cio, Wilson Story. III. Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade
de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

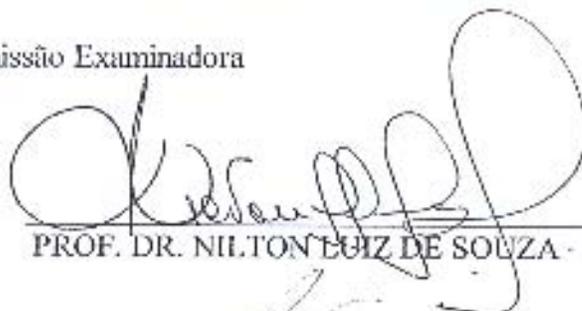
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "CLASSIFICAÇÃO DE FUNGICIDAS DE ACORDO COM O MECANISMO DE AÇÃO PROPOSTO PELO FRAC"

ALUNO: MARCO ANTONIO TAVARES RODRIGUES

ORIENTADOR: PROF. DR. NILTON LUIZ DE SOUZA

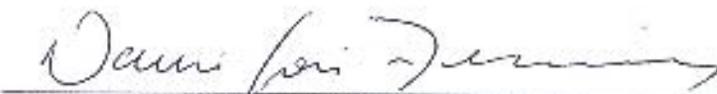
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. NILTON LUIZ DE SOUZA



PROF. DR. EDSON LUIZ FURTADO



PROF. DR. DAURI JOSÉ TESSMANN

Data da Realização: 13 de janeiro de 2006.

Aos meus pais, **João**
e **Alzira**, pela vida.

Aos meus filhos **Marcos Yuri**[†](in memorian), **Thais** e **Natalia** e
minha esposa, **Silvana**, por saberem dosar , estímulo, compreensão e amor.

Ao meu orientador , que usou e abusou do significado da palavra “**mestre**” e ao meu co orientador o qual demonstrou o valor de uma **amizade**, acompanhando todos os meus passos, o qual foi essencial para perseverar e incentivar que o resultado fosse alcançado.

AGRADECIMENTOS

À Deus, presente em todos os momentos.

Aos meus pais que sempre me apoiaram para que eu possa chegar onde estou.

Ao meu filho Marcos Yuri[†](in memorian), que com a sua luta pela vida me ensinou o quão importante é viver cada momento e como são importantes as pequenas conquistas.

As minhas filhas Thaís e Natalia e a minha esposa que estiverem presentes comigo e apoiaram durante toda esta etapa, muitas vezes abrindo mão de momentos de lazer para que eu pudesse concluir o Mestrado.

Aos meus orientadores prof. Dr. Wilson Story Venâncio e prof. Dr. Nilton Luiz de Souza pela orientação constante, confiança inabalável, apoio irrestrito, incentivo e amizade sincera.

Ao amigo Edson Begliomini, pela oportunidade que me foi dada de me capacitar profissionalmente e por todo o apoio e amizade sincera, que foram fundamentais para que eu pudesse realizar esta meta pessoal.

Aos professores, servidores e amigos do Departamento de Produção Vegetal da FCA – UNESP, que em todas as oportunidades sempre demonstraram carinho e amizade, incentivando o nosso trabalho.

Aos colegas da BASF que souberam ser compreensivos enquanto realizávamos este trabalho.

A Dra. Márcia Michele Ambrosio e Dr. César Junior Bueno que sempre me aconselharam e apoiaram nos momentos de dúvida.

A todos que direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	XXXVII
RESUMO	1
SUMMARY	2
1 Introdução	3
2. Material e Métodos	5
3. Resultados	12
3.1. Síntese de ácidos nucleicos	12
3.1.1. RNA polimerase	12
3.1.1.1. Acilalaninato (Fenilamidas)	13
3.1.1.1.1. Acilalaninas	13
3.1.1.1.1.1. Características do grupo	14
3.1.1.1.1.2. Principais representantes do grupo	14
3.1.1.1.1.2.a. benalaxyl-M	14
3.1.1.1.1.2.b. metalaxyl-M	14
3.1.1.1.1.2.c. furalaxyl	15
3.1.1.1.1.3. Principais doenças controladas	16
3.1.1.1.1.4. Doses	16
3.1.1.1.1.5. Formulações	16
3.1.1.1.1.6. Misturas	16
3.1.1.1.1.7. Riscos de Resistência	16
3.1.1.1.1.8. Fitotoxicidade	16
3.1.1.1.2. Oxazolidinones	17
3.1.1.1.2.1. Características do grupo	17
3.1.1.1.2.2. Principais representantes do grupo	17
3.1.1.1.2.2.a. oxadixyl	17
3.1.1.1.2.3. Principais doenças controladas	18
3.1.1.1.2.4. Doses	18

	Página
3.1.1.1.2.5. Formulações	18
3.1.1.1.2.6. Misturas	18
3.1.1.1.2.7. Riscos de Resistência	18
3.1.1.1.2.8. Fitotoxicidade	18
3.1.1.1.3. Butyrolactones	18
3.1.1.1.3.1. Características do grupo	18
3.1.1.1.3.2. Principais representantes do grupo	18
3.1.1.1.3.2.a. ofurace	19
3.1.1.1.3.3. Principais doenças controladas	19
3.1.1.1.3.4. Doses	19
3.1.1.1.3.5. Formulações	19
3.1.1.1.3.6. Misturas	19
3.1.1.1.3.7. Riscos de Resistência	19
3.1.1.1.3.8. Fitotoxicidade	20
3.1.2. Adenosina-desaminase	20
3.1.2.1. Hydroxy-(2-amino) pyrimidines	20
3.1.2.1.1. Características do grupo	20
3.1.2.1.2. Principais representantes do grupo	21
3.1.2.1.2.a. bupirimate	21
3.1.2.1.2.b. dimethirimol	21
3.1.2.1.2.c. ethirimol	22
3.1.2.1.3. Principais doenças controladas	22
3.1.2.1.4. Doses	22
3.1.2.1.5. Formulações	22
3.1.2.1.6. Misturas	22
3.1.2.1.7. Riscos de Resistência	22
3.1.2.1.8. Fitotoxicidade	23
3.1.3. Síntese de DNA e RNA	23
3.1.3.1. Heteroaromáticos	23

	Página
3.1.3.1.1. Isoxazoles	23
3.1.3.1.1.1. Características do grupo	23
3.1.3.1.1.2. Principais representantes do grupo	23
3.1.3.1.1.2.a. hymexazole	23
3.1.3.1.1.3. Principais doenças controladas	24
3.1.3.1.1.4. Doses	24
3.1.3.1.1.5. Formulações	24
3.1.3.1.1.6. Misturas	24
3.1.3.1.1.7. Riscos de Resistência	24
3.1.3.1.1.8. Fitotoxicidade	24
3.1.3.1.2. Isothiazolones	24
3.1.3.1.2.1. Características do grupo	24
3.1.3.1.2.2. Principais representantes do grupo	25
3.1.3.1.2.2.a. oethilinone	25
3.1.3.1.2.3. Principais doenças controladas	25
3.1.3.1.2.4. Doses	25
3.1.3.1.2.5. Formulações	25
3.1.3.1.2.6. Misturas	25
3.1.3.1.2.7. Riscos de Resistência	26
3.1.3.1.2.8. Fitotoxicidade	26
3.1.3.1.3. Acetamida	26
3.1.3.1.3.1. Características do grupo	26
3.1.3.1.3.2. Principais representantes do grupo	26
3.1.3.1.3.2.a. cymoxanil	26
3.1.3.1.3.3. Principais doenças controladas	27
3.1.3.1.3.4. Doses	27
3.1.3.1.3.5. Formulações	27
3.1.3.1.3.6. Misturas	27
3.1.3.1.3.7. Riscos de Resistência	27

	Página
3.1.3.1.3.8. Fitotoxicidade	28
3.1.4. Topoisomerasas e DNA-girase	28
3.1.4.1. Ácido carboxílico (fluoroquinolones)	29
3.1.4.1.1. Características do grupo	30
3.1.4.1.2. Principais representantes do grupo	30
3.1.4.1.2.a. oxolonic acid	30
3.3.4.1.3. Principais doenças controladas	31
3.3.4.1.4. Doses	31
3.1.4.1.5. Formulações	31
3.1.4.1.6. Misturas	31
3.1.4.1.7. Riscos de Resistência	31
3.1.4.1.8. Fitotoxicidade	31
3.2. Inibição da mitose e divisão celular	31
3.2.1. Inibição da biossíntese de tubulina	32
3.2.1.1. Fungicidas MBC (Methyl Benzimidazole Carbamates)	33
3.2.1.1.1. Benzimidazoles	33
3.2.1.1.1.1. Características do grupo	34
3.2.1.1.1.2. Principais representantes do grupo	34
3.2.1.1.1.2.a. benomyl	34
3.2.1.1.1.2.b. carbendazim	35
3.2.1.1.1.2.c. fuberidazole	35
3.2.1.1.1.2.d. thiabendazole	36
3.2.1.1.1.3. Principais doenças controladas	36
3.2.1.1.1.4. Doses	36
3.2.1.1.1.5. Formulações	37
3.2.1.1.1.6. Misturas	37
3.2.1.1.1.7. Riscos de Resistência	37
3.2.1.1.1.8. Fitotoxicidade	37
3.2.1.1.2. Tiofanato	38

	Página
3.2.1.1.2.1. Características do grupo	38
3.2.1.1.2.2. Principais representantes do grupo	38
3.2.1.1.2.2.a. thiophanate-methyl	38
3.2.1.1.2.3. Principais doenças controladas	39
3.2.1.1.2.4. Doses	39
3.2.1.1.2.5. Formulações	39
3.2.1.1.2.6. Misturas	39
3.2.1.1.2.7. Riscos de Resistência	39
3.2.1.1.2.8. Fitotoxicidade	39
3.2.1.2. N-phenyl carbamates	39
3.2.1.2.1. Características do grupo	40
3.2.1.2.2. Principais representantes do grupo	40
3.2.1.2.2.a. diethofencarb	40
3.2.1.2.3. Principais doenças controladas	40
3.2.1.2.4. Doses	40
3.2.1.2.5. Formulações	40
3.2.1.2.6. Misturas	40
3.2.1.2.7. Riscos de Resistência	40
3.2.1.2.8. Fitotoxicidade	41
3.2.1.3. Benzamidas	41
3.2.1.3.1. Características do grupo	41
3.2.1.3.2. Principais representantes do grupo	41
3.2.1.3.2.a. zoxamide	41
3.2.1.3.3. Principais doenças controladas	42
3.2.1.3.4. Doses	42
3.2.1.3.5. Formulações	42
3.2.1.3.6. Misturas	42
3.2.1.3.7. Riscos de Resistência	42
3.2.1.3.8. Fitotoxicidade	42

	Página
3.2.2. Inibição da divisão celular	42
3.2.2.1. Feniluréia	42
3.2.2.1.1. Características do grupo	43
3.2.2.1.2. Principais representantes do grupo	43
3.2.2.1.2.a. pencycuron	43
3.2.2.1.3. Principais doenças controladas	43
3.2.2.1.4. Doses	43
3.2.2.1.5. Formulações	43
3.2.2.1.6. Misturas	44
3.2.2.1.7. Riscos de Resistência	44
3.2.2.1.8. Fitotoxicidade	44
3.3. Inibição da Respiração	44
3.3.1. Inibição do Complexo I	46
3.3.1.1. Pyrimidinamines	46
3.3.1.1.1. Características do grupo	46
3.3.1.1.2. Principais representantes do grupo	46
3.3.1.1.2.a. diflumetorim	46
3.3.1.1.3. Principais doenças controladas	47
3.3.1.1.4. Doses	47
3.3.1.1.5. Formulações	47
3.3.1.1.6. Misturas	47
3.3.1.1.7. Riscos de Resistência	47
3.3.1.1.8. Fitotoxicidade	47
3.3.2. Inibição do Complexo II (succinato-desidrogenase)	47
3.3.2.1. Anilidas	47
3.3.2.1.1. Características do grupo	48
3.3.2.1.2. Principais representantes do grupo	48
3.3.2.1.2.a. boscalid	48
3.3.2.1.3. Principais doenças controladas	49

	Página
3.3.2.1.4. Doses	49
3.3.2.1.5. Formulações	49
3.3.2.1.6. Misturas	49
3.3.2.1.7. Riscos de Resistência	49
3.3.2.1.8. Fitotoxicidade	49
3.3.2.2. Carboxanilida	49
3.3.2.2.1. Características do grupo	50
3.3.2.2.2. Principais representantes do grupo	50
3.3.2.2.2.a. carboxin	50
3.3.2.2.2.b. oxycarboxin	51
3.3.2.2.2.c. thifluzamide	51
3.3.2.2.3. Principais doenças controladas	51
3.3.2.2.4. Doses	52
3.3.2.2.5. Formulações	52
3.3.2.2.6. Misturas	52
3.3.2.2.7. Riscos de Resistência	52
3.3.2.2.8. Fitotoxicidade	52
3.3.2.3. Carboxamides	52
3.3.2.3.1. Características do grupo	52
3.3.2.3.2. Principais representantes do grupo	53
3.3.2.3.2.a. benodanil	53
3.3.2.3.2.b. fenfuram	53
3.3.2.3.2.c. flutolanil	53
3.3.2.3.2.d. furametpyr	54
3.3.2.3.2.e. mepronil	54
3.3.2.3.3. Principais doenças controladas	55
3.3.2.3.4. Doses	55
3.3.2.3.5. Formulações	55
3.3.2.3.6. Misturas	55

	Página
3.3.2.3.7. Riscos de Resistência	55
3.3.2.3.8. Fitotoxicidade	55
3.3.3. Inibição do Complexo III (citocromo bc1 – ubiquinol oxidase no sitio Qo)	55
3.3.3.1. QoI – fungicidas	57
3.3.3.1.1. Estrobilurinas	57
3.3.3.1.1.1. Características do grupo	58
3.3.3.1.1.2. Principais representantes do grupo	58
3.3.3.1.1.2.a. azoxystrobin (Methoxy-acrylates)	58
3.3.3.1.1.2.b. picoxystrobin (Methoxy-acrylates)	59
3.3.3.1.1.2.c. pyraclostrobin (Methoxy-carbamates)	60
3.3.3.1.1.2.d. kresoxim-methyl (Oximino-acetates)	61
3.3.3.1.1.2.e. trifloxystrobin (Oximino-acetates)	62
3.3.3.1.1.2.f. metominostrobin (Oximino-acetamides)	62
3.3.3.1.1.2.g. fluoxastrobin (Dihydro-dioxazines)	63
3.3.3.1.1.3. Principais doenças controladas	64
3.3.3.1.1.4. Doses	64
3.3.3.1.1.5. Formulações	64
3.3.3.1.1.6. Misturas	64
3.3.3.1.1.7. Riscos de Resistência	65
3.3.3.1.1.8. Fitotoxicidade	65
3.3.3.2. Oxalolidinadiona	65
3.3.3.2.1. Características do grupo	66
3.3.3.2.2. Principais representantes do grupo	66
3.3.3.2.2.a. famoxadone	67
3.3.3.2.3. Principais doenças controladas	67
3.3.3.2.4. Doses	67
3.3.3.2.5. Formulações	67
3.3.3.2.6. Misturas	67
3.3.3.2.7. Riscos de Resistência	67

	Página
3.3.3.2.8. Fitotoxicidade	67
3.3.3.3. Imidazolinona	68
3.3.3.3.1. Características do grupo	68
3.3.3.3.2. Principais representantes do grupo	68
3.3.3.3.2.a. fenamidona	68
3.3.3.3.3. Principais doenças controladas	68
3.3.3.3.4. Doses	68
3.3.3.3.5. Formulações	69
3.3.3.3.6. Misturas	69
3.3.3.3.7. Riscos de Resistência	69
3.3.3.3.8. Fitotoxicidade	69
3.3.4. Inibição do Complexo III (citocromo bc1 – ubiquinona redutase no sítio Qi)	69
3.3.4.1. QiI – Fungicidas	69
3.3.4.1.1. Cianoimidazoles	70
3.3.4.1.1.1. Características do grupo	70
3.3.4.1.1.2. Principais representantes do grupo	70
3.3.4.1.1.2.a. cyazofamid	70
3.3.4.1.1.3. Principais doenças controladas	71
3.3.4.1.1.4. Doses	71
3.3.4.1.1.5. Formulações	71
3.3.4.1.1.6. Misturas	71
3.3.4.1.1.7. Riscos de Resistência	71
3.3.4.1.1.8. Fitotoxicidade	71
3.3.5. Interrupção da fosforilação oxidativa	71
3.3.5.1. Dinitrofenol	72
3.3.5.1.1. Características do grupo	73
3.3.5.1.2. Principais representantes do grupo	73
3.3.5.1.2.a. dinocap	73
3.3.5.1.2.b. binapacryl	73

	Página
3.3.5.1.3. Principais doenças controladas	74
3.3.5.1.4. Doses	74
3.3.5.1.5. Formulações	74
3.3.5.1.6. Misturas	74
3.3.5.1.7. Riscos de Resistência	74
3.3.5.1.8. Fitotoxicidade	74
3.3.5.2. Fenilpiridinilamida	74
3.3.5.2.1. Características do grupo	75
3.3.5.2.2. Principais representantes do grupo	75
3.3.5.2.2.a. fluazinam	75
3.3.5.2.3. Principais doenças controladas	75
3.3.5.2.4. Doses	75
3.3.5.2.5. Formulações	75
3.3.5.2.6. Misturas	75
3.3.5.2.7. Riscos de Resistência	76
3.3.5.2.8. Fitotoxicidade	76
3.3.5.3. Pyrimidinone-hidrazones	76
3.3.5.3.1. Características do grupo	76
3.3.5.3.2. Principais representantes do grupo	76
3.3.5.3.2.a. ferimzone	76
3.3.5.3.3. Principais doenças controladas	77
3.3.5.3.4. Doses	77
3.3.5.3.5. Formulações	77
3.3.5.3.6. Misturas	77
3.3.5.3.7. Riscos de Resistência	77
3.3.5.3.8. Fitotoxicidade	77
3.3.6. Inibição da fosforilação oxidativa e ATP sintase	77
3.3.6.1. Organoestânicos	77
3.3.6.1.1. Compostos Tri phenyl tin	77

	Página
3.3.6.1.1.1. Características do grupo	77
3.3.6.1.1.2. Principais representantes do grupo	78
3.3.6.1.1.2.a. fentin hydroxide	78
3.3.6.1.1.2.b. fentin acetate	78
3.3.6.1.1.2.c. fentin chloride	78
3.3.6.1.1.3. Principais doenças controladas	79
3.3.6.1.1.4. Doses	79
3.3.6.1.1.5. Formulações	79
3.3.6.1.1.6. Misturas	79
3.3.6.1.1.7. Riscos de Resistência	79
3.3.6.1.1.8. Fitotoxicidade	79
3.3.7. Produção de ATP	80
3.3.7.1. Thiophene-carboxamides	80
3.3.7.1.1. Características do grupo	80
3.3.7.1.2. Principais representantes do grupo	80
3.3.7.1.2.a. silthiofam	81
3.3.7.1.3. Principais doenças controladas	81
3.3.7.1.4. Doses	81
3.3.7.1.5. Formulações	81
3.3.7.1.6. Misturas	81
3.3.7.2.7. Riscos de Resistência	81
3.3.7.1.8. Fitotoxicidade	81
3.4. Inibição da síntese de aminoácidos e proteínas	81
3.4.1. Biossíntese de metionina	82
3.4.1.1. Anilinopirimidinas	83
3.4.1.1.1. Características do grupo	83
3.4.1.1.2. Principais representantes do grupo	83
3.4.1.1.2.a. cyprodinil	83
3.4.1.1.2.b. mepanipyrim	84

	Página
3.4.1.1.2.c. pyrimethanil	84
3.4.1.1.3. Principais doenças controladas	85
3.4.1.1.4. Doses	85
3.4.1.1.5. Formulações	85
3.4.1.1.6. Misturas	85
3.4.1.1.7. Riscos de Resistência	85
3.4.1.1.8. Fitotoxicidade	86
3.4.2. Síntese de proteínas	86
3.4.2.1. Antibióticos	87
3.4.2.1.1. Características do grupo	87
3.4.2.1.2. Principais representantes do grupo	87
3.4.2.1.2.a. blasticidin – S (enopyranuronic acid antibiotic)	88
3.4.2.1.2.b. kasugamycin (hexopyranosyl antibiotic)	88
3.4.2.1.2.c. streptomycin (glucopyranosyl antibiotic)	88
3.4.2.1.2.d. oxytetracycline	89
3.4.2.1.3. Principais doenças controladas	90
3.4.2.1.4. Doses	90
3.4.2.1.5. Formulações	90
3.4.2.1.6. Misturas	90
3.4.2.1.7. Riscos de Resistência	90
3.4.2.1.8. Fitotoxicidade	90
3.5. Transdução de sinal	90
3.5.1. Proteínas G	91
3.5.1.1. Quinolinas	91
3.5.1.1.1. Características do grupo	91
3.5.1.1.2. Principais representantes do grupo	91
3.5.1.1.2.a. quinoxifen	92
3.5.1.1.3. Principais doenças controladas	92
3.5.1.1.4. Doses	92

	Página
3.5.1.1.5. Formulações	92
3.5.1.1.6. Misturas	92
3.5.1.1.7. Riscos de Resistência	92
3.5.1.1.8. Fitotoxicidade	92
3.5.2. MAP (Proteínas quinase)	93
3.5.2.1. Fenilpirrol	93
3.5.2.1.1. Características do grupo	93
3.5.2.1.2. Principais representantes do grupo	93
3.5.2.1.2.a. feniclonil	93
3.5.2.1.2.b. fludioxonil	94
3.5.2.1.3. Principais doenças controladas	95
3.5.2.1.4. Doses	95
3.5.2.1.5. Formulações	95
3.5.2.1.6. Misturas	95
3.5.2.1.7. Riscos de Resistência	95
3.5.2.1.8. Fitotoxicidade	95
3.6. Síntese de lipídios e membrana	95
3.6.1. NADH citocromo c redutase e peroxidação de lipídios	96
3.6.1.1. Dicarboximida	96
3.6.1.1.1. Características do grupo	96
3.6.1.1.2. Principais representantes do grupo	96
3.6.1.1.2.a. chlozolate	96
3.6.1.1.2.b. iprodone	97
3.6.1.1.2.c. procymidone	98
3.6.1.1.2.d. vinclozolin	98
3.6.1.1.3. Principais doenças controladas	99
3.6.1.1.4. Doses	99
3.6.1.1.5. Formulações	99
3.6.1.1.6. Misturas	99

	Página
3.6.1.1.7. Riscos de Resistência	99
3.6.1.1.8. Fitotoxicidade	100
3.6.2. Inibição da biossíntese de glicerofosfolípidios	100
3.6.2.1. Fosforotioato de arila	101
3.6.2.1.1. Características do grupo	101
3.6.2.1.2. Principais representantes do grupo	101
3.6.2.1.2.a. edifenphos	101
3.6.2.1.3. Principais doenças controladas	102
3.6.2.1.4. Doses	102
3.6.2.1.5. Formulações	102
3.6.2.1.6. Misturas	102
3.6.2.1.7. Riscos de Resistência	102
3.6.2.1.8. Fitotoxicidade	102
3.6.2.2. Fosforotioato de heterociclo	102
3.6.2.2.1. Características do grupo	103
3.6.2.2.2. Principais representantes do grupo	103
3.6.2.2.2.a. pyrazophos	103
3.6.2.2.3. Principais doenças controladas	103
3.6.2.2.4. Doses	103
3.6.2.2.5. Formulações	103
3.6.2.2.6. Misturas	104
3.6.2.2.7. Riscos de Resistência	104
3.6.2.2.8. Fitotoxicidade	104
3.6.2.3. Fosforotioato	104
3.6.2.3.1. Características do grupo	104
3.6.2.3.2. Principais representantes do grupo	104
3.6.2.3.2.a. iprobenfos	104
3.6.2.3.3. Principais doenças controladas	105
3.6.2.3.4. Doses	105

	Página
3.6.2.3.5. Formulações	105
3.6.2.3.6. Misturas	105
3.6.2.3.7. Riscos de Resistência	105
3.6.2.3.8. Fitotoxicidade	105
3.6.2.4. Dithiolanes	105
3.6.2.4.1. Características do grupo	105
3.6.2.4.2. Principais representantes do grupo	106
3.6.2.4.2.a. isoprothiolane	106
3.6.2.4.3. Principais doenças controladas	106
3.6.2.4.4. Doses	106
3.6.2.4.5. Formulações	106
3.6.2.4.6. Misturas	107
3.6.2.4.7. Riscos de Resistência	107
3.6.2.4.8. Fitotoxicidade	107
3.6.3. Peroxidação de lipídios	107
3.6.3.1. Cloroaromatico	107
3.6.3.1.1. Características do grupo	107
3.6.3.1.2. Principais representantes do grupo	108
3.6.3.1.2.a. biphenyl	108
3.6.3.1.2.b. chloroneb	108
3.6.3.1.2.c. dicloran	109
3.6.3.1.2.d. quintozene (PCNB)	109
3.6.3.1.2.e. tecnazene (TCNB)	109
3.6.3.1.2.f. tolclofos-methyl	110
3.6.3.1.3. Principais doenças controladas	110
3.6.3.1.4. Doses	111
3.6.3.1.5. Formulações	111
3.6.3.1.6. Misturas	111
3.6.3.1.7. Riscos de Resistência	111

	Página
3.6.3.1.8. Fitotoxicidade	111
3.6.3.2. Heteroaromaticos	111
3.6.3.2.1. 1,2,4 – thiadazoles	111
3.6.3.2.1.1. Características do grupo	112
3.6.3.2.1.2. Principais representantes do grupo	112
3.6.3.2.1.2.a. etridiazole	112
3.6.3.2.1.3. Principais doenças controladas	112
3.6.3.2.1.4. Doses	112
3.6.3.2.1.5. Formulações	112
3.6.3.2.1.6. Misturas	113
3.6.3.2.1.7. Riscos de Resistência	113
3.6.3.2.1.8. Fitotoxicidade	113
3.6.4. Ácidos graxos e permeabilidade da membrana celular	113
3.6.4.1. Carbamatos	113
3.6.4.1.1. Características do grupo	113
3.6.4.1.2. Principais representantes do grupo	113
3.6.4.1.2.a. iodocarb	113
3.6.4.1.2.b. propamocarb	114
3.6.4.1.2.c. prothiocarb	114
3.6.4.1.3. Principais doenças controladas	115
3.6.4.1.4. Doses	115
3.6.4.1.5. Formulações	115
3.6.4.1.6. Misturas	115
3.6.4.1.7. Riscos de Resistência	115
3.6.4.1.8. Fitotoxicidade	115
3.7. Inibição da biossíntese de esteról	115
3.7.1. Inibidores da demetilação do C14	116
3.7.1.1. DMI – fungicidas (SBI – classe I)	117
3.7.1.1.1. Piperazinas	117

	Página
3.7.1.1.1.1. Características do grupo	118
3.7.1.1.1.2. Principais representantes do grupo	118
3.7.1.1.1.2.a. triforine	118
3.7.1.1.1.3. Principais doenças controladas	118
3.7.1.1.1.4. Doses	118
3.7.1.1.1.5. Formulações	118
3.7.1.1.1.6. Misturas	119
3.7.1.1.1.7. Riscos de Resistência	119
3.7.1.1.1.8. Fitotoxicidade	119
3.7.1.1.2. Piridines	119
3.7.1.1.2.1. Características do grupo	119
3.7.1.1.2.2. Principais representantes do grupo	119
3.7.1.1.2.2.a. pyrifenox	119
3.7.1.1.2.3. Principais doenças controladas	120
3.7.1.1.2.4. Doses	120
3.7.1.1.2.5. Formulações	120
3.7.1.1.2.6. Misturas	120
3.7.1.1.2.7. Riscos de Resistência	120
3.7.1.1.2.8. Fitotoxicidade	120
3.7.1.1.3. Pirimidinas	121
3.7.1.1.3.1. Características do grupo	121
3.7.1.1.3.2. Principais representantes do grupo	121
3.7.1.1.3.2.a. fenarimol	121
3.7.1.1.3.2.b. nuarimol	122
3.7.1.1.3.3. Principais doenças controladas	122
3.7.1.1.3.4. Doses	122
3.7.1.1.3.5. Formulações	122
3.7.1.1.3.6. Misturas	123
3.7.1.1.3.7. Riscos de Resistência	123

	Página
3.7.1.1.3.8. Fitotoxicidade	123
3.7.1.1.4. Imidazol	123
3.7.1.1.4.1. Características do grupo	123
3.7.1.1.4.2. Principais representantes do grupo	123
3.7.1.1.4.2.a. imazalil	123
3.7.1.1.4.2.b. perfurazoate	124
3.7.1.1.4.2.c. prochloraz	125
3.7.1.1.4.2.d. triflumizole	126
3.7.1.1.4.3. Principais doenças controladas	126
3.7.1.1.4.4. Doses	126
3.7.1.1.4.5. Formulações	127
3.7.1.1.4.6. Misturas	127
3.7.1.1.4.7. Riscos de Resistência	127
3.7.1.1.4.8. Fitotoxicidade	127
3.7.1.1.5. Triazois	127
3.7.1.1.5.1. Características do grupo	128
3.7.1.1.5.2. Principais representantes do grupo	128
3.7.1.1.5.2.a. azaconazole	128
3.7.1.1.5.2.b. bitertanol	129
3.7.1.1.5.2.c. bromuconazole	129
3.7.1.1.5.2.d. cyproconazole	130
3.7.1.1.5.2.e. difenoconazole	131
3.7.1.1.5.2.f. Diniconazole	131
3.7.1.1.5.2.g. epoxiconazole	132
3.7.1.1.5.2.h. fenbuconazole	133
3.7.1.1.5.2.i. fluquinconazole	133
3.7.1.1.5.2.j. flusilazole	134
3.7.1.1.5.2.k. flutriafol	135
3.7.1.1.5.2.l. hexaconazole	135

	Página
3.7.1.1.5.2.m. imibenconazole	136
3.7.1.1.5.2.n. ipconazole	137
3.7.1.1.5.2.o. metconazole	137
3.7.1.1.5.2.p. myclobutanil	138
3.7.1.1.5.2.q. penconazole	138
3.7.1.1.5.2.r. propiconazole	139
3.7.1.1.5.2.s. prothioconazole	140
3.7.1.1.5.2.t. simeconazole	140
3.7.1.1.5.2.u. tebuconazole	141
3.7.1.1.5.2.v. tetraconazole	142
3.7.1.1.5.2.x. triadimefon	142
3.7.1.1.5.2.y. triadimenol	143
3.7.1.1.5.2.w. triticonazole	144
3.7.1.5.1.3. Principais doenças controladas	145
3.7.1.5.1.4. Doses	145
3.7.1.5.1.5. Formulações	145
3.7.1.5.1.6. Misturas	146
3.7.1.5.1.7. Riscos de Resistência	148
3.7.1.5.1.8. Fitotoxicidade	148
3.7.2. Inibidores de $\Delta^{8,7}$ isomerase e Δ^{14} redutase	148
3.7.2.1. Amines (“Morpholines”) (SBI classe II)	148
3.7.2.1.1. Morfolinas	148
3.7.2.1.1.1. Características do grupo	149
3.7.2.1.1.2. Principais representantes do grupo	150
3.7.2.1.1.2.a. aldimorph	150
3.7.2.1.1.2.b. dodemorph	150
3.7.2.1.1.2.c. fenpropimorph	150
3.7.2.1.1.2.d. tridemorph	151
3.7.2.1.1.3. Principais doenças controladas	152

	Página
3.7.2.1.1.4. Doses	152
3.7.2.1.1.5. Formulações	152
3.7.2.1.1.6. Misturas	152
3.7.2.1.1.7. Riscos de Resistência	152
3.7.2.1.1.8. Fitotoxicidade	152
3.7.2.1.2. Piperidinas	153
3.7.2.1.2.1. Características do grupo	153
3.7.2.1.2.2. Principais representantes do grupo	153
3.7.2.1.2.2.a. fenpropidin	153
3.7.2.1.2.2.b. piperalin	153
3.7.2.1.2.3. Principais doenças controladas	154
3.7.2.1.2.4. Doses	154
3.7.2.1.2.5. Formulações	154
3.7.2.1.2.6. Misturas	154
3.7.2.1.2.7. Riscos de Resistência	154
3.7.2.1.2.8. Fitotoxicidade	154
3.7.2.1.3. Spiroketalamines	154
3.7.2.1.3.1. Características do grupo	155
3.7.2.1.3.2. Principais representantes do grupo	155
3.7.2.1.3.2.a. spiroxamine (KWG 4168)	155
3.7.2.1.3.3. Principais doenças controladas	155
3.7.2.1.3.4. Doses	155
3.7.2.1.3.5. Formulações	155
3.7.2.1.3.6. Misturas	156
3.7.2.1.3.7. Riscos de Resistência	156
3.7.2.1.3.8. Fitotoxicidade	156
3.7.3 3-keto reductase, C4-demethylation	156
3.7.3.1. Hidroxyanilides (SBI: classe III)	156
3.7.3.1.1. Características do grupo	157

	Página
3.7.3.1.2. Principais representantes do grupo	157
3.7.3.1.2.a. fenhexamid	157
3.7.3.1.3. Principais doenças controladas	157
3.7.3.1.4. Doses	158
3.7.3.1.5. Formulações	158
3.7.3.1.6. Misturas	158
3.7.3.1.7. Riscos de Resistência	158
3.7.3.1.8. Fitotoxicidade	158
3.7.4. Squalene-epoxidase na biossíntese de esterol	158
3.7.4.1. (SBI: classe IV)	159
3.7.4.1.1. Thiocarbamates	159
3.7.4.1.1.1. Características do grupo	159
3.7.4.1.1.2. Principais representantes do grupo	160
3.7.4.1.1.2.a. pyributicarb	160
3.7.4.1.1.3. Principais doenças controladas	160
3.7.4.1.1.4. Doses	160
3.7.4.1.1.5. Formulações	160
3.7.4.1.1.6. Misturas	160
3.7.4.1.1.7. Riscos de Resistência	160
3.7.4.1.1.8. Fitotoxicidade	161
3.7.4.1.2. Allylamines	161
3.7.4.1.2.1. Características do grupo	161
3.7.4.1.2.2. Principais representantes do grupo	162
3.7.4.1.2.2.a. naftifine	162
3.7.4.1.2.2.b. terbinafine	162
3.7.4.1.2.3. Principais doenças controladas	162
3.7.4.1.2.4. Doses	162
3.7.4.1.2.5. Formulações	162
3.7.4.1.2.6. Misturas	162

	Página
3.7.4.1.2.7. Riscos de Resistência	163
3.7.4.1.2.8. Fitotoxicidade	163
3.8. Glucanas e síntese da parede celular	163
3.8.1. Síntese da parede celular	163
3.8.1.1. Ácido cinâmico	163
3.8.1.1.1. Características do grupo	164
3.8.1.1.2. Principais representantes do grupo	164
3.8.1.1.2.a. dimethomorph	164
3.8.1.1.2.b. flumorph (SYP-L190)	165
3.8.1.1.3. Principais doenças controladas	165
3.8.1.1.4. Doses	166
3.8.1.1.5. Formulações	166
3.8.1.1.6. Misturas	166
3.8.1.1.7. Riscos de Resistência	166
3.8.1.1.8. Fitotoxicidade	166
3.8.1.2. Amidocarbamato de aminoácido	166
3.8.1.2.1. Características do grupo	166
3.8.1.2.2. Principais representantes do grupo	167
3.8.1.2.2.a. benthiavalicarb	167
3.8.1.2.2.b. iprovalicarb	167
3.8.1.2.3. Principais doenças controladas	168
3.8.1.2.4. Doses	168
3.8.1.2.5. Formulações	168
3.8.1.2.6. Misturas	168
3.8.1.2.7. Riscos de Resistência	168
3.8.1.2.8. Fitotoxicidade	168
3.8.2. Biossíntese de Trehalase e Inositol	168
3.8.2.1. Glucopyranosyl antibiotic	168
3.8.2.1.1. Características do grupo	169

	Página
3.8.2.1.2. Principais representantes do grupo	169
3.8.2.1.2.a. validamycin	169
3.8.2.1.3. Principais doenças controladas	169
3.8.2.1.4. Doses	170
3.8.2.1.5. Formulações	170
3.8.2.1.6. Misturas	170
3.8.2.1.7. Riscos de Resistência	170
3.8.2.1.8. Fitotoxicidade	170
3.8.3. Síntese de quitina	170
3.8.3.1. Polyoxinas	170
3.8.3.1.1. Características do grupo	171
3.8.3.1.2. Principais representantes do grupo	171
3.8.3.1.2.a. polyoxin	171
3.8.3.1.3. Principais doenças controladas	172
3.8.3.1.4. Doses	172
3.8.3.1.5. Formulações	172
3.8.3.1.6. Misturas	172
3.8.3.1.7. Riscos de Resistência	172
3.8.3.1.8. Fitotoxicidade	172
3.9. Inibição da biossíntese de melanina (MBI's)	172
3.9.1. Redutase na biossíntese de melanina	174
3.9.1.1. MBI-R (Inibidores da biossíntese de melanina – redutase)	175
3.9.1.1.1. Isobenzofuranone	176
3.9.1.1.1.1. Características do grupo	176
3.9.1.1.1.2. Principais representantes do grupo	176
3.9.1.1.1.2.a. fthalide	176
3.9.1.1.1.3. Principais doenças controladas	177
3.9.1.1.1.4. Doses	177
3.9.1.1.1.5. Formulações	177

	Página
3.9.1.1.1.6. Misturas	177
3.9.1.1.1.7. Riscos de Resistência	177
3.9.1.1.1.8. Fitotoxicidade	177
3.9.1.1.2. Quinolinona (pyrrolo-quinolinone)	177
3.9.1.1.2.1. Características do grupo	177
3.9.1.1.2.2. Principais representantes do grupo	178
3.9.1.1.2.2.a. pyroquilon	178
3.9.1.1.2.3. Principais doenças controladas	178
3.9.1.1.2.4. Doses	178
3.9.1.1.2.5. Formulações	178
3.9.1.1.2.6. Misturas	178
3.9.1.1.2.7. Riscos de Resistência	178
3.9.1.1.2.8. Fitotoxicidade	178
3.9.1.1.3. Triazolobenzothiazole	179
3.9.1.1.3.1. Características do grupo	179
3.9.1.1.3.2. Principais representantes do grupo	179
3.9.1.1.3.2.a. tricyclazole	179
3.9.1.1.3.3. Principais doenças controladas	180
3.9.1.1.3.4. Doses	180
3.9.1.1.3.5. Formulações	180
3.9.1.1.3.6. Misturas	180
3.9.1.1.3.7. Riscos de Resistência	180
3.9.1.1.3.8. Fitotoxicidade	180
3.9.2 Desidratase na biossíntese de melanina	180
3.9.2.1. MBI-D (Inibidores da biossíntese de melanina – desidratase)	181
3.9.2.1.1. Amida (Ciclopropane-carboxamide)	181
3.9.2.1.1.1. Características do grupo	181
3.9.2.1.1.2. Principais representantes do grupo	181
3.9.2.1.1.2.a. carpropamid	181

	Página
3.9.2.1.1.3. Principais doenças controladas	182
3.9.2.1.1.4. Doses	182
3.9.2.1.1.5. Formulações	182
3.9.2.1.1.6. Misturas	182
3.9.2.1.1.7. Riscos de Resistência	182
3.9.2.1.1.8. Fitotoxicidade	182
3.9.2.1.2. Carboxamide	182
3.9.2.1.2.1. Características do grupo	182
3.9.2.1.2.2. Principais representantes do grupo	182
3.9.2.1.2.2.a. diclocymet	183
3.9.2.1.2.3. Principais doenças controladas	183
3.9.2.1.2.4. Doses	183
3.9.2.1.2.5. Formulações	183
3.9.2.1.2.6. Misturas	183
3.9.2.1.2.7. Riscos de Resistência	183
3.9.2.1.2.8. Fitotoxicidade	183
3.9.2.1.3. Propionamide	184
3.9.2.1.3.1. Características do grupo	184
3.9.2.1.3.2. Principais representantes do grupo	184
3.9.2.1.3.2.a. fenoxanil	184
3.9.2.1.3.3. Principais doenças controladas	185
3.9.2.1.3.4. Doses	185
3.9.2.1.3.5. Formulações	185
3.9.2.1.3.6. Misturas	185
3.9.2.1.3.7. Riscos de Resistência	185
3.9.2.1.3.8. Fitotoxicidade	185
3.10. Indutores de defesas em plantas hospedeiras	185
3.10.1. Biossíntese do Ácido Salicílico	185
3.10.1.1. Benzothiadiazole – BTH	186

	Página
3.10.1.1.1. Características do grupo	186
3.10.1.1.2. Principais representantes do grupo	186
3.10.1.1.2.a. acibenzolar-S-methyl	186
3.10.1.1.3. Principais doenças controladas	186
3.10.1.1.4. Doses	187
3.10.1.1.5. Formulações	187
3.10.1.1.6. Misturas	187
3.10.1.1.7. Riscos de Resistência	187
3.10.1.1.8. Fitotoxicidade	187
3.10.2. Benzisothiazole	187
3.10.2.1. Características do grupo	187
3.10.2.2. Principais representantes do grupo	187
3.10.2.2.a. probenazole	187
3.10.2.3. Principais doenças controladas	188
3.10.2.4. Doses	188
3.10.2.5. Formulações	188
3.10.2.6. Misturas	188
3.10.2.7. Riscos de Resistência	188
3.10.2.8. Fitotoxicidade	188
3.11. Mecanismo de ação indefinido	188
3.11.1. Fosfanato	188
3.11.1.1. Característica do grupo	189
3.11.1.2. Principais representantes do grupo	189
3.11.1.2.a. fosetyl-Al	189
3.11.1.2.b. phosphorous acid	190
3.11.1.3. Principais doenças controladas	190
3.11.1.4. Doses	190
3.11.1.5. Formulações	190
3.11.1.6. Misturas	191

	Página
3.11.1.7. Riscos de Resistência	191
3.11.1.8. Fitotoxicidade	191
3.11.2. Phthalamic acids	191
3.11.2.1. Características do grupo	191
3.11.2.2. Principais representantes do grupo	191
3.11.2.2.a. teclofthalan	191
3.11.2.3. Principais doenças controladas	192
3.11.2.4. Doses	192
3.11.2.5. Formulações	192
3.11.2.6. Misturas	192
3.11.2.7. Riscos de Resistência	192
3.11.2.8. Fitotoxicidade	192
3.11.3. Benzotriazines	192
3.11.3.1. Características do grupo	192
3.11.3.2. Principais representantes do grupo	192
3.11.3.2.a. triazoxide	192
3.11.3.3. Principais doenças controladas	193
3.11.3.4. Doses	193
3.11.3.5. Formulações	193
3.11.3.6. Misturas	193
3.11.3.7. Riscos de Resistência	193
3.11.3.8. Fitotoxicidade	193
3.11.4. Benzene-sulfonamides	193
3.11.4.1. Características do grupo	194
3.11.4.2. Principais representantes do grupo	194
3.11.4.2.a. flusulfamide	194
3.11.4.2.b. amisulbrom	194
3.11.4.3. Principais doenças controladas	195
3.11.4.4. Doses	195

	Página
3.11.4.5. Formulações	195
3.11.4.6. Misturas	195
3.11.4.7. Riscos de Resistência	195
3.11.4.8. Fitotoxicidade	195
3.11.5. Pyridazinones	195
3.11.5.1. Características do grupo	195
3.11.5.2. Principais representantes do grupo	195
3.11.5.2.a. diclomezine	195
3.11.5.3. Principais doenças controladas	196
3.11.5.4. Doses	196
3.11.5.5. Formulações	196
3.11.5.6. Misturas	196
3.11.5.7. Riscos de Resistência	196
3.11.5.8. Fitotoxicidade	196
3.11.6. Thiocarbamate	196
3.11.6.1. Características do grupo	196
3.11.6.2. Principais representantes do grupo	196
3.11.6.2.a. methasulfocarb	197
3.11.6.3. Principais doenças controladas	197
3.11.6.4. Doses	197
3.11.6.5. Formulações	197
3.11.6.6. Misturas	197
3.11.6.7. Riscos de Resistência	197
3.11.6.8. Fitotoxicidade	197
3.11.7. Thiazole-carboxamides	198
3.11.7.1. Características do grupo	198
3.11.7.2. Principais representantes do grupo	198
3.11.7.2.a. ethaboxan	198
3.11.7.3. Principais doenças controladas	198

	Página
3.11.7.4. Doses	198
3.11.7.5. Formulações	199
3.11.7.6. Misturas	199
3.11.7.7. Riscos de Resistência	199
3.11.7.8. Fitotoxicidade	199
3.12. Interferência Generalizada das Funções Celulares (atividade multi-sítio)	199
3.12.1. Inorgânicos	199
3.12.1.1. Cobre	200
3.12.1.1.1. Características do grupo	200
3.12.1.1.2. Principais representantes do grupo	200
3.12.1.1.2.a. copper hydroxide	200
3.12.1.1.2.b. copper oxychloride	200
3.12.1.1.2.c. copper oxide	201
3.12.1.1.2.d. copper sulphate	201
3.12.1.1.3. Principais doenças controladas	202
3.12.1.1.4. Doses	202
3.12.1.1.5. Formulações	202
3.12.1.1.6. Misturas	202
3.12.1.1.7. Riscos de Resistência	203
3.12.1.1.8. Fitotoxicidade	203
3.12.1.2. Enxofre	203
3.12.1.2.1. Características do grupo	203
3.12.1.2.2. Principais representantes do grupo	203
3.12.1.2.2.a. sulphur	203
3.12.1.2.3. Principais doenças controladas	204
3.12.1.2.4. Doses	204
3.12.1.2.5. Formulações	204
3.12.1.2.6. Misturas	204
3.12.1.2.7. Riscos de Resistência	204

	Página
3.12.1.2.8. Fitotoxicidade	204
3.12.2. Ditiocarbamatos	204
3.12.2.1. Características do grupo	205
3.12.2.2. Principais representantes do grupo	205
3.12.2.2.a. ferbam	205
3.12.2.2.b. mancozeb	206
3.12.2.2.c. maneb	207
3.12.2.2.d. metiram	207
3.12.2.2.e. propineb	208
3.12.2.2.f. thiram	209
3.12.2.2.g. zineb	209
3.12.2.2.h. ziram	210
3.12.2.3. Principais doenças controladas	210
3.12.2.4. Doses	211
3.12.2.5. Formulações	211
3.12.2.6. Misturas	211
3.12.2.7. Riscos de Resistência	212
3.12.2.8. Fitotoxicidade	212
3.12.3. Ftalimidas	212
3.12.3.1. Características do grupo	212
3.12.3.2. Principais representantes do grupo	212
3.12.3.2.a. captan	212
3.12.3.2.b. captafol	213
3.12.3.2.c. folpet	214
3.12.3.3. Principais doenças controladas	214
3.12.3.4. Doses	214
3.12.3.5. Formulações	214
3.12.3.6. Misturas	214
3.12.3.7. Riscos de Resistência	215

	Página
3.12.3.8. Fitotoxicidade	215
3.12.4. Isoftalonitrila (clorofenil; cloronitrila)	215
3.12.4.1. Características do grupo	215
3.12.4.2. Principais representantes do grupo	215
3.12.4.2.a. chlorothalonil	215
3.12.4.3. Principais doenças controladas	216
3.12.4.4. Doses	216
3.12.4.5. Formulações	216
3.12.4.6. Misturas	216
3.12.4.7. Riscos de Resistência	217
3.12.4.8. Fitotoxicidade	217
3.12.5. Sulfamidas (fenilsulfamida)	217
3.12.5.1. Características do grupo	217
3.12.5.2. Principais representantes do grupo	217
3.12.5.2.a. dichlofluanid	217
3.12.5.2.b. tolyfluanid	218
3.12.5.3. Principais doenças controladas	218
3.12.5.4. Doses	219
3.12.5.5. Formulações	219
3.12.5.6. Misturas	219
3.12.5.7. Riscos de Resistência	219
3.12.5.8. Fitotoxicidade	219
3.12.6. Guanidinas	219
3.12.6.1. Características do grupo	219
3.12.6.2. Principais representantes do grupo	220
3.12.6.2.a. dodine	220
3.12.6.2.b. guazatine	220
3.12.6.2.c. iminocadine	221
3.12.6.3. Principais doenças controladas	212

	Página
3.12.6.4. Doses	221
3.12.6.5. Formulações	222
3.12.6.6. Misturas	222
3.12.6.7. Riscos de Resistência	222
3.12.6.8. Fitotoxicidade	222
3.12.7. Triazinas (triazinilanilina)	222
3.12.7.1. Características do grupo	222
3.12.7.2. Principais representantes do grupo	222
3.12.7.2.a. Anilazine	222
3.12.7.3. Principais doenças controladas	223
3.12.7.4. Doses	223
3.12.7.5. Formulações	223
3.12.7.6. Misturas	223
3.12.7.7. Riscos de Resistência	223
3.12.7.8. Fitotoxicidade	223
3.12.8. Quinonas	223
3.12.8.1. Características do grupo	224
3.12.8.2. Principais representantes do grupo	224
3.12.8.2.a. dithianon	224
3.12.8.3. Principais doenças controladas	224
3.12.8.4. Doses	224
3.12.8.5. Formulações	224
3.12.8.6. Misturas	225
3.12.8.7. Riscos de Resistência	225
3.12.8.8. Fitotoxicidade	225
4. Discussão	226
5. Conclusão	228
6. Referencias Bibliográficas	229
APÊNDICE	244

	Página
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DE RESISTÊNCIA (FRAC, 2005)	245
TIPOS DE FORMULAÇÃO (ABNT, 1997)	247

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pagina
1 Estados de transição nas reações catalisadas por adenosina desaminase (adaptado de FERREIRA, 2000).	20
2 A enzima DNA-girase produz uma supertorção do DNA circular encontrado nos procariotos (adaptado de DNA, 2005).	29
3 Mecanismo de ação dos compostos quinolones, inibindo a ação da enzima DNA girase na replicação do DNA (adaptado de BIOLOGY, 2005).	30
4 Diagrama mostrando as mudanças que ocorrem no centróssoma e núcleo da célula no processo de divisão mitótica: prófase; metáfase; anáfase e telófase (adaptado de ALBERTS et al., 2005).	32
5 Estruturas que compõem o citoesqueleto de uma célula vegetal, microtúbulos e tubulinas (BORT et al., 2005).	32
6 Metáfase, nesta fase alguns dos microtúbulos que formam os aparatos do fuso se prendem aos cinetocoros formando o fuso mitótico. Os cromossomos iniciam uma série de movimentos que resultam num alinhamento de todos os cromossomos na região equatorial do fuso . É uma fase onde a célula se prepara para a anáfase.	34
7 Sítios de diferentes fungicidas na cadeia de respiração mitocondrial de fungos (adaptado de KUCK & MEHL, 2003).	45
8 Modelo esquemático da cadeia respiratória de transporte de elétrons (adaptado de JOSEPH-HORNE et al., 2001).	45
9 Cadeia de transporte de elétrons mostrando o Citocromo c mediando a conexão entre os Complexos III e IV.	56
10 ATP sintetase (ATPase ou F_1F_0 ATPase) é uma enzima de estrutura muito complexa, formada por 16 sub-unidades polipeptídicas distribuídas em 2 frações funcionais: As frações F_0 e F_1	57

Figura	Pagina
11 Representação simplificada do citocromo <i>b</i> sob tratamento com inibidores de Ubiquinol. B) Tratamento somente com inibidor Q_o , observa-se que b_H é fortemente reduzido, enquanto b_L não é reduzido ou apenas parcialmente, devido a condições termodinâmicas desfavoráveis. C) Tratamento somente com inibidor Q_i , observa-se que tanto b_H quanto b_L são completamente reduzidos. D) A combinação de dois inibidores simultaneamente (Q_oI e Q_iI) não permite a redução do citocromo <i>b</i> pela via normal nem pela via reversa (Dupla neutralização) (adaptado de NEUBURGER et al., 2003).	66
12 Estrutura dímera do Complexo bc_1 (A) e o mecanismo modificado da Coenzima Q indicando os sítios de inibição Q_o e Q_i (B) (adaptado de DARROUZET et al., 2004).	69
13 ATP-sintase consiste de duas moléculas complexas denominadas de F_1 e F_0 responsável pela formação de ATP a partir de $ADP + P_i$ (adaptado de BLABER, 2005).	72
14 Etapas de respiração celular onde ocorre a formação de ATP (glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória).	80
15 Eletromicrografia demonstrando a síntese de proteínas. Os ribossomos aparecem como grânulos escuros.	82
16 Via metabólica da biossíntese de metionina.	83
17 Mecanismo de adição de um único aminoácido à cadeia nascente de polipeptídeo durante a tradução do mRNA. O aminoácido 6 carregado pelo seu respectivo tRNA está sendo adicionado. Os aminoácidos de 1 à 5 já fazem parte do polipeptídeo. O tRNA vazio, de anti-códon CCC, complementar ao códon GGG (aa4) está abandonando o ribossomo. O sítio do ribossomo que recebe o tRNA carregado é denominado sítio A. O sítio onde se liga o tRNA carregando a cadeia polipeptídica (peptidil-tRNA) é denominado sítio P (adaptado de BONATO, 2005).	86
18 Principais vias na biossíntese de fosfolipídios.	101

Figura	Pagina
19 Fórmula estrutural das moléculas de lanosterol e ergosterol (Adaptado de BOA, 2005).	116
20 Modelo esquemático da demetilação do C-14 no ciclo do ergosterol a partir da molécula de lanosterol (Adaptado de BOA, 2005).	117
21 Modelo esquemático da ação das enzimas $\Delta^{8,7}$ isomerase e Δ^{14} redutase (Adaptado de BOA, 2005).	149
22 Squalene epoxidase é o alvo dos fungicidas allylamines e tiocarbamatos na biosíntese do ergosterol no passo metabólico entre o squalene e o lanosterol.	159
23 Mecanismo de ação dos fungicidas do grupo das allylamines.	161
24 Rota biossintética da melanina (adaptado de KURAHASHI, 2001).	173
25 Mecanismo de penetração do apressório de <i>Pyricularia oryzae</i> em epiderme de arroz (adaptado de KURAHASHI, 2001).	174
26 Função da enzima tetrahydroxynaphthalene redutase na biosíntese de melanina em fungos (adaptado de KURAHASHI, 2001 e KURAHASHI & PONTZEN, 1998).	175
27 Sítio de ação dos fungicidas inibidores de 3HN-R na biosíntese da melanina. Tricyclazole, pyroquilon e phthalide são os representantes comerciais destes fungicidas (adaptado de THOMPSON et al., 2000).	176
28 Estrutura de scytalone desidratase e reação natural catalizada por esta enzima na biosíntese de melanina (adaptado de LEE et al., 2003).	180

RESUMO

Os fungicidas agrícolas consistem num componente importante da produção agrícola, exercendo papel primordial principalmente no momento em que os demais métodos de controle mostram-se ineficientes. Sua intensa utilização vem provocando um sério problema, que é a resistência dos fungos a alguns princípios ativos utilizados. Quando se utilizam os fungicidas em um programa de manejo de doenças, é muito importante o conhecimento do mecanismo de ação das moléculas utilizadas, visando evitar erros que podem comprometer sua vida útil e, em alguns casos, gerar situações de difícil resolução como está. Porém, nem sempre as informações necessárias sobre os fungicidas utilizados na agricultura estão disponíveis, necessitando-se recorrer a inúmeras obras e trabalhos científicos para melhor compreender seu funcionamento. Este trabalho teve como objetivo a elaboração de uma revisão que abordasse todos os grupos de fungicidas utilizados no mercado nacional e internacional, disponibilizando informações importantes àqueles que fazem uso desta modalidade de controle, quer para recomendação direta no controle de doenças, quer para pesquisa e desenvolvimento que esclareçam sua performance regional, ou ainda na consulta acadêmica. Utilizou-se como diretriz para formatação deste trabalho as normas estabelecidas pelo FRAC (Fungicide Resistance Action Committee), que são internacionalmente conhecidas e respeitadas pelos usuários de fungicidas. Juntamente com o mecanismo de ação, procurou-se também esclarecer alguns pontos importantes no metabolismo dos fungos, principalmente aqueles caracterizados como alvo dos fungicidas.

Palavras-Chave: Fungicidas, doses, misturas, fitotoxicidade, resistência de fungos, modo de ação, alvo biológico, sítio de ação, mecanismo bioquímico de ação, controle de fitopatogênicos, usos, tipos de formulação.

FUNGICIDES CLASSIFICATION SORTED BY MECHANISM OF ACTION PROPOSED BY FRAC. Botucatu, 2002. p. Dissertação(Mestrado em Agronomia / Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MARCO ANTONIO TAVARES RODRIGUES

Adviser : NILTON LUIZ DE SOUZA and WILSON STORY VENÂNCIO

SUMMARY

The fungicides are efficient tools for agriculture, exerting primordial role especially when different methods of control are inefficient. However, the intensive use may result in a serious problem, the fungi resistance against the fungicide. When the fungicides are used in a program of disease management, knowing the mechanism of action of the molecules used is of the most importance, in order to prevent errors which can compromise its lifetime and, in some cases, to produce situations of difficult resolution. However, it's not always that the information about the fungicides used in agriculture are readily available, and in that case, there's the need to consult several books and scientific papers. The target of this work is to review and organize the information about all groups of fungicides used in the market, providing important information to those who are going to use this tool, for direct recommendation in the control of diseases, or for research and development which will help its regional performance, or for academic purposes. This work was based on the norms used by FRAC (Fungicide Resistance Action Committee), which are internationally known and respected by the users of fungicides. Additionally to the mechanism of action, it was also presented some important points in the fungi metabolism, mainly related to fungicide targets.

Key words: Fungicides, doses, mixtures, phytotoxicity, fungal resistance, mode of action (MoA), target, biochemistry, mechanism of action, phytopathogens control, uses, formulation types.

1. INTRODUÇÃO

O controle químico de doenças de plantas é praticado com maior intensidade nos países economicamente mais desenvolvidos, onde a agricultura é tecnologicamente mais avançada, com aplicação de mais insumos e previsão de melhores colheitas.

Com o aumento das fronteiras agrícolas no Brasil, do número de safras por ano, do melhoramento de plantas visando aumento de produtividade, da utilização da irrigação na produção de alimentos e outras técnicas que permitam uma intensificação da agricultura, os fitopatógenos estão se tornando cada vez mais comuns, mesmo naquelas culturas onde historicamente não representavam limitações econômicas.

Esta nova realidade tem evidenciado o aumento na utilização de fungicidas, permitindo a competitividade da nossa agricultura. O controle químico de doenças de plantas é, em muitos casos, a única medida eficiente e economicamente viável de garantir as altas produtividade e qualidade de produção. Variedades de plantas cultivadas, interessantes pelo bom desempenho agrônômico e pela preferência dos consumidores, que são obtidas através de técnicas de melhoramento vegetal, geralmente herdam uma maior vulnerabilidade a agentes fitopatogênicos. A exploração comercial de culturas como a uva, o morango, a maçã, o tomate e a batata, seria impossível sem o emprego de fungicidas pois onde são cultivadas o clima favorece a ocorrência da doença. Assim, a convivência com patógenos já presentes em determinadas áreas torna-se um ônus obrigatório dentro da agricultura moderna.

Dentre os fungicidas de maior consumo nacional, destacam-se os fungicidas cúpricos e os ditiocarbamatos, vindo em terceiro lugar os sulfurados. Para os cultivos que mais empregam fungicidas no Brasil, destaca-se em ordem decrescente, o citros, o trigo, o feijão, a batata e café (SINDAG, 2001).

Os fungicidas representam na atualidade a principal ferramenta complementar no manejo de doenças de plantas, caracterizados por produtos modernos e compatíveis com os conceitos de manejo integrado de doenças.

O conhecimento dos mecanismos de ação de fungicidas promove a otimização de uso destes compostos, reduzindo os riscos provocados tanto no homem quanto no meio ambiente. Estas informações, disponíveis na bibliografia mundial, encontram-se de forma truncada normalmente incompletas, inviabilizando a consulta para aqueles que mais precisam dela, os engenheiros agrônomos, pesquisadores e acadêmicos de ciências agrárias, que de uma forma ou outra atuam como recomendantes, fundamentados em posicionamentos legalmente regulamentados pelas empresas detentoras das moléculas.

O objetivo deste trabalho foi reunir em um só local as principais informações sobre todos os grupos de fungicidas conhecidos atualmente, com ênfase no mecanismo de ação, de acordo com a classificação proposta pelo FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) que passa auxiliar o profissional na escolha da melhor alternativa para controlar o alvo diagnosticado, quer seja ele um fungo, uma bactéria ou outro microorganismo qualquer.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi caracterizada através de revisão bibliográfica de fungicidas, com busca direta em livros e periódicos e busca indireta através da informação eletrônica (Internet), além de informações de empresas produtoras e/ou detentoras de moléculas.

Os resultados obtidos foram padronizados para cada molécula e organizados na mesma ordem de classificação proposta pelo “Fungicide Resistance Action Committe”(FRAC, 2003). Para cada molécula de fungicida constam as seguintes informações:

- Nome comum
- Formula molecular
- Nome químico
- Grupo químico
- Formula estrutural
- Modo de ação
- Alvos e doses recomendados mundialmente e registrados no Brasil
- Formulações e misturas
- Risco de resistência

- Fitotoxicidade

O sistema utilizado para a classificação dos fungicidas está de acordo com o mecanismo de ação proposto pelo FRAC(2003), onde estão agrupados todos os fungicidas, conforme Quadro 1:

Quadro 1. Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de ação.

Mecanismo de Ação	Código e Sítio Alvo	Nome do Grupo	Grupo Químico	Nome Comum	
A: Síntese de ácidos nucleicos	A1: RNA polimerase	Acilalaninato (Fenilamidas)	acilalaninas	Benalaxyl-M	
				metalaxyl-M	
				furalaxyl	
			oxazolidinones	oxadixyl	
				butyrolactones	ofurace
	A2: Adenosina desaminase	hydroxy-(2-amino-) pyrimidines			bupirimate
					dimethirimol
					ethirimol
	A3: síntese de DNA e RNA	heteroaromáticos		isoxazoles	hymexazole
				isothiazolones	ochthilnone
acetamidas				cymoxanil	
A4:Topoisomerasas e DNA- girase	Ácido carboxílico (fluoroquinolones)			oxolonic acid	
B: Inibição da mitose e divisão celular	B1: Inibição da biossíntese de tubulina	Fungicidas MBC (Methyl Benzimidazole Carbamates)	benzimidazoles	benomyl	
				carbendazim	
				fuberidazole	
			thiabendazole		
				tiofanato	thiophanate-methyl
B2: Inibição da biossíntese de tubulina	N-Phenyl carbamates			diethofencarb	
B3: Inibição da biossíntese de tubulina	Benzamidas			zoxamide	
B4: divisão celular (proposta)	Feniluréia			pencycuron	

Continuação do Quadro 1.

Mecanismo de Ação	Código e Sítio Alvo	Nome do Grupo	Grupo Químico	Nome Comum
C. Inibidores da Respiração	C1: Inibição do Complexo I (proposta)		pyrimidinamines	diflumentorim
	C2: Inibição do Complexo II: (succinato - desidrogenase)	anilidas		boscalid
		carboxanilidas		carboxin
				oxycarboxin
				thifluzamide
		carboxamides		benodanil
				fenfuram
				flutolanil
				furametpyr
			meppronil	
	C3: Inibição do Complexo III (citocromo <i>bc1</i> -ubiquinol oxidase sítio Qo)	QoI - fungicidas	methoxy-acrylates	azoxystrobin
				picoxystrobin
			methoxy-carbamates	pyraclostrobin
			oximino-acetates	kresoxim-methyl
				trifloxystrobin
			oximino-acetamides	metominostrobin
			dihydro-dioxazines	fluoxastrobin
		oxazolidinadiona	famoxadone	
		imidazolinona	fenamidona	
	C4: Inibição do Complexo III: citocromo <i>bc1</i> (ubiquinona redutase no sítio Qi)	QiI - Fungicidas	cianoimidazoles	cyazofamid
C5: Interrupção da fosforilação oxidativa		dinitrofenol	binapacryl	
			dinocap	
		fenilpiridinilamida	fluazinam	
		pyrimidinone-hydrazones	ferimzone	
C6: Inibição da fosforilação oxidativa (ATP sintase)	organoestânicos	Compostos Tri phenyl tin	fentin acetate	
			fentin chloride	
			fentin hidroxide	
C7: Produção de ATP (proposta)		thiophene-carboxamides	silthiofam	

Continuação do Quadro 1.

Mecanismo de Ação	Código e Sítio Alvo	Nome do Grupo	Grupo Químico	Nome Comum		
D: Inibição da síntese de aminoácidos e proteínas	D1: biossíntese de metionina (proposta)	Anilino pirimidinas		cyprodinil		
				mepanipyrim		
				pyrimethanil		
	D2: Síntese de proteínas	antibiótico	enopyranuronic acid)	blasticidin-S		
	D3: Síntese de proteínas	antibiótico	hexopyranosyl	kasugamycin		
D4: Síntese de proteínas	antibiótico	glucopyranosyl	streptomycin			
		antibiótico		oxytetracycline		
E: Transdução de sinal	E1: G-proteínas (proposta)	quinolinas		quinoxifen		
	E2: MAP proteína quinase	fenilpirrol		feniclonil fludioxonil		
F: Síntese de lipídios e membrana	F1: NADH citocromo c redutase e peroxidação de lipídios	dicarboximida		chlozolate		
				iprodone		
				procymidone		
				vinclozolin		
	F2: Inibição da biossíntese de glicerofosfolipídios,	Fosforotiato de arila	Fosforotiato		edifenphos	
					Fosforotiato de heterociclo	iprobenfos (IBP)
					dithiolanes	pyrazophos
						isoprothiolane
	F3: Peroxidação de lipídios (proposta)	Cloroaromatico			biphenyl	
					chloroneb	
					dicloran	
					quintozene (PCNB)	
					tecnazene (TCNB)	
tolclofos-methyl						
	heteroaromaticos	1,2,4-thiadiazoles	etridiazole			
F4: Ácidos graxos e permeabilidade da membrana celular (proposta)	carbamatos			iodocarb		
				propamocarb		
				prothiocarb		

Continuação do Quadro 1.

Mecanismo de Ação	Código e Sítio Alvo	Nome do Grupo	Grupo Químico	Nome Comum
G: Inibição da Biossíntese de esterol	G1: Inibição da demetilação do C14	DMI - Fungicidas (SBI: Classe I)	piperazinas	triforine
			piridines	pyrifenox
			pirimidinas	fenarimol
				nuarimol
			imidazol	imazalil
				pefurazoate
				prochloraz
				triflumizole
			triazoles	azaconazole
				bitertanol
				bromuconazole
				cyproconazole
				difenoconazole
				diniconazole
				epoxiconazole
				fenbuconazole
				fluquinconazole
				flusilazole
				flutriafol
				hexaconazole
				imibenconazole
				ipconazole
				metconazole
	myclobutanil			
	penconazole			
	propiconazole			
	prothioconazole			
	simeconazole			
	tebuconazole			
	tetratrazole			
	triadimefon			
	triadimenol			
	triticonazole			
G2: Inibidores da $\Delta^{8,7}$ isomerase e Δ^{14} -redutase	Amines (Morpholines) (SBI: Classe II)	morfolinas	aldimorph	
			dodemorph	
			fenpropimorph	
			tridemorph	
		piperidinas	fenpropidin	
			piperalin	
		spiroketalamines	spiroxamine	

Continuação do Quadro 1.

Mecanismo de Ação	Código e Sítio Alvo	Nome do Grupo	Grupo Químico	Nome Comum
G: Inibição da Biossíntese de esterol	G3: 3-keto reductase, C4 demethylation	hydroxyanilides (SBI: Classe III)		fenhexamid
	G4: squalene-epoxidase na biossíntese de esterol	(SBI: Classe IV)	thiocarbamates	pyributicarb
			allylamines	naftifine terbinafine
H: Glucanas e síntese da parede celular	H1: síntese da parede celular (proposta)	ácido cinâmico		dimethomorph flumorph
	H2: síntese da parede celular (proposta)	Amidocarbamato de aminoácido		benthiavalicarb iprovalicarb
	H3: biossíntese de trehalase e inositol	glucopyranosil antibiotic		valicamycin
	H4: Síntese de quitina	polyoxinas	peptidyl pyrimidine nucleoside	polyoxin
I: Inibição da biossíntese de melanina (MBI's)	I1: redutase na biossíntese de melanina	MBI-R (inibidores da Biossíntese de melanina - redutase)	isobenzofuranone	fthalide
			quinolinona	pyroquilon
			triazolobenzothiazole	tricyclazole
	I2: desidratase na biossíntese de melanina	MBI-D (Inibidores da biossíntese de melanina-dehidratase)	Amida (ciclopropane-carboxamide)	carpropamid
			carboxamide	diclocymet
			propionamide	fenoanil
P: Indutores de defesas em plantas hospedeiras	P1: Biossíntese do ácido salicílico		benzothiadiazole BTH	acibenzolar-S-methyl
	P2:		benzisothiazole	probenazole

Continuação do Quadro 1.

Mecanismo de Ação	Código e Sítio Alvo	Nome do Grupo	Grupo Químico	Nome Comum
Mecanismo de ação indefinido	desconhecido	fosfanato	ethyl phosphonates	fosetyl-Al phosphorous acid
	desconhecido	phthalamic acids		teclofthalam
	desconhecido	benzotriazines		triazoxide
	desconhecido	benzene-sulfonamides	sulfonamide	flusulfamide amisulbrom
	desconhecido	pyridazinones		diclomezine
	desconhecido		thiocarbamate	methasulfocarb
	desconhecido		thiazole-carboxamides	ethaboxan
Interferência generalizada das funções celulares	atividade multi-sítio		inorgânicos	cobre enxofre
			ditiocarbamatos	ferbam
				mancozeb
				maneb
				metiram
				propineb
				thiram
				zineb
			ziram	
			ftalimidas	captan
				captafol
				folpet
			Isoftalonitrila (clorofenil, cloronitrila)	chlorothalonil
			Sulfamidas (fenilsulfamida)	dichlofluanid
				tolylfluanid
guanidinas	dodine			
	guazatine			
	iminocadine			
Triazinas (triazinilanilina)	anilazine			
quinonas	dithianon			

3. RESULTADOS

A seqüência de apresentação dos diferentes grupos de fungicidas obedece aos critérios estabelecidos pelo FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) de acordo com o mecanismo de ação (FRAC, 2003). A estas informações foram acrescentadas outras, consideradas importantes para uma análise mais aprofundada por parte de um profissional de ciências agrárias, entre elas estão as características do grupo químico, os principais representantes (incluindo: nome comum; fórmula molecular; nome químico; fórmula estrutural e nome comercial), as principais doenças controladas de acordo com os grupos de MacNew, as doses limítrofes; as formulações; as misturas; os riscos de resistência e a fitotoxicidade.

3.1. Síntese de ácidos nucléicos: Durante a síntese de DNA as enzimas envolvidas são DNA polimerases, enquanto na síntese de RNA as enzimas envolvidas são RNA polimerases. Estas enzimas são estruturas protéicas, constituídas de várias subunidades que executam funções específicas durante os processos de polimerização. A leitura do código genético necessita duas moléculas adaptadoras: as enzimas aminoacil-tRNA sintetases, que ligam um aminoácido particular ao seu tRNA correspondente e a molécula de tRNA propriamente dita que se liga ao códon apropriado no mRNA, através do pareamento com o anti-códon (Bonato, 2005).

3.1.1. RNA polimerase: As polimerases são específicas para desoxirribonucleotídios ou ribonucleotídios, por exemplo. Sempre que existir uma seqüência de desoxirribonucleotídios

5' ATCGAAG 3' como molde, será sintetizada, com absoluta precisão, a sequência da fita complementar 5'CTTCGAT 3', desde que a enzima catalisadora seja uma DNA polimerase ou então, a fita 5' CUUCGAU 3' se a enzima catalisadora for uma RNA polimerase. Em qualquer dos casos a adição de nucleotídeos à cadeia nascente obedece a ordem de sequência de nucleotídeos da cadeia molde (Bonato, 2005).

3.1.1.1. Acilalaninato (Fenilamidas): O mecanismo de ação deste grupo interfere na síntese de ácido nucléico, inibindo a síntese de RNA ribossômico sendo normalmente este o processo mais sensível que ocorre através de interação com a enzima RNA polimerase. Os acilalaninatos atuam em estágios específicos do desenvolvimento de oomycetos num processo infeccioso. A liberação de zoósporos do esporângio, seus movimentos, encistamento e subsequente geminação, tanto quanto a penetração inicial e desenvolvimento de haustório primário, são relativamente insensíveis ao fungicida. Entretanto o desenvolvimento do patógeno após esta etapa é bem controlado. Esta tardia, mas eficiente inibição deve-se ao mecanismo de ação do grupo. Nos estágios iniciais do ciclo de vida, esporângios e zoósporos estão suficientemente supridos com ribossomos para permitir a formação do zoósporo, germinação, penetração e formação do haustório primário, mesmo na presença de fungicida. Nos estágios posteriores, a contínua inibição da RNA-polimerase torna-se incrivelmente efetiva, resultando no engrossamento da parede celular das hifas e na eventual morte da célula. Este sintoma característico deve-se ao acúmulo de precursores de rRNA, o nucleosídeo trifosfato, que promove a atividade da $\beta(1,3)$ glucano sintetase e a síntese de constituintes da parede celular (Hewitt, 1998).

3.1.1.1.1. Acilalaninas: Basicamente os acilalaninatos controlam todas as doenças causadas por patógenos da ordem Peronosporales, incluindo a família Albuginaceae. Entretanto existem fortes diferenças no desempenho contra vários patógenos alvo entre os químicos individuais desta classe. O metalaxil, pertencente ao grupo químico acilalaninas, é o que apresenta o mais completo espectro de atividades com marcantes variações de efetividade entre os diversos gêneros de fungo (Lyr, 1995).

3.1.1.1.1. **Características do grupo:** Estes fungicidas são utilizados como protetores e curativos em tratamento de sementes, tratamento de raiz e pulverizações foliares. São sistêmicos, principalmente pelo apoplasto, mas para metalaxyl, tem sido relatado um movimento em extensão limitada, via o simplasto. São absorvidos pelas folhas, caule e raízes (Copping e Hewitt, 1998). Para Lyr (1995) este grupo apresenta alta fungitoxicidade inerente; apresenta atividade protetora e curativa contra todos os Peronosporales; são absorvidos rapidamente, com sistemicidade acropetal, levando proteção para os novos pontos de crescimento; apresentam boa persistência nos tecidos da planta permitindo longos intervalos entre pulverizações; controlam doenças sistêmicas em sementes e causadas por fungos de solo; são fracos em tecidos de plantas senescentes.

3.1.1.2.1.2. Principais representantes do grupo:

a. benalaxyl-M

Nome comum: benalaxyl-M (benalaxil-M) – código FRAC : 4

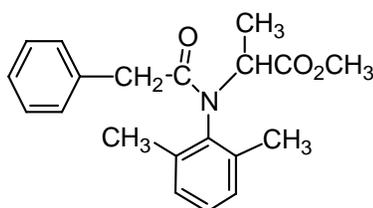
Fórmula molecular: $[C_{20}H_{23}NO_3]$

Nome químico: methyl N-(phenylacetyl)-N-(2,6-xyllyl)-D-alaninate.

Recomendado para os cultivos de alface, batata, cebola, gramados, lúpulo, morango, ornamentais, pimentões, soja, tabaco, tomate e uva (AGROFIT, 2005; CASAFE, 2005, Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Galben-M em mistura com mancozeb (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



b. metalaxyl-M

Nome comum: metalaxyl-M (metalaxil-M) - código FRAC : 4

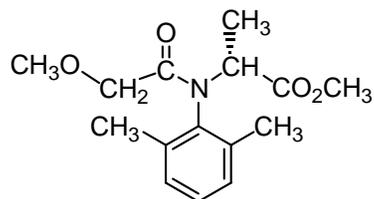
Fórmula molecular: [C₁₅H₂₁NO₄]

Nome químico: methyl N-(methoxyacetyl)-N-(2,6-xylyl)-D-alaninate.

Recomendado para os cultivos de abacate, alface, alfafa, algodão, batata, berinjela, beterraba, cebola, citros, curcubitáceas, ervilhas, feijão, girassol, milho, milho doce, morango, olerícolas, ornamentais, pastagens, pimentões, sorgo, soja, tabaco, tomate e videira (AGROFIT, 2005; CASAFE, 2005; Ehr & Kemmitt, 2002; Smith, 2002; Thomson, 2003; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Folio Gold (em mistura com clorotalonil), Maxim XL (em mistura com fludioxonil) e Ridomil Gold MZ (em mistura com mancozeb) (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



c. furalaxyl

Nome comum: furalaxyl - código FRAC : 4

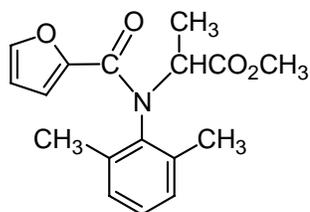
Fórmula molecular: [C₁₇H₁₉NO₄]

Nome químico: methyl N-(2-furoyl)-N-(2,6-xylyl)-DL-alaninate.

Recomendado para os cultivos de ornamentais (Tomlin, 2002).

Não apresenta registro no Brasil, sendo registrado em outros países com a marca comercial Fongarid para controle de oomicetos (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.1.1.1.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas deste grupo apresentam controle sobre doenças do Grupo I (Podridão em órgãos de reserva), Grupo II (Danos em plântulas), Grupo III (Podridão de raízes) e Grupo V (Míldio, manchas foliares).

3.1.1.1.1.4. **Doses:** benalaxil M + mancozeb (2,5 a 3,0 kg p.c./ha. ou 200 a 300 g p.c./100 litros de água); metalaxyl-M + clorotalonil (1,5 kg p.c./ha. ou 200 g p.c./100 litros de água); metalaxil-M + fludioxonil (100 a 150 ml p.c./100 kg de semente); metalaxil-M + mancozeb (2,5 kg p.c./ha. ou 1,25 g p.c./m² ou 250 a 300 g p.c./100 litros de água).

3.1.1.1.1.5. **Formulações:** WP (80 g/kg de benalaxil + 650 g/kg de mancozeb; WP (43 g/kg de benalaxil + 580 g/kg de oxicloreto de cobre; 67,5 g/kg de metalaxil-M + 675 g/kg de clorotalonil; 40 g/kg de metalaxil-M + 640 g/kg de mancozeb); SC (10 g/L de metalaxil-M + 25 g/L de fludioxonil).

3.1.1.1.1.6. **Misturas:** No Brasil metalaxil-M e benalaxil são formulados em mistura devido ao alto risco de resistência dos fungos, utilizando-se produtos como clorotalonil, fludioxonil e mancozeb. Além destes, existem relatos de misturas em outros países de metalaxyl-M com difenoconazole, folpete, fluazinam, acibenzolar S- methyl, *Bacillus subtilis* + quintozene, azoxystrobin, azoxystrobin + fluodixinil, difenoconazole + fluodixinil + thiometoxan, PCNB, thiometoxan e com compostos de cobre (AGROFIT, 2005; CPR, 2005; Smith, 2002; Tomlin, 1997).

3.1.1.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Alto risco de resistência e resistência cruzada bem conhecida com vários Oomycetos, mas de mecanismo desconhecido. Exige manejo de resistência de acordo com recomendações para o grupo fenilalamida (FRAC, 2003).

3.1.1.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta risco de fitotoxicidade se utilizado na dose recomendada.

3.1.1.1.2. **Oxazolidinones:** Assume-se que o mecanismo de ação deste grupo de fungicidas é a inibição da síntese de proteínas em fungos, interferindo com a síntese de RNA ribossômico (Hutson & Miyamoto, 1998; Lyr, 1995).

3.1.1.1.2.1. **Características do grupo:** São fungicidas sistêmicos com ação protetora e curativa, sendo rapidamente absorvido pelas folhas e raízes, com translocação principalmente acropetal, mas também basipetal e por movimento translaminar. Apresentam efeito sinérgico quando utilizados em conjunto com fungicidas de contato. São utilizados em mistura com fungicidas de contato para o controle de Peronosporales tais como míldios e *Phytophthora* em culturas como videira, milho, batata, tabaco, lúpulo, girassol, citros, frutíferas e olerícolas. É utilizado também no tratamento de sementes em algodão, ervilha e girassol (Tomlin, 2002).

3.1.1.1.2.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **oxadixyl**

Nome comum: oxadixyl - código FRAC : 4

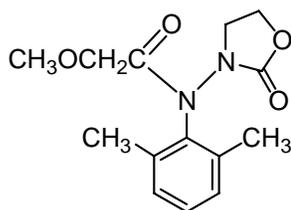
Fórmula molecular: [C₁₄H₁₈N₂O₄]

Nome químico: 2-methoxy-*N*-(2-oxo-1,3-oxazolidin-3-yl)aceto-2',6'-xylylide.

Recomendado para os cultivos de videira, milho, batata, tabaco, lúpulo, girassol, citros, frutíferas, olerícolas e também para tratamento de sementes nos cultivos de algodão, ervilha e girassol (Tomlin, 2002).

Este produto não apresenta registro no Brasil.

Fórmula estrutural:



3.1.1.1.2.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo I (Podridão em órgãos de reserva), Grupo II (Danos em plântulas), Grupo III (Podridão de raízes) e Grupo V (Míldio).

3.1.1.1.2.4. **Doses:** Oxadixyl é utilizado em pulverização foliar na dose de 200 a 300 g/ha do ingrediente ativo (Tomlin, 2002).

3.1.1.1.2.5. **Formulações:** Oxadixyl é apresentado nas formulações WG e WP (Tomlin 2002).

3.1.1.1.2.6. **Misturas:** Oxadixyl é formulado em alguns países em misturas com cymoxanil + mancozeb (Pulsan) e em mistura com mancozeb (Sandofan) (Tomlin, 2002).

3.1.1.1.2.7. **Riscos de Resistência:** Alto risco de resistência e resistência cruzada bem conhecida com vários Oomycetos, mas de mecanismo desconhecido. Recomendam-se técnicas de manejo de resistência (FRAC, 2003).

3.1.1.1.2.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta risco de fitotoxicidade se utilizado na dose recomendada.

3.1.1.1.3. **Butyrolactones:** O mecanismo de ação deste grupo é a interferência na síntese de ácido nucléico, inibindo a síntese de RNA ribossômico, sendo normalmente este o processo mais sensível que ocorre através de interação com a enzima RNA polimerase (Hutson & Miyamoto, 1998; Lyr, 1995).

3.1.1.1.3.1. **Características do grupo:** São fungicidas sistêmicos com ação protetora e curativa, sendo rapidamente absorvido pelas folhas e raízes, com translocação principalmente acropetal, mas também basipetal. Atua inibindo a germinação de esporos ou bloqueando a formação de micélio. São utilizados em mistura com fungicidas de contato para o controle de Oomycetos, particularmente mildios em videira e requeima em batata e tomate (Lyr, 1995; Tomlin, 2002).

3.1.1.1.3.2. Principais representantes do grupo:

a. ofurace

Nome comum: ofurace - código FRAC : 4

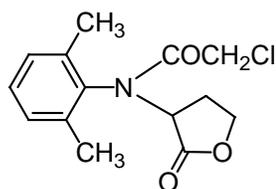
Fórmula molecular: [C₁₄H₁₆ClNO₃]

Nome químico: (*RS*)- α -(2-chloro-*N*-2,6-xylylacetamido)- γ -butyrolactone.

Recomendado para o controle de Oomycetos nos cultivos de batata, cebola, tomate e videira (Tomlin, 2002).

Este produto não apresenta registro no Brasil.

Fórmula estrutural:



3.1.1.1.3.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo I (Podridão em órgãos de reserva), Grupo II (Danos em plântulas), Grupo III (Podridão de raízes) e Grupo V (Míldio).

3.1.1.1.3.4. **Doses:** Ofurace é utilizado na dose de 200 a 250 g/ha do ingrediente ativo.

3.1.1.1.3.5. **Formulações:** Ofurace é apresentado nas formulações SC e WP (Tomlin, 2002).

3.1.1.1.3.6. **Misturas:** Ofurace é formulado em mistura com mancozeb (Derby, Vamin MZ), folpete (Vamin), folpete + cymoxanil (Caltan P) e mancozeb (Patafol) (Carmona & Sabido, 2005; Tomlin, 2002).

3.1.1.1.3.7. **Riscos de Resistência:** Alto risco de resistência e resistência cruzada bem conhecida com vários Oomycetos, mas de mecanismo desconhecido. Recomendam-se técnicas de manejo de resistência (FRAC, 2003).

3.1.1.1.3.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta risco de fitotoxicidade se utilizado na dose recomendada.

3.1.2. **Adenosina-desaminase:** A Adenosina desaminase (ADA) é a enzima conversora de adenosina em inosina - uma enzima envolvida no metabolismo das purinas (Figura 1) (Ferreira, 2000).

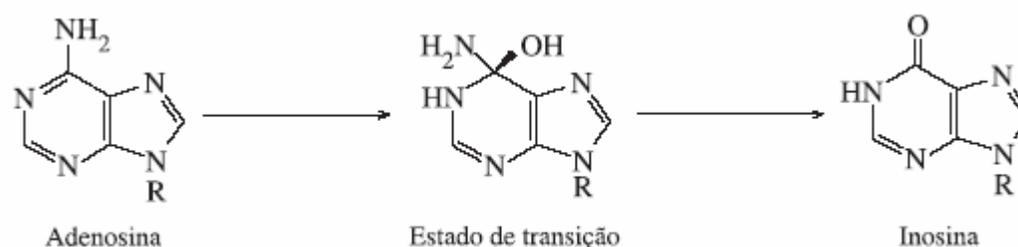


Figura 1. Estados de transição nas reações catalisadas por adenosina desaminase(adaptado de FERREIRA, 2000).

3.1.2.1. **Hydroxy-(2-amino) pyrimidines:** Os fungicidas dimethirimol e ethirimol inibem a biossíntese de ácidos nucleicos através da inibição da enzima adenosina desaminase na rota de reutilização da purina. Estes fungicidas apresentam atividade antagonista na presença de ácido fólico e riboflavina sendo reduzidos por adenina, tiamina e uracila. Experimento com esporos de oídio sugerem que estes fungicidas inibem a biossíntese da purina, o metabolismo de ácido orótico e a glicina e, possivelmente, interferem com diversas enzimas pyroxidal-dependentes (Hollomon & Chamberlain, 1981; Hutson & Miyamoto, 1998; Nene & Thapliyal, 1993). Somente a atividade de adenosina desaminase de fungos causadores de oídio é sensível a ethirimol, enquanto a atividade da enzima em outras espécies de fungos geralmente não é afetada (Hewitt, 1998).

3.1.2.1.1. **Características do grupo:** Fungicida sistêmico com ação protetora e curativa, altamente específicos para o controle de membros da família Erysiphaceae. Bupirimate é absorvido pelas folhas, com translocação pelo xilema e ação translaminar. Ethirimol e dimethirimol são absorvidos pelas folhas e raízes, apresentando translocação somente pelo

xilema, utilizado no tratamento de sementes de cereais. Utilizado na inibição da esporulação de oídios (Ehr & Kemmitt, 2002; Hewitt, 1998; Hutson & Miyamoto, 1998; Tomlin, 2002).

3.1.2.1.2. Principais representantes do grupo:

a. bupirimate

Nome comum: bupirimate - código FRAC : 8

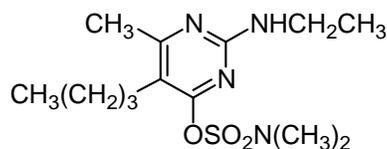
Formula molecular: [C₁₃H₂₄N₄O₃S]

Nome químico: 5-butyl-2-ethylamino-6-methylpyrimidin-4-yl dimethylsulfamate.

Recomendado para os cultivos de beterraba, beterraba açucareira, crisântemo, curcubitáceas, lúpulo, maçã, manga, morango, nectarinas, ornamentais, pêra, pêssegos, pimenta, videira (CASAFE, 2005; Ehr & Kemmitt, 2002; Lyr, 1995; Thomson, 2003; Tomlin, 2002).

Não apresenta registro no Brasil, sendo registrado em outros países com a marca comercial Nimrod 25 EC para controle de oídios em ornamentais (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. dimethirimol

Nome comum: dimethirimol (dimetirimol) - código FRAC : 8

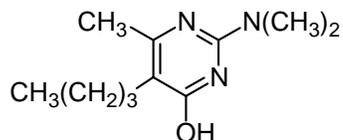
Formula molecular: [C₁₁H₁₉N₃O]

Nome químico: 5-butyl-2-dimethylamino-6-methylpyrimidin-4-ol.

Recomendado para os cultivos de cucurbitáceas, ornamentais, tabaco e tomate (Tomlin, 2002).

Não apresenta registro no Brasil, sendo registrado em outros países com a marca comercial Milcurb (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



c. ethirimol

Nome comum: ethirimol (etirimol) - código FRAC : 8

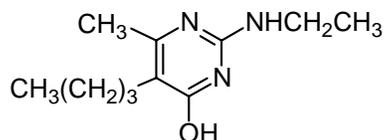
Formula molecular: [C₁₁H₁₉N₃O]

Nome químico: 5-butyl-2-ethylamino-6-methylpyrimidin-4-ol.

Recomendado para os cultivos de aveia, cevada e trigo (Tomlin, 2002).

Não apresenta registro no Brasil, sendo registrado em outros países com a marca comercial Milgo (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.1.2.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (Oídio).

3.1.2.1.4. **Doses:** bupirimate (150 a 375 g i.a./ha); ethirimol (250 a 350 g i.a./ha ou 4 g/kg de sementes), dimethirimol (0,5 a 2,0 kg/ha para tratamento de solo e 50 a 100 g i.a./ha para pulverização foliar) (Tomlin, 2002).

3.1.2.1.5. **Formulações:** bupirimate (EC, WP); ethirimol (EC, SC; SL); dimethirimol (SL) (Tomlin, 2002).

3.1.2.1.6. **Misturas:** ethirimol é formulado em mistura com tiabendazol (Ferrax), com hexaconazol (Halley) (Tomlin, 2002).

3.1.2.1.7. **Riscos de Resistência:** Médio risco de resistência, apresentando casos relatados de resistência e resistência cruzada em oídios. Existem recomendações específicas para manejo de resistência dos membros deste grupo indicadas pelo FRAC (FRAC, 2003).

3.1.2.1.8. **Fitotoxicidade:** Ethirimol e dimethirimol se utilizados de acordo com a recomendação não apresentam problemas de fitotoxicidade. Bupirimate apresenta incompatibilidade com materiais altamente alcalinos. (Thomson, 2003; CASAFE, 2005) Bupirimate pode apresentar leves injúrias em crisântemo, rosa, morango e maçã (Tomlin, 2002).

3.1.3. **Síntese de DNA e RNA:** (ver síntese de ácidos nucleicos – 3.1.)

3.1.3.1. **Heteroaromáticos:** São compostos que apresentam um anel formado por mais de uma espécie de átomo. Nos compostos cíclicos deste grupo encontramos o átomo de Nitrogênio para o fungicida hymexazole e os átomos de Enxofre e Nitrogênio para o fungicida othililone. Os fungicidas deste grupo apresentam como proposta do mecanismo de ação a interferência na síntese de DNA e RNA (FRAC, 2003).

3.1.3.1.1. **Isoxazoles:** Os fungicidas deste grupo atuam através da inibição da síntese de DNA. Nakanishi & Sisler (1983) demonstraram o mecanismo de ação para hymexazol sugerindo que para o fungo *Fusarium oxysporum* atua inibindo a síntese de DNA enquanto para *Pellicularia sasakii* (*Rhizoctonia solani*) promove a disrupção da permeabilidade das membranas celulares.

3.1.3.1.1.1. **Características do grupo:** Fungicida sistêmico para o controle de patógenos de solo e sementes. Hymexazol também apresenta atividade estimulatória de crescimento de planta. Este fungicida foi desenvolvido para o controle de doenças de plântulas em arroz (Hutson & Miyamoto, 1998; Tomlin, 2002).

3.1.3.1.1.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **hymexazole**

Nome comum: hymexazole - código FRAC : 32

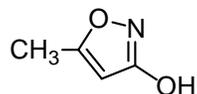
Formula molecular: [C₄H₅NO₂]

Nome químico: 5-methylisoxazol-3-ol.

Recomendado para os cultivos de arroz, beterraba açucareira, beterraba forrageira, cravo, cucurbitáceas, olerícolas, ornamentais, e plântulas de essências florestais (Tomlin, 2002).

Não apresenta registro no Brasil, sendo registrado em outros países com a marca comercial Tachigaren (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.1.3.1.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo I (Podridão em órgãos de reserva), Grupo II (Danos em plântulas), Grupo III (Podridão de raízes).

3.1.3.1.1.4. **Doses:** 5 a 90 g/kg de sementes ou para aplicação no solo (jato dirigido – esguicho) 30 a 60 g/100 litros de água (Tomlin, 2002).

3.1.3.1.1.5. **Formulações:** DP, SL, WS e WP (Tomlin, 2002).

3.1.3.1.1.6. **Misturas:** Hymexazol também é formulado em mistura com metalaxyl (Tachigare-Axi) (Tomlin, 2002).

3.1.3.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Não apresenta resistência conhecida (FRAC, 2003).

3.1.3.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Se utilizados de acordo com a recomendação não apresentam problemas de fitotoxicidade.

3.1.3.1.2. **Isotiazolones:** Composto que apresenta os átomos de Enxofre e Nitrogênio no anel, tendo como mecanismo de ação a interferência na síntese de DNA e RNA (FRAC, 2003).

3.1.3.1.2.1. **Características do grupo:** Fungicida recomendado para o controle de cancro em maçã e pera (*Nectria galligena*) e outras doenças causadas por fungos e bactérias em frutíferas, utilizado na forma de pincelamento em regiões de poda ou ferimentos (Tomlin, 2002).

3.1.3.1.2.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **octhilinone**

Nome comum: octhilinone - código FRAC : 32

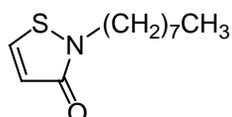
Formula molecular: [C₁₁H₁₉NOS]

Nome químico: 2-octylisothiazol-3(2*H*)-one.

Recomendado para o pincelamento em procedimentos de poda e em lesões em tronco de fruteiras (Tomlin, 2002).

Não apresenta registro no Brasil, sendo registrado em outros países com a marca comercial Pancil-T (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.1.3.1.2.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças provocadas por fungos e bactérias em regiões suberizadas do caule.

3.1.3.1.2.4. **Doses:** hymexazole é aplicado no solo na dose de 30 a 60 g/100 litros, ou através da incorporação. No tratamento de sementes a dose varia de 5 a 90 g/kg de sementes. Octhilinone é utilizado na forma de pincelamento, cobrindo a região de poda ou a lesão (Tomlin, 2002).

3.1.3.1.2.5. **Formulações:** Hymexazol (DP; SL; WP; WS); octhilinone é formulado na forma de pasta (PA) para aplicação sobre as lesões (Tomlin, 2002).

3.1.3.1.2.6. **Misturas:** Hymexazol é formulado em mistura com metalaxyl (Tachigare-Ace) e othilinone não é formulado em mistura (Tomlin, 2002).

3.1.3.1.2.7. **Riscos de Resistência:** Os fungicidas deste grupo não apresentam resistência conhecida.

3.1.3.1.2.8. **Fitotoxicidade:** Se utilizados de acordo com a recomendação não apresentam problemas de fitotoxicidade (Tomlin, 2002).

3.1.3.1.3 **Acetamida:** Até a pouco tempo atrás o fungicida cymoxanil pertencia ao grupo de ação desconhecida, segundo o FRAC, sendo seu sitio de ação pouco estudado. Atualmente sabe-se que ele atua inibindo a biossíntese de ácidos nucleicos, aminoácidos e lipídios, interferindo na permeabilidade da membrana celular.

3.1.3.1.3.1. **Características do grupo:** Cymoxanil penetra rapidamente e quando dentro da planta não é lavado pela chuva. Este fungicida controla os patógenos durante o período de incubação (latente) prevenindo o aparecimento de sintomas no campo. Este fungicida foi desenvolvido primeiramente para a ordem Peronosporales (*Phytophthora*, *Plasmopara* e *Peronospora*), utilizado principalmente em culturas como a batata, o tomate e a videira (Hutson e Miyamoto, 1998). O cymoxanil é um fungicida para pulverização foliar com atividade protetora e curativa. Apresenta atividade de contato e local sistêmica inibindo a esporulação fúngica (Tomlin, 1997).

3.1.3.1.3.2. **Principais representantes do grupo:**

a. cymoxanil

Nome comum: cymoxanil (cimoxanil) - código FRAC : 27

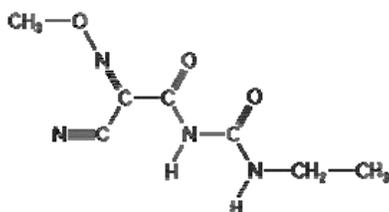
Formula molecular: $[C_7H_{10}N_4O_3]$

Nome químico: 1-(2-cyano-2-methoxyiminoacetyl)-3-ethylurea

Utilizado para o controle de Peronosporales, especialmente *Peronospora*, *Phytophthora* e *Plasmopara* spp. em um grande número de cultivos, incluindo videira, lúpulo, batata e tomate (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Curathane e Curzate BR (AGROFIT, 2005). É formulado em outros países como WP, apresentando as comerciais Curzate e Asco (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.1.3.1.3.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (Míldio), e em mistura com famoxadona apresenta controle sobre *Alternaria solani* em batata e tomate.

3.1.3.1.3.4. **Doses:** com mancozeb (2 a 3 kg p.c./ha ou 200 a 300 g p.c./100 litros de água), com maneb (1,5 a 2,5 kg p.c./ha), com famoxadona (400 a 600 g p.c./ha), com zoxamida (300 a 400 g p.c./ha ou 30 a 35 g p.c./100 litros de água).

3.1.3.1.3.5. **Formulações:** Cymoxanil + mancozeb: WP (80 + 640 g/kg); cymoxanil + manebe: WP (80 + 640 g/kg); cymoxanil + famoxadona: WG (300 + 225 g/kg); cymoxanil + zoxamida: WG (331 + 331 g/kg).

3.1.3.1.3.6. **Misturas:** No Brasil é formulado em mistura com mancozeb (Curathane e Curzate BR), manebe (Curzate M + Zinco), famoxadona (Equation) e zoxamida (Harpon WG). Em outros países é formulado em mistura com dithianon (Aktuan), com mancozeb (Duett; Micexanil, Manex C-8), com benalaxyl + folpete (Fobeci), com sulfato de cobre (Glover), com mancozeb + oxadixyl (Pulsan), com azoxystrobina (Quadris) e com oxiclereto de cobre + folpete + mancozeb (Syphal PM) (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.1.3.1.3.7. **Riscos de Resistência:** É um produto com médio risco de resistência existindo relatos de alguns casos, requerendo técnicas de manejo de resistência (Tomlin, 2002).

3.1.3.1.3.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta registro de fitotoxicidade se utilizado na dose recomendada.

3.1.4. **Topoisomerases e DNA-girase:** A enzima DNA-girase catalisa a conversão do DNA circular de uma forma relaxada ao estado supertorcido (Figura 2). Um ligeiro desenrolamento da hélice, antes que uma quebra da cadeia seja finalizada, produz a supertorção. A energia necessária para esse processo provém da hidrólise de ATP. Existem algumas evidências de que a DNA-girase provoca uma quebra nas fitas duplas do DNA no processo de convertê-lo da forma circular relaxada para o estado supertorcido. Na replicação, o papel das girases é bastante diferente. Elas introduzem um ponto de ruptura no DNA supertorcido; o reverso da reação que produz a supertorção resulta, no sítio da ruptura, em um ponto de rotação da molécula de DNA à frente da forquilha de replicação que avança. O DNA recém-sintetizado automaticamente assume a forma supertorcida, uma vez que não possui quebras no ponto de rotação da molécula (Campbell, 2005). O potencial tóxico de certas classes de inibidores de topoisomerases II está mais correlacionado com sua afinidade com a proteína topoisomerase do que com a presença de alertas estruturais para reatividade de DNA. Inibidores bacterianos de topoisomerase II (especificamente denominados de inibidores da gyrase) são altamente genotóxicos em sistemas procatiotos (Albertini et al., 1995).

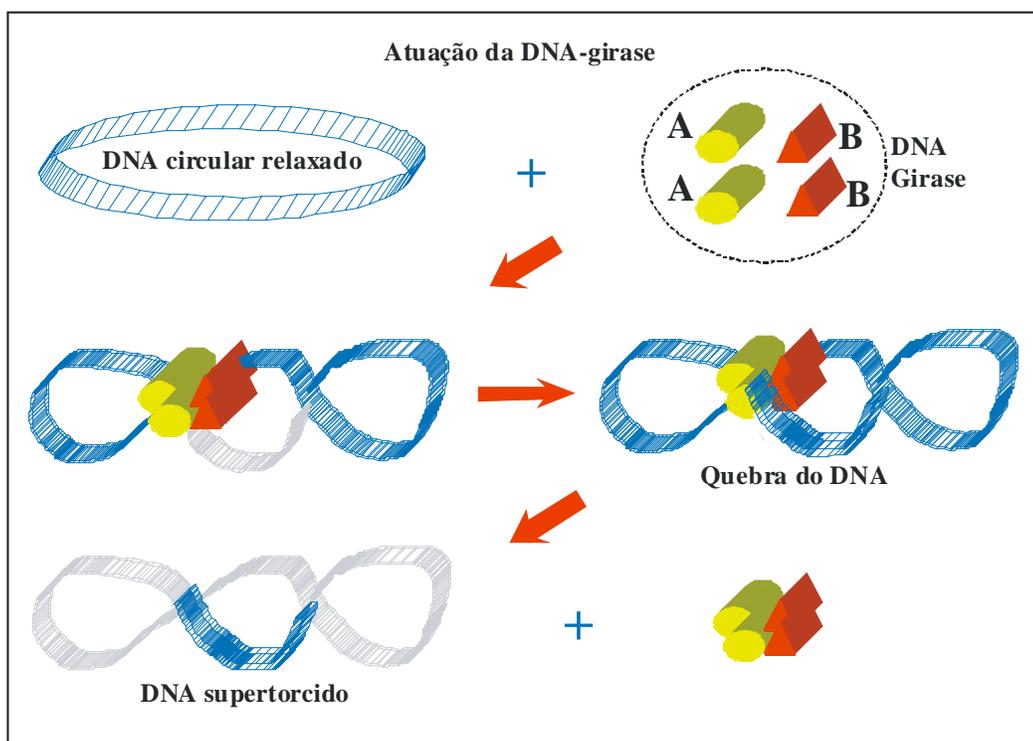


Figura 2. A enzima DNA-girase produz uma supertorção do DNA circular encontrado nos procariotos (adaptado de DNA, 2005).

3.1.4.1. **Ácido carboxílico (fluoroquinolones):** fluoroquinolones são agentes antimicrobianos de amplo espectro que atuam nas topoisomerases tipo II (DNA-girase) (Figura 3). Muitos compostos deste grupo são altamente específicos para topoisomerases tipo II bacteriano, atuando tanto na DNA-girase quanto na topoisomerase IV (Gruger et al., 2004).

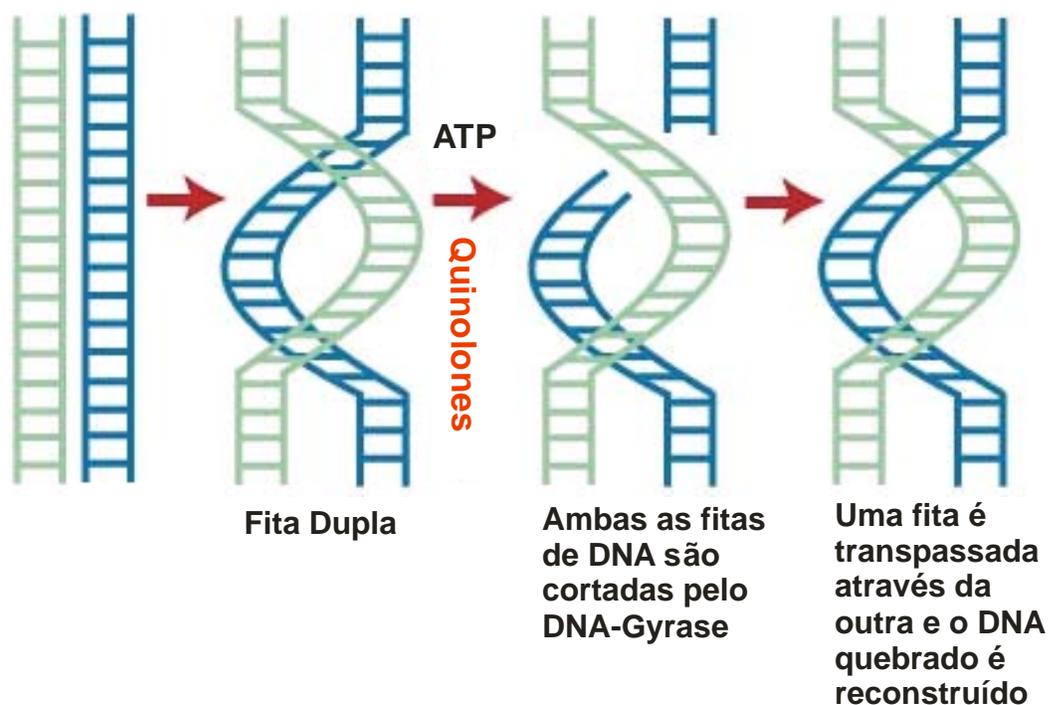


Figura 3. Mecanismo de ação dos compostos quinolones, inibindo a ação da enzima DNA girase na replicação do DNA (adaptado de BIOLOGY, 2005).

3.1.4.1.1. **Características do grupo:** Bactericidas sistêmicos, utilizados preventivamente no controle de bactérias Gram-negativas, incluindo *Erwinia* e *Pseudomonas* na cultura do arroz (Tomlin, 2002).

3.1.4.1.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **oxolinic acid**

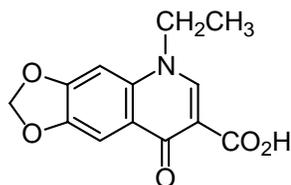
Nome comum: oxolinic acid (ácido oxolínico) - código FRAC : 31

Formula molecular: $[C_{13}H_{11}NO_5]$

Nome químico: 5-ethyl-5,8-dihydro-8-oxo[1,3]dioxolo[4,5-g]quinoline-7-carboxylic acid.

Recomendado para o controle de doenças bacterianas no cultivo de arroz (Tomlin, 2002). Não apresenta registro no Brasil, sendo registrado em outros países com a marca comercial Starner (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.1.4.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo II (danos em plântulas), Grupo IV (murchas vasculares).

3.1.4.1.4. **Doses:** Utilizar de 20 a 30 g i.a./100 litros de água (Shtienberg et al., 1999).

3.1.4.1.5. **Formulações:** DP; SD; WP

3.1.4.1.6. **Misturas:** Não apresenta registro de formulação em mistura.

3.1.4.1.7. **Riscos de Resistência:** Bactericida com resistência conhecida, mas de risco desconhecido. Sua utilização requer manejo de resistência (FRAC, 2003).

3.1.4.1.8. **Fitotoxicidade:** Se utilizados de acordo com a recomendação não apresentam problemas de fitotoxicidade.

3.2. **Inibição da mitose e divisão celular:** O processo mitótico promove mudanças no centróssoma e núcleo da célula, responsáveis pela divisão celular e conseqüente crescimento do fungo (Figura 4). Qualquer interferência neste processo pode causar a morte da célula. O mecanismo de ação dos fungicidas benzimidazóis está baseado no seu efeito sobre a integridade das tubulinas. Os microtúbulos são hélices alternadas de α -tubulina e β -tubulina que formam uma parte essencial do citoesqueleto, sendo também ativas na formação da fusão

mitótica e segregação dos cromossomos (Copping & Hewitt, 1998; Hewitt, 1998; Hutson & Miyamoto, 1998).

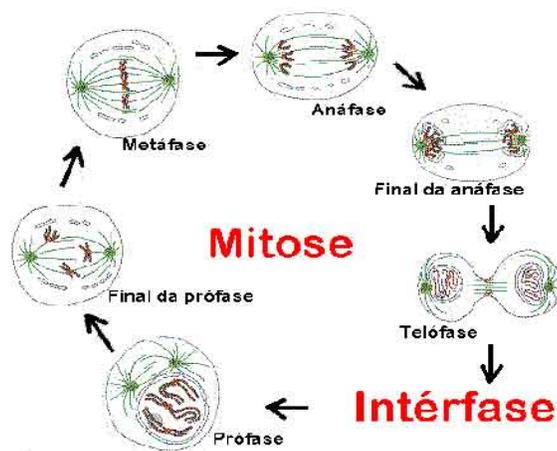


Figura 4. Diagrama mostrando as mudanças que ocorrem no centríolo e núcleo da célula no processo de divisão mitótica: prófase; metáfase; anáfase e telófase (adaptado de ALBERTS et al., 2005).

3.2.1. Inibição da biossíntese de tubulinas: Uma das principais características na seqüência da divisão celular é a formação da fusão mitótica e a subsequente separação dos cromossomos dentro das respectivas células filhas. Um importante elemento da elongação é a tubulina, que se encontra altamente conservada. Deste modo para a formação da fusão e segregação dos cromossomos na divisão celular, hélices alternadas de α - e β -tubulina formam os microtubulos, que fazem parte do citoesqueleto, apresentando papel ativo na organização das organelas celulares (Figura 5).



Figura 5. Estruturas que compõem o citoesqueleto de uma célula vegetal, microtúbulos e tubulinas (BORT et al., 2005).

3.2.1.1. **Fungicidas MBC (Methyl Benzimidazole Carbamates):** Um composto químico, do grupo dos benzimidazoles, que atua como fungicida é o carbendazim, cujo nome químico é metil-2-benzimidazole carbamato (BCM ou MBC). Os microtúbulos, encontrados em células eucarióticas, são importantes devido a seu papel na mitose. Os produtos derivados de benzimidazol apresentam um amplo espectro antifúngico e exibem essas atividades através da polimerização das subunidades de α -tubulina e β -tubulina (Kus & Altanlar, 2003).

3.2.1.1.1. **Benzimidazoles:** Diversos compostos não ativos como fungicidas, tornam-se ativos ao se transformarem em carbendazim. Assim existem os benzimidazoles típicos, com um anel heterocíclico que, além do carbendazim, são o benomyl e o tiabendazole. Benzimidazoles atípicos são compostos sem o anel heterocíclico, mas que também se transformam em carbendazim, onde se destaca o tiofanato-metílico. O fato de carbendazim já ser o composto fungicida, sua eficiência não é maior que a de compostos que dependem de transformação, pois as taxas de absorção pelas folhas e de translocação sistêmica são maiores em benomyl e tiofanato-metílico. Os benzimidazóis apresentam uma alta afinidade pelas proteínas tubulinas, destruindo a mitose na metáfase (Figura 6), atacando a fusão mitótica. A falha na separação do novo núcleo resulta na morte da célula. A formação dos microtúbulos é distorcida não ocorrendo a divisão do núcleo e a conseqüente separação (Hewitt, 1998). Modernas técnicas de biologia molecular têm confirmado que β -tubulina é o sítio alvo destes fungicidas (Fujimura et al., 1990). Os benzimidazóis são altamente seletivos, apesar da natureza altamente conservada das β -tubulinas em todos os organismos eucariotos. Os fungos Oomycota e todas as plantas são insensíveis a este grupo. A base de seletividade é ainda desconhecida, mas provavelmente depende de diferenças estruturais nos sítios de ligação dos microtúbulos. Pequenas alterações na composição dos aminoácidos que podem sustentar a seletividade entre espécies podem também conferir resistência entre espécies, promovendo o aparecimento catastrófico de resistência limitando o valor e o uso deste grupo (Hewitt, 1998). O mecanismo de ação dos benzimidazoles inclui, de forma secundária, inibição da síntese do DNA. A atividade fungicida dos benzimidazoles tem uma forte dependência do pH do meio

em que se encontram. Com valores baixos de pH a eficiência tende a ser menor. Também na presença de compostos alcalinos, a eficiência é reduzida.

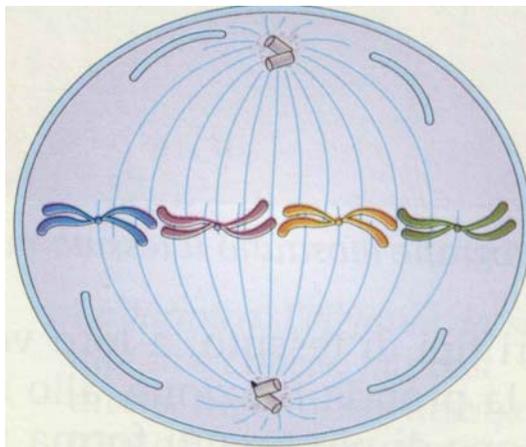


Figura 6. Metáfase, nesta fase alguns dos microtúbulos que formam os aparatos do fuso se prendem aos cinetocoros formando o fuso mitótico. Os cromossomos iniciam uma série de movimentos que resultam num alinhamento de todos os cromossomos na região equatorial do fuso . É uma fase onde a célula se prepara para a anáfase.

3.2.1.1.1.1. **Características do grupo:** A utilização ampla dos benzimidazóis deve-se a sua alta atividade sistêmica contra um grande número de Ascomycotas, Fungos Mitospóricos e Basidiomycotas. Constituem, possivelmente, o mais importante grupo de fungicidas sistêmicos utilizados comercialmente, incluindo os fungicidas carbendazim e tiabendazole. Destes, sabe-se que o tiabendazole, aplicado no solo, é absorvido pelas raízes e translocado para caule e folhas sem sofrer hidrólise, concentrando mais na raiz, em soja, e sendo menos translocável do que carbendazim e benomyl, em algodoeiro. São fungicidas sistêmicos com atuação protetora e curativa. Absorvidos através das folhas, tecidos verdes e raízes, com translocação acropetal. Atua inibindo o desenvolvimento do tubo germinativo, a formação do apressório e no crescimento micelial (Ehr & Kemmitt, 2002; Hewitt, 1998; Nene & Thapliyal, 1993; Tomlin, 2002).

3.2.1.1.1.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **benomyl**

Nome comum: benomyl (benomil) - código FRAC : 1

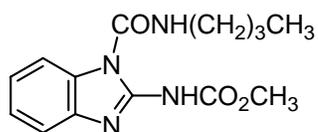
Formula molecular: [C₁₄H₁₈N₄O₃]

Nome químico: methyl 1-(butylcarbamoyl)benzimidazol-2-ylcarbamate.

Utilizado para os cultivos de abacaxi, abacate, alho, amendoim, aipo, arroz, bulbos, citros, curcubitáceas, fruteiras de caroço, feijão, lentilha, maçã, pêra, manga, morango, ornamentais, plátano, soja, tomate, trigo e uva (Ehr & Kemmitt, 2002; Thomson, 2003; Tomlin, 2002; CASAFE, 2005).

Não apresenta registro no Brasil desde 2002, sendo ainda registrado em outros países com as marcas comerciais Antrak 500, Benomyl 50, Robust – R, Probenyl 50 e Promyl 50.

Fórmula estrutural:



b. carbendazim

Nome comum: carbendazim - código FRAC : 1

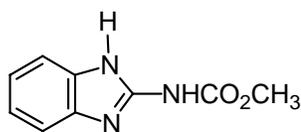
Formula molecular: [C₉H₉N₃O₂]

Nome químico: methyl benzimidazol-2-ylcarbamate.

Utilizado para os cultivos de abacaxi, abacate, aipo, alface, algodão, alho, amendoim, aspargus, azeitona, banana, batata, berinjela, beterraba, cana de açúcar, cebola, citricos, curcubitáceas, ervilha, feijão, framboesa, groselha, maçã, ornamentais, pera, pêssego, pimentões, repolho, soja, tabaco, tomate, trigo e uva.(AGROFIT, 2005; Ehr & Kemmitt, 2002; Thomson, 2003; CASAFE, 2005).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Bendazol, Carbomax 500 SC, Delsene SC, Derosal 500 SC e Mandarin (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



c. fuberidazole

Nome comum: fuberidazole - código FRAC : 1

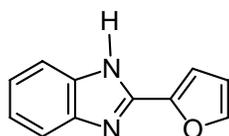
Formula molecular: [C₁₁H₈N₂O]

Nome químico: 2-(2-furyl)benzimidazole.

Utilizado para os cultivos de cereais no controle de *Fusarium* spp. (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Não está registrado no Brasil, sendo registrado em outros países com a marca comercial Voronit (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



d. thiabendazole

Nome comum: thiabendazole (tiabendazol) - código FRAC : 1

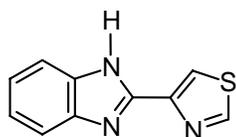
Formula molecular: [C₁₀H₇N₃S]

Nome químico: 2-(thiazol-4-yl)benzimidazole.

Utilizado para os cultivos de abacate, abacaxi, algodão, arroz, banana, batata, bulbos, citricos, coco, curcubitáceas, ervilha, feijão vagem, tabaco, maçã, mamão, manga, maracujá, melão, milho, morango, ornamentais, pêra, pimentão, plátano, soja e trigo. (AGROFIT, 2005; CASAFE, 2005; Ehr & Kemmitt, 2002; Thomson, 2003).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Tecto SC, Tecto 100 e Tecto 600 (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



3.2.1.1.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo I (Podridão em órgãos de reserva), Grupo II (Danos em plântulas) e Grupo V (Oídio, manchas foliares).

3.2.1.1.1.4. **Doses:** benomyl (15 a 400 g p.c./100 L ; 0,28 a 3,0 kg p.c./ha); carbendazim (80 a 100 ml p.c./100 kg de sementes; 500 a 600 ml p.c./ha); tiabendazole (40 a 1030 ml p.c./100 litros de água; 750 a 1500 ml ou g p.c./ha; 15 a 200 g p.c./100 kg de sementes; 20 g p.c./100 m²), fuberidazole (4.5 g/100 kg sementes) (AGROFIT, 2005).

3.2.1.1.1.5. **Formulações:** benomyl WP(50%); DP (100 g/kg); SC (485 g/L; 500 g/L); WP (600 g/kg), thiabendazole SC(50%), fuberidazole (DS; FS; LS; WS) (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.2.1.1.1.6. **Misturas:** Carbendazim é formulado no Brasil em mistura com tiram (Derosal Plus, Protreat) e clorotalonil (Bravocarb 500 SC). Tiabendazol é formulado com tiram (Tegram). Existem relatos de misturas destes fungicidas com uma ampla gama de fungicidas, dos mais diferentes grupos químicos, como epoxiconazole , visando sempre evitar riscos de resistência e ampliar o espectro de ação (Tomlin, 1997). Fuberidazole não é formulado no Brasil, mas em outros países é formulado em diversas misturas, entre elas com imidacloprid + triadimenol (Baytan Secur), triadimenol (Baytan Spezial), imazalil + triadimenol (Baytan Universal), bitertanol + imidacloprid + triadimenol (Cereline Secur), bitertanol + triadimenol (Cereline), entre outras (Tomlin, 2002).

3.2.1.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Alto risco de resistência, apresentando casos relatados em muitas espécies de fungos. A modificação de um único aminoácido (de fenilalanina para tirosina) resultante de um processo de mutação na β -tubulina confere resistência de *Neurospora* spp. a carbendazim. Para *Saccharomyces* spp., a resistência é governada por mudanças similares, de arginina para histidina. Existem vários alvos de mutação, principalmente E 198A/G/K e F200Y. Existe resistência cruzada positiva entre os membros do grupo. Apresenta resistência cruzada negativa para os *N*-fenilcarbamatos. Existem recomendações específicas para manejo de resistência dos membros deste grupo indicadas pelo FRAC (FRAC, 2003).

3.2.1.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Se utilizados de acordo com a recomendação não apresentam problemas de fitotoxicidade. Os membros deste grupo apresentam incompatibilidade com

materiais altamente alcalinos e, em alguns casos, com fungicidas contendo cobre (Tomlin, 2002).

3.2.1.1.2. **Tiofanato** : O mecanismo de ação, igualmente aos benzimidazóis, atua interferindo na armação de β -tubulina para formação dos microtubulos que fazem parte do citoesqueleto, durante a metáfase no processo de mitose (Hewitt, 1998; Tomlin, 2002).

3.2.1.1.2.1. **Características do grupo:** Benomyl e tiofanato metílico transformam-se no princípio fungitóxico comum, o carbendazim ou MBC (carbamato de metil 2-benzimidazol), motivo porque o espectro de ação antifúngica dos três é muito semelhante. Entretanto, de um modo geral, o benomyl tem se mostrado mais eficiente. Supõe-se que benomyl e tiofanato metílico, quando absorvidos pelas raízes, liberem gradualmente o MBC a ser translocado para folhas (Hewitt, 1998; Hutson & Miyamoto, 1998; Lyr, 1995; Tomlin, 2002).

3.2.1.1.2.2. **Principais representantes do grupo:**

a. thiophanate-methyl

Nome comum: thiophanate-methyl (tiofanato-metílico) - código FRAC : 1

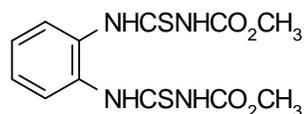
Formula molecular: $[C_{12}H_{14}N_4O_4S_2]$

Nome químico: methyl benzimidazol-2-ylcarbamate.

Utilizado para os cultivos de abacaxi, abobora, aipo, alho, ameixa, banana, batata, berinjela, beterraba açucareira, café, cebola, cerejas, citricos, cravo, crisântemo, curcubitaceas, ervilha, gramados, feijão, feijão vagem, florestais, maçã, mamão, manga, morango, nectarinas, nozes, ornamentais, pessego, pera, plátano, seringueira, soja, tomate, trigo e uva (AGROFIT, 2005; CASAFE, 2005; CPR, 2005; Ehr & Kemmitt, 2002; Thomson, 2003).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Cercobin 500 SC, Cercobin 700 PM, Fungiscan 700 WP, Metiltiofan, Support, Tidy 700, Tiofanato Sanachem 500 SC e Topsin 500 (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



3.2.1.1.2.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (Oídio, manchas foliares e ferrugem).

3.2.1.1.2.4. **Doses:** (70 a 200 g p.c./ha; 100 a 150 ml p.c./100 litros de água; 300 a 600 g p.c./ha; 600 a 800 ml p.c./ha) (AGROFIT, 2005).

3.2.1.1.2.5. **Formulações:** SC (500 g/L); WP (700 g/kg) (AGROFIT, 2005).

3.2.1.1.2.6. **Misturas:** No Brasil o tiofanato-metílico é formulado com clorotalonil (Cerconil PM, Cerconil SC e Tiofanil) e ainda com mancozeb (Dithiobin 780 PM). Existe ainda relato de misturas de tiofanato-metílico com etridazol, lindane, iprodione, vinclozolin, manebe, tiram, mancozeb, captan, folpete e zinebe (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002)

3.2.1.1.2.7. **Riscos de Resistência:** Alto risco de resistência, apresentando casos relatados em muitas espécies de fungos. Existem vários alvos de mutação, principalmente E 198A/G/K e F200Y. Apresenta resistência cruzada positiva entre os membros do grupo dos benzimidazóis. Apresenta resistência cruzada negativa para os *N*-fenilcarbamatos. O FRAC apresenta recomendações específicas para manejo de resistência dos membros deste grupo (FRAC, 2003).

3.2.1.1.2.8. **Fitotoxicidade:** Quando utilizados conforme a recomendação não apresentam fitotoxicidade. Os membros deste grupo apresentam incompatibilidade com materiais altamente alcalinos e com compostos contendo cobre (Tomlin, 1997).

3.2.1.2. **N-phenyl carbamates:** Os fungicidas deste grupo apresentam como mecanismo de ação a inibição da enzima colinesterase. Inibem a mitose inibindo a formação de tubos germinativos em fungos causadores de mofo cinzento (*Botrytis*). Diethofencarb controla estirpes de *Botrytis* spp. resistentes a benzimidazol (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

3.2.1.2.1. **Características do grupo:** Fungicidas sistêmicos com ação protetora e curativa. São rapidamente absorvidos através das folhas e raízes e translocados através da planta (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

3.2.1.2.2. **Principais representantes do grupo:**

a. diethofencarb

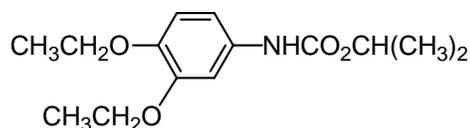
Nome comum: *diethofencarb* - código FRAC : 10

Formula molecular: [C₁₄H₂₁NO₄]

Nome químico: isopropyl 3,4-diethoxycarbanilate.

Recomendado para o controle de estirpes resistentes a benzimidazol em cultivos de alface, cebola, citros, cucurbitaceas, feijão, morango e videira. Apresenta ainda atividade secundária contra oídios (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.2.1.2.3. **Principais doenças controladas:** Recomendado para controle de doenças do Grupo I (podridões em órgãos de reserva) e do Grupo V (oídios).

3.2.1.2.4. **Doses:** 37,5 g/100 litros em mistura com carbendazim na mesma dose para o controle de *Botytis* em plantas lenhosas (Tousignant & Comtois, 2001).

3.2.1.2.5. **Formulações:** WP (Tomlin, 2002).

3.2.1.2.6. **Misturas:** Apresenta formulações em mistura com tiofanato metílico (Getter), com carbendazim (Jonk e Sumico) e com procimidone (Sumiblend) (Tomlin, 2002).

3.2.1.2.7. **Riscos de Resistência:** Alto risco de resistência, apresentando casos relatados. Alvo de mutação E 198 K, também apresenta resistência cruzada negativa entre os membros do

grupo dos benzimidazóis. O FRAC apresenta recomendações específicas para manejo de resistência dos membros deste grupo (FRAC, 2003).

3.2.1.2.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta registro de efeito fitotóxico se utilizado na dose recomendada.

3.2.1.3. **Benzamidas:** O mecanismo de ação ocorre através da ligação com a β -tubulina impedindo a divisão nuclear e interrompendo a formação dos microtúbulos. O fungicida deste grupo interrompe a β -tubulina durante a formação da fusão e segregação dos cromossomos na divisão celular. Nesta fase hélices alternadas de α - e β -tubulina formam os microtubulos, que fazem parte do citoesqueleto, apresentando papel ativo na organização das organelas celulares. O fungicida zoxamida causa o rompimento de microtúbulos do citoesqueleto e impede a divisão nuclear através de uma ligação específica com a tubulina. Quando ¹⁴C - Zoxamida foi aplicado em células de *Phytophthora capsici*, verificou-se uma ligação covalente a somente uma proteína na célula, a subunidade β da tubulina. Em um estudo de mobilidade na planta com radioisótopos demonstrou-se a existência de um pequeno movimento do fungicida fora da área tratada na planta (PMRA/ARLA, 2005a).

3.2.1.3.1. **Características do grupo:** O fungicida zoxamida foi desenvolvido para o controle de Oomycetos nas culturas da batata, da videira e de olerícolas. É um fungicida protetor, com ação penetrante atuando de forma preventiva com amplo efeito residual (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

3.2.1.3.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **zoxamide**

Nome comum: zoxamide (zoxamida) - código FRAC : 22

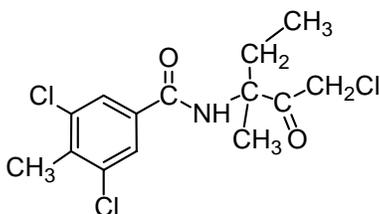
Formula molecular: [C₁₄H₁₆Cl₃NO₂]

Nome químico: (RS)-3,5-dichloro-N-(3-chloro-1-ethyl-1-methyl-2-oxopropyl)-p-toluamide

Utilizado para os cultivos de batata, curcubitáceas, ervilha, espinafre, ornamentais, olerícolas, tomate e uva.(AGROFIT, 2005; CPR, 2005; Ehr & Kemmitt, 2002; Smith, 2002).

Registrado no Brasil com a marca comercial Zoxium 800 WP (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



3.2.1.3.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (Míldio).

3.2.1.3.4. **Doses:** 1200 g/ha (AGROFIT, 2005).

3.2.1.3.5. **Formulações:** WP (800 g/kg) (AGROFIT, 2005)

3.2.1.3.6. **Misturas:** Zoxamida é formulado no Brasil em mistura com cymoxanil (Harpon WG) e com mancozeb (Stimo WP) (AGROFIT, 2005).

3.2.1.3.7. **Riscos de Resistência:** Baixo a médio risco de resistência, porém sendo necessária a utilização de estratégias para manejo de resistência (FRAC, 2003).

3.2.1.3.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta efeito fitotóxico se utilizado na dose recomendada.

3.2.2 **Inibição da divisão celular:** O processo mitótico promove mudanças no centróssoma e núcleo da célula, responsáveis pela divisão celular e conseqüente crescimento do fungo. Qualquer interferência neste processo pode causar a morte da célula.

3.2.2.1. **Feniluréia:** O mecanismo de ação proposto pelo FRAC para o grupo das feniluréias se caracteriza pela inibição da divisão celular, através da interferência do fungicida no

processo de mitose. Os efeitos promovidos por pencicuron no crescimento do fungo, lembram aqueles causados por carbendazim (Hutson & Miyamoto, 1998).

3.2.2.1.1. **Características do grupo:** Pencicuron é um fungicida não sistêmico, de ação protetora, com um longo período residual desenvolvido para o controle de *Rhizoctonia solani*, nas culturas de arroz, batata, tomate, melão, fumo e amendoim (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

3.2.2.1.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **pencicuron**

Nome comum: pencicuron (pencicuron) – Código FRAC: 4

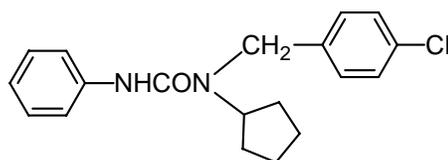
Formula molecular: $[C_{19}H_{21}ClN_2O]$

Nome químico: 1-(4-chlorobenzyl)-1-cyclopentyl-3-phenylurea.

Recomendado para os cultivos de alface, algodão, batata, beterraba, café, cenoura, feijão, repolho, curcubitáceas, ervilha, espinafre, ornamentais, olerícolas, tomate e uva. (AGROFIT, 2005; CASAFE, 2005; Ehr & Kemmitt, 2002; Thomson, 2003).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Moncerem 250 SC e Moncerem PM (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



3.2.2.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo II (Danos em plântulas).

3.2.2.1.4. **Doses:** 5 L/ha ou 2 a 5 Kg/ha ou 100 a 300 g/100 kg de sementes (AGROFIT, 2005).

3.2.2.1.5. **Formulações:** SC (250 g/L); WP (250 g/kg) (AGROFIT, 2005).

3.2.2.1.6. **Misturas:** No Brasil este produto não é formulado em mistura. Existem formulações em mistura com captan, tolifluanide, edifenfós, imidacloprid e imazalil (AGROFIT, 2005; Thomson, 2003; Tomlin, 1997).

3.2.2.1.7. **Riscos de Resistência:** Para o manejo de resistência de pencicuron considera-se como um fungicida do grupo B. Alguma ocorrência natural de populações de fungos resistentes a pencicuron e outros do grupo B podem existir através de variabilidade genética em uma população qualquer. Os indivíduos resistentes podem eventualmente dominar esta população se esse fungicida for utilizado continuamente. Os fungos resistentes não são controlados por pencicuron e nem outros fungicidas do grupo B, resultando em perda de eficácia e possível perda em produtividade. A ocorrência de fungos resistentes é difícil de ser detectada antes do uso do fungicida, devendo existir precauções no manejo deste grupo (FRAC, 2003).

3.2.2.1.8. **Fitotoxicidade:** não existe relato de fitotoxicidade para este produto se utilizado na dose recomendada.

3.3. **Inibidores da Respiração:** Diversos grupos de fungicidas utilizam como alvo a respiração mitocondrial (Figura 7). Respiração é um mecanismo onipresente no complexo oxidativo que conserva energia, liberada pelo catabolismo de moléculas tais como carboidratos, através da produção de ATP a partir de ADP e ortofosfatos. Vários componentes podem ser identificados na sequência de reações. Acetil Co-A formado na quebra de carboidratos (via glicolítica), proteínas e gorduras são degradadas no ciclo do ácido tricarboxílico (TCA). Neste processo, o co-fator NAD^+ (nicotinamina adenina dinucleotídeo) e FAD (flavina adenina dinucleotídeo) são reduzidos para formar NADH e FADH_2 , respectivamente. Os co-fatores oxidados são regenerados rendendo seus elétrons em uma cascata da cadeia respiratória terminando na redução do oxigênio da água. A cadeia de transporte de elétrons está unida para a produção de ATP através do processo de fosforilação oxidativa e complementar uma pequena quantidade de ATP sintetizada durante as reações iniciais da glicólise. Os inibidores de respiração não somente privam o organismo de seu

principal produto, o ATP, mas também interferem com a produção de outras sínteses intermediárias vitais. Vários sítios de ação tem sido identificados para fungicidas (Venâncio et al., 1999). A cadeia de transporte de elétrons (Figura 8), pode ser fracionada em quatro componentes, cada um associado com uma atividade característica:

Complexo I: NADH Coenzima Q

Complexo II: Succinato Coenzima Q

Complexo III: Coenzima Q Citocromos (b c₁ c)

Complexo IV: Citocromos (b c₁ c) Citocromos (a a₃) O₂ (Venancio et al, 1999).

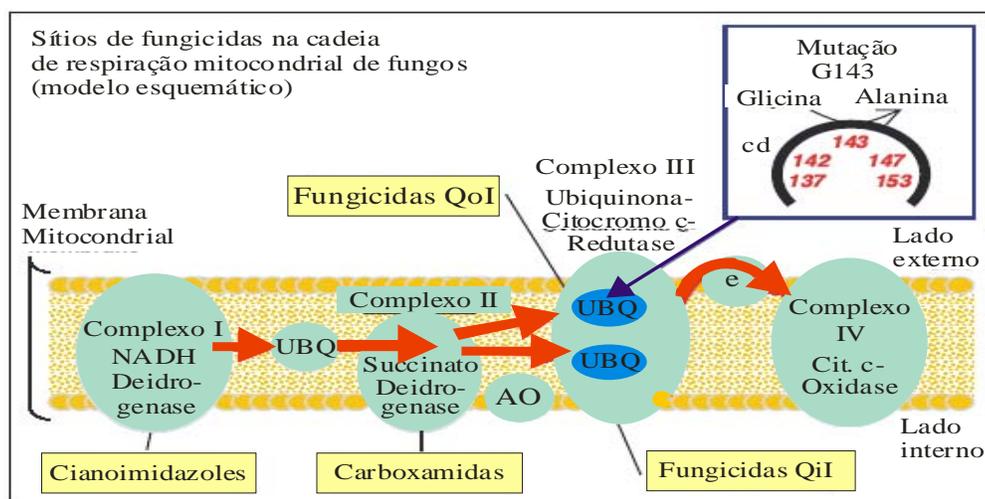


Figura 7. Sítios de diferentes fungicidas na cadeia de respiração mitocondrial de fungos (adaptado de KUCK & MEHL, 2003).

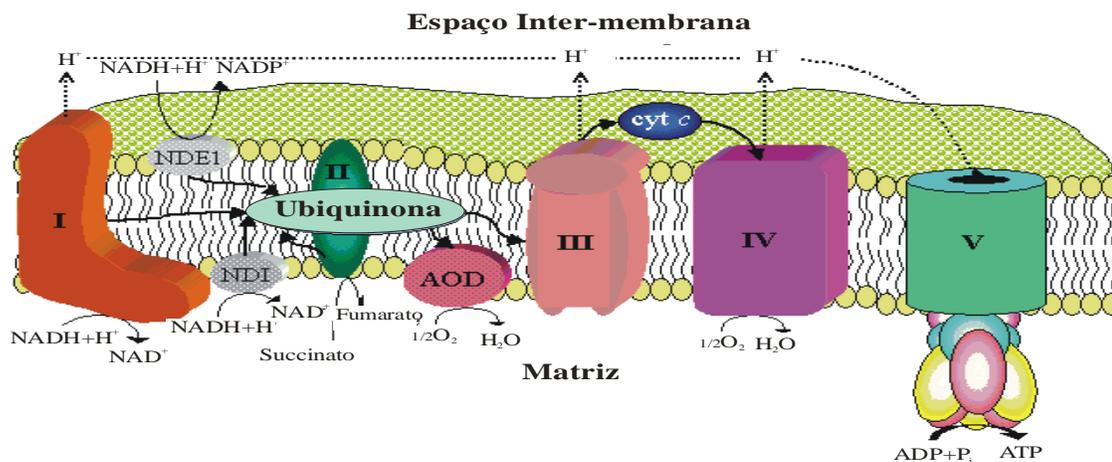


Figura 8. Modelo esquemático da cadeia respiratória de transporte de elétrons (adaptado de JOSEPH-HORNE et al., 2001).

3.3.1. Inibição do Complexo I: Complexo I ou NADH-Ubiquinona redutase é o principal ponto de acesso de elétrons para a cadeia respiratória. É composto de FMN (flavina mononucleotídeo) como flavoproteína e 24 grupamentos de Fe-S (distribuídos em cinco centros ferro-enxofre). A FMN não difunde, pois se encontra rigidamente presa ao complexo I. Este complexo possui uma bomba eletrogênica de prótons, que expulsa H^+ da mitocôndria, aumentando o gradiente de prótons em 4 ($2 H^+$ são expulsos e $2 H^+$ são consumidos da matriz mitocondrial) (Oliveira, 2005).

3.3.1.1. Pyrimidinamines: grupo químico a que pertence também o inseticida e acaricida pyrimidifen e, em algumas literaturas, também o fungicida cyprodinil (Earles et al., 1999). Diflumentorim é o fungicida representante do grupo de acordo com o FRAC (2002).

3.3.1.1.1. Características do grupo: Apresentam atividade protetora, pois atuam inibindo a germinação e crescimento micelial. Controlam oídio e ferrugens em cereais e ornamentais, são ativos contra fungos resistentes aos IBE's (Inibidores da Biossíntese do Esterol), benzimidazoles, quinoxalines (Smith, 2002).

3.3.1.1.2. Principais representantes do grupo:

a. diflumentorim

Nome comum: diflumentorim - Código FRAC: U3

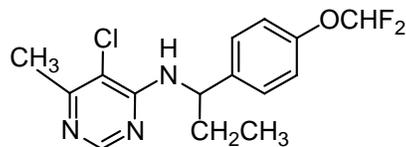
Formula molecular: $[C_{15}H_{16}ClF_2N_3O]$

Nome químico: (RS)-5-chloro-N-[1-(4-difluoromethoxyphenyl)propyl]-6-methylpyrimidin-4-ylamine

Recomendado para os cultivos de ornamentais e trigo (Smith, 2002).

Não está registrado no Brasil, sendo registrado em outros países com a marca comercial Pyricut (Smith, 2002).

Fórmula estrutural:



3.3.1.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (Oídio, ferrugem).

3.3.1.1.4. **Doses:** 5 a 10 g i.a /100 L

3.3.1.1.5. **Formulações:** CE (10%)

3.3.1.1.6. **Misturas:** não há misturas disponíveis no mercado.

3.3.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Não apresenta resistência conhecida (FRAC, 2003). Importante utilizar manejo de resistência se utilizados para patógenos de risco.

3.3.1.1.8. **Fitotoxicidade:** não existe relato de fitotoxicidade para este produto se utilizado na dose recomendada.

3.3.2. **Inibição do Complexo II (succinato-desidrogenase):** O complexo desidrogenase succinato, ou complexo II, utiliza o aceptor de elétrons FAD para efetuar a transferência de elétrons de FADH₂ para a Coenzima Q. Os inibidores do complexo II são fungicidas específicos para Basidiomicotas, utilizados contra carvões e *Rhizoctonia*. A especificidade provavelmente reflete a configuração estrutural única do sítio de ação em Basidiomicotas. Entretanto, diferenças entre espécies podem ser significativas. Por exemplo, a utilização de carboxamidas por *Ustilago maydis* e *Rhizoctonia* é significativamente superior que por espécies insensíveis tais como *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Porém diferenças de utilização entre espécies não são consideradas consistentes. No caso de ICIA0858, um carboxamida da Syngenta, variedades diferentes de trigo correlacionam com a atividade fungicida, sugerindo uma participação do metabolismo do hospedeiro na seletividade (Griffin, 1993).

3.3.2.1. **Anilidas:** Os fungicidas deste grupo apresentam como mecanismo de ação a inibição da enzima succinato ubiquinona redutase, também conhecida como Complexo II, na cadeia de transporte de elétrons da mitocôndria, no lado interno da membrana. O Complexo II detêm várias funções chave no metabolismo do fungo. Não somente devido à sua contribuição na produção de energia, mas também regulando a disponibilidade da construção de blocos de aminoácidos e lipídios. Através da inibição do Complexo II, os fungicidas deste grupo inibem o crescimento do fungo desprovendo as células do fungo de sua fonte de energia e eliminando a disponibilidade de blocos para a síntese de componentes essenciais da célula.

3.3.2.1.1. **Características do grupo:** O fungicida boscalid, inicialmente conhecido como nicobifen, é o representante do grupo comercializado no Brasil, apresenta propriedades preventivas contra diversos patógenos em diferentes classes de fungo, inibindo a germinação de esporos. Este fungicida também apresenta propriedades curativas inibindo o crescimento do tubo germinativo e a formação de apressório. Para alguns fungos ele também demonstrou efeito sobre o crescimento micelial e produção de esporos. Trata-se de um fungicida sistêmico com redistribuição translaminar. Após aplicação na planta apresenta movimento acropetal, direcionado para o topo e margens das folhas, e a distribuição translaminar através da folha, protegendo os tecidos do lado oposto. Boscalid foi desenvolvido para o controle de oídios, *Alternaria* spp., *Botrytis* spp., *Sclerotia* spp. e *Monilia* spp. em uma grande variedade de frutíferas e olerícolas (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

3.3.2.1.2. Principais representantes do grupo:

a. boscalid

Nome comum: boscalid (boscalida) – código FRAC: 7

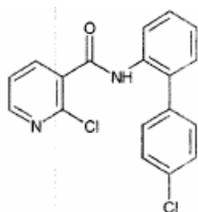
Formula molecular: $[C_{18}H_{12}Cl_2N_2O]$

Nome químico: 2-chloro-N-(4'-chlorobiphenyl-2-yl)nicotinamide

Utilizado para os cultivos de amendoim, alface, batata, café, canola, cenoura, cerejas, feijão, gramado, morango, nozes, olerícolas, ornamentais, pêssego e trigo (Ehr & Kemmitt, 2002; Smith, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Cantus (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



3.3.2.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo II (danos em plântulas) e V (Oídio, manchas foliares).

3.3.2.1.4. **Doses:** 100 a 150 g/ha ou 10 a 15 g/ 100 litros de água (AGROFIT, 2005).

3.3.2.1.5. **Formulações:** WG (500 g/kg) (AGROFIT, 2005).

3.3.2.1.6. **Misturas:** Boscalid é formulado em mistura com pyraclostrobin (Bellis) e com cresoxim-metílico (Collis) (AGROFIT, 2005).

3.3.2.1.7. **Riscos de Resistência:** Já existe caso de resistência conhecida para os fungicidas pertencentes a este grupo. Sítio de mutação H257L. Apresentam risco médio de resistência de acordo com o FRAC, requerendo estratégias de manejo de resistência quando utilizados para controle de patógenos de risco (FRAC, 2003).

3.3.2.1.8. **Fitotoxicidade:** Não existem registros de fitotoxicidade quando se utiliza a dose recomendada.

3.3.2.2. **Carboxanilida:** A enzima succinato-quinona redutase (SQR) cataliza a transferência de elétron de succinato para quinona na respiração aeróbica. Os sítios de oxi-redução do succinato estão voltados para a matriz mitocondrial. Este sítio possui 4 sub-unidades, incluindo 2 proteínas com grupos enxofre/ferro, e uma delas covalentemente ligada ao FAD. Organismos sensíveis aos fungicidas do grupo carboxanilida são encontrados somente entre aqueles em que SQR usa ubiquinona comoceptor de elétrons. Estes inibidores interferem com a transferência de elétron do grupo [3Fe-4S] para quinona. Matsson e Hederstedt (2001) propõem dois modelos para explicar como o fungicida carboxin atua como um específico

inibidor de SQR. No primeiro modelo carboxin liga-se no sítio sobrepondo o sítio ativo. No segundo modelo carboxin compete com ubiquinona para ligar-se a um sítio de ligação de ubiquinona de baixa afinidade, localizado em um “poro” que conduz ao sítio ativo. Este sítio de baixa afinidade seria provisório, pré-ligando sítios que orientariam a ubiquinona até o sítio ativo. Neste modelo o efeito do carboxin não seria no sítio ativo, mas bloqueando o “poro” que conduziria a este sítio.

3.3.2.2.1. Características do grupo: Fungicidas sistêmicos. Carboxin é utilizado no tratamento de sementes para controle de carvões e cáries em diversos cereais, no tratamento de sementes para controle de *Rhizoctonia* spp. em diversas culturas. Oxicarboxin é um fungicida sistêmico com ação curativa. Utilizado em pulverizações foliares, mas também pode ser absorvido pelas raízes das plantas. É utilizado no controle de ferrugens em ornamentais (gerânios, crisântemo, cravo e rosa), cereais e em viveiros. Tifluzamida é um fungicida sistêmico, de ação protetora, utilizado no controle de um amplo espectro de Basidiomicotas em arroz, cereais, grandes culturas e gramas, através de pulverização foliar e como tratamento de sementes (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

3.3.2.2.2. Principais representantes do grupo:

a. carboxin

Nome comum: carboxin (carboxina) – código FRAC: 7

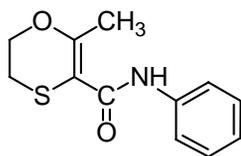
Formula molecular: $[C_{12}H_{13}NO_2S]$

Nome químico: 5,6-dihidro-2-metil-1,4-oxathi-ine-3-carboxanilide

Utilizado para os cultivos de algodão, alho, amendoim, arroz, aveia, batata, café, cevada, feijão, florestais, frutíferas, milho, pimentões, soja, sorgo, trigo e uva. (AGROFIT, 2005; CASAFE, 2005; CPR, 2005; Thomson, 2003).

Registrado no Brasil na formulação Vitavax 750 PM BR (AGRIFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



b. oxycarboxin

Nome comum: oxycarboxin (oxicarboxina) – grupo FRAC: 7

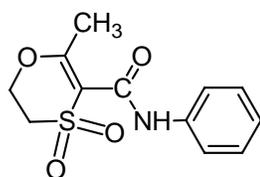
Formula molecular: $[C_{12}H_{13}NO_4S]$

Nome químico: 2,3-dihidro-6-metil-5-fenilcarbamoil-1,4-oxati-ine 4,4-dioxide

Utilizado para os cultivos de algodão, alho, amendoim, arroz, aveia, batata, café, cevada, feijão, florestais, frutíferas, milho, pimentões, soja, sorgo, trigo e uva. (AGROFIT, 2005; CASAFE, 2005; CPR, 2005; Thomson, 2003)

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Hokko Plantvax 750 e Plantvax 750 PM BR

Fórmula estrutural:



c. thifluzamide

Nome comum: thifluzamide (tifluzamida) – código FRAC: 7

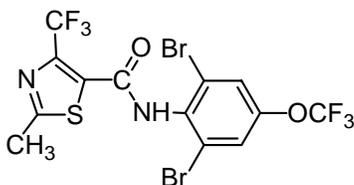
Formula molecular: $[C_{13}H_6Br_2F_6N_2O_2S]$

Nome químico: 2',6'-dibromo-2-metil-4'-trifluorometoxy-4-trifluorometyl-1,3-thiazole-5-carboxanilide.

Recomendado para os cultivos de arroz, batata e café. (AGROFIT, 2005; Ehr & Kemmitt, 2002; Thomson, 2003)

Registrado no Brasil na formulação Pulsor 240 SC (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



3.3.2.2.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo II (Danos em plântulas), do Grupo V (Manchas foliares) e Grupo VI (Carvões).

3.3.2.2.4. **Doses:** carboxina (150 a 250 g/100 kg de sementes); oxicarboxina (500 a 800 g/ha); tifulzamida (800 a 3200 ml/ha) (AGROFIT, 2005).

3.3.2.2.5. **Formulações:** carboxina: WP (750 g/kg); oxicarboxina: WP (750 g/ha); tifulzamida: SC (240 g/L) (AGROFIT, 2005).

3.3.2.2.6. **Misturas:** carboxina é formulado em mistura com tiram (Anchor SC; Vitavax-Thiram WP e Vitavax-Thiram 200 SC), Captan (Vitavax 300, Carbocaptan). Permetthrin (Kickstart) (AGROFIT, 2005).

3.3.2.2.7. **Riscos de Resistência:** Já existe caso de resistência conhecida para os fungicidas pertencentes a este grupo. Sítio de mutação H257L. Apresentam risco médio de resistência de acordo com o FRAC, requerendo estratégias de manejo de resistência quando utilizados para controle de patógenos de risco (FRAC, 2003).

3.3.2.2.8. **Fitotoxicidade:** Oxicarboxin se utilizado em mistura com inseticidas e acaricidas podem provocar injúrias. Carboxin é incompatível com outros agroquímicos que sejam altamente alcalinos ou ácidos (Tomlin, 2002).

3.3.2.3. **Carboximides:** As carboxamidas exercem sua atividade inibitória na fosforilação da cadeia respiratória, interrompendo o transporte de elétrons atuando a partir da fosforilação oxidativa (Encinas, 2004). Flutolanil é inibidor do complexo succinato-desidrogenase na cadeia de transporte de elétrons, conduzindo à inibição da síntese de aspartato e glutamato (Tomlin, 2002).

3.3.2.3.1. **Características do grupo:** Benodanil é um fungicida sistêmico e de contato, com ação protetora e curativa. Flutolanil é um fungicida sistêmico com ação protetora e curativa. Previne o crescimento e a penetração, provocando o colapso da hifa de infecção. Furametpyr é um fungicida preventivo e curativo com atividade sistêmica e translaminar. Mepronil é um fungicida sistêmico com ação protetora e curativa (Lyr, 1995; Tomlin, 2002).

3.3.2.3.2. Principais representantes do grupo:

a. benodanil

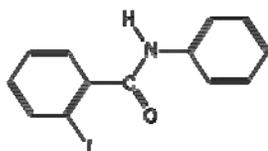
Nome comum: benodanil – grupo FRAC: 7

Formula molecular: [C₁₃H₁₀INO]

Nome químico: 2-iodobenzanilide.

Recomendado para o controle de ferrugens em café, cereais, olerícolas e ornamentais; recomendado também para controle de *Rhizoctonia* em algodão, arroz, batata, cereais, gramados, ornamentais, olerícolas, soja, tabaco e para o controle de *Typhula incarnata* em cereais (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. fenfuram

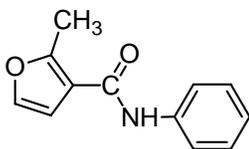
Nome comum: fenfuram – grupo FRAC: 7

Formula molecular: [C₁₂H₁₁NO₂]

Nome químico: 2-methyl-3-furanilide.

Recomendado para o controle de cárie e carvão (*Tilletia* e *Ustilago*) em cereais, quando aplicado como tratamento de sementes (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



c. flutolanil

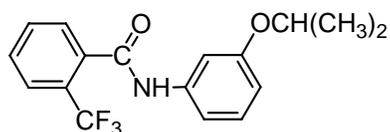
Nome comum: flutolanil – grupo FRAC: 7

Formula molecular: [C₁₇H₁₆F₃NO₂]

Nome químico: α,α,α -trifluoro-3'-isopropoxy-*o*-toluanilide.

Recomendado para o controle de *R. solani* em arroz e batata, *Typhula* spp. e *R. cerealis* em cereais, *Corticium solani* e *R. solani* em beterraba açucareira, *Sclerotium rolfsii* em amendoim, *Gymnosporangium* spp. em maçã e pêra, *R. solani*, *S. rolfsii*, *R. cerealis* e *Lepista* em gramados (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



d. furametpyr

Nome comum: furametpyr – código FRAC: 7

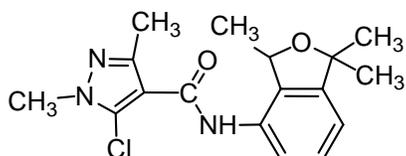
Formula molecular: [C₁₇H₂₀ClN₃O₂]

Nome químico: (RS)-5-chloro-N-(1,3-dihydro-1,1,3-trimethylisobenzofuran-4-yl)-1,3-dimethylpyrazole-4-carboxamide

Recomendado para a cultura de arroz para controle de Rhizoctonia (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Japão com a marca comercial Limber (Smith, 2002).

Fórmula estrutural:



e. mepronil

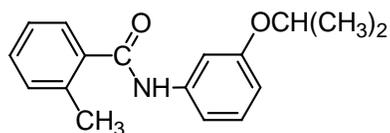
Nome comum: mepronil – grupo FRAC: 7

Formula molecular: [C₁₇H₁₉NO₂]

Nome químico: 3'-isopropoxy-*o*-toluanilide.

Recomendado para o controle de Basidiomicotas nos cultivos de arroz, batata, beterraba açucareira, cereais, cucurbitáceas, frutíferas, gramados, olerícolas, ornamentais, tabaco e videira. Também é recomendado para o tratamento de solo e sementes; controle de tombamentos em olerícolas e tabaco (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.3.2.3.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo I (podridões em órgãos de reserva), Grupo II (danos em plântulas), V (ferrugens) e Grupo VI (carvões).

3.3.2.3.4. **Doses:** Flutolanil utilizado na dose de 300 a 100 g i.a./ha (pulverização foliar), 1,5 a 3,0 g i.a./kg (tratamento de sementes) e 2,5 a 10,0 kg i.a./ha (incorporação no solo); Furametpyr (45 a 60 g i.a./ha) (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

3.3.2.3.5. **Formulações:** Benodanil (WP); Fenfuram (DS, LS); Flutolanil (DP; GR; SC; UL; WP); Furametpyr (GP - 0,5% ; GR - 1,5%; WP - 15%); Mepronil (DP; SC; WP) (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

3.3.2.3.6. **Misturas:** os fungicidas deste grupo não são formulados em mistura (Tomlin, 2002).

3.3.2.3.7. **Riscos de Resistência:** Este grupo apresenta resistência conhecida para fungos específicos. Sítio alvo de mutação H257L. Caracterizado como médio risco de resistência. Requer manejo de resistência quando utilizado para patógenos de risco (FRAC, 2003).

3.3.2.3.8. **Fitotoxicidade:** Os fungicidas deste grupo não apresentam fitotoxicidade se utilizados conforme recomendação (Tomlin, 2002).

3.3.3. **Inibição do Complexo III (citocromo bc_1 – ubiquinol oxidase no sítio Qo):** O Complexo III ou complexo do Citocromo bc_1 é formado por 2 tipos de citocromo b (b_L e b_H), pelo citocromo c_1 , uma proteína enxofre/ferro e entre 4 a 6 proteínas adicionais. A coenzima Q liga-se aos elétrons que estão no complexo I e no complexo II e os transporta para o complexo

III; o citocromo *c* faz o transporte do complexo III para o complexo IV, o último da cadeia de transporte. O caminho dos elétrons através do complexo III é sinuoso e complexo; o citocromo *c* que os recebe está localizado no lado do espaço intermembranas da mitocôndria. O citocromo *c*, por ser hidrossolúvel, tem baixa afinidade com a bicamada lipídica da MMI e se difunde através desta, mediando a conexão entre os complexos III e IV. O processo leva ao transporte de elétrons até o citocromo *c*, e ao bombeamento de prótons da matriz mitocondrial para o espaço intermembranas (Figura 9). O sítio Q_o caracteriza-se pelo ponto de oxidação do ubiquinol.

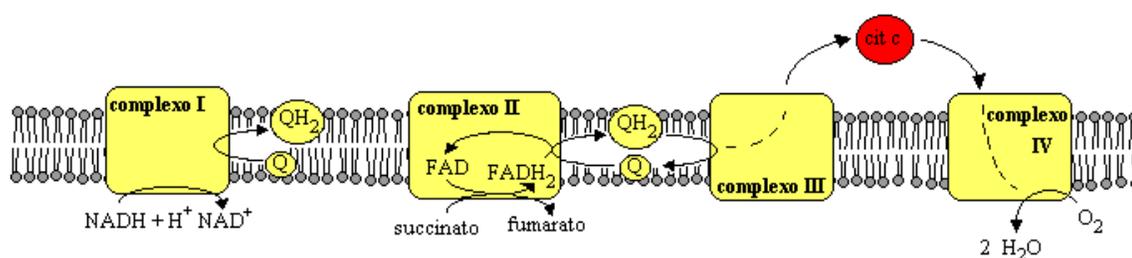


Figura 9. Cadeia de transporte de elétrons mostrando o Citocromo *c* mediando a conexão entre os Complexos III e IV.

Nos complexos I, III e IV a transferência de elétrons libera energia suficiente para transportar H^+ da matriz mitocondrial para o espaço intermembrana. Isto causa um aumento da concentração de H^+ (e do potencial elétrico) provocando um maior potencial químico do H^+ no espaço intermembrana do que na matriz. No entanto, quando se têm duas soluções de potencial químico diferente, separadas por uma membrana, o soluto tem tendência para se deslocar do local onde o seu potencial químico é maior para o local em que o seu potencial químico é menor. Como a membrana interna da mitocôndria é impermeável ao H^+ , em condições normais a única forma destes prótons voltarem para a matriz é através de uma proteína especial: a ATP sintetase. Ela é constituída por duas partes: um canal intermembrana de prótons (F_0) e uma porção voltada para a matriz mitocondrial (F_1). A porção F_1 é constituída por várias subunidades com diferentes funções, e usa a energia do movimento de prótons de volta à matriz para sintetizar ATP a partir de ADP e P_i (Figura 10).

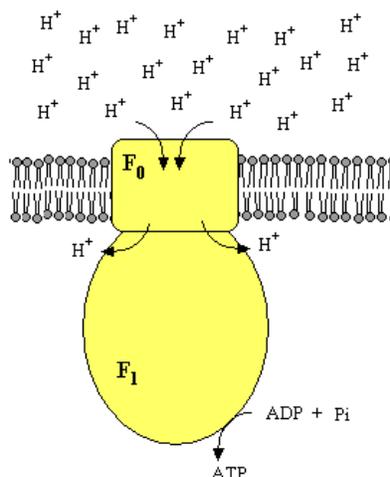


Figura 10. ATP sintetase (ATPase ou F₁F₀ATPase) é uma enzima de estrutura muito complexa, formada por 16 sub-unidades polipeptídicas distribuídas em 2 frações funcionais: As frações F₀ e F₁.

Os fungicidas inibidores do Complexo III, que atuam na enzima ubiquinol oxidase no sítio Q_o, pertencem a diferentes grupos, destacando-se as estrobilurinas, oxalolidinadiona e imidazolinonas que apresentam representantes comercializados no Brasil.

3.3.3.1 Qol – fungicidas: Corresponde aos fungicidas que atuam no sítio de oxidação da ubiquinol.

3.3.3.1.1 Estrobilurinas: o mecanismo de ação dos fungicidas deste grupo, que entraram no mercado em 1996, ocorre através da inibição da respiração mitocondrial, bloqueando a transferência de elétrons entre o citocromo *b* e o citocromo *c*₁, no sítio Q_o, interferindo na produção de ATP. O ciclo da Coenzima Q (CoQ) ocorre em duas etapas, na primeira, sua forma reduzida Ubiquinol (QH₂) libera 2 H⁺ e 1 elétron, que passa para um Centro Ferro-Enxofre (Fe-S), gerando Semiquinona (Q). Este elétron flui do Fe-S para o Citocromo *c*₁, que o encaminha ao Complexo IV, através do Citocromo *c* solúvel. Q⁻ transfere seu elétron para o citocromo *b*₅₆₆, formando CoQ, que migra para o lado da MMI voltado para a matriz. O

citocromo b_{566} transfere o elétron para b_{560} que, por sua vez, o devolve à coenzima Q, regenerando Q^- . Na segunda etapa uma nova molécula de QH_2 chega ao Complexo III, o mesmo processo ocorre até a liberação da CoQ. O elétron que permanece no Complexo III reage com a Q^- (do ciclo anterior) e $2 H^+$ da matriz, regenerando QH_2 . O ciclo ocorre na forma de dismutação, em que 2 moléculas de QH_2 são transformadas em Q e QH_2 , tendo Q^- como intermediária. Deste modo a CoQ existe em três formas: QH_2 , Q e Q^- , sendo as duas primeiras solúveis (movem-se pela membrana) e a semiquinona (Q^-) não lipossolúvel fica presa, próximo à fase aquosa da matriz (Oliveira, 2005). Os inibidores de ubiquinona bloqueiam sua redução pelo Citocromo *b* nas duas etapas, impedindo desta forma esta reação (Gutierrez-Cirlos e Trumpower, 2002). A seletividade das estrobilurinas parece estar baseada não sobre as diferenças de sítios mitocondriais dos organismos alvos, mas sim sobre diferenças estruturais de membranas celulares na penetração e degradação de fungos, vegetais e animais. O ingrediente ativo atua em doses que não atingem as mitocôndrias em células de plantas e animais, evitando riscos (Venancio et al., 1999).

3.3.3.1.1.1. Características do grupo: As moléculas pertencentes ao grupo das estrobilurinas atuam preventivamente inibindo a germinação de esporos, apresentando alguma ação curativa e erradicante inibindo o desenvolvimento dos fungos nos estádios iniciais de pós-germinação, com atividade antiesporulante. As moléculas são absorvidas pelas folhas de forma gradual e constante, conferindo uma proteção na superfície por tempo mais prolongado e difundindo-se pela folha, com algumas apresentando uma distribuição sistêmica uniforme. Com o aumento da umidade (orvalho, pulverização, chuva, etc.) a redistribuição superficial e a absorção das moléculas são incrementadas. As moléculas deste grupo também apresentam difusão translaminar. São eficientes contra um grande número de fitopatógenos, em todas as classes de fungos, a baixas concentrações, permitindo um maior intervalo entre as aplicações (Venancio et al., 1999).

3.3.3.1.1.2. Principais representantes do grupo:

a. **azoxystrobin (Methoxy-acrylates)**

Nome comum: azoxystrobin (azoxistrobina) – código FRAC: 11

Formula molecular: $[C_{22}H_{17}N_3O_5]$

Nome químico: methyl (*E*)-2-[2-[6-(2-cyanophenoxy) pyrimidin-4-yloxy]phenyl]-3-methoxyacrylate.

Utilizado para o controle de *Ramularia aureola* em algodão, *Pyricularia oryzae* e *Bipolaris oryzae* em arroz; *Puccinia*, *Drechslera*, *Bipolaris sorokiniana* em cereais de inverno; *Mycosphaerella musicola* em banana; *Phakopsora pachyrhizi*, *Cercospora kikuchi* e *Septoria glycines* em soja; *Alternaria solani* em batata; *Alternaria solani* e *Septoria lycopersici* em tomate; *Uromyces phaseoli*, *Phaeoisariopsis griseola*, *Colletotrichum lindemuthianum* em feijão; *Alternaria porri* em alho e cebola; *Cercospora beticola* em beterraba; *Mycosphaerella fragariae* em morango; *Pseudoperonospora cubensis* em curcubitaceas; e *Colletotrichum gloeosporioides* em pimentão (Andrei, 2005).

Também é utilizado no controle de inúmeras doenças em cultivos como alcachofra, aspargus, canola, cenoura, citris, feijão vagem, vegetais de folha, alho porro, milho, manga, nogueiras, ornamentais, frutas de caroço, amendoim gramados, vegetais de bulbo, vegetais de raízes e tuberculos. É utilizado em tratamento foliar e em tratamento pós-colheita (SMITH, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Amistar, Amistar 500 WG e Priori (AGROFIT, 2005). Em outros países está registrado com as marcas comerciais Abound, Amistar, Bankit, Heritage, Ortiva, Olympus, Priori e Quadris (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. picoxystrobin (Methoxy-acrylates)

Nome comum: picoxystrobin – código FRAC: 11

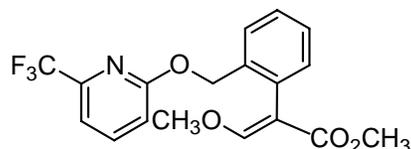
Formula molecular: [C₁₈H₁₆F₃NO₄]

Nome químico: methyl(*E*)-3-methoxy-2-[2-(6-trifluoromethyl-2-pyridyloxymethyl) phenyl] acrylate.

Utilizado para o controle de *Venturia inaequalis* em maçã; *Puccinia*, *Pyrenophora*, *Helminthosporium*, *Microdochium nivale*, *Blumeria graminis*, *Rhynchosporium secalis*, *Septoria nodorum* e *Septoria tritici* em cereais de inverno (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado em outros países com as marcas comerciais Acanto e Acapela (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

Formula estrutural:



c. pyraclostrobin (Methoxy-carbamates)

Nome comum: pyraclostrobin (piraclostrobina) – código FRAC: 11

Formula molecular: [C₁₉H₁₈ClN₃O₄]

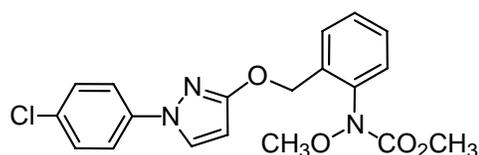
Nome químico: methyl *N*-{2-[1-(4-chlorophenyl)-1*H*-pyrazol-3-yloxymethyl]phenyl}(*N*-methoxy)carbamate

Utilizado para o controle de *Ramularia aureola* e *Colletotrichum gloeosporioides* em algodão; *Alternaria porri* e *Puccinia alli* em alho; *Cercopora arachidicola* e *Cercosporidium personata* em amendoim; *Puccinia*, *Drechslera*, *Bipolaris sorokiniana*, *Septoria tritici*, *Leptosphaera nodorum* em cereais de inverno; *Mycosphaerella musicola* e *Mycosphaerella fijiensis* em banana; *Hemileia vastatrix* e *Cercospora coffeicola* em café; *Alternaria porri* e *Peronospora destructor* em cebola; *Alternaria dauci* em cenoura; *Elsinoe australis* e *Phyllosticta citricarpa* em citros; *Puccinia horiana* em crisântemo; *Uromyces phaseoli*, *Phaeoisariopsis griseola*, *Colletotrichum lindemuthianum* em feijão; *Venturia inaequalis* e *Colletotrichum gloeosporioides* em maçã; *Colletotrichum gloeosporioides* e *Oidium mangiferae* em manga; *Colletotrichum gloeosporioides*, *Asperisporium caricae* e *Oidium caricae* em mamão; *Sphaerotheca fuliginea* e *Pseudoperonospora cubensis* em melão, melancia e pepino; *Puccinia polysora* e *Phaeosphaeria maydis* em milho; *Oidiopsis taurica* em pimentão; *Sphaerotheca pannosa* e *Diplocarpon rosae* em roseira; *Phakopsora pachyrhizi*, *Microsphaera diffusa*, *Cercospora kikuchi*, *Septoria glycines* e *Corynespora cassiicola* em soja; *Alternaria solani* em batata; *Alternaria solani* e *Septoria lycopersici* em tomate; *Uncinula necator* e *Plasmopora viticola* em videira (Andrei, 2005).

Também é utilizado no controle de inúmeras doenças em cultivos como ervilha, pistache, alho porro, lentilhas, frutas de caroço, morango, beterraba açucareira, gramados, nogueiras, vegetais de raízes e tuberculos. É utilizado em tratamento foliar, tratamento de semente e tratamento pós-colheita (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Comet (AGROFIT, 2005). Em outros países está registrado com as marcas comerciais Cabrio, Comet, Headline, Insignia e Regnum (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



d. kresoxim-methyl (Oximino-acetates)

Nome comum: kresoxim-methyl (kresoxim-metil) – código FRAC: 11

Formula molecular: [C₁₈H₁₉NO₄]

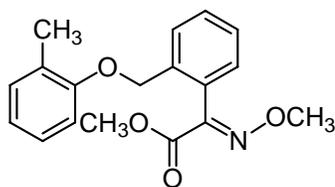
Nome químico: methyl (E)-2-[2-[6-(2-cyanophenoxy) pyrimidin-4-yloxy]phenyl]-3-methoxyacrylate

Utilizado para o controle de *Venturia inaequalis* em maçã; *Sphaerotheca fuliginea* em melão e pepino; *Alternaria solani* em batata; *Alternaria solani* em tomate; *Uncinula necator* em videira (AGROFIT, 2005).

Também é utilizado no controle de doenças em cultivos como beterraba, ornamentais em geral, cereais de inverno, frutas de caroço e vegetais . É utilizado em tratamento foliar. (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com marca comercial Stroby e Stroby SC (AGROFIT, 2005). Em outros países está registrado com as marcas comerciais Alliage, Candit, Discus, Kenbyo, Stroby e Sovran (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



e. trifloxystrobin (Oximino-acetates)

Nome comum: trifloxistrobina (trifloxystrobin) – código FRAC: 11

Formula molecular: [C₂₀H₁₉F₃N₂O₄]

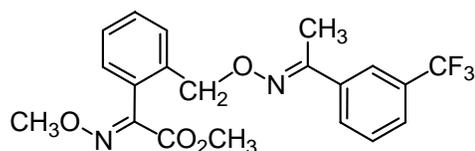
Nome químico: methyl (*E*)-methoxyimino-{(*E*)- α -[1-(α,α,α -trifluoro-*m*-tolyl) ethylideneaminoxy]-*o*-tolyl} acetate

Utilizado para o controle de *Pyricularia grisea* e *Phaeoisariopsis griseola* em arroz; *Uromyces phaseoli*, *Phaeoisariopsis griseola*, *Colletotrichum lindemuthianum* em feijão; *Elsinoe fawcetti* e *Phyllosticta citricarpa* em citros; *Venturia inaequalis* em maçã (AGROFIT, 2005).

Também é utilizado no controle de varias doenças em cultivos como banana, cereais, curcubitaceas, frutíferas, lúpulo, noqueira, ornamentais, beterraba açucareira, gramados, vegetais. É utilizado em tratamento foliar e tratamento pós-colheita (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Flint 500 WG (AGROFIT, 2005). Em outros países está registrado com as marcas comerciais Flint, Tega, Twist e Zato (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



f. metominostrobin (Oximino-acetamides)

Nome comum: metominostrobin – código FRAC: 11

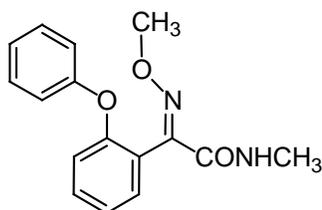
Formula molecular: [C₁₆H₁₆N₂O₃]

Nome químico: (*E*)-2-methoxyimino-*N*-methyl-2-(2-phenoxyphenyl)acetamide.

Utilizado para o controle de *Pyricularia grisea*, *Cochliobolus miyabeanus*, *Giberella fujikuroi* e *Rhizoctonia solani* em arroz; *Pseudocercospora herpotrichoides*, *Puccinia* e *Septoria* em cereais de inverno; *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinea* em batata; *Pseudoperonospora cubensis* *Sphaerotheca fuliginea* em pepino; *Botritis cinerea* em vegetais e *Venturia* em pomaceas (Smith, 2002).

Registrado no Japão na formulação Oribright (AGROWROJECTS, 2002; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



f. fluoxastrobin (Dihydro-dioxazines)

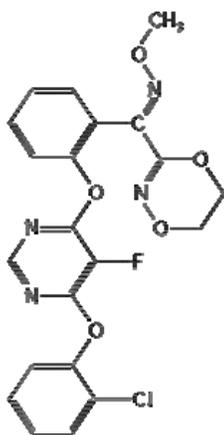
Nome comum: fluoxastrobin – código FRAC: 11

Formula molecular: [C₂₁H₁₆ClFN₄O₅]

Nome químico: (E)-{2-[6-(2-chlorophenoxy)-5-fluoropyrimidin-4-yloxy]phenyl}(5,6-dihydro-1,4,2-dioxazin-3-yl)methanone O-methyloxime

Utilizado para o controle de *Erysiphe graminis*, *Fusarium nivale*, *Leptosphaeria nodorum*, *Monographella nivalis*, *Puccinia*, *Pyrenophora*, *Septoria* e *Tilletia* em cereais de inverno; *Alternaria solani* e *Phytophthora infestans* em batata; *Plasmopora viticola* em uva; *Alternaria solani* e *Sphaerotheca fuliginea* em vegetais; e *Venturia inaequalis* em maçã (Smith, 2002). Também é utilizado para o controle de doenças nos cultivos de aipo, alcachofra, alface, amaranto, amendoim, batata, batata-doce, berinjela, crisântemo, dente-de-leão, endívia, espinafre, gengibre, guirlanda, mandioca, milho salada, pepino, tomate entre outras (USDA, 2005).

Fórmula estrutural:



3.3.3.1.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo I (Podridão em órgãos de reserva), do Grupo II (Danos em plântulas), do Grupo III (podridão de raízes), Grupo V (Manchas foliares, ferrugens e oídio) e Grupo VI (Carvões).

3.3.3.1.1.4. **Doses:** Azoxystrobin (200 a 400 ml p.c./ha ou 80 a 240 g p.c./ha); cresoxim-metílico (200 a 400 ml p.c./ha ou 20 a 30 ml p.c./100 litros de água); pyraclostrobin (300 a 800 ml p.c./ha ou 10 a 40 ml p.c./100 litros de água); trifloxistrobina (200 a 250 g p.c./ha ou 10 g p.c./100 litros de água) (AGROFIT, 2005). Fluoxastrobin(75 a 200 g i.a/ha) , picoxystrobin(125 g i.a/ha) e metominostrobin(150 a 840 g i.a/ha) (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

3.3.3.1.1.5. **Formulações:** Azoxystrobin: SC (250 g/L), WG (500 g/kg); cresoxim-metílico: SC (500 g/L); piraclostrobina: EC (250 g/L); trifloxistrobina: WG (500 g/kg) (AGROFIT, 2005). Picoxystrobin SC (25%) e metominostrobin GR (15%) (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

3.3.3.1.1.6. **Misturas:** Azoxystrobin é formulado em mistura com ciproconazol (PrioriXtra). Cresoxim-metílico é formulado em mistura com boscalid (Collis). Pyraclostrobin é formulado em mistura com boscalid (Bellis), metiram(Cabrio Top) e epoxiconazol (Opera). Trifloxistrobina é formulado em mistura com tebuconazol (Nativo), com ciproconazol (Sphere) e com propiconazol (Stratego 250 EC). Fluoxastrobin é formulado em mistura com

prothioconazole (Fandango 250 EC), picoxystrobin e metominostrobin, não são formulados em mistura (Smith, 2002; Tomlin, 2002; AGROFIT, 2005).

3.3.3.1.1.7. **Riscos de Resistência:** A resistência é conhecida em várias espécies de fungos. Os sítios alvo para mutação são G143A e F129L [(Fenilalanina com Leucina na posição 129) (Pasche et al., 2005)], existindo ainda mecanismos adicionais como a rota alternativa na respiração mitocondrial. A oxidase alternativa catalisa uma redução de quatro elétrons do oxigênio para a água e é especificamente inibida por vários compostos. Quando os elétrons passam para a rota alternativa a partir da ubiquinona, dois sítios de conservação de energia (complexo III e IV) são desviados, e não há formação de ATP. Não há sítio de conservação de energia na rota alternativa entre a ubiquinona e o oxigênio, a energia que seria armazenada na forma de ATP é perdida por calor quando os elétrons são desviados a partir da rota alternativa.

3.3.3.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Azoxystrobin e kresoxym methyl podem apresentar fitotoxicidade em algumas variedades de maçã, maçã ácida e cereja. Pyraclostrobina pode apresentar fitotoxicidade em videira, variedade Niagara. Tryfloxystrobin pode apresentar fitotoxicidade em banana (Tomlin, 2002; PMRA/ARLA, 2005b).

3.3.3.2. **Oxalolidinadiona:** O mecanismo de ação deste grupo ocorre através da inibição da função catalítica dos citocromos bc_1 na mitocôndria. A molécula de famoxadone e seus análogos oxazolidinadionas (OADs) são potentes inibidores do transporte de elétrons, inibindo a função da enzima ubiquinol: citocromo c oxidoreductase (citocromo bc_1). Estudos espectrográficos da enzima purificada sugerem que o famoxadone liga-se próximo ao baixo potencial heme do citocromo b . Este modo de ligação foi confirmado em experimentos de ligação competitiva substituindo o OAD radio-marcado da submitocôndria (Venâncio et al., 2000). A função mitocondrial do citocromo bc_1 é inibida por numerosos produtos sintéticos e naturais, que estão classificados em três grupos de acordo com suas interações no Complexo III. O grupo I de inibidores engloba os myxothiazóis, as estrobilurinas, as oudemansinas, as stigmatellinas e os OADs, que interagem com o baixo potencial heme do citocromo b , que é conhecido como sítio de ligação Q_o (Jordan et al., 1999; Sternberg et al., 2001; Xiao et al., 2003).

3.3.3.2.1. Características do grupo: O fungicida famoxadona, representante deste grupo no Brasil, apresenta ação protetora, com atividade translaminar. Este fungicida inibe o crescimento micelial e a sobrevivência de zoósporos de diversos fungos Oomicetos. O crescimento micelial e/ou germinação de esporos de outras classes de fungos também são inibidos (McGregor, 2003). É utilizado no controle de uma ampla gama de patógenos, sendo particularmente efetivo contra míldio em videira, requeima e pinta preta nas culturas de tomate e batata, manchas foliares e mancha da gluma em trigo e mancha em rede na cevada (Ehr & Kemmitt, 2002; Sternberg et al., 2001). A redução do citocromo *b* é bloqueada completamente somente quando inibidores de ambos os sítios (Q_i e Q_o) são adicionados em conjunto. Esta clássica experiência conhecida como dupla neutralização pode ser vista na Figura 11 (Neuburger et al., 2003).

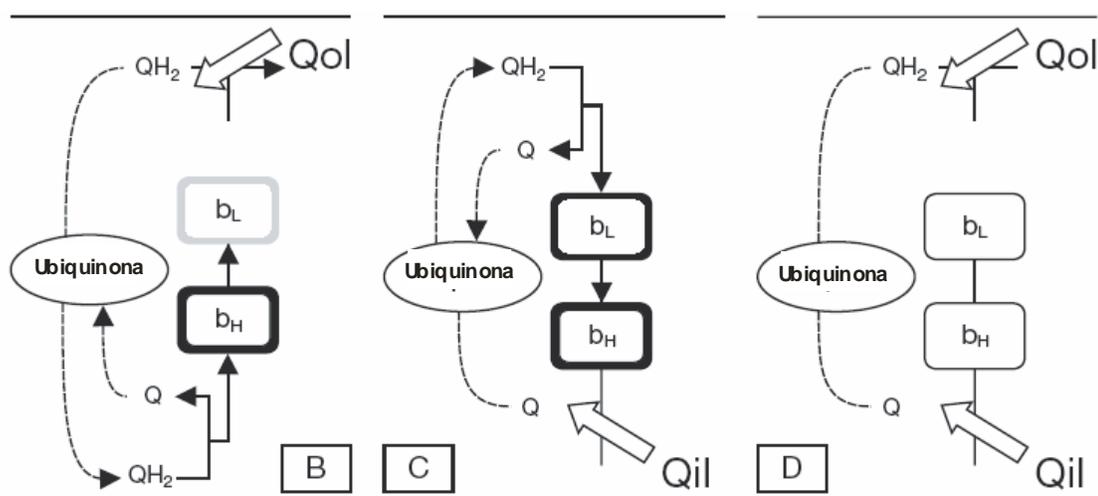


Figura 11. Representação simplificada do citocromo *b* sob tratamento com inibidores de Ubiquinol. B) Tratamento somente com inibidor Q_o , observa-se que b_H é fortemente reduzido, enquanto b_L não é reduzido ou apenas parcialmente, devido a condições termodinâmicas desfavoráveis. C) Tratamento somente com inibidor Q_i , observa-se que tanto b_H quanto b_L são completamente reduzidos. D) A combinação de dois inibidores simultaneamente (Q_oI e Q_iI) não permite a redução do citocromo *b* pela via normal nem pela via reversa (Dupla neutralização) (adaptado de NEUBURGER et al., 2003).

3.3.3.2.2. Principais representantes do grupo:

a. famoxadone

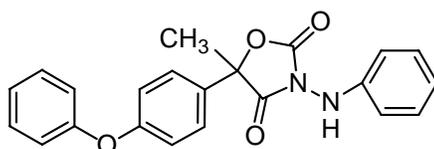
Nome comum: famoxadona (famoxadone) – código FRAC: 11

Formula molecular: [C₂₂H₁₈N₂O₄]

Nome químico: (RS)-3-anilino-5-methyl-5-(4-phenoxyphenyl)-1,3-oxazolidine-2,4-dione

Registrado no Brasil nas marcas comerciais Equation (em mistura com cymoxanil) e Midas BR (em mistura com mancozeb) (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



3.3.3.2.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (Míldio e manchas foliares).

3.3.3.2.4. **Doses:** 400 a 800 g p.c./ha; 1,2 a 1,6 kg p.c./ha ou 100 a 160 g p.c./100 litros de água (AGROFIT, 2005).

3.3.3.2.5. **Formulações:** WG (300 g cymoxanil + 225 g famoxadona/kg) e (625 g mancozeb + 62,5 g famoxadona/kg) (AGROFIT, 2005).

3.3.3.2.6. **Misturas:** No Brasil famoxadona é formulado em mistura com cymoxanil (Equation) e com mancozeb (Midas BR). Famoxadone apresenta mistura com flusilazole, mancozeb e cymoxanil (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.3.3.2.7. **Riscos de Resistência:** A resistência é conhecida em várias espécies de fungos. Os sítios alvo para mutação são G143A e F129L (Fenilalanina com Leucina na posição 129), existindo ainda mecanismos adicionais como a rota alternativa na respiração mitocondrial (FRAC, 2003).

3.3.3.2.8. **Fitotoxicidade:** Não existe relato de fitotoxicidade se aplicado na dose e condições recomendadas.

3.3.3.3. **Imidazolinona:** Este grupo, cujo representante é o fenamidona, apresenta como mecanismo de ação a inibição da respiração mitocondrial em células fúngicas. O fungicida atua na inibição do transporte de elétrons no Complexo III (bc_1), no sítio Q_o , de forma similar a estrobilurinas e OAD (Genix e Villier, 2003; Crouse, 2005). A molécula de fenamidone apresenta duas formas, o enantiômero S que apresenta alta atividade fungicida e o enantiômero R que é completamente inativo (Genix e Villier, 2003).

3.3.3.3.1. **Características do grupo:** Trata-se de um fungicida protetor com ação curativa desenvolvido para o controle de uma ampla gama de doenças, causadas por Oomycetos, tais como míldio em olerícolas, requeima em tomate e batata e também para o controle de *Pythium* spp. Fenamidona inibe a germinação de esporos, o crescimento micelial, a liberação de esporos em Oomycetos e a mobilidade de esporos (Tomlin, 2002; Neuburger et al., 2003; Crouse, 2005).

3.3.3.3.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **fenamidona**

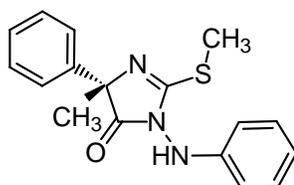
Nome comum: fenamidone (fenamidona) – código FRAC: 11

Formula molecular: $[C_{17}H_{17}N_3OS]$

Nome químico: (*S*)-1-anilino-4-methyl-2-methylthio-4-phenylimidazolin-5-one.

Registrado no Brasil na marca comercial Censor (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



3.3.3.3.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (Míldio e oídio).

2.3.3.3.4. **Doses:** 300 ml p.c./ha (AGROFIT, 2005).

3.3.3.3.5. **Formulações:** SC (500 g/L) (AGROFIT, 2005).

3.3.3.3.6. **Misturas:** Em outros países é formulado em mistura com cymoxanil, fosetyl-Al e mancozeb (Tomlin, 2002).

3.3.3.3.7. **Riscos de Resistência:** A resistência é conhecida em várias espécies de fungos. Os sítios alvo para mutação são G143A (Guanidina com Adenina na posição 143) e F129L (Fenilalanina com Leucina na posição 129), existindo ainda mecanismos adicionais como a rota alternativa na respiração mitocondrial (FRAC, 2003).

3.3.3.3.8. **Fitotoxicidade:** Não há registro de fitotoxicidade se utilizado na dose e condições recomendadas.

3.3.4. **Inibição do Complexo III (citocromo bc1 – ubiquinona redutase no sítio Qi):** O sítio Qi caracteriza-se pelo ponto de redução de ubiquinol (Figura 12) (Darrouzet et al., 2004).

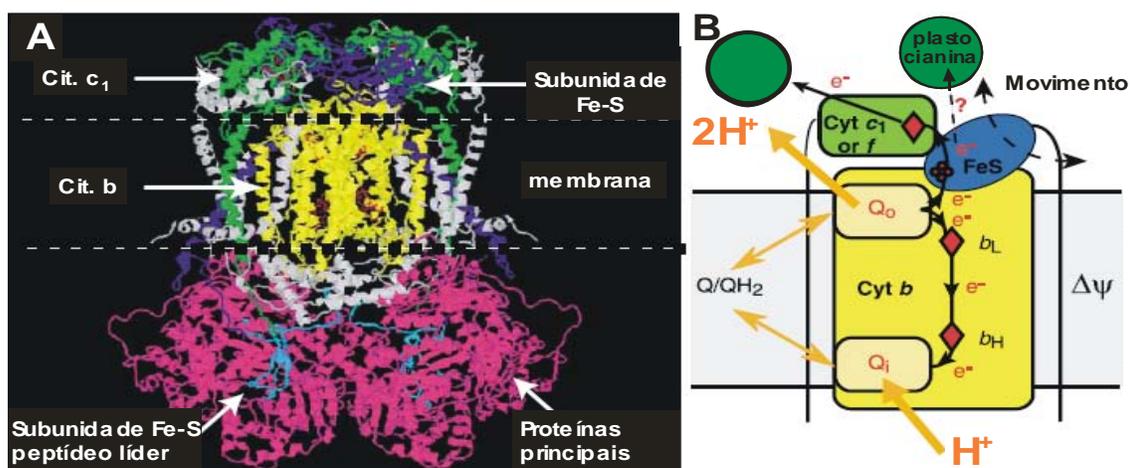


Figura 12. Estrutura dímica do Complexo bc₁ (A) e o mecanismo modificado da Coenzima Q indicando os sítios de inibição Q₀ e Q_i (B) (adaptado de DARROUZET et al., 2004).

3.3.4.1 **Qil - Fungicidas:** Corresponde aos fungicidas que atuam no sítio de redução da ubiquinol.

3.3.4.1.1 **Cianoimidazoles:** Este grupo apresenta como mecanismo de ação a inibição da respiração mitocondrial em células fúngicas, tal qual os demais inibidores do Citocromo bc_1 (Complexo III). O fungicida atua na inibição do transporte de elétrons no Complexo III (bc_1), no sítio Q_i (sítio de redução da ubiquinol), enquanto as estrobilurinas, oxazolidinadiona e imidazolinona inibem no sítio Q_o (sítio de oxidação da ubiquinol). A seletividade parece estar envolvida com a diferença na suscetibilidade da enzima alvo (Mitani et al., 2001; Tomlin, 2002).

3.3.4.1.1.1. **Características do grupo:** Ciazofamida, representante do grupo, é um fungicida foliar preventivo, com bom efeito residual, moderada atividade translaminar e moderada ação curativa. Inibe todos os estágios do ciclo de vida de *Phytophthora infestans*. Foi desenvolvido para o controle de Oomycetos e doenças causadas por *Plasmodiophora*. É efetivo para requeima em batata e tomate e míldios em cucurbitáceas. Além disso, é utilizado em pulverizações foliares em videira, cebola, alface, arroz e crucíferas. Está sob avaliação para controle via solo em crucíferas e gramados (Mitani et al., 2002; Tomlin, 2002). Ciazofamida em crucíferas demonstrou ser efetiva para controle de *P. brassicae*, inibindo a germinação de esporos em repouso e a infecção de raízes bem como a formação de galhas (Tomlin, 2002, Mitani et al., 2003;).

3.3.4.1.1.2. Principais representantes do grupo:

a. cyazofamid

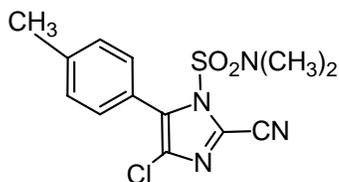
Nome comum: cyazofamid (ciazofamida) – código FRAC: 21

Formula molecular: $[C_{13}H_{13}ClN_4O_2S]$

Nome químico: 4-chloro-2-cyano-*N,N*-dimethyl-5-*p*-tolylimidazole-1-sulfonamide

Recomendado para o controle de Oomycetos em alface, arroz, batata, cebola, crucíferas, pepino e videira (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.3.4.1.1.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle sobre doenças do Grupo V (Míldio).

3.3.4.1.1.4. **Doses:** 60 a 100 g/ha para pulverizações foliares.

3.3.4.1.1.5. **Formulações:** SC (este composto não apresenta formulações registradas no Brasil).

3.3.4.1.1.6. **Misturas:** não apresenta formulação em mistura (Tomlin, 2002).

3.3.4.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Risco de resistência desconhecido, mas assume-se que este grupo é de médio a alto risco (mutações no sítio alvo são conhecidas). Sua utilização requer técnicas de manejo de resistência (FRAC, 2003).

3.3.4.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Não existe registro de fitotoxicidade se utilizado na dose e condições recomendadas.

3.3.5. **Interrupção da fosforilação oxidativa:** A fosforilação oxidativa é o processo no qual a energia gerada pela cadeia mitocondrial transportadora de elétrons é conservada na forma de ATP. O processo é responsável pela maioria do ATP sintetizado em organismos aeróbicos. O processo de síntese de ATP a partir de ADP e P_i é catalisado pela ATP-sintase (Complexo V) (Figura 13), também conhecido como ATP sintase F_1F_0 (Mota, 2005; Oliveira, 2005). Os desacopladores da fosforilação oxidativa são substâncias presentes na membrana mitocondrial interna (MMI) que dissipam o gradiente de prótons ao trazerem novamente os prótons do espaço intermembrana para a matriz mitocondrial, contornando a ATP-sintase. Aumentam a permeabilidade dos H^+ e são capazes de dissociar a fosforilação oxidativa do transporte de elétrons. O dinitrofenol é um carreador hidrofóbico de prótons, desacoplador da fosforilação

oxidativa e da transferência de elétrons (Blaber, 2005; FRAC, 2005; Mota, 2005; Oliveira, 2005).

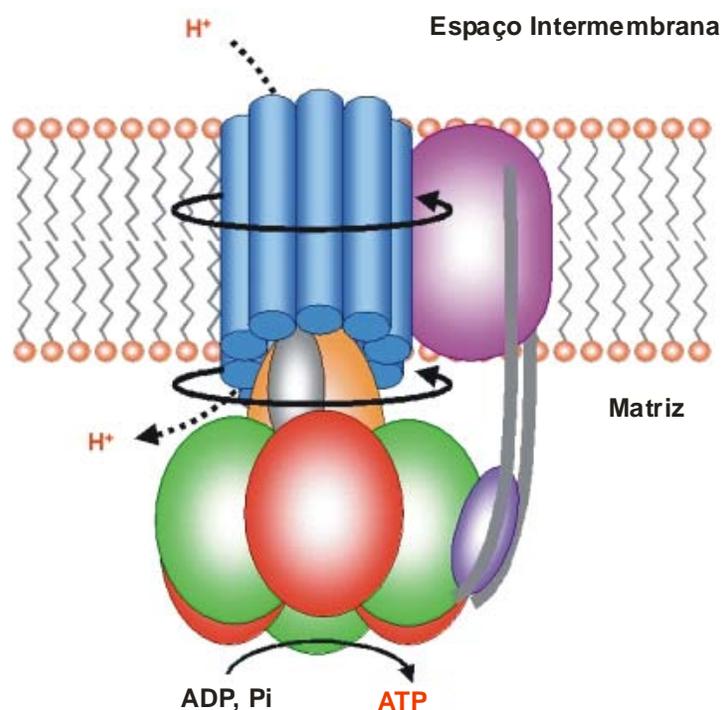


Figura 13. ATP-sintase consiste de duas moléculas complexas denominadas de F_1 e F_0 responsável pela formação de ATP a partir de $ADP + P_i$ (adaptado de BLABER, 2005).

3.3.5.1. **Dinitrofenol:** O mecanismo de ação se caracteriza pela inibição ou desacoplamento da fosforilação oxidativa que basicamente previne a formação da molécula de ATP. O dinitrofenol é um agente desacoplador, ou seja, tem a capacidade de desvincular o fluxo de elétrons na cadeia e no bombeamento íons H^+ para fora da mitocôndria, que é necessário para a síntese de ATP. Isso significa que a energia liberada no transporte de elétrons não pode ser usada para a síntese de ATP. O material comercial é uma mistura compreendendo 2,0 a 2,5 partes de isômeros 6-octyl (1) para uma parte do isômero 4-octyl (2). Compostos do tipo (1) são mais efetivos como acaricidas e aqueles do tipo (2) como fungicidas. No Brasil, dinocap encontra-se registrado para controle de ácaros nas culturas da maçã e citrus (MARA, 2005; Yamamoto et al., 2005)

3.3.5.1.1. **Características do grupo:** Dinocap, representante do grupo dinitrofenol, é um fungicida de contato com ação protetora e curativa utilizado no controle de oídio em muitas culturas, apresentando ainda atividade acaricida (JMPR, 2005; Tomlin, 2002).

3.3.5.1.2. Principais representantes do grupo:

a. dinocap

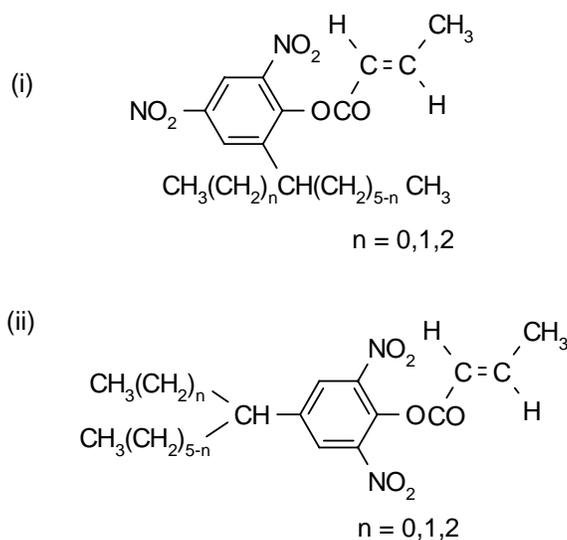
Nome comum: dinocap (dinocape) – código FRAC: 29

Formula molecular: $[C_{18}H_{24}N_2O_6]$

Nome químico: (*RS*)-2,6-dinitro-4-octylphenyl crotonates e (*RS*)-2,4-dinitro-6-octylphenyl crotonates em que “octyl” é uma mistura de grupos 1-methylheptyl, 1-ethylhexyl e 1-propylpentyl

Registrado no Brasil na formulação Karathane EC (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



b. binapacryl

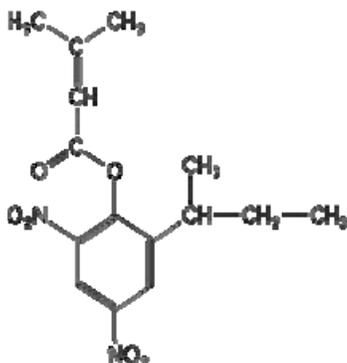
Nome comum: binapacryl – código FRAC: 29

Formula molecular: $[C_{15}H_{18}N_2O_6]$

Nome químico: 2-*sec* -butyl-4,6-dinitrophenyl 3-methylbut-2-enoate.

Recomendado para os cultivos de algodão, citros, maçã e pêra (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.3.5.1.3. **Principais doenças controladas:** Este produto apresenta ação acaricida/fungicida sendo registrado no Ministério da Agricultura somente para o controle de ácaros nas culturas da maçã e citros.

3.3.5.1.4. **Doses:** Dinocap (50 a 100 ml p.c./100 litros de água). Binapacryl (25 a 50 g i.a/100 litros de água) (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.3.5.1.5. **Formulações:** EC (369 g/L), binapacryl (EC, SC e WP) (Tomlin, 2002).

3.3.5.1.6. **Misturas:** Dinocap no Brasil não é formulado em mistura. Em outros países é formulado em mistura com fenbuconazole, difenoconazole e penconazole. Binapacryl não é formulado em mistura (Tomlin, 2002).

3.3.5.1.7. **Riscos de Resistência:** Não apresenta resistência conhecida (FRAC, 2003).

3.3.5.1.8. **Fitotoxicidade:** Dinocap não é fitotóxico, exceto para rosas em casa de vegetação sob certas condições. A fitotoxicidade pode ser aumentada sob altas temperaturas. Binapacryl é fitotóxico para groselhas pretas, ciclâmem e para hydrangeas em condições de casa-de-vegetação. Também pode se tornar fitotóxico se misturado a composto organofosforado (Tomlin, 2002).

3.3.5.2. **Fenilpiridinilamida:** Igualmente ao dinitrofenol, este grupo se caracteriza pela inibição ou desacoplamento da fosforilação oxidativa que previne a formação da molécula de ATP. Fluazinam destrói a conexão de fosforilação oxidativa após a ionização do grupo amino.

Além disso, a reação no sentido do grupo sulfidril e outros grupos aparece como mais provável (Lyr, 1995; Roberts e Hudson, 1999).

3.3.5.2.1. **Características do grupo:** Fluazinam, o fungicida representante do grupo, apresenta ação protetora, com pouca atividade curativa e sistêmica, mas com um bom efeito residual e estabilidade à chuva. É utilizado no controle de mofo cinzento e míldio em videira, sarna na maçã e mofo branco em amendoim (Lyr, 1995; Tomlin, 2002).

3.3.5.2.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **fluazinam**

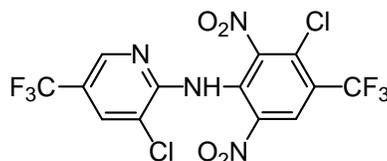
Nome comum: fluazinam – código FRAC: 29

Formula molecular: $[C_{13}H_4Cl_2F_6N_4O_4]$

Nome químico: 3-chloro-*N*-(3-chloro-5-trifluoromethyl - 2 - pyridyl)- α,α,α -trifluoro-2,6-dinitro-*p*-toluidine

Registrado no Brasil na marca comercial Frowncide 500 SC (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



3.3.5.2.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle sobre doenças do Grupo I (podridões de órgãos de reserva) e V (Manchas foliares).

3.3.5.2.4. **Doses:** 0,4 a 1,5 L p.c./ha ou 100 ml p.c./100 litros de água (AGROFIT, 2005).

3.3.5.2.5. **Formulações:** SC (500 g/L) (AGROFIT, 2005).

3.3.5.2.6. **Misturas:** No Brasil não é formulado em mistura. Existe mistura com metalaxyl disponível em outros países (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.3.5.2.7. **Riscos de Resistência:** Apresenta baixo risco de resistência, entretanto isolados resistentes de *Botrytis* existem no Japão desde 2000 (FRAC, 2003).

3.3.5.2.8. **Fitotoxicidade:** Não existe relato de fitotoxicidade se utilizado na dose e condições recomendadas.

3.3.5.3. **Pyrimidinone-hydrazones:** O fungicida deste grupo apresenta como mecanismo de ação o desacoplamento da fosforilação oxidativa. É um potente desacoplador CCCP (Carbonilcianida-3-clorofenilhidrazona) e FCCP (Carbonilcianida-4-trifluorometoxifenilhidrazona). Desordem de funções da membrana mitocondrial e membrana citoplasmática por estes inibidores podem apresentar efeitos similares (Hutson & Miyamoto, 1998).

3.3.5.3.1. **Características do grupo:** Este fungicida foi desenvolvido para o controle de brusone em arroz (*P. oryzae*), mas também se mostrou efetivo no controle de *Helminthosporium oryzae*, *Cercospora oryzae* e outros fungos, que causam doenças na cultura. Sua ação é bastante curativa, sendo normalmente usado em combinação com outros fungicidas com ação preventiva, tais como os inibidores da biosíntese de melanina (Hutson & Miyamoto, 1998).

3.3.5.3.2. **Principais representantes do grupo:**

a. ferimzone

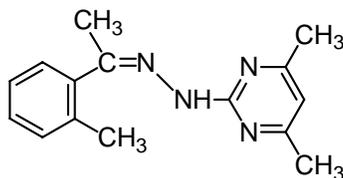
Nome comum: ferimzone – código FRAC: 29

Formula molecular: [C₁₅H₁₈N₄]

Nome químico: (Z)-2'-methylacetophenone 4,6-dimethylpyrimidin-2-ylhydrazone

Recomendado para o controle de doenças no cultivo de arroz (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.3.5.3.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle sobre doenças do Grupo V (Manchas foliares).

3.3.5.3.4. **Doses:** 600 a 800 g/ha da formulação DL ou 125 g/ha da formulação SC (Tomlin, 2002).

3.3.5.3.5. **Formulações:** DL e SC (Tomlin, 2002).

3.3.5.3.6. **Misturas:** Apresenta registros de formulação em mistura com phthalide (Takeda) (Tomlin, 2002).

3.3.5.3.7. **Riscos de Resistência:** Não apresenta resistência conhecida (FRAC, 2003).

3.3.5.3.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta registro de fitotoxicidade.

3.3.6. **Inibição da fosforilação oxidativa e ATP sintase:** O processo de síntese de ATP a partir de ADP e P_i é catalisado pela ATP-sintase (Complexo V), também conhecido como ATP sintase F_1F_0 (Mota, 2005; Oliveira, 2005).

3.3.6.1. **Organoestânicos:** Inibidores multi-sítio, previnem a germinação de esporos e inibem o metabolismo de fungos, particularmente a respiração, inibem a fosforilação oxidativa na mitocôndria e induzem a peroxidação de lipídios. Baixas concentrações de compostos organoestânicos inibem a translocação de H^+ ligados a membrana, de H^+ ATPase e de íons como Na^+ e K^+ (Papa et al., 1982; Powers & Beavis, 1991). Pela classificação do FRAC estes compostos atuam como inibidores da fosforilação oxidativa, na ATP-sintase (FRAC, 2005).

3.3.6.1.1. **Compostos Tri phenyl tin:** Substâncias fungicidas que contêm átomos de estanho (Sn) caracterizados principalmente por fentin hydroxide, fentin acetate e fentin chloride.

3.3.6.1.1.1. **Características do grupo:** Fungicidas não-sistêmicos com ação protetora apresentando alguma ação curativa. Também apresentam ação algicida e molusquicida. São

utilizados no controle de doenças em diversas culturas e no controle de algas e lesmas em campos de arroz. Seu uso em casa-de-vegetação pode provocar injúrias (Tomlin, 2002).

3.3.6.1.1.2. Principais representantes do grupo:

a. fentin hydroxide

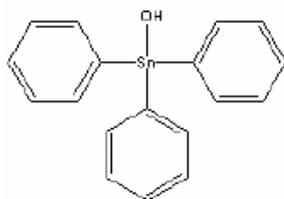
Nome comum: fentin hydroxide (hidróxido de fentina - trifenil hidróxido de estanho) – código FRAC: 30

Formula molecular: $[C_{18}H_{16}O_2Sn]$

Nome químico: triphenylstannylum hydroxide.

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Brestanid SC e Mertin 400 (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



b. fentin acetate

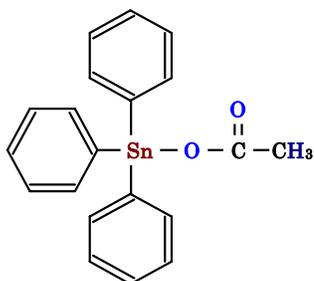
Nome comum: fentin acetate (acetato de fentina – trifenil de acetato estanho) – código FRAC: 30

Formula molecular: $[C_{18}H_{16}OSn]$

Nome químico: triphenylstannylum acetate.

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Brestan PM e Hokko Suzu 200 (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



c. fentin chloride

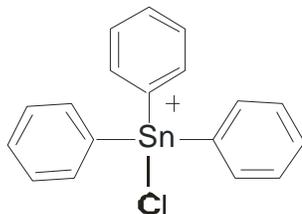
Nome comum: fentin chloride – código FRAC: 30

Formula molecular: $[C_{18}H_{15}SnCl]$

Nome químico: triphenylstannylum chloride

Recomendado para controle de doenças nos cultivos de algodão, berinjela, cacau, feijão, morango, mandioca, noz pecã, pimenta, tomate (Lyr, 1995).

Fórmula estrutural:



3.3.6.1.1.3. **Principais doenças controladas:** Utilizado principalmente no controle de doenças do Grupo V (manchas foliares, ferrugem).

3.3.6.1.1.4. **Doses:** hidróxido de fentina (325 a 1000 ml/ha ou 25 a 70 ml/100 litros de água); acetato de fentina (350 a 2000 g/ha ou 60 a 80 g/100 litros de água), fentin chloride

3.3.6.1.1.5. **Formulações:** hidróxido de fentina: SC (400 g/L; 500 g/L); acetato de fentina: WP (200 g/kg), fentin chloride

3.3.6.1.1.6. **Misturas:** No Brasil hidróxido de fentina é formulado isoladamente (Agrofit, 2005).

3.3.6.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Baixo risco de resistência devido à multiplicidade de sítios de atuação e a baixa pressão de uso. Existem casos de resistência conhecidos (FRAC, 2005).

3.3.6.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Culturas tais como tomate e maçã podem apresentar injúrias hidróxido de fentina. Ele ainda não é compatível com compostos fortemente ácidos ou com formulações líquidas ou oleosas. Acetato de fentina é fitotóxico para videira e algumas ornamentais, mostrando-se também incompatível com emulsões oleosas e formulações EC.

Para as demais culturas mostra-se não fitotóxico se utilizado conforme recomendação. Não se recomenda o uso de surfactantes, espalhantes ou adesivos, devido a promoverem a fitotoxicidade (Tomlin, 2002). Diferenças na fitotoxicidade em diversas plantas sob diferentes condições dependem da penetrabilidade do composto na cutícula (Lyr, 1995).

3.3.7. Produção de ATP: Ocorre na mitocôndria, em três etapas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória (ou fosforilação oxidativa)(Figura 14).

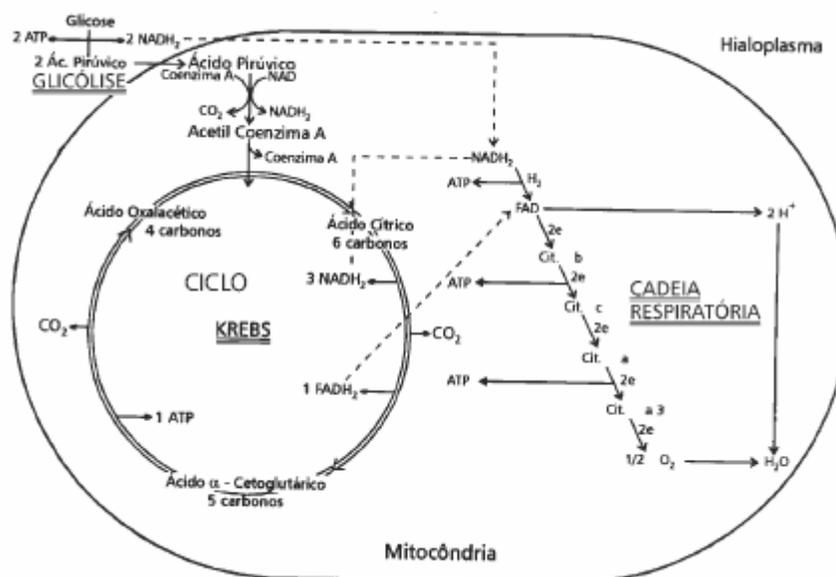


Figura 14. Etapas de respiração celular onde ocorre a formação de ATP (glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória).

3.3.7.1. Thiophene-carboxamides: O mecanismo de ação deste grupo se destaca pela inibição do transporte de ATP de dentro da mitocôndria para o citosol (Tomlin, 2002).

3.3.7.1.1. Características do grupo: São caracterizados por um efeito duradouro e atividade protetora. Silthiofam é utilizado no tratamento de sementes de trigo e cevada visando reduzir os efeitos de mal-do-pé, causado por *Gaeumannomyces graminis* (Andrade, 2004; Tomlin, 2002).

3.3.7.1.2. Principais representantes do grupo:

a. silthiofam

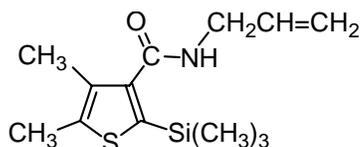
Nome comum: silthiofam – código FRAC: U2

Formula molecular: [C₁₃H₂₁NOSSi]

Nome químico: *N*-allyl-4,5-dimethyl-2-(trimethylsilyl)thiophene-3-carboxamide.

Recomendado para o tratamento de sementes em cereais para o controle de mal-do-pé (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.3.7.1.3. **Principais doenças controladas:** Utilizado principalmente no controle de doenças do Grupo III (podridão de raízes).

3.3.7.1.4. **Doses:** 200 ml do produto Latitude (Silthiofam, 125 g/L) por 100 kg de sementes.

3.3.7.1.5. **Formulações:** FS (Tomlin, 2002).

3.3.7.1.6. **Misturas:** Não apresenta registro de formulações em mistura.

3.3.7.1.7. **Riscos de Resistência:** Não apresenta resistência conhecida.

3.3.7.1.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta registro de fitotoxicidade.

3.4. **Inibição da síntese de aminoácidos e proteínas:** Os ribossomos são organelas citoplasmáticas encontradas em procariotos e eucariotos. Eles são complexos de proteínas e moléculas de rRNA (RNA ribossômico), sendo quatro moléculas de rRNA nos eucariotos. Estes complexos de proteína e rRNA são chamados subunidades e são produzidos no nucléolo. A principal função dos ribossomos é servir de sítio para a tradução, ou seja, a síntese de proteínas (reunião de aminoácidos em proteínas); uma vez que duas subunidades (uma grande e uma pequena) são unidas pelo mRNA vindo do núcleo, o ribossomo traduz a seqüência do

mRNA em uma seqüência específica de aminoácidos ou uma cadeia polipeptídica (Figura 15). O grupo químico das anilino pirimidinas tem como mecanismo de ação a inibição da síntese de proteínas e de aminoácidos. O fungicida pirimetanil atua inibindo a produção de proteínas e enzimas associadas com a patogênese, enquanto que o ciprodinil atua inibindo a síntese de aminoácidos (Töfoli, 2004).

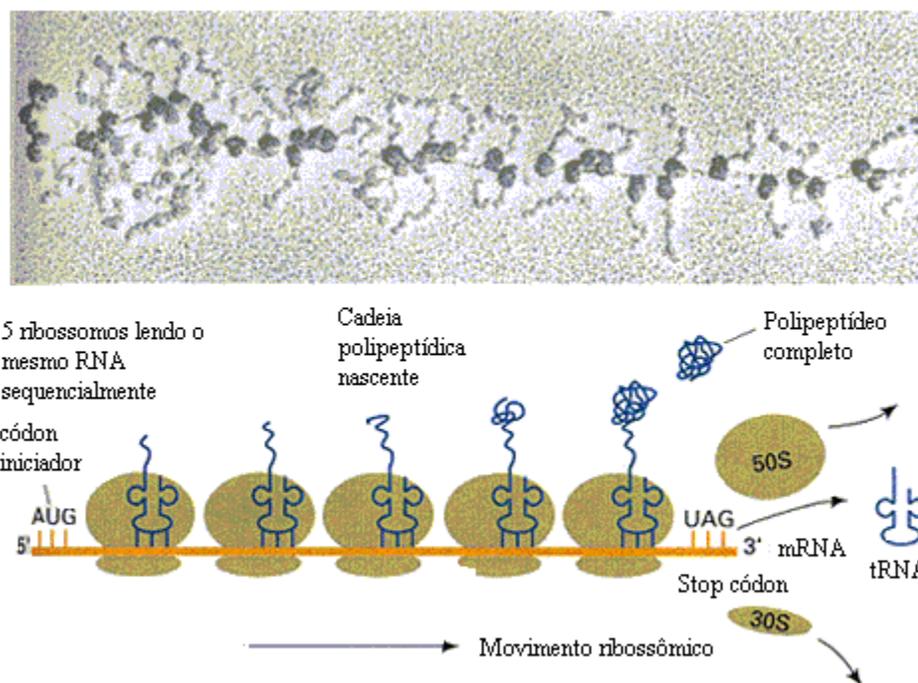


Figura 15. Eletromicrografia demonstrando a síntese de proteínas. Os ribossomos aparecem como grânulos escuros.

3.4.1. Biossíntese de metionina: Este aminoácido é sintetizado a partir do oxaloacetato. A Succinyl-CoA participa e a cisteína doa um grupo sulfúrico para a molécula. O oxaloacetato é primeiro convertido em homoserina. Esta então, após a ligação ao grupo sulfúrico é metilada, formando a metionina. Embora todos os aminoácidos sejam importantes na síntese de proteínas, a metionina é crucial (Figura 16).

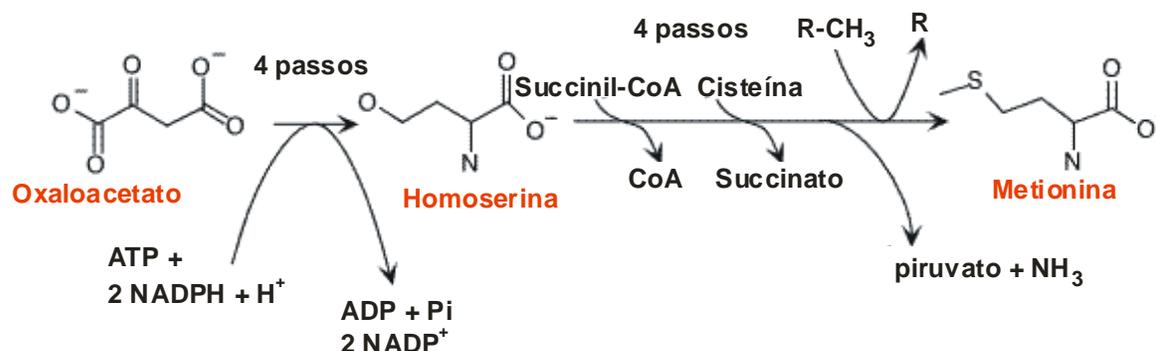


Figura 16. Via metabólica da biossíntese de metionina.

3.4.1.1. **Anilopirimidinas:** Existem fortes evidências que sugerem o envolvimento da inibição da síntese de metionina como alvo principal deste grupo de fungicidas. O efeito inibitório de pirimetanil sobre a germinação de esporos e desenvolvimento do tubo germinativo é limitado e, ainda, a produção de apressório e a penetração no hospedeiro não são afetadas. Entretanto, a aplicação protetora de pirimetanil reduz o número de células do hospedeiro mortas no ponto de infecção. O principal efeito do fungicida pode ser a redução na secreção de enzimas líticas ou a redução na biossíntese e secreção destas enzimas no sítio de penetração. As enzimas envolvidas com a lise da célula incluem as pectinases, as celulases, as proteinases e as lacases (Hutson & Miyamoto, 1998; Lyr, 1995).

3.4.1.1.1. **Características do grupo:** São produtos sistêmicos, transportados pelo xilema acropetalmente. Inibem a penetração e crescimento micelial nos tecidos foliares. Alguns fungicidas do grupo são altamente específicos no controle de membros da família Erysiphaceae. Os fungicidas apresentam potencial de uso em um amplo espectro de culturas, atuando como fungicidas de amplo espectro. Pirimetanil é um fungicida protetor com ação curativa, utilizado no controle de patógenos de frutíferas, especialmente *Botrytis cinerea* em videira e *Venturia* spp. em outras frutíferas. Ciprodinil é efetivo contra vários patógenos de cereais, videira, fruteiras de caroço, pomáceas, morango, olerícolas, grandes culturas e ornamentais (Ehr & Kemmitt, 2002; Lyr, 1995; Tomlin, 2002).

3.4.1.1.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **cyprodinil**

Nome comum: cyprodinil (ciprodinil) - código FRAC : 9

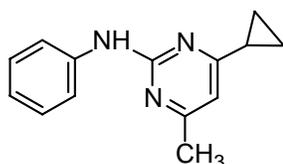
Formula molecular: [C₁₄H₁₅N₃]

Nome químico: 4-cyclopropyl-6-methyl-N-phenylpyrimidin-2-amine.

Utilizado para os cultivos de cereais, frutos de caroço, morango, olerícolas, pomáceas, videira e no tratamento de sementes de cevada. Controla uma ampla gama de patógenos tais como *Tapesia yallundae*, *T. acuformis*, *Erysiphe* spp., *Pyrenophora teres*, *Rhynchosporium secalis*, *Botrytis* spp., *Alternaria* spp., *Venturia* spp. e *Monilinia* spp (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Unix 750 WG (AGROFIT, 2005)

Fórmula estrutural:



b. mepanipyrim

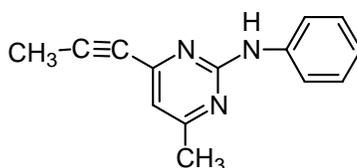
Nome comum: mepanipyrim - código FRAC : 9

Formula molecular: [C₁₄H₁₃N₃]

Nome químico: N-(4-methyl-6-prop-1-ynylpyrimidin-2-yl)aniline.

Utilizado para os cultivos de cucurbitáceas, morango, tomate e videira, no controle de mofo cinzento e para o controle de podridão parda em pêsego (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



c. pyrimethanil

Nome comum: pyrimethanil (pirimetanil) - código FRAC : 9

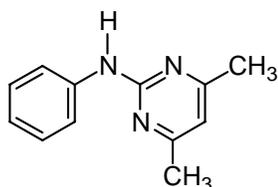
Formula molecular: [C₁₂H₁₃N₃]

Nome químico: N-(4,6-dimethylpyrimidin-2-yl)aniline.

Utilizado para os cultivos de fruteiras, olerícolas, ornamentais e videira, no controle de *Botrytis cinerea* e também em pomáceas no controle de *Venturia inaequalis* e *V. pirina* (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Mythos (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



3.4.1.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (Manchas foliares).

3.4.1.1.4. **Doses:** ciprodinil (250 a 375 g/ha ou 20,0 a 37,5 g/100 litros de água); pirimetanil (1,0 a 3,0 L/ha ou 100 a 300 ml/100 litros de água); mepanipyrim (0,2 a 0,75 kg/ha) (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.4.1.1.5. **Formulações:** ciprodinil: WG (750 g/kg); pirimetanil: SC (300 g/L), mepanipyrim (SC, WP) (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.4.1.1.6. **Misturas:** Ciprodinil e pirimetanil não são formulados em mistura no Brasil (AGROFIT, 2005). Pirimetanil apresenta formulações em mistura com fluquinconazol e clorotalonil, enquanto ciprodinil apresenta formulações com fludioxonil, propiconazol, ciproconazol, difenoconazol, fenpropidin, e ainda mistura tripla com fludioxonil + tebuconazol (Tomlin, 2002).

3.4.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Existe resistência conhecida em *Botrytis* e esporadicamente em *Venturia*. Estes fungicidas apresentam risco médio de resistência, devendo ser consultada as orientações do FRAC para manejo de resistência (FRAC, 2003).

3.4.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Pirimetanil pode mostrar-se fitotóxico em sistemas fechados com umidade relativa igual ou superior a 80% em algumas espécies (Tomlin, 2002).

3.4.2. **Síntese de proteínas:** Muitos antibióticos têm sido identificados como inibidores da síntese de proteínas, atuando a alguns passos subsequentes para ativação de aminoácidos. Para um número desses antibióticos, é possível estabelecer o ribossoma como sítio de ação (Weisblum e Davies, 1968). Quando uma mensagem (mRNA) acopla-se à subunidade ribossômica pequena, juntamente com o tRNA iniciador (tRNA^{Met}), está dado o passo inicial para a síntese da cadeia polipeptídica codificada no mRNA (Figura 17). A subunidade ribossômica pequena ou 30S apresenta três sítios de ligação para tRNA designados de A (aminoacyl), P (peptidyl) e E (saída). A maior parte dos antibióticos ribossômicos atuam ligando-se a sítios específicos do ribossoma e interferem com suas funções durante a síntese de proteína e, na maioria dos casos, o alvo é o RNA ribossômico preferencialmente às proteínas (Brodersen et al., 2000).

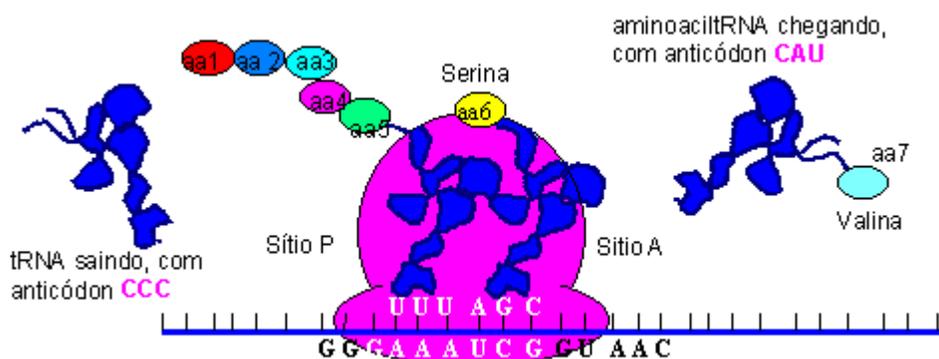


Figura 17. Mecanismo de adição de um único aminoácido à cadeia nascente de polipeptídeo durante a tradução do mRNA. O aminoácido 6 carregado pelo seu respectivo tRNA está sendo adicionado. Os aminoácidos de 1 à 5 já fazem parte do polipeptídeo. O tRNA vazio, de anticódon CCC, complementar ao códon GGG (aa4) está abandonando o ribossomo. O sítio do ribossomo que recebe o tRNA carregado é denominado sítio A. O sítio onde se liga o tRNA carregando a cadeia polipeptídica (peptidil-tRNA) é denominado sítio P (adaptado de Bonato, 2005).

3.4.2.1. **Antibióticos:** A síntese de proteínas envolve a translação da informação, contida em uma seqüência de bases por um específico mRNA na síntese de uma seqüência de aminoácidos ou peptídeo. Dos antibióticos que atuam na síntese de proteínas, a blasticidina-S interage com subunidades do ribossoma, bloqueando a sitio de ligação para aminoacil-t-RNA, impedindo a elongação da cadeia de proteínas. A casugamicina liga-se à subunidade pequena do ribossoma e inibe a elongação de proteínas em concentrações menores que blasticidina S. Os dois antibióticos apresentam moderada atividade sistêmica. Também podem ser ativos contra plantas e animais (Hewitt, 1998; Copping e Hewitt, 1998). Entretanto, a maioria dos trabalhos iniciais sobre o modo de ação foram desenvolvidos utilizando-se outro antibiótico, o cyclohexamide. Cyclohexamine previne a incorporação de aminoácidos na proteína devido a sua afinidade com amplas subunidades dos ribossomas.

3.4.2.1.1. **Características do grupo:** São produtos sistêmicos apresentando propriedades curativa e protetora, sendo tóxico também para plantas e animais. Casugamicina inibe o crescimento de hifas de *P. oryzae* em arroz, prevenindo o desenvolvimento de lesões. Comparativamente apresentam fraca ação inibitória para germinação de esporos, formação de apressório na superfície da planta ou penetração na epiderme da célula. É de rápida absorção e translocação nos tecidos da planta. Este produto atua de forma inversa para *Cladosporium fulvum* em tomate, inibindo fortemente a esporulação, mas com fraca inibição sobre o crescimento de hifas. É utilizada no controle de brusone em arroz e algumas outras doenças, particularmente bactérias. Estreptomicina é utilizado no controle murchas bacterianas, cancos bacterianos e podridões bacterianas e outras doenças bacterianas em pomáceas, frutíferas de caroço, citros, oliveiras, olerícolas, batata, fumo, algodão e algumas ornamentais. Oxitetraciclina é utilizada no controle de bactérias tais como *Erwinia amylovora*, *Pseudomonas* spp. e *Xanthomonas* spp. em pomáceas, fruteiras de caroço e gramados. Também tem se mostrado efetivo no controle de doenças provocadas por micoplasmas (Tomlin, 2002).

3.4.2.1.2. **Principais representantes do grupo:**

a. blasticidin – S (enopyranuronic acid antibiotic)

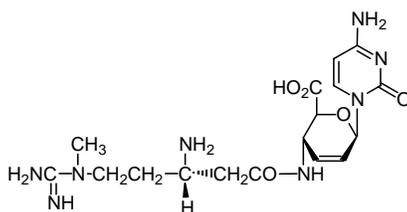
Nome comum: blasticidin - S - código FRAC : 24

Formula molecular: [C₁₇H₂₆N₈O₅]

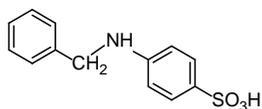
Nome químico: 1-(4-amino-1,2-dihydro-2-oxopyrimidin-1-yl)-4-[(S)-3-amino-5-(1-methylguanidino)valeramido]-1,2,3,4-tetraoxo- -D-erythro-hex-2-enopyranuronic acid.

Recomendado para o cultivo de arroz, no controle de brusone (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



blasticidin S



benzylaminobenzenesulfonic acid

b. kasugamycin (hexopyranosyl antibiotic)

Nome comum: kasugamycin (casugamicina) - código FRAC : 24

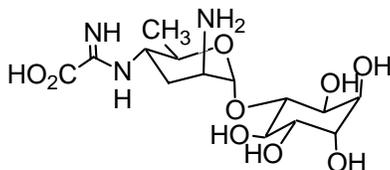
Formula molecular: [C₁₄H₂₅N₃O₉]

Nome químico: 1L-1,3,4/2,5,6-1-deoxy-2,3,4,5,6-pentahydroxycyclohexyl 2-amino-2,3,4,6-tetraoxo - 4 - (α-iminoglycino)-α-D-arabino-hexopyranoside.

Utilizado para os cultivos de arroz, beterraba açucareira, cenoura, cebola, citros, feijão, kiwi, maçã, páprica, melão, olerícolas (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Hokko Kasumin.

Fórmula estrutural:



c. streptomycin (glucopyranosyl antibiotic)

Nome comum: streptomycin (estreptomicina) - código FRAC : 25

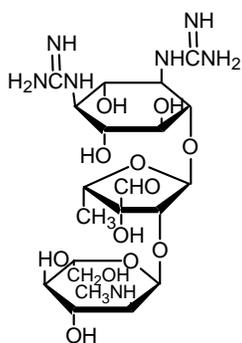
Formula molecular: $[C_{21}H_{39}N_7O_{12}]$

Nome químico: *O*-2-deoxy - 2 - methylamino- α -L-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-*O*-5-deoxy - 3 - C-formyl- α -L-lyxofuranosyl-(1 \rightarrow 4)-*N*¹,*N*³-diamidino-D-streptamine.

Utilizado para os cultivos de algodão, batata, citros, frutas de caroço, oliveiras, olerícolas, pomáceas, tabaco e ornamentais (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Agri-Micina, em mistura com oxitetraciclina (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



d. oxytetracycline

Nome comum: oxytetracycline (oxitetraciclina) - código FRAC : 25

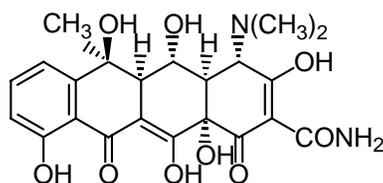
Formula molecular: $[C_{22}H_{24}N_2O_9]$

Nome químico: (4*S*,4*aR*,5*S*,5*aR*,6*S*,12*aS*) - 4 -dimethylamino-1,4,4*a*,5,5*a*,6,11, 12*a*-octahydro-3,5,6,10,12,12*a*-hexahydroxy-6-methyl-1,11-dioxonaphthacene-2-carboxamide

Utilizado para o controle de *Erwinia amylovora* e doenças causadas por *Pseudomonas* e *Xanthomonas* nos cultivos de pomáceas e fruteiras de caroço. Também se mostra efetivo contra doenças causadas por micoplasmas (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Mycoshield

Fórmula estrutural:



3.4.2.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas/antibióticos apresentam controle sobre doenças do Grupo I (Podridão em órgãos de reserva) e do Grupo V (Manchas foliares).

3.4.2.1.4. **Doses:** casugamicina (1,0 a 1,5 L/ha ou 100 a 300 ml/100 litros de água); estreptomina (120 a 300 g/100 litros de água); oxitetraciclina (2,0 a 3,0 kg/ha), blastidicin (10 a 40 g i.a./ha no controle de brusone em arroz) (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.4.2.1.5. **Formulações:** casugamicina: SL (20 g/L); oxitetraciclina + estreptomina WP (29,4 + 153 g/L); oxitetraciclina WP (200 g/kg), blastidicin (EC; DP; WP) (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.4.2.1.6. **Misturas:** Casugamicina não é formulada em mistura no Brasil, porém em outros países é formulada com cúpricos principalmente. Estreptomina é formulada em mistura com oxitetraciclina (29,4 + 153,0 g/L). Oxitetraciclina é também formulado em mistura com sulfato de cobre (Agrimaicin 500), blastidicin não apresenta registro de mistura (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.4.2.1.7. **Riscos de Resistência:** Estreptomina já apresenta resistência conhecida sendo considerado pelo FRAC como de alto risco de resistência. Casugamicina é considerada de médio risco de resistência. Mas de forma geral, os antibióticos necessitam de estratégias para manejo de resistência (FRAC, 2003).

3.4.2.1.8. **Fitotoxicidade:** Casugamicina não é fitotóxica para arroz, tomate, beterraba açucareira, batatas e outras olerícolas, mas pode provocar leves injúrias em ervilha, feijão, soja, videira, citros e maçã. Estreptomina pode provocar cloroses em videira, pêra, pêsego e algumas ornamentais, blastidicin pode promover perdas em cultivos tal como alfafa, berinjela, batata, soja, tabaco, trevo e tomate. Aplicação excessiva produz manchas amarelas em folhas de arroz. É incompatível com materiais alcalinos (Tomlin, 2002).

3.5. **Transdução de sinais:** A transdução de sinal acontece em uma cascata de eventos de fosforilação e desfosforilação de proteínas catalisadas pelas proteínas quinases e proteínas

fosfatases. A ativação destas enzimas ocorre mediante respostas a estímulos distintos, como luz, privação de nutrientes, reguladores de crescimento, estresses variados e ataque de patógenos que são percebidos pelos receptores (Saciloto, 2003). Nos sinais de transdução que utilizam receptores de membrana o sinal é transferido para os processos intracelulares, responsáveis pelas respostas das células, por um sofisticado sistema do qual participam as G-proteínas que atuam tanto no sistema AMPc (adelinato ciclase) como no GMPc (guanilato ciclase). Estes mecanismos envolvem ativações de várias moléculas de membrana sinalizadoras, seguidas de uma estimulação seqüencial de várias quinase proteínas coletivamente conhecidas como MAPK (proteínas quinase ativadas por mitógenos). A cascata sinalizadora MAPK amplifica e transmite sinais que, eventualmente, ativam várias moléculas regulatórias do citoplasma e no núcleo para iniciar processos celulares como: proliferação, diferenciação e desenvolvimento (Évora & Nobre, 1999).

3.5.1. Proteínas G: Todas as G-proteínas apresentam estreita similaridade estrutural, sendo compostas por três subunidades denominadas alfa (α), beta (β) e gama (δ), das quais as alfa-subunidades são as mais características de cada G-proteína. Em geral é esta subunidade que interage com o receptor, liga-se à GTP e regula os sistemas efetores (Évora & Nobre, 1999).

3.5.1.1. Quinolinas: Este grupo de fungicida altera o acúmulo de G-proteínas nos sinais de transdução que utilizam receptores de membrana. Wheeler et al. (2003) estudando oídio na cultura da cevada avaliaram a interferência de quinoxifen nos sinais de transdução. Os resultados sugerem que quinoxifen inibiu a infecção por oídio através do rompimento precoce dos eventos de sinalização da célula.

3.5.1.1.1. Características do grupo: Este grupo apresenta fungicidas protetores que são móveis através de pressão de vapor, que atuam inibindo o desenvolvimento do apressório não sendo efetivo como erradicante. Atuam através de movimento sistêmico acropetal e basipetal e por pressão de vapor. São utilizados no controle de oídio em cereais (Ehr & Kemmitt, 2002).

3.5.1.1.2. Principais representantes do grupo:

a. quinoxyfen

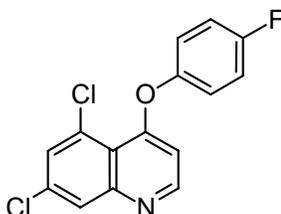
Nome comum: quinoxyfen - código FRAC : 13

Formula molecular: [C₁₅H₈Cl₂FNO]

Nome químico: 5,7-dichloro-4-quinolyl 4-fluorophenyl ether.

Desenvolvido para o controle de oídio em cereais, sendo indicado também para beterraba açucareira, lúpulo e olerícolas, também no controle de oídios (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002)

Fórmula estrutural:



3.5.1.1.3. **Principais doenças controladas:** É utilizado no controle de doenças do grupo V (oídios).

3.5.1.1.4. **Doses:** É utilizado na dose de 50 a 75 g/ha de ingrediente ativo (Tomlin, 2002).

3.5.1.1.5. **Formulações:** SC (Tomlin, 2002).

3.5.1.1.6. **Misturas:** É formulado em mistura com cyproconazol, fenpropimorfe e fenarimol (Tomlin, 2002).

3.5.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Apresenta médio risco de resistência de acordo com o FRAC, apresentando resistência conhecida. Requer manejo de resistência. Não apresenta resistência cruzada com outros oicidas como azóis, morfolidinas e estrobilurinas (FRAC, 2003).

3.5.1.1.8. **Fitotoxicidade:** pode provocar injúrias em cucurbitáceas cultivadas em cultivos protegidos (Tomlin, 2002).

3.5.2. MAP (Proteínas Quinase): A regulação osmótica é mediada por respostas de HOG (high-osmolarity glycerol). O principal componente na via HOG é a MAPK. Estresse hiperosmótico ativa a via HOG, que por sua vez aumenta a transcrição de enzimas essenciais envolvidas na síntese de glicerol, incluindo glicerol-3-fosfato-desidrogenase (*GPDI*) e glicerol-3-fosfatase (*HOR2*). Estresse hiperosmótico também reduz a permeabilidade da membrana plasmática para glicerol, primeiramente pela inibição da atividade de Fps1p glicerol transportador. Isto resulta em um acúmulo de glicerol no citosol levando a um aumento da potencial osmótico e restabelece o gradiente osmótico entre a célula e seu ambiente (Zhang et al., 2002).

3.5.2.1. Fenilpirrol: A fosforilação e desfosforilação de proteínas por quinase proteínas e fosfatases estabelecidas inicialmente, são frequentemente relatadas como sendo carregadas para fora e para dentro da membrana. O mecanismo de ação desses fungicidas, desta forma, pode estar relacionado com a desordem de algumas funções da membrana. Além disso, a quinase proteína (PK-III) possivelmente envolvida na regulação da síntese de glicerol é inibida por fenilpirrol (Venancio et al, 1999). A quinase proteína é uma enzima que está adaptada a modular a atividade de outras enzimas. A regulação do metabolismo celular apresenta o envolvimento de quinase proteína e esta regulação diz respeito a um mecanismo de adaptação da célula aos sais no ambiente celular. O mecanismo de regulação produz glicerol para balancear a pressão osmótica da célula. Fludioxonil atua através da ativação de MAP quinase em fungos patogênicos (Kojima et al., 2004).

3.5.2.1.1. Características do grupo: Fludioxonil é um fungicida protetor com longa atividade residual. Inibe principalmente a germinação de conídios e, de forma mais tênue, os crescimentos do tubo germinativo e micelial. É utilizado como tratamento de sementes para controle de *Fusarium* spp., *Rhizictonia*, *Tilletia*, *Helminthosporium* e *Septoria*. Como fungicida foliar é usado no controle de *Botrytis*, *Monilinia*, *Sclerotinia* e *Alternaria*.

3.5.2.1.2. Principais representantes do grupo:

a. fenpiclonil

Nome comum: fenpiclonil - código FRAC : 12

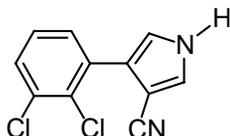
Formula molecular: [C₁₁H₆Cl₂N₂]

Nome químico: 4-(2,3-dichlorophenyl)pyrrole-3-carbonitrile.

Utilizado para o tratamento de sementes de cereais, especialmente contra *Fusarium nivale* e *Tilletia caries*. Sobre cultivos não cereais controla uma ampla gama de patógenos de solo e sementes (*Alternaria*, *Ascochyta*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Rhizoctonia* e *Penicillium* spp.) (Tomlin, 2002).

Registrado com as marcas comerciais comerciais Beret e Gambit pela Syngenta, não apresentando registro no Brasil (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. fludioxonil

Nome comum: fludioxonil - código FRAC : 12

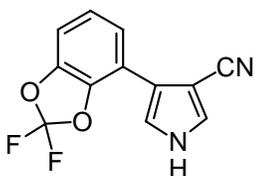
Formula molecular: [C₁₂H₆F₂N₂O₂]

Nome químico: 4-(2,2-difluoro-1,3-benzodioxol-4-yl)pyrrole-3-carbonitrile

Utilizado como tratamento de sementes no controle de *Fusarium* spp., *Microdochium*, *Rhizoctonia*, *Tilletia*, *Helminthosporium* e *Septoria* em cereais e não cereais, na dose de 2,5 a 10,0 g/100 kg de sementes. Também é utilizado em pulverização foliar para controle de *Botrytis*, *Monilinia*, *Sclerotinia* e *Alternaria* em videira, frutos de caroço, olerícolas e ornamentais, na dose de 150 a 500 g/ha. É utilizado ainda em gramas, no controle de *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia* e *Typhula*, na dose de 1500 a 3000 g/ha (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Maxim para tratamento de sementes, inicialmente na cultura do milho. Em outros países é registrado sob a marca Celest para tratamento de sementes e Géoxe para tratamento foliar. Em mistura é formulado com metalaxyl-M (Maxim SL), com metalaxyl (Maxim) e com cyprodinil (Switch) (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.5.2.1.3 **Principais doenças controladas:** O fungicida é utilizado no controle de doenças do Grupo II (danos em plântulas), Grupo III (podridões de raízes) e Grupo V (manchas foliares).

3.5.2.1.4. **Doses:** 80 a 200 ml p.c./100 kg de sementes.

3.5.2.1.5. **Formulações:** No Brasil é utilizada a formulação SC (25 g/L). Em outros países apresenta as formulações DS; FS; SC; WG; WP (Tomlin, 2002).

3.5.2.1.6. **Misturas:** Formulado no Brasil com metalaxyl-M (Maxim XL). Em outros países é formulado com metalaxyl-M, metalaxyl e com cyprodinil (Tomlin, 2002).

3.5.2.1.7. **Riscos de Resistência:** Resistência tem sido encontrada esporadicamente. Apresenta baixo a médio risco de resistência, requerendo a utilização de manejo de resistência.

3.5.2.1.8. **Fitotoxicidade:** Não há relato de fitotoxicidade se utilizado na dose e condição recomendadas.

3.6. **Síntese de lipídios e membrana:** A composição de fosfolipídios nas membranas plasmáticas de fungos geralmente é similar a outras células eucarióticas. Diferentes sistemas de membranas na célula apresentam diferentes composições de fosfolipídios. Os esteróis são lipídios derivados de terpeno, sendo o ergosterol o principal componente da membrana celular. O ergosterol está estimado em 95,0% do total de esterol na membrana plasmática de *Neurospora crassa*, sendo o conteúdo total de esterol na membrana de 22,0% (Bowman et al., 1987).

3.6.1. NADH citocromo *c* redutase e peroxidação de lipídios: A enzima NADH citocromo-*c*-redutase e mais algumas enzimas são inibidas, causando uma peroxidação de lipídios. As membranas internas da mitocôndria são especialmente sensíveis, provavelmente devido a seu alto conteúdo de ácidos graxos insaturados (Bowman Et al, 1987).

3.6.1.1. Dicarboximida: Estes fungicidas interferem com respiração bloqueando a atividade da enzima NADH citocromo-*c*-redutase no processo respiratório. As dicarboximidas também apresentam alguma interação com o núcleo celular. A citocromo-*c*-redutase e mais algumas enzimas são inibidas, provocando uma peroxidação de lipídios. As membranas internas da mitocôndria são especialmente sensíveis, provavelmente devido a seu alto conteúdo de ácidos graxos insaturados. As dicarboximidas inibem a germinação de conídios (com menor intensidade). Se houver essa germinação, os tubos germinativos ficam pequenos e entumecidos, podendo se romper. Nas hifas os compostos são rapidamente ligados à parede celular, bem como alteram a fração de triglicéridos. Podem provocar extravasamento do citoplasma. O micélio tem seu crescimento interrompido. Nas hifas já desenvolvidas a membrana só é alterada no ápice, onde ainda há crescimento. As dicarboximidas também apresentam alguma interação com o núcleo celular. Os fungicidas podem suprimir a formação de esclerócios. Os fungicidas dicarboximidas atuam sobre um grupo de gêneros de fungos semelhante, com alguma diferença nas espécies. Três gêneros, *Botrytis*, *Sclerotinia* e *Monilia* são particularmente sensíveis devido a características de suas membranas. O efeito é basicamente preventivo (Ehr & Kemmitt, 2002).

3.6.1.1.1. Características do grupo: Fungicidas de contato (iprodiona e chlozolinate) e sistêmico (procimidona) com ação protetora e curativa. Procimidona é absorvido pelas raízes com translocação para folhas e flores. Os dicarboximidas inibem a germinação de esporos, promovem a ramificação, intumescimento e lise de hifas. Inibem o crescimento micelial dos fungos (Ehr & Kemmitt, 2002).

3.6.1.1.2. Principais representantes do grupo:

a. chlozolinate

Nome comum: chlozolinate - código FRAC : 2

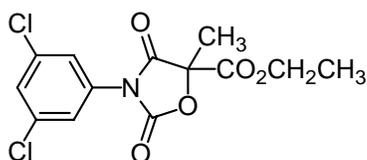
Formula molecular: [C₁₃H₁₁Cl₂NO₅]

Nome químico: ethyl (±)-3-(3,5-dichlorophenyl)-5-methyl-2,4-dioxo-oxazolidine-5-carboxylate

Utilizado para o controle de *Botrytis* spp., *Sclerotinia* spp. e *Monilia* spp. em plantas ornamentais, olerícolas, videira, fruteiras de caroço, girassol e morango. Pode ser utilizado na dose de 750 a 1000 g/ha tanto como pulverização foliar quanto rega de solo (Tomlin, 2002).

Registrado em outros países nas formulações SC e WP com as marcas Manderol e Serinal (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. iprodione

Nome comum: iprodione (iprodiona) - código FRAC : 2

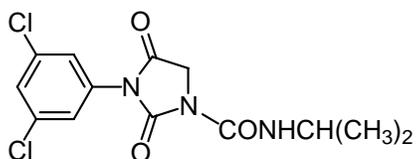
Formula molecular: [C₁₃H₁₃Cl₂N₃O₃]

Nome químico: 3-(3,5-dichlorophenyl)-N-isopropyl - 2,4 - dioxoimidazolidine-1-carboxamide

Utilizado para os cultivos de olerícolas, oleaginosas, fruteiras de caroço e pomáceas (Ehr & Kemmitt, 2002). Utilizado no controle de *Botrytis*, *Monilia*, *Sclerotinia*, *Alternaria*, *Corticium*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Phoma*, *Rhizoctonia* e *Typhula* spp. em diversos cultivos, entre os quais cereais, árvores frutíferas, arroz, algodão e plantas olerícolas, nas doses de 0,5 a 1,0 kg/ha. Utilizado ainda no controle destas doenças em gramados na dose de 3 a 12 kg/ha. Pode ser utilizado ainda no tratamento pós-colheita, no tratamento de sementes ou em pulverização foliar (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Rovral e Rovral SC. Em outros países é formulado como DP, EC, FS, SC, SU, WG e WP com as marcas comerciais Kidan, Rovral, Verisan e Botrix (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



c. procymidone

Nome comum: procymidone (procimidona)- código FRAC : 2

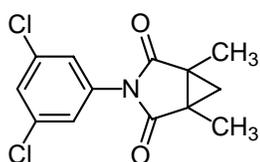
Formula molecular: [C₁₃H₁₁Cl₂NO₂]

Nome químico: *N*-(3,5-dichlorophenyl)-1,2-dimethylcyclopropane-1,2-dicarboximide

Utilizado para os cultivos de fruteiras de caroço, olerícolas, pomáceas e videira, principalmente para o controle de *Botrytis* (Ehr & Kemmitt, 2002). Para Tomlin (2002) este fungicida é utilizado no controle de *Botrytis*, *Sclerotinia*, e *Helminthosporium* spp. em fruteiras, videira, olerícolas, ornamentais, cereais, girassol, canola, soja, amendoim, tabaco e outras. Normalmente utilizado entre 0,5 a 1,0 kg/ha.

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Sialex 500, Sumiguard 500 PM e Sumilex 500 WP. Em outros países é formulado como DP, HN, SC, SP, WG e WP com as marcas Sumilex, Sumisclex, Promidone e Sideral (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



c. vinclozolin

Nome comum: vinclozolin (vinclozolina) - código FRAC : 2

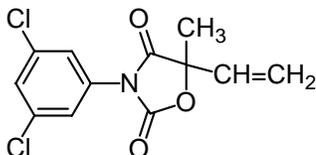
Formula molecular: [C₁₂H₉Cl₂NO₃]

Nome químico: (*RS*)-3-(3,5-dichlorophenyl)-5-methyl-5-vinyl-1,3-oxazolidine-2,4-dione

Utilizado para os cultivos de ervilha, feijão, oleaginosas e olerícolas no controle de *Botrytis* (Ehr & Kemmitt, 2002). Para Tomlin (2002) é utilizado ainda para o controle de *Botrytis* e *Sclerotinia* spp. em videira, canola, olerícolas, fruteiras e plantas ornamentais; no controle de *Monilinia* spp. em pomáceas e fruteiras de caroço; no controle de *Sclerotinia*, *Helminthosporium* e *Corticium* spp. em gramados.

Registrado no Brasil na marca comercial Ronilan. Fora do Brasil é formulado em FD, SC, WG e WP com as marcas Ronilan, Flotilla, Curalan e Barclay Flotilla (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.6.1.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo I (podridões em órgãos de reserva) e do Grupo V (manchas foliares).

3.6.1.1.4. **Doses:** iprodiona (800 a 3000 g p.c./ha; 100 a 200 g p.c./100 litros de água.), procimidona (0,5 a 2,0 kg p.c./ha ou 75 a 200 g p.c./100 litros de água), vinclozolina (1 kg p.c./ha), chlozolate (750 a 100 g/ha em pulverização foliar ou rega de solo) (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.6.1.1.5. **Formulações:** SC (500 g/L); WP (500 g/kg), chlozolate (SC e WP).

3.6.1.1.6. **Misturas:** No Brasil não são formulados em mistura. Fora do Brasil iprodione é formulado em mistura com bromuconazole (But), com carbendazim (Calidan; Pacha), com fosetyl-alumínio (Chipco), com tiofanato metílico (Compass, Snooker), com clorotalonil (Diva) com antraquinona e triticonazol (Premis Or). Procimidone é formulado em mistura com diethofencarb (Sumiblend). Vinclozolin é formulado em mistura com tiofanato metílico (Konker R) e com carbendazim (Konker) (Tomlin, 2002).

3.6.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Médio risco de resistência, com resistência comum em *B. cinerea* e também encontrada em outras espécies de fungo. Resistência cruzada é comum entre os membros deste grupo. As dicarboximidas permitem o desenvolvimento de biótipos resistentes. Essa resistência pode ser cruzada ou não, dependendo dos produtos utilizados e fungos submetidos. Ocorre uma generalizada resistência cruzada entre fungos tratados com dicarboximidas e hidrocarbonetos aromáticos. As recomendações de uso em qualquer cultura são de não repetir com frequência a aplicação de carboximidas e outros fungicidas com modo

de ação semelhante, nas mesmas áreas. A combinação com outros fungicidas, com mecanismo de ação diferente, não tem produzido resultados práticos no caso de *Botrytis cinerea*, pois os produtos alternativos disponíveis até o momento são fracos contra esse fungo. *B. cinerea* é realmente o único fungo com um histórico significativo de resistência. Em outros fungos a resistência tem sido esporádica, sem significado econômico. No caso de *B. cinerea*, em videiras, fungo que hiberna nos ramos, tem se observado que após um intervalo de dois anos sem uso de carboximidas, os biótipos resistentes praticamente desaparecem do parreiral (FRAC, 2003).

3.6.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Procimidona não é fitotóxico quando utilizado conforme recomendações, não podendo ser utilizado em ciclâmen após o estágio de brotação do bulbo (Tomlin, 1997).

3.6.2. **Inibição da biossíntese de glicerofosfolipídios:** Este grupo tem como mecanismo de ação a inibição da biossíntese de fosfolipídios, especificamente pela interação com a enzima metiltransferase. Os fungicidas do grupo previnem o desenvolvimento de apressórios e a germinação de conídios de fungos alvo. Pirazofós inibe também a biossíntese de melanina em algumas espécies (Tomlin, 1997). Os glicerofosfolipídios são essenciais para as funções das membranas celulares, promovendo barreiras permeáveis à movimentação de íons e macromoléculas. Eles são encontrados em todos os eucariotos. Existem duas vias principais na biossíntese de fosfolipídios, a rota de metilação Bremner-Greenberg (Bremner & Greenberg, 1961) e a citidina nucleotídeo Kennedy (Kennedy & Weiss, 1956), compartilhando um precursor comum: citidina difosfato-diacilglicerol (Figura 18). Os sítios para fungicidas descobertos na biossíntese de glicerofosfolipídios são: a síntese de fosfatidilcolina (PC) e a síntese de fosfatidilinositol (PI). A fosfatidilcolina é essencial para o crescimento celular. A inibição da síntese de PC reduz sua incorporação dentro da membrana e está associada com a redução na atividade da quitina sintase. Várias mudanças na morfologia da hifa são induzidas pela inibição da síntese de PC, incluindo redução na taxa de crescimento, aumento da ramificação e do intumescimento. A rota Kennedy ocorre em fungos, mas é menos importante que a rota de metilação (Robson et al., 1990). Este fato pode explicar a seletividade na

toxicidade dos fungicidas organofosforados edifenfós e iprobenfós, que inibem a formação de fosfatidilcolina na rota da metilação (Gow e Gadd, 1995).

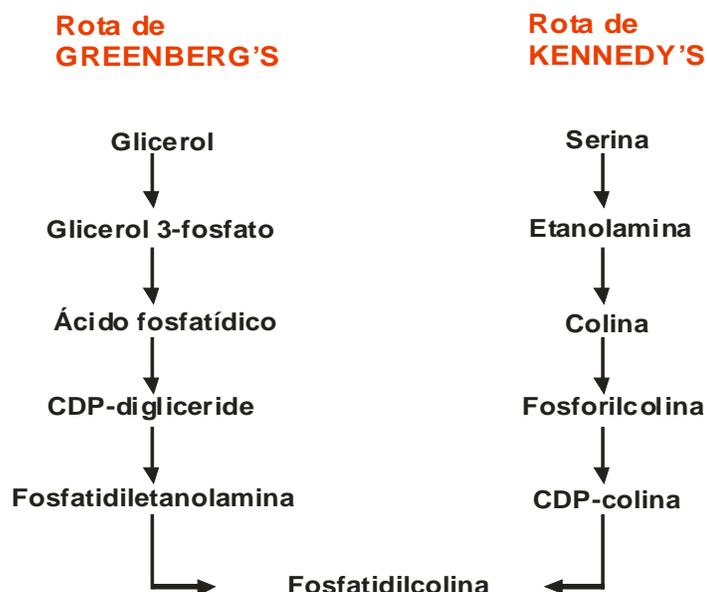


Figura 18. Principais vias na biossíntese de fosfolipídios.

3.6.2.1. Fosforotioato de arila: Os resultados observados em brusone sugerem que síntese de quitina seja inibida diretamente pela inibição não competitiva da atividade da quitina sintase, e indiretamente pela inibição da biossíntese de fosfatidilcolina (PC). *Pyricularia oryzae* é muito sensível a edifenfós, pois a inibição de biossíntese de PC ocorre a concentrações muito baixa do fungicida, indicando ser o modo de ação do fungicida (Binks et al., 1993).

3.6.2.1.1. Características do grupo: Edifenfós é um fungicida foliar com ações protetora e curativa, sendo desenvolvido para o controle de doença na cultura do arroz. Pirazofós é um fungicida sistêmico, é absorvido pelas folhas e pelos brotos, translocando-se acropetalmente dentro da planta (Ehr & Kemmitt, 2002).

3.6.2.1.2. Principais representantes do grupo:

a. **edifenphos**

Nome comum: edifenphos (edifenfós) - código FRAC : 6

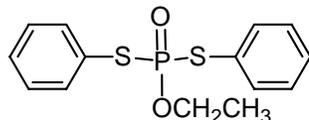
Formula molecular: $[C_{14}H_{15}O_2PS_2]$

Nome químico: *O*-ethyl *S,S*-diphenyl phosphorodithioate

Utilizado para o cultivo de arroz no controle de brusone (Ehr & Kemmitt, 2002).

Registrado no Brasil na marca comercial Hinosan 500 CE.

Fórmula estrutural:



3.6.2.1.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle sobre doenças do Grupo V (manchas foliares).

3.6.2.1.4. **Doses:** 1,0 a 1,5 litros por hectare, sendo a maior dose recomendada para aplicações curativas (AGROFIT, 2005). Para outros países é utilizado na dose de 0,3 a 0,6 kg/ha (Tomlin, 2002).

3.6.2.1.5. **Formulações:** CE (500 g/L) (AGROFIT, 2005). Em outros países é formulado como Dp e EC (Tomlin, 2002).

3.6.2.1.6. **Misturas:** No Brasil este produto não é formulado em mistura. Existem registros de mistura de edifenfós com pencicuirom e também com vários inseticidas (Tomlin, 1997) e ainda com phthalide (Hinosuncide) e com propoxur (Hinosuncide) (Tomlin, 2002).

3.6.2.1.7. **Riscos de Resistência:** Existe resistência conhecida para fungos específicos. Considerado de baixo a médio risco de resistência, requerendo manejo de resistência para patógenos de risco (FRAC, 2003).

3.6.2.1.8. **Fitotoxicidade:** não se mostra fitotóxico se utilizado nas doses recomendadas.

3.6.2.2. **Fosforotioato de heterociclo:** O mecanismo de ação ocorre através da inibição da biosíntese de melanina em algumas espécies. Também previne o desenvolvimento de apressório (Tomlin, 2002).

3.6.2.2.1. **Características do grupo:** Fungicida sistêmico com ação protetora e curativa. É absorvido pelas folhas e brotos e translocado acropetalmente dentro da planta. Previne o desenvolvimento de apressórios na germinação de conídios. Inibe a biossíntese de melanina em algumas espécies. Atua por contato. A ação do fungicida é tanto preventiva quanto curativa.

3.6.2.2.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **pyrazophos**

Nome comum: pyrazophos (pirazofós) - código FRAC : 6

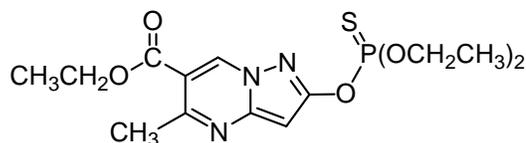
Formula molecular: [C₁₄H₂₀N₃O₅PS]

Nome químico: ethyl 2-diethoxyphosphinothioyloxy-5-methylpyrazolo[1,5-*a*]pyrimidine-6-carboxylate

Utilizado para o controle de *Erysiphe*, *Helminthosporium* e *Rhynchosporium* em cereais, *Podosphaera* em pomáceas, *Erysiphe* e *Sphaerotheca* em cucurbitáceas, *Erysiphe* em tomate, *Oidium* e *Podosphaera* em fruteiras de caroço e *Uncinula* em videira (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Afugan EC (AGROFIT, 2005).

Fórmula estrutural:



3.6.2.2.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (oídio), também apresenta ação sobre insetos (larva minadora e mosca minadora).

3.6.2.2.4. **Doses:** 0,6 a 1,0 L/ha ou de 60 a 150 ml/ 100 litros de água, conforma a modalidade de aplicação e/ou cultura (Tomlin, 2002).

3.6.2.2.5. **Formulações:** EC (300 g/L). Em outros países é formulado como EC e WP com as marcas Afugan, Curamil e Siganex (Tomlin, 2002).

3.6.2.2.6. **Misturas:** No Brasil este produto não é formulado em mistura, apresenta referência de mistura em outros países com carbendazim, propiconazole, carbendazim + maneb, carbendazim + flutriafol e carbendazim + flusilazole (Tomlin, 1997).

3.6.2.2.7. **Riscos de Resistência:** Baixo a médio risco de resistência. Existe resistência conhecida para fungo específico. Requer manejo de resistência se utilizado contra patógenos de alto risco.

3.6.2.2.8. **Fitotoxicidade:** não é fitotóxico quando utilizado de acordo com a recomendação, exceto para algumas variedades de uva (Tomlin, 1997).

3.6.2.3. **Fosforotioato:** O mecanismo de ação dos fosfotioatos foi intensivamente estudado e a inibição da biossíntese da quitina havia sido proposta como mecanismo de ação. Entretanto vários grupos de pesquisadores apontam esta inibição como um efeito secundário da ação fungicida de iprobenfos, sendo o efeito principal a inibição da biossíntese de fosfolipídios (Hutson & Miyamoto, 1998).

3.6.2.3.1. **Características do grupo:** fungicida sistêmico com ação protetora e curativa absorvido através das raízes e folhas (Tomlin, 2002).

3.6.2.3.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **iprobenfos**

Nome comum: iprobenfos - código FRAC : 6

Formula molecular: [C₁₃H₂₁O₃PS]

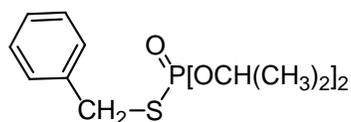
Nome químico: *S*-benzyl *O,O*-di-isopropyl phosphorothioate.

Utilizado para o cultivo de arroz visando o controle de brusone (Ehr & Kemmitt, 2002).

Para Tomlin (2002), além de brusone é recomendado no controle de podridão do caule (*Helminthosporium* spp.) e *Rhizoctonia solani* no arroz.

Registrado em outros países nas formulações DP, EC e GR com as marcas Kitazin P e Vikita.

Fórmula estrutural:



3.6.2.3.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle sobre doenças do Grupo V (manchas foliares).

3.6.2.3.4. **Doses:** 750 g/ha no controle de brusone em arroz (Gouramanis, 1997).

3.6.2.3.5. **Formulações:** DP, EC e GR.

3.6.2.3.6. **Misturas:** O fungicida é formulado em mistura com isoptothiolane (Vifuki) (Tomlin, 2002).

3.6.2.3.7. **Riscos de Resistência:** Apresenta resistência conhecida para fungos específicos. É considerado como de risco baixo a médio, sendo necessária a utilização de estratégias para manejo de resistência para patógenos de risco (FRAC, 2003).

3.6.2.3.8. **Fitotoxicidade:** É um produto não fitotóxico para arroz. Tem apresentado injúrias em feijão, soja e gerinjela (Tomlin, 2002).

3.6.2.4. **Dithiolanes:** 1,3-dithiolane e 1,3-dithiane são compostos contendo enxofre (S) em sua estrutura, derivados da síntese e interconversão de compostos monocarbonyl e 1,2-dicarbonyl (Habibi, 2003). Isoprothiolane é o fungicida representante do grupo que, de acordo com Uesugi (2001), é classificado como inibidor da biosíntese da colina (CBI). Estes estudos foram realizados por Yoshida et al. (1984) utilizando ^{13}C radioativo, mostrando que na via de Kennedy, uma das principais rotas na biosíntese da fosfatidilcolina, este fungicida inibiu a transmetilação e conseqüentemente a produção de colina em brusone do arroz (*Pyricularia oryzae*).

3.6.2.4.1. **Características do grupo:** Isoprothiolane apresenta ação sistêmica, sendo utilizado principalmente como grânulos para aplicação no solo para controle de brusone em arroz

(Uesugi, 2001). Para Tomlin (2002), isoprothiolane inibe a penetração e alongação das hifas de penetração através da inibição do peg de infecção ou secreção de celulase. É um fungicida sistêmico com ação protetora e curativa, absorvido pelas folhas e raízes, com translocação acropetal e basipetal.

3.6.3.4.2 Principais representantes do grupo:

a. isoprothiolane

Nome comum: isoprothiolane - código FRAC : 6

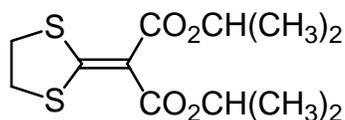
Formula molecular: [C₁₂H₁₈O₄S₂]

Nome químico: di-isopropyl 1,3-dithiolan-2-ylidenemalonate

Utilizado para os cultivos de arroz para controle de brusone e no cultivo de olerícolas (Ehr & Kemmitt, 2002; Uesugi, 2001). Para Tomlin (2002) é utilizado no controle de *P. oryzae*, *Helminthosporium sigmoideum*, *Leptosphaeria salvinii*, *Fusarium nivale* em arroz; *Roselinia necatrix* em pomáceas, futeiras de caroço e videira.

Registrado em outros países com as marcas Fuji-one, Fudiolan, Vifusi e também em misturas (tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.6.2.4.3. **Principais doenças controladas:** Utilizado principalmente para o controle de doenças do Grupo V (manchas foliares).

3.6.2.4.4. **Doses:** É utilizado na dose de 400 a 600 g/ha para pulverização foliar, 360 a 600 g/árvore para incorporação no solo (Tomlin, 2002).

3.6.2.4.5. **Formulações:** É formulado em outros países como DP, EC, GR e WP, com diversas marcas comerciais (Tomlin, 2002).

3.6.2.4.6. **Misturas:** É formulado em mistura com iprobenfos (Vifuki), fipronil + pyroquilon (Pika Pika) e com fipronil (Fugi-one Prince) (Tomlin, 2002).

3.6.2.4.7. **Riscos de Resistência:** Resistência conhecida para fungos específicos, considerado de baixo a médio risco, sendo necessária a utilização de estratégias de manejo de resistência de utilizado contra fungos de risco (FRAC, 2003).

3.6.2.4.8. **Fitotoxicidade:** É fitotóxico somente para cucurbitáceas (Tomlin, 2002).

3.6.3. **Peroxidação de lipídios:** Esta degradação oxidativa ocorre através da reação de um radical livre denominado peróxido de hidrogênio (H_2O_2) como acceptor na cadeia metabólica de lipídios, abstraindo um hidrogênio da cadeia de ácidos graxos (Jordão Júnior et al., 1998).

3.6.3.1. **Cloroaromático:** O mecanismo de ação proposto para este grupo de fungicidas é a peroxidação de lipídios. Estes fungicidas promovem o intumescimento de hifas e tubos germinativos, posteriormente resultando em lise, mas são inefetivos contra a germinação de esporos. Os cloroaromáticos induzem pesadas mudanças nas funções das membranas. As aberrações nas mitocôndrias incluem o alargamento da crista e a disfunção da membrana. O retículo endoplasmático e o plasmalema são destruídos, acompanhados por outros efeitos, tal como vacuolização e engrossamento da parede celular (Hewitt, 1998). Ainda de acordo com Tomlin (1997), fungicidas deste grupo podem interferir com a transferência do complexo ácido ribonucléico para o ribossoma. Inibindo ainda a síntese de proteínas sem afetar a respiração.

3.6.3.1.1. **Características do grupo:** Biphenyl apresenta ação fungistática inibindo a esporulação de fungos, utilizado em papel impregnado na proteção de frutos cítricos. Chloroneb é um fungicida para tratamento de sementes e solo, absorvido pelas raízes, concentrando-se nas raízes e na base do caule promovendo um efeito fungistático. Quitozeno é um fungicida de contato para tratamento de sementes e de solo. Controla fungos de solo em um grande número de culturas. Dicloran apresenta ação protetora, provocando deformações nas hifas mas apresentando pouco efeito sobre os esporos (Tomlin, 1997; Tomlin 2002).

3.6.3.1.2. Principais representantes do grupo:

a. biphenyl

Nome comum: biphenyl - código FRAC : 14

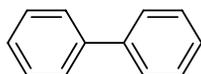
Formula molecular: [C₁₂H₁₀]

Nome químico: 1,1'-biphenyl

Utilizado para frutos cítricos em papel impregnado para prevenir o ataque de fungos, pois trata-se de um agente fungistático que inibe a esporulação (Grayson, 1985; Tomlin, 2002).

Registrado em formulação de material impregnante (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. chloroneb

Nome comum: chloroneb - código FRAC : 14

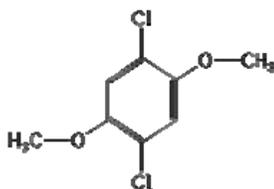
Formula molecular: [C₈H₈Cl₂O₂]

Nome químico: 1,4-dichloro-2,5-dimethoxybenzene

Utilizado para o controle de doenças em plântulas (particularmente *Rhizoctonia*, spp., mas também com controle sobre *Pythium* e *Sclerotium* spp.) nos cultivos de algodão, feijão e soja. É utilizado no tratamento de sementes de beterraba açucareira no controle de doenças de plântulas. É também utilizado em gramas no controle de *Typhula* spp., *Pythium* e *Sclerotium* (Tomlin, 2002).

Registrado na formulação WP com a marca comercial Teremec (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



c. **dicloran**

Nome comum: dicloran (diclorana) - código FRAC : 14

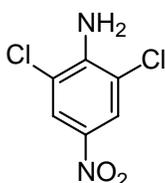
Formula molecular: [C₆H₄Cl₂N₂O₂]

Nome químico: 2,6-dichloro-4-nitroaniline

Utilizado para o controle de *Botrytis*, *Monilinia*, *Rhizopus*, *Sclerotinia* e *Sclerotium* em frutíferas e olerícolas durante os estágios de crescimento e/ou pós colheita, com atividade protetora.

Registrado no Brasil na formulação Botran 750.

Fórmula estrutural:



d. **quintozene (PCNB)**

Nome comum: quintozene (quintozeno) – (PCNB) - código FRAC : 14

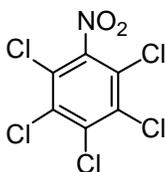
Formula molecular: [C₆Cl₅NO₂]

Nome químico: pentachloronitrobenzene

Utilizado para o controle de tombamento em olerícolas; *Rhizoctonia* em gramas, olerícolas e ornamentais; fungos de solo, *Sclerotium*, *Sclerotinia* e *Botrytis* em casa de vegetação; *Rhizoctonia solani* em batata; é utilizado também para amendoim, banana, feijão, ervilha, arroz, milho, girassol, sorgo, soja. É utilizado na dose de 1,0 a 1,5 kg/ha. Existem disponíveis formulações do tipo DP, EC, GR, SC e WP com numerosas marcas comerciais, entre elas Brassicol, Folosan, RTU, Terraclor e outras (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Kobutol 750, Plantacol e Terraclor 750 WP.

Fórmula estrutural:



e. **tecnazene (TCNB)**

Nome comum: tecnazene (TCNB) - código FRAC : 14

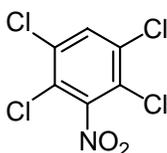
Formula molecular: [C₆HCl₄NO₂]

Nome químico: 1,2,4,5-tetrachloro-3-nitrobenzene

Utilizado para o controle de podridão seca em tomate e batata e inibe a brotação em tubérculos de batata. Formulações especiais (fumigante) para controle de *Botrytis* em crisântemo, alface e tomate em casa-de-vegetação (Tomlin, 2002).

Registrado em outros países com a marca Fusarex nas formulações DP, GR e fumigante (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



f. tolclofos-methyl

Nome comum: tolclofos-methyl - código FRAC : 14

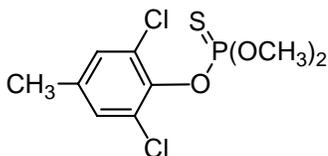
Formula molecular: [C₉H₁₁Cl₂O₃PS]

Nome químico: *O*-2,6-dichloro-*p*-tolyl *O,O*-dimethyl phosphorothioate

Utilizado para o controle de doenças causadas por *Rhizoctonia*, *Corticium*, *Sclerotium* e *Typhula* spp., nas culturas de algodão, beterraba açucareira, amendoim, olerícolas, cereais, ornamentais, flores de bulbo, gramas e outras. Pode ser utilizado em tratamento de semente, bulbo ou tubérculo, rega de solo, pulverização foliar ou por incorporação no solo (Tomlin, 2002).

Registrado em outros países nas formulações DP, EC, SC, WP e tratamento de sementes, com a marca comercial Rizolex (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.6.3.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo I (Podridão em órgãos de reserva), Grupo II (Danos em plântulas), Grupo III (Podridão de raízes), Grupo IV (Murchas vasculares), Grupo V (Manchas foliares) e Grupo VI (Carvões e galhas).

3.6.3.1.4. **Doses:** dicloran (150 g p.c./100 litros de água), quintozeno (300 a 800 g .c./100 kg de sementes ou de 12 a 30 kg p.c./ha ou 5 g p.c./m²).

3.6.3.1.5. **Formulações:** No Brasil dicloran e quintozene são formulados como WP (750 g/kg) (AGROFIT, 2005). Dicloran é formulada em outros países como WP, SC. Tecnazene é formulado como DP, GR e fumigante (Tomlin, 2002).

3.6.3.1.6. **Misturas:** No Brasil quintozeno é formulado isoladamente, existindo registros de mistura em outros países com carbaryl, etridiazole, fuberidazole, fuberidazole + triadimenol e carbendazim + imazalil. Dicloran, que é formulado isoladamente no Brasil, apresenta registros de mistura com captan e imazalil em outros países (Tomlin, 1997).

3.6.3.1.7. **Riscos de Resistência:** Baixo a médio risco de resistência, existindo alguns casos de fungos específicos. Apresenta padrões complexos de resistência cruzada, devido a diferentes espectros de atividade.

3.6.3.1.8. **Fitotoxicidade:** Dicloran pode apresentar injúrias em plantas ornamentais em casa de vegetação. Plantas jovens de alface também podem sofrer injúrias (Tomlin, 1997). Tecnazene pode apresentar fitotoxicidade em algumas variedades de rosa. Tolclofos-methyl é incompatível com produtos alcalinos (Tomlin, 2002).

3.6.3.2. **Heteroaromáticos:** São compostos que apresentam um anel formado por mais de uma espécie de átomo. Nos compostos cíclicos deste grupo encontramos o átomo de Nitrogênio para o fungicida hymexazole e os átomos de Enxofre e Nitrogênio para o fungicida octhilinone. Os fungicidas deste grupo apresentam como proposta do mecanismo de ação a interferência na síntese de DNA e RNA (FRAC, 2003).

3.6.3.2.1. **1,2,4 – thiadazoles:** a proposta do mecanismo de ação para este grupo é a peroxidação de lipídios (FRAC, 2003).

3.6.3.2.1.1 **Características do grupo:** O representante do grupo etridiazole é um fungicida de contato com ação curativa e protetora, empregado no controle de fungos de solo, particularmente *Phytophthora* e *Pythium* em cultivos de olerícolas, ornamentais e frutíferas (Tomlin, 2002).

3.6.3.2.1.2. **Principais representantes do grupo:**

a. etridiazole

Nome comum: etridiazole - código FRAC : 14

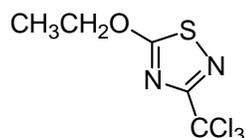
Formula molecular: [C₅H₅Cl₃N₂OS]

Nome químico: ethyl 3-trichloromethyl-1,2,4-thiadiazol-5-yl ether

Utilizado para o controle de *Phytophthora* e *Pythium* em ornamentais, algodão, amendoim, gramados e outras culturas (Tomlin, 2002).

Registrado nas formulações DP, EC, WP e tratamento de sementes com a marca comercial Terrazole (Tomlin, 2002) e na formulação Standon Etridiazole 35 (Fungicide, 2005).

Fórmula estrutural:



3.6.3.2.1.3 **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle sobre doenças do Grupo I (Podridão em órgãos de reserva), Grupo II (Danos em plântulas) e Grupo III (Podridão de raízes).

3.6.3.2.1.4. **Doses:** A formulação Standon 35% w/w é aplicada nas doses de 2,5 a 5,0 g/m² em 5 L de água/m²; 0,25 a 5,0 g/planta em 0,5 L de água para tomate e pepino (Fungicide, 2005).

3.6.3.2.1.5. **Formulações:** É formulado como DP, EC, WP e tratamento de sementes (Tomlin, 2002).

3.6.3.2.1.6. **Misturas:** É formulado em mistura com quintozene (Terraclor Super X) (Tomlin, 2002).

3.6.3.2.1.7. **Riscos de Resistência:** Baixo a médio risco de resistência, existindo alguns casos de fungos específicos. Apresenta padrões complexos de resistência cruzada, devido a diferentes espectros de atividade.

3.6.3.2.1.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta registro de fitotoxicidade nas formulações consultadas.

3.6.4 Ácidos graxos e permeabilidade da membrana celular:

3.6.4.1. **Carbamatos:** A proposta do mecanismo de ação dos carbamatos é a interferência na parede celular e síntese de ácidos graxos, desta forma alterando a permeabilidade da membrana. O cloridrato de propamocarbe é considerado um fungicida carbamato, entretanto ele não é um metil carbamato e não inibe a ação da enzima colinesterase. Sua ação bioquímica consiste na alteração da composição de ácidos graxos da membrana celular, alterando sua fluidez, provocando efluxo dos constituintes celulares. O derrame cessa após o desenvolvimento do micélio e pode ser inibido pela adição de esterol (Copping & Hewitt, 1998).

3.6.4.1.1. **Características do grupo:** Fungicida sistêmico com ação protetora absorvido pela raiz e pelas folhas, e transportado acropetalmente. Uso específico para controle de Oomycetos. Pode ser aplicado no solo, utilizado em tratamento de profundidade (para bulbos e tubérculos), tratamento de sementes ou para pulverização foliar em aplicações em final de ciclo. Afeta o crescimento micelial e a produção e germinação de esporos (Ehr & Kemmitt, 2002).

3.6.4.1.2. Principais representantes do grupo:

a. iodocarb

Nome comum: **iodocarb** - código FRAC : 28

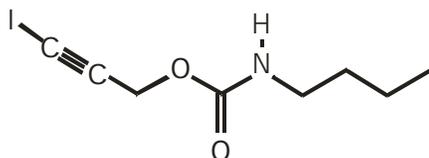
Formula molecular: $[C_8H_{12}O_2NI]$

Nome químico: 3-Iodo-2-Propynylbutyl Carbamate

Utilizado para o manejo de ferimentos de poda em diversas frutíferas e como preservante de madeira (SCORECARD, 2005).

Registrado nos Estados Unidos com diversas marcas comerciais e diferentes concentrações, entre elas Bio-Flex (0,15%), Biogard (0,5 e 20%), Fungitrol (20 a 40%), Troysan Polifase (0,5 a 97%) (SCORECARD, 2005).

Fórmula estrutural:



b. propamocarb

Nome comum: propamocarb (cloridrato de propamocarbe) - código FRAC : 28

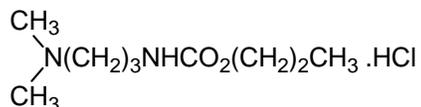
Formula molecular: [C₉H₂₀N₂O₂]

Nome químico: propyl 3-(dimethylamino)propylcarbamate

Utilizado para os cultivos de batata, plantas olerícolas, tabaco, cucurbitáceas, tulipas e outras ornamentais visando o controle de Oomycetos (Ehr & Kemmitt, 2002). Controle específico de *Pythium*, *Phytophthora*, *Aphanomyces*, *Bremia*, *Peronospora* e *Pseudoperonospora* spp. (Tomlin, 2002)

Registrado no Brasil na formulação Previcur N. Em outros países é formulado como SC com os produtos comerciais Banol, Previcur N, Previcur, Proplant e Promo (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



c. prothiocarb

Nome comum: **prothiocarb** - código FRAC : 28

Formula molecular: [C₈H₁₈N₂OS]

Nome químico: S -ethyl (3-dimethylaminopropyl)thiocarbamate

Utilizado para os cultivos de plantas ornamentais no controle de Oomycota, destacando-se *Phytophthora* e *Pythium* spp., com atividade protetora (Tomlin, 2002)

Registrado em outros países com a formulação SL com as marcas comerciais Dydone e Previcur (Tomlin, 2002)

Fórmula estrutural:

3.6.4.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo II (Danos em plântulas), Grupo III (Podridão de raízes).

3.6.4.1.4. **Doses:** cloridrato de propamocarbe (1 a 3 ml p.c./litro de água; 10 ml p.c./kg de sementes; 1,25 a 1,5 L p.c./ha.).

3.6.4.1.5. **Formulações:** SL (722 g/L).

3.6.4.1.6. **Misturas:** Cloridrato de propamocarbe é formulado no Brasil em mistura com clorotalonil (Tattoo C). Em outros países propamocarbe é formulado em mistura com mancozeb (Tattoo) (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.6.4.1.7. **Riscos de Resistência:** Baixo a médio risco de resistência..

3.6.4.1.8. **Fitotoxicidade:** Cloridrato de propamocarbe é formulado no Brasil em mistura com clorotalonil (Tattoo C).

3.7. **Inibição da biossíntese de esterol:** Os esteróis são componentes funcionais da manutenção da integridade da membrana. Os lipídios são os principais componentes estruturais da membrana plasmática, juntamente com as proteínas. O principal lipídio da membrana plasmática de fungos é o ergosterol, cujo precursor é o lanosterol (Figura 19), e sua síntese é realizada através da ação catalítica da acetil-CoA. Uma redução na disponibilidade de ergosterol resulta no rompimento da membrana e no extravasamento de solutos iônicos. A síntese do ergosterol é uma característica da maioria dos fungos superiores (Ascomycotas, Basidiomycotas e Fungos Mitospóricos), mas é ausente em alguns cromistas (Oomycotas) que

suprem suas necessidades diretamente do substrato através das hifas. Esta diferença é a base de seletividade dos compostos inibidores da biossíntese de esteróis (IBE). Outro fator importante é que os IBE não inibem a germinação de esporos que pode ocorrer na ausência da biossíntese, somente a partir dos produtos armazenados. Os fungicidas que atuam através da inibição do esterol podem ser divididos em dois grupos: os inibidores da demetilação do C14 e os inibidores de $\Delta^{8,7}$ isomerase e Δ^{14} redutase.

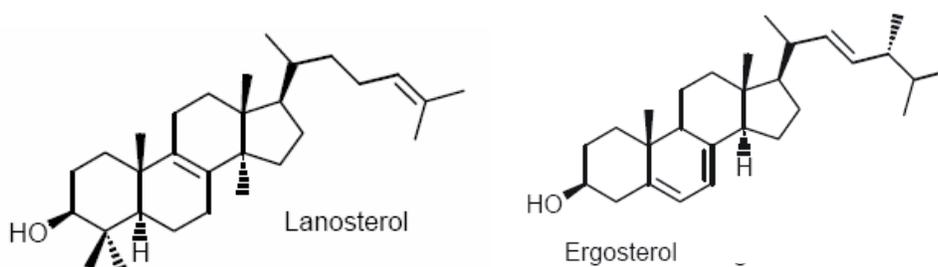


Figura 19. Fórmula estrutural das moléculas de lanosterol e ergosterol (Adaptado de BOA, 2005).

3.7.1. Inibição da demetilação do C14: Este grupo compreende os fungicidas classificados como pirimidinas, piridinas, piperazinas, imidazoles e os triazoles que inibem a passagem do lanosterol para 4,4-dimetil-colesta-8,14,24-trienol. Um composto intermediário na síntese do ergosterol é o lanosterol (Figura 20). No caso dos esteróis formados em fungos causadores de ferrugens e oídios, é o 24-metilenodihidrolanosterol. O passo seguinte, em ambos os casos, é a demetilação na posição C14, que é catalizada pelo citocromo P-450 (enzima esterol-C14 demetilase). Os fungicidas mencionados inibem esse citocromo, impedindo a demetilação. O processo biossintético de formação de esteróis continua, mas o resultado é que em vez de se formar ergosterol e outros esteróis demetilados, formam-se compostos metilados. Os esteróis metilados cumprem algumas funções na constituição das membranas, mas não conseguem executar outras funções específicas, o que leva a um desequilíbrio entre os lipídios das membranas, com inibição de fosfolipídios e acúmulo de ácidos graxos livres, que chegam a níveis tóxicos para os fungos. A falta de ações específicas dos esteróis demetilados, mais o desequilíbrio lipídico, levam os fungos à morte. O nível de inibição pelo citocromo P-450 é variável de composto a composto. Por isso o grau de eficiência dos diversos fungicidas contra diversas espécies de fungos é também variável. Epoxiconazol apresenta o maior índice de

inibição e por isso é o mais ativo, podendo ser usado em doses menores. Por exemplo, percentagens de inibição (Epoconazol +/- 70%; Tebuconazole +/- 25%; Propiconazole +/- 20%).

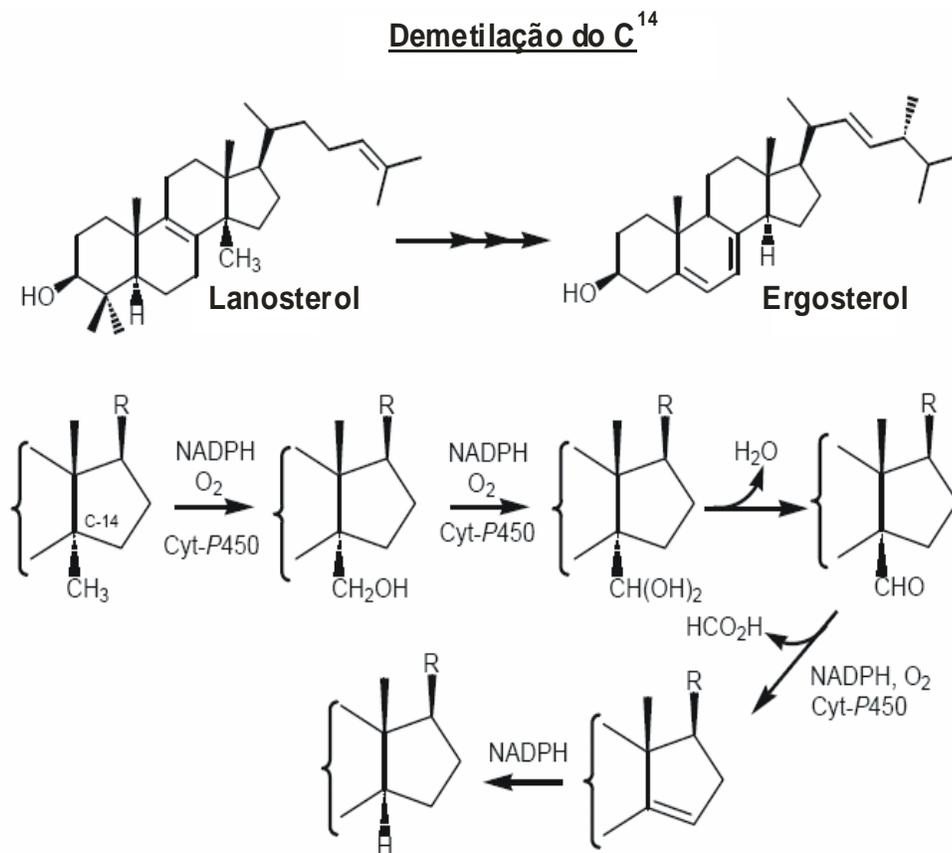


Figura 20. Modelo esquemático da demetilação do C-14 no ciclo do ergosterol a partir da molécula de lanosterol (Adaptado de BOA, 2005).

3.7.1.1. DMI - fungicidas (SBI – classe I)

3.7.1.1.1. **Piperazinas:** Fungicidas inibidores da biossíntese de ergosterol. A inibição da demetilação do C¹⁴ aparenta ser o principal ponto no processo de síntese. É interessante que a estrutura molecular desse composto é bem distinta de outros demetiladores. Algumas propriedades também diferem. Ao contrário dos outros compostos, triforina é inativo na demetilação de esterol em sistemas enzimáticos fora de células. Em contraste com triazóis, triforina não causa o efeito típico de inibir o crescimento de certas plantas tratadas, não sendo,

portanto, antagonista de giberelinas. Tem um efeito positivo contra ácaros vermelhos, como *Panonychus ulmi*.

3.7.1.1.1.1. Características do grupo: O triforine, principal representante do grupo é indicado no controle de oídio, sendo também efetivo contra ferrugens a algumas manchas foliares. É um fungicida sistêmico, com ação protetora e curativa absorvido pelas folhas e pelas raízes, com translocação acropetal (Ehr & Kemmitt, 2002).

3.7.7.1.1.2. Principais representantes do grupo:

a. triforine

Nome comum: triforine (triforina) - código FRAC : 3

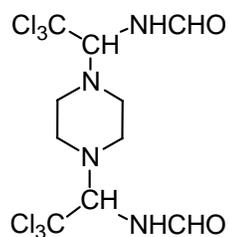
Formula molecular: $[C_{10}H_{14}Cl_6N_4O_2]$

Nome químico: *N,N'*-{piperazine- 1,4 - diylbis [(trichloromethyl)methylene]} diformamide

Utilizado em fruteiras de caroço, pomáceas, plantas olerícolas e plantas ornamentais para o controle de oídio (Ehr & Kemmitt, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Sapol.

Fórmula estrutural:



3.7.1.1.1.3. Principais doenças controladas: O fungicida apresenta controle sobre doenças do Grupo V (oídio, ferrugem e manchas foliares).

3.7.1.1.1.4. Doses: De 0,6 a 1,5 L/ha ou de 125 a 150 ml/ 100 litros de água, de acordo com a metodologia de aplicação.

3.7.1.1.1.5. Formulações: EC (190 g/L)

3.7.1.1.1.6. **Misturas:** No Brasil não é formulado em mistura. Existem relatos de mistura com carbendazim (Tomlin, 1997).

3.7.1.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Existe relato de resistência permanente de triforina contra o fungo *Cladosporium cucumerinum*, observados após os esporos do fungo, terem sido expostos à radiação ultravioleta e selecionados na presença do fungicida (Fuchs et al, 1977). Para os autores, este mutante apresenta pouca chance de sobrevivência em competição com as estirpes selvagens do patógeno. Este fato explica a razão de não se ter observado resistência ao fungicida na prática.

3.7.1.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Triforina é fitotóxico para certas variedades de pêra (Tomlin, 1997). Ao contrario da maioria dos imidazoles e triazoles, triforina não interfere no desenvolvimento radicular de plantas tratadas. Inibe a floração de maçã e framboesa. Mostra-se muito tóxico a certas cultivares de alface (Lyr, 1995).

3.7.1.1.2. **Pyridines:** O mecanismo de ação deste grupo ocorre através da inibição da biossíntese de ergosterol, pertencem a este grupo os denominados de ‘não azóis’ que interferem neste mesmo sítio. Sua ação se dá através da inibição demetilação do carbono 14 provocado pela ação do fungicida na enzima demetilase. Este grupo não afeta outras atividades metabólicas (Picinini, 1997).

3.7.1.1.2.1. **Características do grupo:** O fungicida pyrifenox, representante do grupo, apresenta atividade sistêmica, com ação protetora e curativa. É absorvido pelas folhas e raízes e translocado acropetalmente (Tomlin, 2002).

3.7.1.2.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **pyrifenox**

Nome comum: pyrifenox - código FRAC : 3

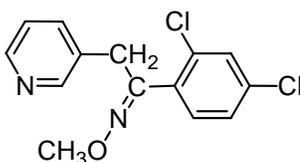
Formula molecular: [C₁₄H₁₂Cl₂N₂O]

Nome químico: 2',4'-dichloro-2-(3-pyridyl)acetophenone (*E,Z*)-*O*-methyloxime

Utilizado para o controle de oídio, sarna e outros patógenos dos grupos Ascomycetos, Basidiomycetos e Fungos Mitospóricos em cultivos de videira, cucurbitáceas, pomáceas, fruteiras de caroço, amendoim, beterraba açucareira, plantas ornamentais, olerícolas e banana (AGROCHEMICAL, 1994; Tomlin, 2002)

Registrado nas formulações EC, WG e WP com as marcas comerciais Dorado e Podigrol (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.7.1.1.2.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle sobre doenças do Grupo V (Oídios e manchas foliares).

3.7.1.1.2.4. **Doses:** Aplicado de 40 – 140 g/ha (Tomlin, 2002)

3.7.1.1.2.5. **Formulações:** EC, WG e WP.

3.7.1.1.2.6. **Misturas:** Em outros países este produto é formulado com captan (Rondo), mancozeb (Furado), enxofre, cobre + folpete, cymoxanil + folpete (AGROCHEMICAL, 1994; Tomlin, 2002).

3.7.1.1.2.7. **Riscos de Resistência:** Existe grande diferença no espectro de atividade dos fungicidas DMI. A resistência é conhecida em várias espécies de fungos, com diversos mecanismos envolvidos. Este grupo está classificado como risco médio, obedecendo aos critérios de manejo de resistência estipulado para os SBI (FRAC, 2003).

3.7.1.1.2.8. **Fitotoxicidade:** não é fitotóxico quando utilizado de acordo com o recomendado (AGROCHEMICAL, 1994)

3.7.1.1.3. **Pirimidinas:** O mecanismo de ação deste grupo está relacionado com a inibição da biossíntese de ergosterol, através da inibição da reação de demetilação. A atividade sistêmica de fungicidas deste grupo varia de acordo com a cultura. Os fungicidas deste grupo promovem uma rápida alteração na quantidade e na natureza dos componentes lipídicos da célula, inibindo a demetilação oxidativa do grupo 14 α -metil (Picinini, 1997)

3.7.1.1.3.1. **Características do grupo:** São fungicidas muito efetivos contra oídios. A atividade sistêmica das pirimidinas varia de acordo com a cultura. O fenarimol apresenta ação sistêmica local (mesosistêmica), distribuindo-se através do xilema, em movimento apoplástico, no sentido acropetal. Apresenta rápida absorção foliar. Possui ação preventiva, não impedindo a germinação de conídios, mas restringindo seu desenvolvimento, sendo comum em folhas tratadas a não formação de haustórios em oídio. Possui também ação curativa impedindo a esporulação, reduzindo a disseminação da doença, porém, as aplicações devem ser realizadas no início do aparecimento dos primeiros sintomas. A translocação do fenarimol em frutos é bastante restrita, necessitando uma melhor cobertura no momento da aplicação (Ehr & Kemmitt, 2002; Picinini, 1997).

3.7.7.1.3.2. **Principais representantes do grupo:**

a. fenarimol

Nome comum: fenarimol - código FRAC : 3

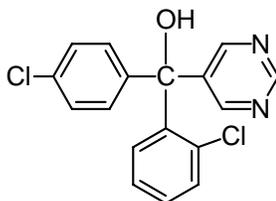
Formula molecular: $[C_{17}H_{12}Cl_2N_2O]$

Nome químico: (RS)-2,4'-dichloro- α -(pyrimidin-5-yl)benzhydryl alcohol

Utilizado para os cultivos de olerícolas, fruteiras de caroço, pomáceas, cucurbitáceas, berinjela, beterraba, pimenta, tomate, videira, rosa e outras plantas ornamentais para o controle de oídio; usado no controle de sarna em pomáceas e manchas foliares em gramas (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Rubigan 120 CE. Em outros países é registrado nas formulações EC, SC e WP com a marca comercial Rubigan (Tomlin, 2002)

Fórmula estrutural:



b. nuarimol

Nome comum: nuarimol - código FRAC : 3

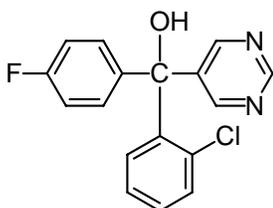
Formula molecular: $[C_{17}H_{12}ClFN_2O]$

Nome químico: (RS)-2-chloro-4'-fluoro- α -(pyrimidin-5-yl)benzhydryl alcohol

Utilizado para o controle *Pseudocercospora* spp., *Septoria* spp., *Ustilago* spp., oídios e manchas foliares e outras doenças em cereais tanto em pulverização foliar quanto em tratamento de sementes; usado ainda no controle de oídio em pomáceas, fruteiras de caroço, videira, lúpulo, cucurbitáceas e outros cultivos; controle de sarna da maçã (Tomlin, 2002)

Registrado nas formulações EC, SC, SL e WP com a marca comercial Trimidal (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.7.1.1.3.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas do grupo das pirimidinas são utilizados no controle de doenças do Grupo V (ferrugem, oídio, manchas foliares).

3.7.1.1.3.4. **Doses:** de 200 a 600 ml/ha ou 15 a 60 ml/ 100 litros de água, de pendendo do tipo de cultura a ser tratada e do método de aplicação.

3.7.1.1.3.5. **Formulações:** No Brasil fenarimol é formulado como EC (120 g/L). Em outros países fenarimol apresenta as formulações EC, SC e WP. Nuarimol apresenta as formulações EC, SC, SL e WP (Tomlin, 2002).

3.7.1.1.3.6. **Misturas:** No Brasil não é utilizado em mistura, porém existem relatos de mistura com dodine e com enxofre (Tomlin, 1997).

3.7.1.1.3.7. **Riscos de Resistência:** Mutantes de *Aspergillus nidulans* resistentes a fenarimol já foram relatados (Waard & Gieskes, 1977). De acordo com Picinini (1997), embora o risco de resistência seja muito baixo, recomenda-se o uso destes produtos sempre em associação com outros fungicidas que atuem de modo distinto.

3.7.1.1.3.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta efeito fitotóxico se utilizado de acordo com as recomendações. Se utilizado em quantidades excessivas, pode resultar em desenvolvimento anormal das folhas associado com uma coloração verde mais escura (Tomlin, 1997).

3.7.1.1.4. **Imidazol:** O mecanismo de ação dos fungicidas deste grupo está correlacionado com a interferência na biossíntese de esteróis, precisamente como inibidores de reações de demetilação, segundo passo bioquímico na rota do ergosterol a partir do lanosterol. Os fungicidas imidazóis são caracterizados pela presença de dois átomos de nitrogênio no anel de cinco membros, apresentando, de forma geral, alta sistemicidade nas plantas (Goulart, 1995; Tomlin, 2002)

3.7.1.1.4.1. **Características do grupo:** Fungicidas sistêmicos que penetram à cutícula das plantas ou o tegumento das sementes, sendo translocado tanto no apoplasto como no simplasto, apresentando ação protetora e curativa. São eficientes contra fungos Ascomycotas, Basidiomycotas e fungos Mitospóricos, não apresentando muita eficiência contra Oomycetos (Goulart, 1995; Tomlin, 2002).

3.7.1.4.1.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **imazalil**

Nome comum: imazalil - código FRAC : 3

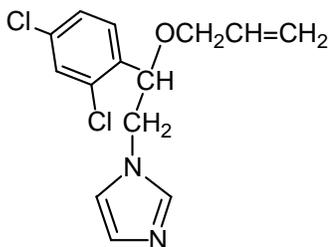
Formula molecular: [C₁₄H₁₄Cl₂N₂O]

Nome químico: (RS)-1-(β-allyloxy-2,4-dichlorophenylethyl)imidazole

Utilizado para os cultivos de arroz, banana e citros (Ehr & Kemmitt, 2002). Para Tomlin (2002) este fungicida é utilizado no controle de uma grande quantidade de doenças fúngicas nos cultivos de fruteiras, olerícolas e ornamentais. No controle de doenças de armazenagem de citros, pomáceas, banana e batata-semente (particularmente *Penicillium*, *Gloeosporium*, *Phomopsis*, *Phoma* spp., etc.). Também é utilizado no tratamento de sementes de cereais no controle de *Fusarium* e *Helminthosporium* spp. É particularmente ativo contra isolados de fungos fitopatogênicos resistentes a benzimidazóis.

Registrado no Brasil na formulação Magnate 500 CE. Em outros países é registrado nas formulações ECe SP com as marcas comerciais Fungaflor, Fungazil, Deccozil, Flo-Pro, Florasan, Freshgard e Magnate (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. pefurazoate

Nome comum: perfurazoate - código FRAC : 3

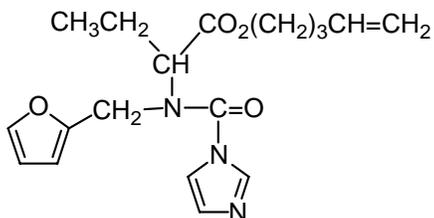
Formula molecular: [C₁₈H₂₃N₃O₄]

Nome químico: pent-4-enyl *N*-furfuryl-*N*-imidazol-1-ylcarbonyl-DL-homoalaninate

Utilizado para o cultivo de arroz e para tratamento de sementes no controle de *Gibberella fujikuroe*, *Cochliobolus miyabeanus* e *Pyricularia oryzae*. Também controle doenças de sementes causadas por *Fusarium* spp. e *Trichoderma* spp. em bandeja de mudas de arroz. Utilizado ainda no controle de *Pyrenophora* spp. e *Micronectriella nivalis* em cereais e *Fusarium* spp. em bulbos de tulipa (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado em outros países nas formulações EC, SC e WP com a marca comercial Healthied (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural



c. prochloraz

Nome comum: prochloraz (*procloraz*) - (imidazolilcarboxamida) - código FRAC : 3

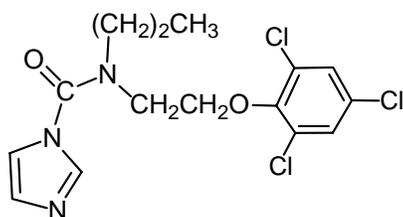
Formula molecular: $[C_{15}H_{16}Cl_3N_3O_2]$

Nome químico: *N*-propyl-*N*-[2-(2,4,6-trichlorophenoxy)ethyl]imidazole-1-carboxamide

Utilizado como fungicida protetor e erradicante para os cultivos de arroz, cereais e plantas ornamentais (Ehr & Kemmitt, 2002). É também efetivo contra doenças que afetam frutíferas, gramas e olerícolas. Como EC é recomendado para uso em cereais contra *Pseudocercospora*, *Pyrenophora*, *Rhynchosporium* e *Septoria* spp., com atividade contra *Erysiphe* spp.; em canola é efetivo contra *Alternaria*, *Botrytis*, *Pyrenopeziza* e *Sclerotinia* spp. Tem demonstrado atividade contra *Ascochyta* e *Botrytis* spp. em olerícolas e no controle de *Cercospora* e *Erysiphe* em beterraba. Apresenta boa atividade sobre doenças de armazenamento e transporte de citros e frutos tropicais. Na formulação WP é utilizado no cultivo de cogumelos contra *Verticillium fungicola* e *Mycogone perniciosa*, e em arroz contra *Pyricularia*. No tratamento de sementes controla várias doenças em cereais causadas por *Cochliobolus*, *Fusarium*, *Pyrenophora* e *Septoria* spp. e em linho controle *Alternaria* (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Jade, Mirage 450 EC e Sportak 450 CE. Em outros países é formulado como EC, EW, FS, LS e WP com as marcas comerciais Sportak, Eytak e Mirage (Tomlin, 2002)

Fórmula estrutural:



d. triflumizole

Nome comum: triflumizole (triflumizol) - código FRAC : 3

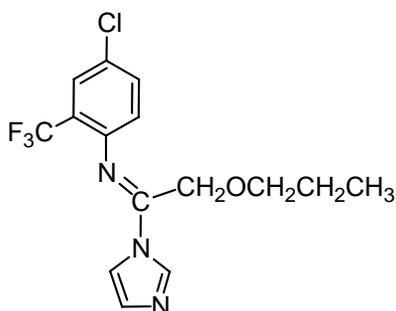
Formula molecular: $[C_{15}H_{15}ClF_3N_3O]$

Nome químico: (*E*)-4-chloro- α,α,α -trifluoro-*N*-(1-imidazol-1-yl-2-propoxyethylidene)-*o*-toluidine

Utilizado para os cultivos de fruteiras de caroço, olerícolas, pomáceas e videira (Ehr & Kemmitt, 2002). Controla *Gymnosporangium* e *Venturia* spp. em pomáceas e oídios em frutíferas e olerícolas. Apresenta atividade contra *Fusarium*, *Fulvia* e *Monilinia* spp. (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Trifmine. Em outros países é formulado como EC, FU e WP com as marcas comerciais Trifmine, Rocket, Terraguard e Procure (Tomlin, 2002)

Fórmula estrutural:



3.7.1.1.4.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas imidazoles são utilizados no controle de doenças do Grupo I (podridões em órgãos de reserva) e Grupo V (oídio; manchas foliares).

3.7.1.1.4.4. **Doses:** imazalil (200 ml p.c./100 litros de água), triflumizol (20 a 80 g p.c./100 litros de água ou 150 a 200 g p.c./100 kg de sementes), procloraz (0,75 a 1,5 l p.c./ha ou 50 a 110 ml p.c./100 litros de água). Pefurazoate é utilizado na dose de 0,8 a 1,0 g/kg de semente de arroz. Procloraz é utilizado em outros países na dose de 400 – 600 g i.a./ha em pulverização foliar, 0,5 – 0,7 g/L para controle de produtos armazenados e para transporte, 0,2 – 0,5 g/kf para tratamento de sementes. Triflumizole é utilizado a 180 – 300 g/ha para olerícolas e 700 – 1000 g/ha em pomares (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.7.1.1.4.5. **Formulações:** No Brasil as formulações dos imidazóis são: imazalil: EC (500 g/L), triflumizol: WP (300 g/kg), procloraz: EC (450 g/L) (AGROFIT, 2005).

3.7.1.1.4.6. **Misturas:** Estes fungicidas não são formulados em mistura no Brasil. Para o fungicida procloraz existem relatos de misturas com diversos fungicidas, entre eles o carbendazim, mancozeb, fenpropimorfe, ciproconazol, triadimefom, bromuconazol e outros. Para imazalil também existe um grande número de fungicidas utilizados em mistura tais como carboxina, nuarimol, tiabendazole, carbendazim, tiofanato, iprodiona e outros (Tomlin, 1997). Pefurazoate é formulado em mistura com tiram (Healthied T). Procloraz é formulado em mistura com fenpropidin (Sponsor), com carbendazim (Sportak Alpha; Sportak Plus; Evidan; Foil; Novak), com fluquinconazole (Vista), com clorotalonil (Allure), com bromuconazole (Fongral), com anthraquinone + triticonazole (Kinto), com fenbuconazole (Nordika; Mirage Extra), com cyproconazole (Tiptor), com tebuconazole (Agate; Diams; Epopée, Nébraska), com tetraconazole (Bonanza) e com propiconazole (Bumper P) (Tomlin, 2002).

3.7.1.1.4.7. **Riscos de Resistência:** Schneider et al (1985) demonstraram baixa taxa de mutação de *Pseudocercospora herpotrichoides* na presença de procloraz, sendo ainda os fatores de resistência restritos, não significando, porém, que o risco de desenvolvimento de resistência não existe. Existem evidências que tratamentos de sementes foram se tornando menos efetivos. Testes realizados com imazalil sozinho, ou em combinação com outros fungicidas confirmaram o desenvolvimento de raças do fungo *Tilletia foetida* com reduzida sensibilidade (Berg & Plempel, 1988). Existe resistência relatada para *Aspergillus nidulans* com o uso de imazalil (Van Tuyl, 1977).

3.7.1.1.4.8. **Fitotoxicidade:** Não existem relatos de fitotoxicidade para os componentes deste grupo de fungicidas.

3.7.1.1.5. **Triazóis:** As células fúngicas quando entram em contato com fungicidas triazóis acumulam esteróis como o 4,4-dimetil e o 4 α -metil, ambos com radical 14 α -metil, promovendo a inativação do processo de demetilação do lanosterol até compostos intermediários, precursores do ergosterol. Este fato deve-se à ocupação pelo fungicida de sítios

ativos destinados à ligação da enzima 14 α -demetilase ao citocromo P-450, catalisador da reação de oxidação de 14 α -metil até 14 α -hidroximetil, primeiro passo no processo de demetilação. A ausência do ergosterol e o aumento de compostos intermediários promovem uma desorganização da estrutura celular, induzindo a formação de membranas alternativas. A adição de ergosterol nestas células não reverte o processo, visto que as posições a ele destinadas são ocupadas por outros esteróis. Com doses elevadas de fungicida observa-se dano direto sobre a membrana assim como alterações morfológicas. Estas alterações se caracterizam por inchamento das células, vacuolização excessiva, septação incompleta, aparecimento de vesículas entre a membrana e a parede celular e a formação de inclusões membranosas (Forcelini, 1994; Tomlin, 2002).

3.7.1.1.5.1. Características do grupo: Fungicidas orgânicos, formados pela adição de diferentes radicais químicos a uma molécula de 1,2,4-triazol. Excetuando-se o fungicida bitertanol, classificado como locossistêmico, a maioria dos triazóis são sistêmicos, absorvidos e translocados pela planta de forma acropetal. Os fungicidas triazóis podem atuar como protetores ou curativos. Apresentam elevada fungitoxicidade, rápida penetração e translocação nos tecidos vegetais. Com ação curativa e elevado efeito residual. Como protetores, estes fungicidas apresentam ação tóxica sobre a germinação de esporos, sobre a formação do tubo germinativo e na formação do apressório. Entretanto, esta proteção é apenas parcial, uma vez que pode ocorrer penetração do patógeno em tecidos tratados. Na ação curativa o desenvolvimento do haustório e/ou o crescimento micelial no interior dos tecidos do hospedeiro são inibidos pela presença do fungicida (Ehr & Kemmitt, 2002; Forcelini, 1994).

3.7.7.1.5.2. Principais representantes do grupo:

a. azaconazole

Nome comum: azaconazole - código FRAC : 3

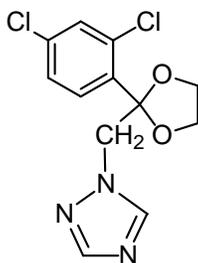
Formula molecular: [C₁₂H₁₁Cl₂N₃O₂]

Nome químico: 1-[[2-(2,4-dichlorophenyl)-1,3-dioxolan-2-yl]methyl]-1*H*-1,2,4-triazole

Utilizado para tratamento de madeiras, particularmente contra fungos que provocam manchas nas veias, no cultivo de cogumelos e em bandejas para armazenamento de frutos e vegetais (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado nas formulações EC, OL e SL com as marcas Rodewod e Safetray (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. bitertanol

Nome comum: bitertanol - código FRAC : 3

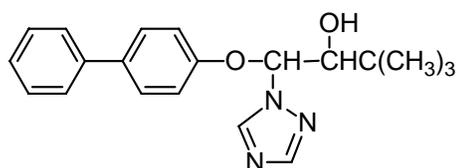
Formula molecular: $[C_{20}H_{23}N_3O_2]$

Nome químico: 1-(biphenyl-4-yloxy)-3,3-dimethyl-1-(1*H*-1,2,4-triazol-1-yl)butan-2-ol (20:80 ratio of (1*RS*,2*RS*)- and (1*RS*,2*SR*)-isomers)

Utilizado para os cultivos de banana, fruteiras de caroço, pomáceas e plantas olerícolas (Ehr & Kemmitt, 2002). Atua sobre a germinação de esporos, desenvolvimento micelial e a esporulação dos fungos sensíveis (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Baycor (WP). Em outros países é formulado como AE, DC, DS, EC, FS, LS, PA, SC, WP e WS com as marcas comerciais Baycor, Proclaim, Baycoral, Baymat, Zaron e Biflex (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



c. bromuconazole

Nome comum: bromuconazole (bromuconazol) - código FRAC : 3

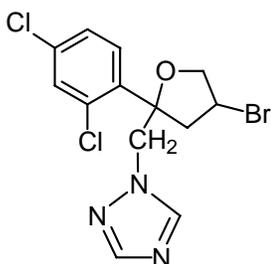
Formula molecular: $[C_{13}H_{12}BrCl_2N_3O]$

Nome químico: 1-[(2*RS*,4*RS*:2*RS*,4*SR*)-4-bromo - 2 - (2,4-dichlorophenyl) tetrahydrofurfuryl]-1*H*-1,2,4-triazole

Utilizado para os cultivos de cereais, frutíferas, olerícolas, gramados, ornamentais e videira, no controle de Ascomycetes, Basidiomycetes e fungos mitospóricos, incluindo *Alternaria*, *Fusarium* e *Pseudocercospora* spp. (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Condor 200 CE e Condor 200 SC. Em outros países é formulado como EC, GR e SC com as marcas comerciais Condor, Granit e Vectra (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



d. cyproconazole

Nome comum: cyproconazole (ciproconazol) - código FRAC : 3

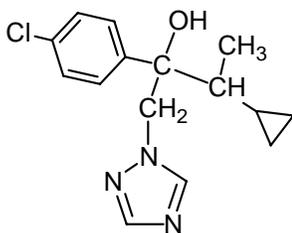
Formula molecular: $[C_{15}H_{18}ClN_3O]$

Nome químico: (2*RS*,3*RS*;2*RS*,3*SR*)-2-(4-chlorophenyl)-3-cyclopropyl-1-(1*H*-1,2,4-triazol-1-yl)butan-2-ol

Utilizado para os cultivos de beterraba açucareira, café e cereais (Ehr & Kemmitt, 2002). Controla *Septoria*, ferrugens, oídio, *Rhynchosporium*, *Cercospora* e *Ramularia* em cereais e beterraba açucareira; ferrugem, *Mycena*, *Sclerotinia* e *Rhizoctonia* em café e gramados (Tomlin, 2002)

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Alto GR10, Alto 100 e Alto 200 CE. Em outros países é registrado nas formulações SC, SL e WG, com as marcas comerciais Alto, Shandon, Atemi, Bialor, Epicure, Paindor, Solima, Synchrono, Vitocap, Barclay Shandon e Gentian (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



e. difenoconazole

Nome comum: difenoconazole (difenoconazol) - código FRAC : 3

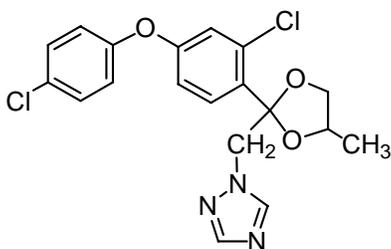
Formula molecular: [C₁₉H₁₇Cl₂N₃O₃]

Nome químico: *cis-trans*-3-chloro-4-[4-methyl-2-(1*H*-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)-1,3-dioxolan-2-yl]phenyl 4-chlorophenyl ether

Utilizado em pulverização foliar e tratamento de sementes contra Ascomycetes, Basidiomycetes e fungos mitosporicos, incluindo *Alternaria*, *Ascochyta*, *Cercospora*, *Cercosporidium*, *Colletotrichum*, *Guignardia*, *Mycosphaerella*, *Phoma*, *Ramularia*, *Rhizoctonia*, *Septoria*, *Uncinula*, *Venturia* spp., Erysiphaceae, Uredinales e diversos patógenos de solo. Utilizados contra complexos de doenças em videira, pomáceas, frutos de caroço, batata, beterraba açucareira, canola, banana, cereais, arroz, soja, ornamentais e diversas olerícolas. Utilizado também no tratamento de sementes contra diversos patógenos de trigo e cevada (Ehr & Kemmitt, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Score e Spectro.

Fórmula estrutural:



f. diniconazole

Nome comum: diniconazole - código FRAC : 3

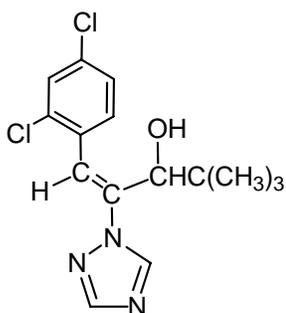
Formula molecular: [C₁₅H₁₇Cl₂N₃O]

Nome químico: (*E*)-(*RS*)-1-(2,4-dichlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1*H*-1,2,4-triazol-1-yl)pent-1-en-3-ol

Utilizado para doenças foliares e de espigas em cereais destacando-se oídio, *Septoria*, *Fusarium*, carvões, cáries, ferrugens entre outras; oídio em videira; oídio, ferrugem e pinta preta em rosa; manchas foliares em amendoim; Sigatoka em banana; ferrugem em café. Também utilizado em doenças de frutíferas, olerícolas e ornamentais (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado com as formulações EC, SC, WG e WP com as marcas comerciais Spotless, Dinizol, Embassador e Sumi-8 (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



g. epoxiconazole

Nome comum: epoxiconazole (epoxiconazol) - código FRAC : 3

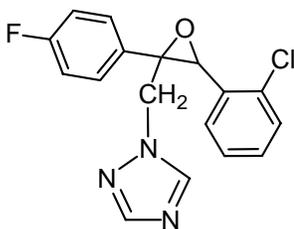
Formula molecular: [C₁₇H₁₃ClFN₃O]

Nome químico: (2*RS*,3*SR*)-1-[3-(2-chlorophenyl)-2,3-epoxy-2-(4-fluorophenyl)propyl]-1*H*-1,2,4-triazole

Utilizado para o controle de Ascomycetes, Basidiomycetes e fungos mitospóricos em diversos cultivos, incluindo cereais, beterraba açucareira, amendoim, canola e ornamentais (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Opus, Opus SC, Praise, Régio, Soprano 125 SC e Spot. Em outros países é formulado como SC e SE com as marcas comerciais Opus, Duett e Swing (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



h. fenbuconazole

Nome comum: fenbuconazole - código FRAC : 3

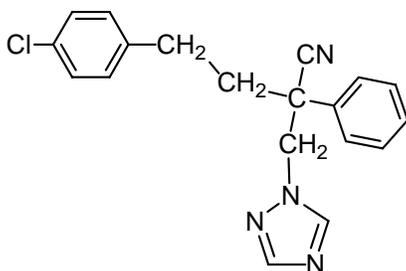
Formula molecular: [C₁₉H₁₇ClN₄]

Nome químico: 4-(4-chlorophenyl)-2-phenyl-2-(1*H*-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)butyronitrile

Utilizado para o controle de *Septoria*, *Puccinia*, carvões e *Rhynchosporium* em cereais; oídio e sarna em pomáceas; podridão e oídio em fruteiras de caroço; oídio, podridão negra e mofo cinzento em videira; ferrugem em feijão; e mancha foliar em beterraba açucareira. Também é utilizado no controle de inúmeras doenças em cultivos como arroz, banana, noqueiras, olerícolas e ornamentais. É utilizado no tratamento foliar, tratamento de sementes e tratamento pós-colheita (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado com as formulações EC e SC com as marcas comerciais Troika, Enable, Indar, Indar 5EW, Kruga, Reward e Surpass (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



i. fluquinconazole

Nome comum: fluquinconazole (fluquinconazol) - código FRAC : 3

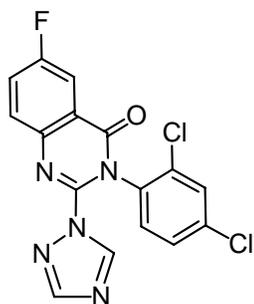
Formula molecular: [C₁₆H₈Cl₂FN₅O]

Nome químico: 3-(2,4-dichlorophenyl)-6-fluoro-2-(1*H*-1,2,4-triazol-1-yl)quinazolin-4(3*H*)-one

Utilizado para o controle de Ascomycetes, Basidiomycetes e Fungos mitosporicos em diversos cultivos incluindo *Venturia inaequalis* e *Podosphaera leucotricha* em maçã, *Uncinula necator* em videira, *Puccinia* e *Septoria* spp. em trigo, *Cercospora*, *Erysiphe* e outras em beterraba açucareira, e ainda outros cultivos economicamente importante incluindo canola e fruteiras de caroço (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Palisade. Em outros países é formulado como SC, SE, WG e WP com as marcas comerciais Castellan, Flamenco e Palisade (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



j. flusilazole

Nome comum: flusilazole - código FRAC : 3

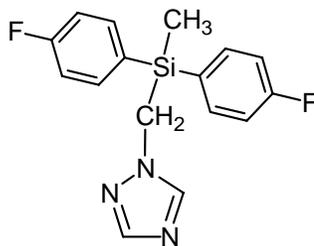
Formula molecular: [C₁₆H₁₅F₂N₃Si]

Nome químico: bis(4-fluorophenyl)(methyl)(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)silane; 1-[[bis(4-fluorophenyl)(methyl)silyl]methyl]-1H-1,2,4-triazole

Utilizado para o controle preventivo e curativo de amplo espectro de patógenos (Ascomycetes, Basidiomycetes e fungos mitosporicos), incluindo maçã (*V. inaequalis*, *P. leucotricha*), pêssigo (*S. pannosa*, *Monilia laxa*), cereais para as principais doenças, videira (*U. necator*, *Guignardia bidwellii*), beterraba açucareira (*Cercospora beticola*, *Erysiphe betae*), milho (*H. turcicum*), girassol (*Phomopsis helianthi*), canola (*Pseudocercospora capsellae*, *Pyrenopeziza brassicae*) e banana (*Mycosphaerella* spp.) (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado nas formulações EC, EW, SC, SE e WG com as marcas comerciais Capitan, Nustar, Olymp, Punch, DUK, 747, Fennec, Genie, Lyric, Version e Sanction (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



k. flutriafol

Nome comum: flutriafol - código FRAC : 3

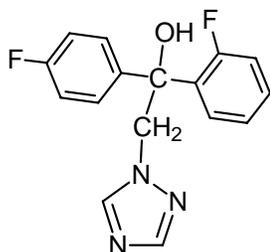
Formula molecular: $[C_{16}H_{13}F_2N_3O]$

Nome químico: (RS)-2,4'-difluoro- α -(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)benzhydryl alcohol

Utilizado para o controle de doenças foliares e de espiga em cereais (incluindo *Erysiphe graminis*, *Rhynchosporium secalis*, *Septoria*, *Puccinia* e *Helminthosporium*). Também é utilizado em formulações para tratamento de sementes para o controle dos principais patógenos de solo que atacam os cereais. Apresenta ainda indicações para beterraba açucareira e oleaginosas (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Impact, Impact 1,5 G, Impact Duo, Vincit 2,5 DS. É formulado em outros países como SC com as marcas comerciais Impact, Cícero e Pointer (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



l. hexaconazole

Nome comum: hexaconazole (hexaconazol) - código FRAC : 3

Formula molecular: $[C_{14}H_{17}Cl_2N_3O]$

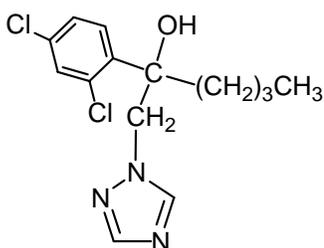
Nome químico: (RS)-2-(2,4-dichlorophenyl)-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)hexan-2-ol

Utilizado para o controle de Ascomycetes, Basidiomycetes incluindo *Podospaera leucotricha* e *Venturia inaequalis* em maçã, *Guignardia bidwellii* e *Uncinula necator* em

videira, *Hemileia vastatrix* em café e *Cercospora* spp. em amendoim. Também é utilizado nos cultivos de arroz, fruteiras de caroço, banana, cucurbitáceas, pimentas e outras culturas (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Anvil 100 SC. Formulado em outros países como OL, SC e SG com as marcas comerciais Anvil, Planete, Proseed, Bullet 5, Canvil, Hexol e Contaf (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



m. **imibenconazole**

Nome comum: imibenconazole (imibenconazol) - código FRAC : 3

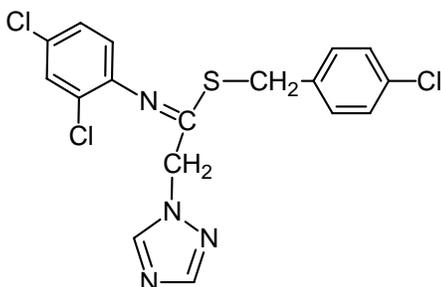
Formula molecular: [C₁₇H₁₃Cl₃N₄S]

Nome químico: 4-chlorobenzyl (EZ)-N-(2,4-dichlorophenyl)-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)thioacetamide

Utilizado para o controle de *V. inaequalis*, *P. leucotricha*, *Alternaria mali*, *Gymnosporangium yamadae*, *Gloeodes pomigea* e *Zygothiala* em maçã, *Venturia nashicola* e *Gymnosporangium asiaticum* em pêra, *Cladosporium carpophilum* e *Monilinia fructicola* em pêssego, *M. fructicola* em apricó, *C. carpophilum* em apricó japonês, *Elsinoë ampelina*, *Pestalotia* spp., e *U. necator* em videira, *E. fawcettii* em citros. Outros usos ocorrem em gramados (*Sclerotinia homoeocarpa*, *Helminthosporium* spp., *Curvularia* spp e *Puccinia* spp.), em chá (*Colletotrichum theae-sinensis*, *Exobasidium vexans* e *Pseudocercospora theae*), em melão e melancia (*Sphaerotheca fuliginea*), em amendoim (*Mycosphaerella arachidis*), em rosa (*Diplocarpon rosae*, *Sphaerotheca pannosa*) e em crisântemo (*Puccinia horiana*) (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Manage 150. Em outros países é formulado como EC, WG e WP com as marcas comerciais Manage e Hwaksiran (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



n. ipconazole

Nome comum: ipconazole - código FRAC : 3

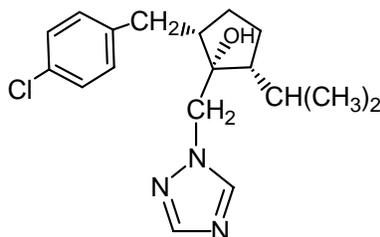
Formula molecular: [C₁₈H₂₄ClN₃O]

Nome químico: (1*RS*,2*SR*,5*RS*;1*RS*,2*SR*,5*SR*)-2-(4-chlorobenzyl)-5-isopropyl-1-(1*H*-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)cyclopentanol

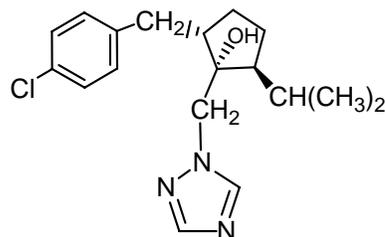
Utilizado para o cultivo de arroz (*Gibberella fujikuroe*, *Cochliobolus miyabeanus*, *Pyricularia oryzae*) e para tratamento de sementes de arroz e outros cultivos (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado nas formulações EC e SC com a marca comercial Techlead (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



(1*R*,2*S*,5*R*)- isomer



(1*R*,2*S*,5*S*)- isomer

o. metconazole

Nome comum: metconazole (metconazol) - código FRAC : 3

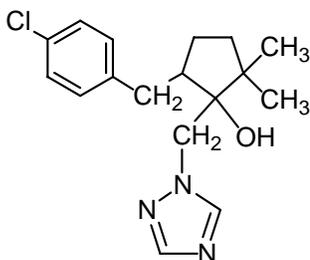
Formula molecular: [C₁₇H₂₂ClN₃O]

Nome químico: (1*RS*,5*RS*;1*RS*,5*SR*) - 5 - (4-chlorobenzyl)-2,2-dimethyl-1-(1*H*-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)cyclopentanol

Utilizado para os cultivos de cereais (*Fusarium*, *Septoria* e ferrugens) e oleaginosas (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Caramba 90. Em outros países é formulado como SL com as marcas Caramba, Cinch, Sirocco e Sunorg (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



p. myclobutanil

Nome comum: myclobutanil (miclobutanil) - código FRAC : 3

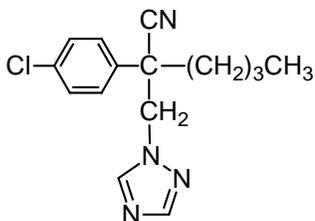
Formula molecular: $[C_{15}H_{17}ClN_4]$

Nome químico: (*RS*)-2-(4-chlorophenyl) - 2 - (1*H*-1,2,4-triazol-1-ylmethyl) hexanenitrile

Utilizado para o controle de Ascomycetes, Basidiomycetes e fungos mitospóricos nos cultivos de arroz, cevada, trigo milho, fruteiras de caroço, olerícolas, pomáceas, ornamentais e videira (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Systhane EC e Systhane WP. Em outros países é formulado como EC, SC e WP com as marcas comerciais Eagle, Nova, Nu-Flow M, Rally, Systhane e Mycloss (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



q. penconazole

Nome comum: penconazole - código FRAC : 3

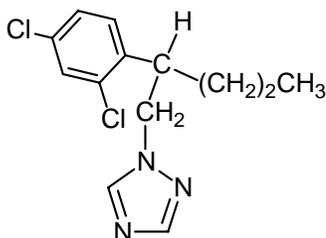
Formula molecular: $[C_{13}H_{15}Cl_2N_3]$

Nome químico: 1-(2,4-dichloro- -propylphenethyl)-1*H*-1,2,4-triazole

Utilizado para os cultivos de fruteiras de caroço, lúpulo, plantas olerícolas, pomáceas e videira, no controle de oídio e outros fungos patogênicos das classes Ascomycotas, Basidiomycotas e fungos mitosporicos (Ehr & Kemmitt, 2002).

Registrado com as formulações EC, EW e WP com as marcas comerciais Topas, Donna, Ofir, Omnex, Relax, Topaz, Topaze e Dallas (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



r. propiconazole

Nome comum: propiconazole (propiconazol) - código FRAC : 3

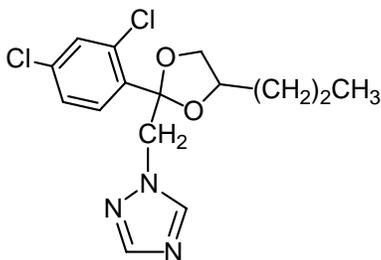
Formula molecular: [C₁₅H₁₇Cl₂N₃O₂]

Nome químico: *cis-trans*-1-[2-(2,4-dichlorophenyl)-4-propyl-1,3-dioxolan-2-ylmethyl]-1*H*-1,2,4-triazole

Utilizado para os cultivos de cereais (*Cochliobolus sativus*, *E. graminis*, *L. nodorum*, *Puccinia* spp., *P. teres*, *P. tritici-repentis*, *R. secalis* e *Septoria* spp.), em banana (*M. musicola* e *M. fijiensis* var. *difformis*), gramados (*Sclerotinia homeocarpa*, *R. solani*, *Puccinia* spp. e *E. graminis*), em arroz (*R. solani* e *H. oryzae*), em café (*H. vastatrix*), em amendoim (*Cercospora* spp., em fruteiras de caroço (*Monilinia* spp, *Podosphaeria* spp., *Sphaeroteca* spp. e *Tranzchelia* spp.) e em milho contra *Helminthosporium* spp. (Ehr & Kemmitt, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Juno e Tilt. Em outros países é formulado como EC e SC com as marcas comerciais Radar, Tilt, Bumper, Juno, Alamo, Archer, Banner, Novel, Orbit, Practis, Barclay Bolt e Propimax (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



s. prothioconazole

Nome comum: prothioconazole - código FRAC : 3

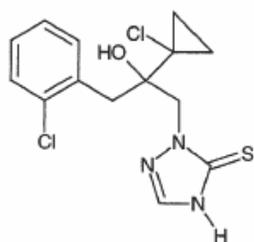
Formula molecular: $[C_{14}H_{15}Cl_2N_3OS]$

Nome químico: 2-[2-(1-chlorocyclopropyl)-3-(2-chlorophenyl)-2-hydroxypropyl]-2,4-dihydro-1,2,4-triazole-3-thione

Utilizado para os cultivos de cereais e oleaginosas, sendo particularmente efetivo contra *Pseudocercospora herpotrichoides*, *Rhizoctonia cerealis*, *Blumeria graminis*, *Puccinia* spp., *Fusarium* spp., *Microdochium nivale*, *Septoria* spp., *Leptosphaeria nodorum*, *Pyrenophora* spp. e *Rhynchosporium secalis*. Também pode ser utilizado no tratamento de sementes para o controle de *Tilletia* spp., *Ustilago* spp., *Fusarium* spp. e *Microdochium nivale* (SMITH, 2002; Ehr & Kemmitt, 2002).

Registrado na formulação EC (250 g/L) com as marca comercial Proline.

Fórmula estrutural:



t. simeconazole

Nome comum: simeconazole - código FRAC : 3

Formula molecular: $[C_{14}H_{20}FN_3OSi]$

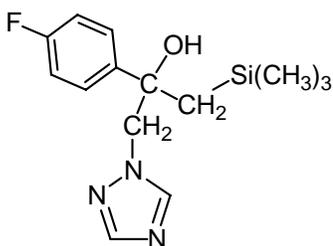
Nome químico: (RS)-2-(4-fluorophenyl)-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)-3-(trimethylsilyl)propan-2-ol

Utilizado para os cultivos de arroz e plantas olerícolas e ainda no tratamento de sementes para o controle de *Thanatephorus cucumeris*. Atividade para *Venturia inaequalis*, *Monilinia*

mali, *Gymnosporangium yamadae*, *Podosphaera leucotricha* em maçã; *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia homoeocarpa* em gramados. Também mostra-se ativo no tratamento de sementes contra *Ustilago nuda*, *Rhizoctonia cerealis*, *Pseudocercospora herpotrichoides* e *Blumeria graminis* (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado na formulação WP com as marcas comerciais Mongarit, Patchikoron e Sanlit (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



u. tebuconazole

Nome comum: tebuconazole (tebuconazol) - código FRAC : 3

Formula molecular: [C₁₆H₂₂ClN₃O]

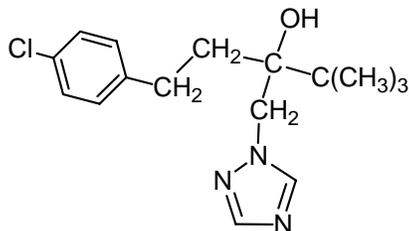
Nome químico: (RS)-1-*p*-chlorophenyl-4,4-dimethyl - 3 - (1*H*-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)pentan-3-ol

Em pulverização aérea é recomendado para diversos cultivos, incluindo cereais (*Puccinia* spp., *E. graminis*, *R. secalis*, *Septoria* spp., *Pyrenophora* spp., *C. sativus* e *Fusarium*), em amendoim (*Micosphaerella* spp., *Puccinia arachidis*, *Sclerotium rolfsii*), em canola (*Alternaria* spp., *Leptosphaeria maculans*, *Pyrenopeziza brassicae*), em banana (*M. Fijiensis*), em chá (*Exobasidium vexans*), em soja (*Phakopsora pachyrhizi*), em maçã (*S. pannosa*, *Venturia* spp.), em pomáceas e fruteiras de caroço (*Botryosphaeria dothidea*), em videira (*U. necator*), em café (*H. vastatrix*, *Cercospora coffeicola*, *Mycena citricolor*), em alho e cebola (*Alternaria porri*, *Sclerotium cepivorum*), em feijão (*Phaeoisariopsis griseola*) e em tomate e batata (*Alternaria solani*). (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Constant, Elite, Folicur PM, Folicur 200 CE, Orius 250 EC, Raxil 25, Rival 200 EC e Triade. Em outros países é formulado como DS, EC, ES, EW, FS, GF, SC, SE, WG, WP e WS com as marcas comerciais Folicur, Horizon, Raxil, Elite, Calao, Corail, Folicur Solo, Gainer, Halt, Horizon arbo, Horizont,

Libero Top, Raxil Líquido, Raxil R, Silvacur C, Silvacur FH, Silvacur, Tríade, Lynx 25 e Orius (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



v. tetraconazole

Nome comum: tetraconazole (tetraconazol) - código FRAC : 3

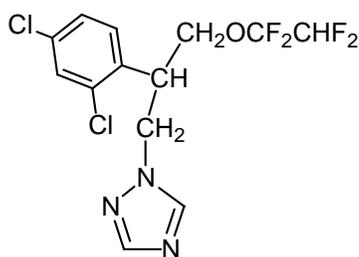
Formula molecular: $[C_{13}H_{11}Cl_2F_4N_3O]$

Nome químico: (*RS*)-2-(2,4-dichlorophenyl) - 3 - (1*H*-1,2,4-triazol-1-yl)propyl 1,1,2,2-tetrafluoroethyl ether

Utilizado para os cultivos de beterraba açucareira (manchas foliares), cereais (oídio, ferrugens, *Septoria* e *Rhynchosporium*), cucurbitáceas (oídio), pomáceas (oídio e sarna), plantas ornamentais e olerícolas (oídio e ferrugens) e videira (oídio) (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Domark 100 EC e Eminent 125 EW. Registrado em outros países nas formulações EC, ME, LS e SE com as marcas comerciais Domark, Eminent, Lospel, Buongiorno, Hokuguard, Arpège, Arum, Defender, Fief, Greman, Juggler e Timbal (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



x. triadimefon

Nome comum: **triadimefon** (triadimefom) - código FRAC : 3

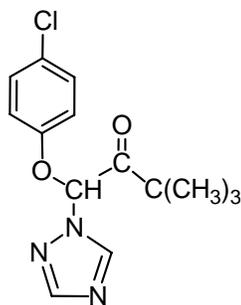
Formula molecular: [C₁₄H₁₆ClN₃O₂]

Nome químico: (RS)-1-(4-chlorophenoxy) - 3,3 - dimethyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)butan-2-one

Utilizado para o controle de oídio em cereais, pomáceas, frutos de caroço, lúpulo, cucurbitáceas, tomate, beterraba açucareira, manga, ornamentais, gramados, olerícolas e videira; controle de ferrugens em cereais, pinus, café, gramados, flores, arbustos e árvores; *Monilinia* em fruteiras de caroço; podridão negra em videira; além de outros cultivos como algodão para muitas outras doenças (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Bayleton BR. Registrado em outros países nas formulações DP, EC, PA, WG e WP com as marcas comerciais Bayleton, Adifon, Otria 25 e Sadifon (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



y. triadimenol

Nome comum: triadimenol - código FRAC : 3

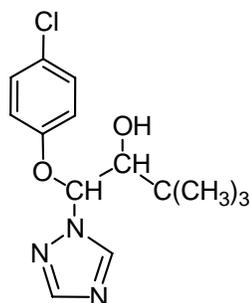
Formula molecular: [C₁₄H₁₈ClN₃O₂]

Nome químico: (1RS,2RS;1RS,2SR)-1-(4-chlorophenoxy) - 3,3 - dimethyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)butan-2-ol

Utilizado para o controle de oídio, ferrugens e *Rhynchosporium* em cereais e quando aplicado como tratamento de sementes controla carvão, cáries, *Typhula* spp., doenças de plântulas e outros patógenos veiculados pela semente ou solo. Também é utilizado no controle de doenças em olerícolas, ornamentais, café, lúpulo, videira, frutíferas, tabaco, cana-de-açúcar, banana e outros cultivos, principalmente contra oídio, ferrugens e várias manchas foliares (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Bayfidan CE, Bayfidan 125 CE, Bayfidan 60 GR, Baytan SC, Baytan 250, Caporal, Caporal WP, Photon, Shavit Agricur 250 EC. Registrado em outros países com as formulações DP, DS, EC, EW, FS, GR, SC, WG, WP e WS com as marcas comerciais Bayfidan, Noidio, Baytan FS, Repulse, Summit, Euro, Prodimenol, Shavit e Vydan (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



w. triticonazole

Nome comum: triticonazole (triticonazol) - código FRAC : 3

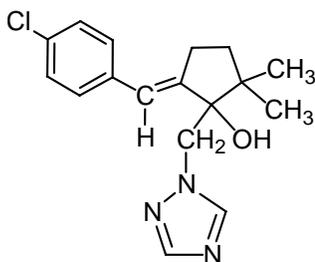
Formula molecular: $[C_{17}H_{20}ClN_3O]$

Nome químico: *(RS)-(E)*-5-(4-chlorobenzylidene) - 2,2 - dimethyl-1-(1*H*-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)cyclopentanol

Utilizado para o controle de ferrugens, oídio, manchas foliares em cultivos de cereais, carvão do milho e no tratamento de sementes contra diversas doenças de solo (Ehr & Kemmitt, 2002; Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Premis. Em outros países é formulado como FS com as marcas comerciais Alios, Real e Charter (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.7.1.5.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas triazóis são utilizados no controle de doenças do Grupo I (podridões em órgãos de reserva), Grupo II (danos em plântulas), Grupo III (podridão de raízes), Grupo V (ferrugem, oídio; manchas foliares) e do Grupo VI (carvões).

3.7.1.5.1.4. **Doses:** No Brasil os triazóis registrados apresentam as seguintes recomendações: bitertanol (0,5 a 1,0 kg p.c./ha ou 60 g p.c./100 litros de água), bromuconazol (250 a 750 ml p.c./ha), ciproconazol (25,0 kg p.c./ha ou 0,2 a 1,0 L p.c./ha ou 10 a 20 ml p.c./100 litros de água), difenoconazol (150 a 600 ml p.c./ha ou 8 a 80 ml p.c./100 litros de água ou 33,4 a 200,0 ml p.c./100 kg de sementes), epoxiconazol (100 a 1000 ml p.c./ha), fluquinconazol (20 a 75 g p.c./100 litros de água ou 250 a 750 g p.c./ha), flutriafol (30 a 50 kg/ha; 300 g p.c./100 kg de sementes), hexaconazol (400 a 600 ml p.c./ha ou 15 a 25 ml p.c./100 litros de água), imibenconazol (75 a 100 g p.c./100 litros de água ou 1,0 kg/ha), miclobutanil (0,25 a 1,20 L p.c./ha ou 18 ml p.c./100 litros de água ou 11 a 20 g p.c./100 litros de água ou 150 a 500 g p.c./ha), propiconazol (250 a 750 ml p.c./ha ou 4 ml p.c./L), tebuconazol (0,5 a 1,0 kg p.c./ha ou 75 a 100 g p.c./100 litros de água ou 500 a 1000 ml p.c./ha ou 30 a 100 ml p.c./100 litros de água ou 200 g p.c./100 kg se sementes), tetraconazol (50 a 100 ml p.c./100 litros de água ou 500 a 1000 ml p.c./ha), triadimefom (500 a 1000 g p.c./ha ou 20 a 200 g p.c./100 litros de água), triadimenol (350 a 2000 ml p.c./ha ou 40 a 125 ml p.c./100 litros de água; 12,5 g p.c./planta ou 10 a 20 kg p.c./ha; 200 a 270 ml p.c./100 kg se sementes; 120 a 160 g p.c./100 kg de sementes; 0,5 a 1,0 kg/ha) e triticonazol (225 ml p.c./100 kg de sementes).

3.7.1.5.1.5. **Formulações:** No Brasil os produtos registrados são: bitertanol: EC (200 g/L; 250 g/L), ciproconazol: SC (150 g/L; 200 g/L), difenoconazol: GR (10 g/kg), SL (100 g/L), WP (250 g/kg), epoxiconazol: SC (125 g /L), DC (75 g/L), fluquinconazol: WP (250 g/kg), flutriafol: GR (15 g/kg), DS (25 g/kg), SC (125 g/L), hexaconazol: SC (100 g/L), imibenconazol: WP (150 g/kg), miclobutanil: EC (250 g/L), WP (400 g/L), propiconazol: EC (250 g/L), tebuconazol: WP (250 g/kg), EC (200 g/L, 250 g/L), DP (25 g/kg), DP (25 g/kg), tetraconazol: EC (100 g/L), EW (125 g/L), triadimefom: WP (250 g/kg), triadimenol: EC (125 g/L; 250 g/L), GR (60 g/kg), SC (150 g/L), DP (250 g/kg), WP (250 g/kg) e triticonazol: SC (200 g/L).

3.7.1.5.1.6. **Misturas:** Ciproconazol é formulado em mistura com dissulfotom (Altomix 103,2 e Altomix104), com propiconazol (Artea), com Azoxystrobin (PrioriXtra), com oxicloreto de cobre (Resist), com trifloxistrobina (Sphere) e com tiametoxan (Verdadero 20 GR e Verdadero 600 WG). Epoxiconazol é formulado em mistura com pyraclostrobin (Opera). Hexaconazol é formulado em mistura com clorotalonil (Effect). Propiconazol é formulado em mistura com ciproconazol (Artea) e trifloxistrobina (Stratego 250 EC). Tebuconazole é formulado em mistura com triadimenol (Horizon) e trifloxistrobina (Nativo). Triadimenol é formulado em mistura com dissulfoton (Baron, Baysiston GR), tebuconazol (Horizon), imidacloprido (Premier Duo). Em outros países azaconazole é formulado em mistura com imazalil (Nectec Paste). Bitertanol é formulado em mistura com fuberidazole + imidacloprid + triadimenol (Cereline Secur), com anthraquinone + imidacloprid (Gaúcho Blé), com anthraquinone (Sibutol A), com sulfato de hydroxyquinoline (Bacseal), com fuberidazole + triadimenol (Cereline), com fuberidazole + triadimenol (Domestín) e fuberidazole + imidacloprid (Sibutol Secur). Bromuconazole é formulado em mistura com iprodione (But), com procloraz (Fongral), com tridemorfe (Granit TR) e com tebuconazole (Soleil) Cyproconazole é formulado em mistura com carbendazim (Alto Ambel; Alto Combi), com clorotalonil (Alto Elite; Octolan), com propiconazole (Artea; Menara), com quinoxifen (Divora; Addus), com cyprodinil (Iridia), com fludioxonil (Maxim Star), com procloraz (Tiptor; Profile), com trifloxystrobin (Agora; Sphere) e com tiofanato metílico (Spot Light). Difenconazole é formulado em mistura com propiconazole (Arix; Armure; Taspá), fludioxonil (Slick), com metalaxyl-M (Dividend SL), com carbendazim (Eria; Trial), com fludioxonil + metalaxyl-M + thiamethofan (Helix), com fludioxonil + tebuconazole (Landor CT) e com dinocap (Neptune). Epoxiconazole é formulado em mistura com kresoxim-metil (Allegro; Juwel; Landmark; Ogam; Barclay Avalon), com fenpropimorfe (OpusTeam; Eclipse; Barclay Riverdance; Galore), com carbendazim (Duett), com fenpropimorfe + kresoxim-metil (Mantra), com tridemorfe (Tango Duo; Opus Plus), e com tiofanato metílico (Rex). Fenbuconazole é formulado em mistura com carbendazim (Troika), com dinocap (Karamat), com procloraz (Mirage Extra; Nordika), com fenpropimorfe (Myriad) e com tridemorfe (Unison). Fluquinconazole é formulado em mistura com carbendazim (Vista C), com procloraz (Vista; Evidan; Foil; Sportak Plus), com pyrimethanil (Vision) e com clorotalonil (Vista CT).

Flusilazole é formulado em mistura com carbendazim (Alert S; Contrast; Escudo; Punch C), com tridemorfe (Cerelux; Option), com famoxadone (Charisma), com fenpropimorfe (Colstar; Initial; Pluton), com fenpropimorfe + tridemorfe (DUK 51; Justice) e com clorotalonil (Triumph). Flutriafol é formulado em mistura com imazalil + tiabendazole (Vincit), com ethirimol + tiabendazole (Ferrax), com clorotalonil (Halo; Impact Excel; PP 375) e com carbendazim (Early Impact; Pacer; Palette). Hexaconazole é formulado em mistura com fenpropidin (Columbia), com azoxystrobina (Amistar Ter), com clorotalonil (Lynx; Sirius) e com ethirimol (Halley). Iaconazole é formulado em mistura com iminocadina (Befran-Seed) e com oxiclreto de cobre (Techlead C). Myclobutanil é formulado em mistura com dinocap (Sabithane). Penconazole é formulado em mistura com dinocap (Preface) e com captan (Topas C). Propiconazole é formulado em mistura com cyprodinil (Koara; Erelia; Stereo), com difenoconazole (Arix; Armure, Taspas), com cyproconazole (Artea; Menara), com tebuconazole (Cogito; Cosinus; Endeavour, Graphic), com fenpropidin + tebuconazole (Gladio); com fenpropidin + fenpropimorfe (Priam) com fenpropidin (Meltop; Prophet; Sheen), com pyroquilon (Tifon), com fenpropimorfe (Tilt Top; Belvedere; Simbo), com folpet (Bumper F), com procloraz (Bumper P), com clorotalonil (Sambarin), com carbendazim (Sparkle 45) e com trifloxystrobina (Stratego). Tetraconazole é formulado em mistura com clorotalonil (Arbitre; Eminent Star, Music; Voodoo), procloraz (Bonanza) e fentin hidróxido (Timbal F). Triadimefon é formulado em mistura com tebuconazole (Folicur BT; Folicur Top), com enxofre (Summit S) e com clorotalonil (Reach). Prothioconazole é formulado em mistura com tebuconazole (Prosaro), com fluoxystrobin (Fandango) e com spiroxamine (Helix). Triadimenol é formulado em mistura com fuberidazole + imidacloprid (Baytan Secur), com fuberidazole (Baytan Spezial; Baytan flowable), com fuberidazole + imazalil (Baytan Universal; Manta Plus), com bitertanol + fuberidazole + imidacloprid (Cereline Secur), com tebuconazole (Abilis; Coloso; Folicur Plus; Folicur Bayfidan; Garnet; Matador; Ruby; Silvacur Combi, Silvacur; Veto F), com bitertanol + fuberidazole (Cereline; Domestín), com spiroxamine + tebuconazole (Falcon), com tridemorfe (Colt; Dorin) e com folpete (Shavit F). Triticonazole é formulado em mistura com guazatine (Premis; Premis B), fipronil + guazatine (Jumper; Zoom), anthraquinone + iprodione (Premis Or), anthraquinone + procloraz (Kinto) e com imazalil (Robust). Tebuconazole é formulado em mistura com diversos fungicidas com centenas de marcas comerciais, entre eles encontram-se triadimenol, procloraz, guazatine,

captan, fludioxonil, spiroxamine, tridemorfe, carbendazim, fenpropidin, propiconazole, triazoxide, triadimefon, dichlofluanid, enxofre, tolyfluanid, triadimenol, tiram, pencycuron, metalaxyl, difenoconazole, tridemorfe e fenpropimorfe (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.7.1.5.1.7. **Riscos de Resistência:** Existe uma grande diferença no espectro de atividade dos diferentes fungicidas inibidores da demetilação. Existem relatos de resistência conhecido em várias espécies, com alguns mecanismos já conhecidos (mutação no sítio alvo; Y136F no gene *cyp 51* e outros). É prudente considerar que resistência cruzada pode ocorrer entre ativos dos fungicidas DMI utilizados contra o mesmo fungo. Os DMI também são fungicidas inibidores da síntese de esterol (SBI), mas não apresentam resistência cruzada com outras classes de SBI. Considerando os aspectos acima, os fungicidas triazóis apresentam médio risco de resistência, necessitando desta forma, ações de manejo.

3.7.1.5.1.8. **Fitotoxicidade:** Difenoconazole quando aplicado nos estádios iniciais (29 – 42) da cultura do trigo pode causar, em certas circunstâncias, manchas cloróticas sobre as folhas, mas que não refletem na produtividade. Hexaconazol pode apresentar algumas injúrias em certas cultivares de maçã. Triadimefom pode provocar injúrias se utilizado em doses elevadas sobre algumas ornamentais. Metconazole exibe alguma atividade como regulador de crescimento tais como engrossamento de folhas, redução do crescimento e escurecimento na cor das folhas (Tomlin, 1997; Tomlin, 2002).

3.7.2. **Inibidores de $\Delta^{8,7}$ isomerase e Δ^{14} redutase.** As reações de isomerização ocorrem entre os compostos fecosterol e episterol e as reações de redução ocorrem entre os compostos intermediários 4,4-dimetil-colesta-8,14,24-trienol e 4,4-dimetil-colesta-8,24-dienol (Forcelini, 1994)

3.7.2.1. **Amines (“Morpholines”) (SBI classe II):** os compostos deste grupo interferem nas reações de isomerização e redução na biossíntese de ergosterol em fungos sensíveis.

3.7.2.1.1. **Morfolinias:** Este grupo atua em múltiplos sítios na biossíntese do ergosterol, em cada sítio a diferentes graus, dependendo do fungicida utilizado. O principal sítio de inibição

citado é a inibição das enzimas $\Delta^{8,7}$ isomerase e Δ^{14} redutase (Figura 21). Fenpropimorfe é cerca de 100 vezes mais ativo que tridemorfe na inibição da enzima Δ^{14} redutase. Essa inibição é produzida por dois eventos: o primeiro é a inibição da enzima Δ^{14} redutase e o segundo é a inibição da $\Delta^{8,7}$ isomerase. Isso distingue as morfolininas de todo o grupo de compostos que atuam como inibidores de esteróis pela inibição da demetilação na posição 14 (DMI). Além da inibição da biossíntese de esteróis, as morfolininas apresentam mecanismos adicionais, interferindo nas vias metabólicas de desenvolvimento de, por exemplo, a biossíntese proteica, lipídica e dos carboidratos de vários fungos. Morfolininas produzem acúmulo de precursores lipofílicos e disruptores de membranas. As morfolininas, aplicadas por pulverização sobre as folhas, são absorvidas e translocadas para sua extremidade, tendo, pois uma ação sistêmica limitada. O efeito se dá principalmente após a germinação dos esporos, sobre as folhas, durante o processo de desenvolvimento dos tubos germinativos e formação de haustórios. Com isso fica inibida a infecção.

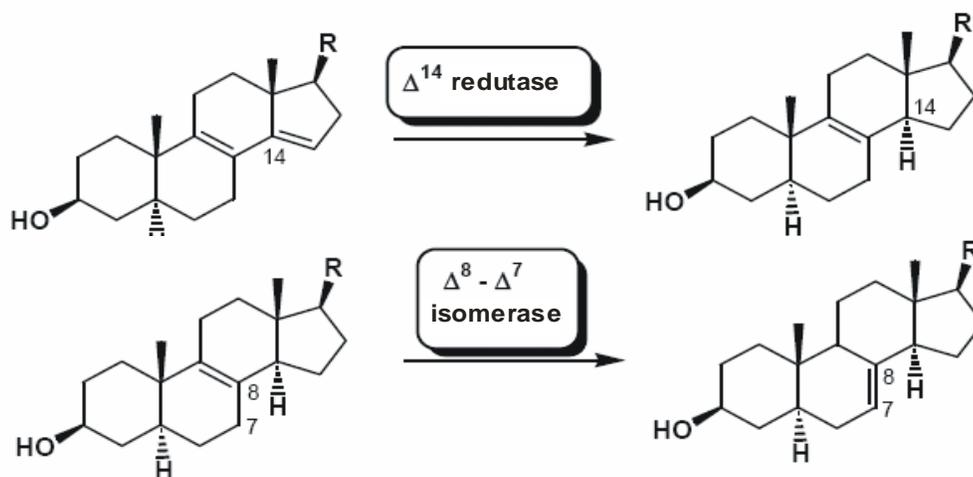


Figura 21. Modelo esquemático da ação das enzimas $\Delta^{8,7}$ isomerase e Δ^{14} redutase (Adaptado de BOA, 2005).

3.7.2.1.1.1. **Características do grupo:** Fungicidas sistêmicos com ação erradicante. Absorvido pelas folhas e raízes, promovendo alguma ação protetora. Fenpropimorfe foi desenvolvido para controle de oídio e ferrugem em cereais. Tridemorfe foi desenvolvido inicialmente para controle de oídio em cereais, *Mycosphaerella* spp. em bananas e *C. salmonicolor* em chá.

3.7.2.1.1.2. Principais representantes do grupo:

a. aldimorph

Nome comum: aldimorph - código FRAC : 5

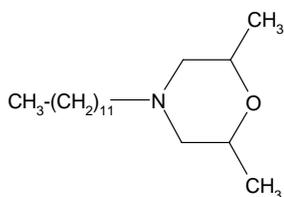
Formula molecular: $[C_{18}H_{37}NO]$

Nome químico: 4-alkyl-2,5- (or 2,6)-dimethylmorpholine

Utilizado para os cultivos de beterraba açucareira e no controle de Sigatoka em banana

Registrado nos Estados Unidos com a marca Falimorph (66,2%)

Fórmula estrutural:



b. dodemorph

Nome comum: dodemorph - código FRAC : 5

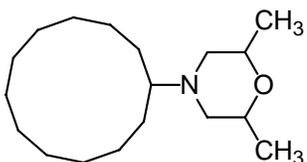
Formula molecular: $[C_{18}H_{35}NO]$

Nome químico: 4-cyclododecyl-2,6-dimethylmorpholine

Utilizado para o controle de oídio nos cultivos de rosas e outras ornamentais tanto em condições controladas quanto a céu aberto (Tomlin, 2002).

Registrado em outros países na formulação EC com a marca comercial Metaltox (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



c. fenpropimorph

Nome comum: fenpropimorph (fenpropimorfe) - código FRAC : 5

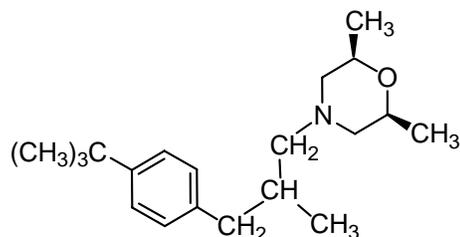
Formula molecular: $[C_{20}H_{33}NO]$

Nome químico: (RS)-cis-4-[3-(4-*tert*-butylphenyl)-2-methylpropyl]-2,6-dimethyl morpholine

Utilizado para o controle de *E. graminis*, *R. secalis* e *Puccinia* spp. em cereais; *Cercospora beticola*, *Uromyces betae* e *Erysiphe betae* em cultivos de beterraba açucareira; *Uromyces* e *Puccinia* em feijão e alho-porró; *Phomopsis* em girassol (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Corbel. Em outros países é formulado como EC e SC com as marcas comerciais Corbel, Forbel e Aura (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



d. tridemorph

Nome comum: tridemorph (tridemorfe) - código FRAC : 5

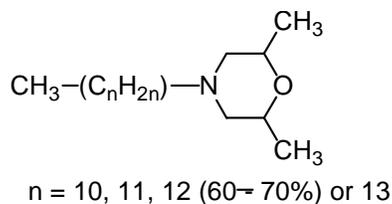
Formula molecular: [C₂₀H₃₃NO]

Nome químico: (RS)-cis-4-[3-(4-*tert*-butylphenyl)-2-methylpropyl]-2,6-dimethyl morpholine

Utilizado para o controle de *E. graminis* em cereais; *Mycosphaerella* spp. em banana; *Corticium salmonicolor* e *Exobasidium vexans* em chá e *Oidium heveae* em cultivos de seringueira (Tomlin, 2002).

Registrado no em outros países na formulação EC com a marca comercial Calixin (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.7.2.1.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (oídio, ferragem e manchas foliares)

3.7.2.1.1.4. **Doses:** 750 a 1000 ml p.c./ha para fenpropimorfe, 500 ml p.c./ha para tridemorfe

3.7.2.1.1.5. **Formulações:** fenpropimorfe: EC (750 g/L), tridemorfe: OL – líquido miscível (860 g/L)

3.7.2.1.1.6. **Misturas:** No Brasil fenpropimorfe não é formulado em mistura. Em outros países fenpropimorfe é formulado em mistura com kresoxim-metil (Brio; Mentor; Monsoon), com epoxiconazole (Eclipse; Opus Team; Barclay Riverdance; Galore); com epoxiconazole + kresoxim-metil (Mantra), com fenbuconazole (Myriad), com tridemorph (Rockett Ultra; Gemini), com procloraz (Sprint HF; Stanza; Mirage Super), com fenpropidin (Agrys; Boscor), com azoxystrobin (Amistar Pro; Barclay ZA), com propiconazole (Belvedere; Tilt Top; Glint; Mantle; Simbo), com fluzilazole (Colstar; Initial; Pluton), com fluzilazole + tridemorph (DUK 51; Justice), com quinoxifen (Fortress Duo; Fortress Top; Orka), com fenpropidin + propiconazole (Priam) e com tebuconazole (Ranger). Tridemorph é formulado em mistura com epoxiconazole (Opus Forte; Opus Plus; Tango Duo), com fenpropimorfe (Rockett Ultra), com tebuconazole (Aurore), com fluzilazole (Fusion; Gral), com bromuconazole (Granit TR), com fenpropimorfe + fluzilazole (Justice) e com propiconazole (Joust) (Tomlin, 2002).

3.7.2.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Ocorre um decréscimo na sensibilidade para oídios. Normalmente ocorre resistência cruzada entre os membros do grupo, mas não ocorre com outras classes de inibidores da síntese de esterol.

3.7.2.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Fenpropimorfe pode promover queimaduras em algumas cultivares de trigo sob certas condições climáticas (Tomlin, 1997). Dodemorph pode provocar injúrias em cinerarias, begônias e algumas variedades de rosa (Tomlin, 2002).

3.7.2.1.2. **Piperidinas:** os representantes deste grupo apresentam como mecanismo de ação a inibição da biossíntese de ergosterol, através da interferência na redução (esterol- Δ^{14} -redutase) e isomerização (Δ^8 to Δ^7 -isomerase) (Tomlin, 2002).

3.7.2.1.2.1. **Características do grupo:** Fungicidas sistêmicos com atividade protetora, curativa e erradicante, com translocação acropetal através do xilema (Tomlin, 2002).

3.7.2.1.2.2. **Principais representantes do grupo:**

a. fenpropidin

Nome comum: fenpropidin - código FRAC : 5

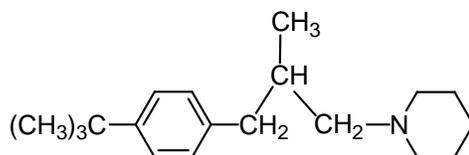
Formula molecular: [C₁₉H₃₁N]

Nome químico: (RS)-1-[3-(4-*tert*-butylphenyl)-2-methylpropyl]piperidine

Utilizado para o controle de oídio (*E. graminis*) e adicional eficácia contra ferrugens (*Puccinia* spp.) e manchas tais como *R. secalis* nos cultivos de cereais (Tomlin, 2002).

Registrado na formulação EC com as marcas comerciais Tern, Gardian e Patrol (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. piperalin

Nome comum: piperalin - código FRAC : 5

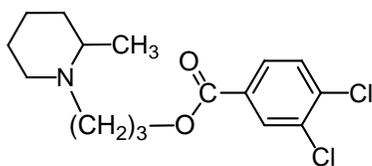
Formula molecular: [C₁₆H₂₁Cl₂NO₂]

Nome químico: 3-(2-methylpiperidino)propyl 3,4-dichlorobenzoate

Utilizado para o controle de oídio nos cultivos de rosas, dalias, crisântemo, floxínia e outras ornamentais em cultivo protegido (Tomlin, 2002).

Registrado na formulação SC com a marca comercial Pipron (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.7.2.1.2.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (Oídio e manchas foliares).

3.7.2.1.2.4. **Doses:** 375-750 g/ha (Tomlin, 2002).

3.7.2.1.2.5. **Formulações:** Fenpropidin é formulado como EC e piperalin como SC (Tomlin, 2002).

3.7.2.1.2.6. **Misturas:** Fenpropidin é formulado em mistura com hexaconazole (Columbia), com procloraz (Sponsor), com fenpropimorfe (Agrys; Boscor), com propiconazole + tebuconazole (Gládio), com propiconazole (Meltop; Prophet; Sheen; Zenit), com difenoconazole (Spiryale), com tebuconazole (Búfalo; Folicur Forte; Monicle; Pronto; Rush), com cyprodinil (Podium), com fenpropimorfe + propiconazole (Priam) (Tomlin, 2002).

3.7.2.1.2.7. **Riscos de Resistência:**

3.7.2.1.2.8. **Fitotoxicidade:** piperalin se usado diretamente sobre o tecido foliar ou floral pode causar dano (Tomlin, 2002).

3.7.2.1.3. **Spiroketalamines:** O grupo dos inibidores da biosíntese de esteróis (SBIs) pode ser dividido no grande grupo dos inibidores da demetilação (DMIs), compreendendo principalmente os fungicidas trazóis e imidazóis, e um segundo grupo compreendendo as morfolininas, piperidinas e desde 1997 o subgrupo das spiroketalaminas, este é representado por spiroxamine. Os fungicidas deste grupo apresentam como mecanismo de ação a inibição de redutase e isomerase de esteróis (Byrnes, 2001; Felsenstein & Kuck, 1998). Entretanto, ao contrário dos fungicidas azóis, que inibem a demetilação do C₁₄, este novo ingrediente ativo

liga-se principalmente a δ^{14} redutase. Além disso, todos os quatro isômeros da molécula estão envolvidos em diferentes passos suplementares da biosíntese de esterol (Naot et al, 1999).

3.7.2.1.3.1. Características do grupo: Spiroxamine é um novo fungicida com atividade protetora, curativa e erradicante resultante da inibição da biosíntese de esteróis. O fungicida apresenta efeito profilático interrompendo o crescimento micelial e a formação de apressório sobre a superfície da folha, tendo ainda um pronunciado efeito anti-infectivo, provocando um colapso no micélio e na cadeia de conídios (Naot et al, 1999).

3.7.2.1.3.2. Principais representantes do grupo:

a. spiroxamine (KWG 4168)

Nome comum: spiroxamine - código FRAC : 5

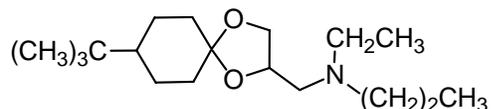
Formula molecular: $[C_{18}H_{35}NO_2]$

Nome químico: 8-*tert*-butyl-1,4-dioxaspiro[4,5]decan-2-yl(ethyl)(propyl)amine

Utilizado para os cultivos de videira, trigo, cevada e arroz entre outras em países da Europa no controle de oídio, na América central no controle de Sigatoka Negra.

Na Austrália é formulado como concentrado emulsionável com o nome de Prosper 500 EC, para o controle de oídio em videira (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.7.2.1.3.3. Principais doenças controladas: O fungicida apresenta controle para doenças do Grupo V (oídios).

3.7.2.1.3.4. Doses: utilizado para pulverização foliar na diluição de 60 ml/100 litros de água utilizando volume de calda superior a 250 l/ha.

3.7.2.1.3.5. Formulações: EC

3.7.2.1.3.6. **Misturas:** Não apresenta recomendação em mistura.

3.7.2.1.3.7. **Riscos de Resistência:** Alguns isolados resistentes podem ocorrer naturalmente para este grupo de produto, podendo ocorrer através da variabilidade normal em qualquer população de fungo. Os indivíduos resistentes podem não ter controle resultando na redução da eficácia e possíveis perdas na produtividade (Felsenstein & Kuck, 1998).

3.7.2.1.3.8. **Fitotoxicidade:** não apresenta relatos de fitotoxicidade se utilizado na dose recomendada.

3.7.3. **3-keto reductase, C4-demethylation:** Keto redutases são enzimas que executam oxiredução de substratos naturais ou externos e desempenham um papel central no metabolismo. As Aldo-keto redutases metabolizam uma ampla gama de substratos e são alvos potenciais de muitas drogas (Jez et al, 1997). Squalene, o primeiro sterol precursor na rota do ergosterol, é convertido ao produto final através de uma seqüência de 15 reações enzimáticas. Somente um gen na rota do ergosterol, gen este codificando 3-keto redutase é requerido na C-4 demetilação. As reações de C-4 demetilação pode ser separadas em três: 1) a reação de C-4 metiloxidase em que o grupo 4a-metil é convertido para um álcool, depois a aldeído e finalmente a ácido carboxílico. 2) uma reação de C-3 esterol dehidrogenação, que remove 3a-hidrogênio conduzindo a uma decarboxilação de um ácido 3-ketocarboxilico intermediário, e 3) uma 3-keto redução, que converte o 3-keto para b-hidroxi esterol (Gachotte et al, 1999).

3.7.3.1. **Hydroxyanilides (SBI: classe III):** Hydroxyanilidas é família de fungicidas com um novo mecanismo de ação, diferente de todos os outros botricidas, podendo servir como uma essencial ferramenta no manejo de resistência. Este grupo inibe as enzimas 3-keto reductase exigida na C-4 demetilação da biossíntese do ergosterol. Fenhexamid mostra atividade inibitória quando aplicado no micélio de *B. cinerea*. Hifas tratadas mostram frequentemente excreção anormal através do citoplasma ou material associado à parede celular. Isso sugere que a integridade e funções da membrana citoplasmática e/ou da parede celular são afetadas pelo fungicida. Entretanto, para os autores, é somente especulação com base nos dados

obtidos. Esses efeitos ainda não estão completamente claros para associa-los ao mecanismo de ação. Fenhexamid necessita de doses relativamente altas para inibir a germinação de conídios, mas nas etapas subseqüentes tem se mostrado um potente inibidor, tanto na elongação do tubo germinativo quanto do crescimento micelial (Rosslenbroich & Stuebler, 2000).

3.7.3.1.1. Características do grupo: Fenhexamid é um fungicida protetor com atividade local-sistêmica. O fungicida atua prevenindo a infecção da planta através da inibição da germinação de esporos e do crescimento micelial. O fungicida é absorvido pelas camadas de cera presente na superfície das folhas sendo protegido por lavagem ocasionado por chuva ou irrigação. Pode ser utilizado isoladamente ou em mistura com fungicidas de amplo-espectro (Krüger et al, 1999).

3.7.3.1.2. Principais representantes do grupo:

a. fenhexamid

Nome comum: fenhexamid - código FRAC : 17

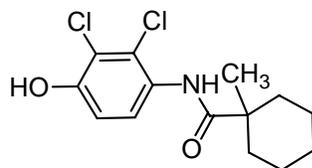
Formula molecular: $[C_{14}H_{17}Cl_2NO^2]$

Nome químico: 2,3-dichloro-4-(1-methylcyclohexylcarbonylamino)-phenol

Utilizado para o controle de doenças causadas por *Botrytis* em videira, tomates em cultivo protegido, ornamentais, morango e outras culturas sensíveis à este patógeno, e também para o controle de *Monilinia* em cultivos como cereja, pêssego e nectarina (Fisher, 2004; Willmott, 1999).

Registrado com diferentes marcas comerciais como Elevate e Decree para controle de *Botrytis* spp. em plantas ornamentais.

Fórmula estrutural:



3.7.3.1.3. Principais doenças controladas: Os fungicidas deste grupo apresentam controle sobre doenças do Grupo I (Podridões em órgãos de reserva).

3.7.3.1.4. **Doses:** Utilizar de 500 – 1000 g/ha em pulverização (Tomlin, 2002).

3.7.3.1.5. **Formulações:** Fenhexamid é formulado como SC, WG e WP com as marcas comerciais Teldor, Decree, Elevate e Password (Tomlin, 2002)

3.7.3.1.6. **Misturas:** Fenhexamid é formulado em mistura com tebuconazole (Young-gune) (Tomlin, 2002).

3.7.3.1.7. **Riscos de Resistência:** Fenhexamid é um fungicida do Grupo 17 de acordo com a classificação do FRAC, podendo ocorrer uma falha de controle total ou gradual se utilizado repetidamente na mesma lavoura. Exige apropriadas estratégias de manejo de resistência. São recomendados para o grupo técnicas como práticas culturais que minimizem fontes de infecções para doenças; utilizar as pulverizações de forma preventiva; quando possível rotacionar com diferentes grupos químicos de fungicidas ou utilizar misturas com diferentes grupos.

3.7.3.1.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta relato de fitotoxicidade se utilizado nas doses recomendadas.

3.7.4. **Squalene-epoxidase na biosíntese de esterol:** A enzima squalene epoxidase, responsável pela passagem de squalene para lanosterol na rota do ergosterol é o sítio de ação de fungicidas do grupo das Alililaminas (naftidine e terbinafine) e Tiocarbamatos (pyributicarb) (Figura 22). A inibição da enzima resulta no acúmulo de Squalene que por si só é tóxico para a célula fúngica.

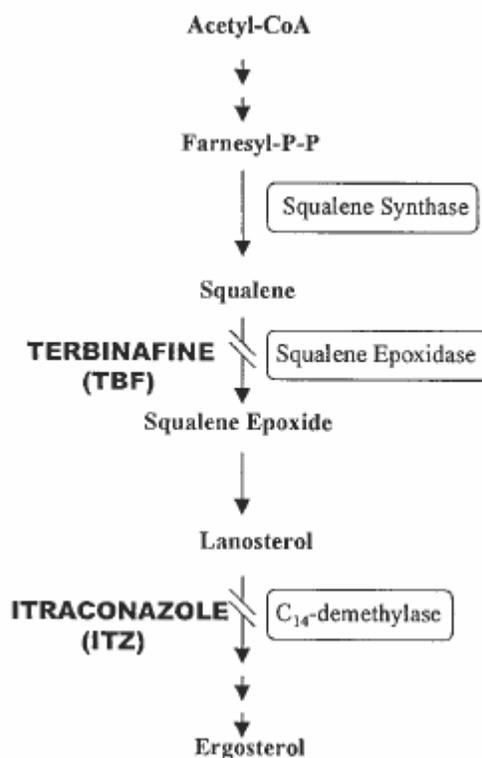


Figura 22. Squalene epoxidase é o alvo dos fungicidas allylamines e tiocarbamatos na biossíntese do ergosterol no passo metabólico entre o squalene e o lanosterol.

3.7.4.1 (SBI: classe IV): A esta classe pertencem os thiocarbamatos e allylamines, grupos que tem como mecanismo de ação a interferência na enzima squalene-epoxidase na biossíntese de ergosterol (FRAC, 2003).

3.7.4.1.1 **Thiocarbamates:** Este grupo de fungicidas atua na enzima squalene epoxidase na síntese de ergosterol, inibindo a passagem de squalene para lanosterol, resultando em um acúmulo de squalene e deficiência de ergosterol (Bossche et al., 2003; Tomlin, 2002). Pyributicarb é o representante do grupo dos tiocarbamatos.

3.7.4.1.1.1. **Características do grupo:** Trata-se de um herbicida sistêmico, absorvido pelas raízes, folhas e haste, e translocado para os sítios ativos de crescimento, onde inibe a elongação das raízes e da parte aérea. É utilizado como herbicida pré-emergente ou pós-emergente inicial no controle de plantas daninhas de folha estreita anuais ou perenes,

especialmente *Echinochloa oryzicola*, *Cyperus difformis* e *Monochoria vaginalis* em cultivo de arroz inundado; utilizado também no controle em pré-emergência de *Digitaria ciliaris*, *Setaria viridis* e *Poa annua* em gramados. Como fungicida, pré ou pós-emergente inicial controla *Curvularia*, *Rhizoctonia*, *Typhula incarnata* e *Sclerotinia* em gramados (Tomlin, 2002).

3.7.4.1.1.2. Principais representantes do grupo:

a. pyributicarb

Nome comum: pyributicarb - código FRAC : 18

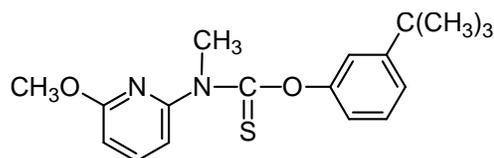
Formula molecular: [C₁₈H₂₂N₂O₂S]

Nome químico: O-3-tert-butylphenyl 6-methoxy-2-pyridyl(methyl)thiocarbamate

Utilizado para o cultivo de gramados no controle de *Curvularia*, *Rhizoctonia*, *Typhula incarnata* e *Sclerotinia* (Tomlin, 2002).

Registrado em outros países na formulação SC e WP com as marcas comerciais Eigen e Isshintasuke (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.7.4.1.1.3 **Principais doenças controladas:** Pyributicarb apresenta atividade fungicida e herbicida sendo utilizado para o controle de doenças do Grupo V (Manchas foliares).

3.7.4.1.1.4. **Doses:** não disponível.

3.7.4.1.1.5. **Formulações:** Pyributicarb é formulado em SC e WP (Tomlin, 2002).

3.7.4.1.1.6. **Misturas:** Não é formulado em mistura.

3.7.4.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Não apresenta resistência conhecida.

3.7.4.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta fitotoxicidade se utilizado conforme recomendação.

3.7.4.1.2. **Allylamines:** Os fungicidas deste grupo tem sido desenvolvidos como uma nova classe de inibidores da biosíntese de ergosterol, que são funcionalmente e quimicamente distintos das outras principais classes dos inibidores de ergosterol. Os allylamines atuam na inibição dos passos iniciais da biosíntese de ergosterol. Essa inibição coincide com o acúmulo do esterol precursor squalene e a ausência de qualquer outro esterol intermediário, sugerindo que a inibição ocorre neste ponto, na reação catalizada por squalene epoxidase (Figura 23). A morte da célula é relatada mais pelo acúmulo de squalene do que pela deficiência de ergosterol. Altos níveis de squalene pode aumentar a permeabilidade da membrana, levando à disrupção da organização celular (Ghannoum & Rice, 1999). O exemplo de terbinafine que é altamente específico com squalene epoxidase, uma enzima envolvida na biosíntese de ergosterol das membranas celulares. Este fungicida é ainda conhecido por apresentar atividade contra algumas bactérias Gran positivas e Gran negativas (Mann, 2004).

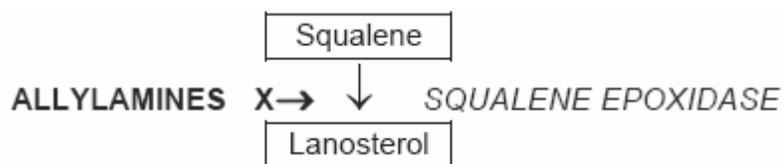


Figura 23. Mecanismo de ação dos fungicidas do grupo das allylamines.

3.7.4.1.2.1. **Características do grupo:** Os fungicidas deste grupo interferem com o crescimento dos fungos e levam à desintegração de sua estrutura. Naftifine é um dos representantes do grupo dos derivados de allylamine que estruturalmente e farmacologicamente se assemelha com terbinafine, outro representante do grupo. É um fungicida também utilizado na área médica no controle de dermatoses, mas apresenta ação fungistática contra *Cândida* spp. Sua ação ocorre devido à sua sistemicidade e interferência na biossíntese de ergosterol. Terbinafine é um agente antifúngico com elevada atividade *in vitro*

para muitos patógenos, incluindo dermatófilos, leveduras, *Aspergillus*, *Blastomyces* e outros (Andriole, 1999).

3.7.4.1.2.2. Principais representantes do grupo:

a. naftifine

Nome comum: naftifine - código FRAC : 18

Formula molecular: $[C_{21}H_{21}N \cdot HCl]$

Nome químico: (E) – N- cinnamyl – N- methyl – 1 – naphatylene methyl amine hydrochloride

Utilizado para controle de fungos na área médica e sendo avaliado para a área agrícola.

Registro de produtos não disponível.

b. terbinafine

Nome comum: terbinafine - código FRAC : 18

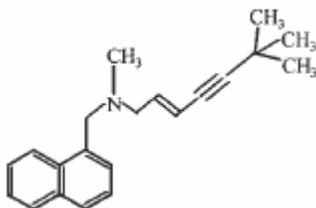
Formula molecular: $[C_{20}H_{14}D_7NO_2]$

Nome químico: N-Desmethylcarboxy Terbinafine-d7

Utilizado para controle de fungos na área médica e sendo avaliado para a área agrícola.

Registro de produtos não disponível.

Fórmula estrutural:



3.7.4.1.2.3. Principais doenças controladas: fungicidas de uso medico

3.7.4.1.2.4. **Doses:** não disponível.

3.7.4.1.2.5. **Formulações:** não disponíveis.

3.7.4.1.2.6. **Misturas:** não apresenta relato de utilização em mistura.

3.7.4.1.2.7. **Riscos de Resistência:** Baixo risco de resistência, sendo necessário manejo quando utilizado contra patógenos de risco (FRAC, 2003).

3.7.4.1.2.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta relato de fitotoxicidade.

3.8. **Glucanas e síntese da parede celular:** As glucanas e a celulose são os principais componentes da parede celular dos Oomycotas. Sendo composta por β 1-3 e β 1-6 glucanas, diferentemente da parede celular de fungos verdadeiros que é constituída basicamente de quitina. As glucanas são compostos químicos também conhecidos como polissacarídeos, formados pela ligação de várias unidades de glicose que variam em sua complexidade, de acordo com o número, ramificações laterais e tipo de ligações (Nascimento, 2005).

3.8.1. **Síntese da parede celular :** A parede celular dos fungos apresenta funções essenciais para o desenvolvimento dos mesmos: fornece proteção física contra outros microorganismos ou contra as defesas do hospedeiro; mantém o equilíbrio osmótico da célula, regula a forma da célula e também intermedia a comunicação entre as células fúngicas e reações enzimáticas (Current, 1997). A parede celular dos fungos consiste de uma camada externa de manoproteínas e uma camada interna composta de β -1,3-glucano/quitina, com algumas manoproteínas entrelaçadas. O β -1,3-glucano é responsável pela integridade estrutural da parede celular do fungo, enquanto que ligações entre β -1,3-glucano e a quitina oferecem rigidez adicional para a estrutura. Estes componentes da parede celular diferem de mamíferos, proporcionando um alvo para fungicidas que apresentem interferência nestes componentes, com pouca toxicidade para humanos (Bergold & Georgiadis, 2004).

3.8.1.1. **Ácido cinâmico:** O mecanismo de ação deste grupo ocorre através da inibição da formação da parede celular em Oomycetos, provocando lise e morte da célula (Fernández-Northcote et al., 2000). Dimetomorfe apresenta um anel de morfolina e por isso pertence ao grupo químico das morfolinas. O comportamento do produto, entretanto, difere muito daquele dos outros fungicidas morfolínicos, tanto no espectro de controle como em relação ao

desenvolvimento de resistências. Por isso nos agrupamentos propostos pelo FRAC, o produto não é apresentado como "morfolina", mas como "derivado do ácido cinâmico". Dimetomorfe se apresenta com dois isômeros, sendo o isômero Z o mais ativo. Há uma fácil transformação de isômeros, inclusive pela ação da luz, pelo que não vale a pena formular produtos só com o isômero Z. Assim, os produtos comerciais tem os dois isômeros. O resultado da aplicação de Dimetomorfe é uma intensiva proliferação e deposição aberrante de material de membranas celulares em hifas, acúmulo anormal de vacúolos e frações de membranas. Dimetomorfe é um fungicida derivado do ácido cinâmico, com ação translaminar que apresenta excelente atividade antiesporulante, prevenindo a formação de oósporos e esporângios (Fernández-Northcote et al., 2000). É um fungicida com ação protetora e curativa que provoca a morte de fungos e previne seu crescimento. É considerado um fungicida de baixo risco quando se considera a capacidade de ocorrência de resistência de fungos ao fungicida.

3.8.1.1.1. Características do grupo: Fungicida mesostêmico com boa atividade protetora, curativa e antiesporulante. Fungicida efetivo contra Oomycetos, especialmente a família Peronosporaceae e *Phytophthora* spp., em diversas culturas. Não é efetivo contra *Pythium* spp. O dimetomorfe é utilizado como protetor no controle de míldio da videira e também no controle de requeima e tomate e batata.

3.8.1.1.2. Principais representantes do grupo:

a. dimethomorph

Nome comum: dimethomorph (dimetomorfe) - código FRAC : 15

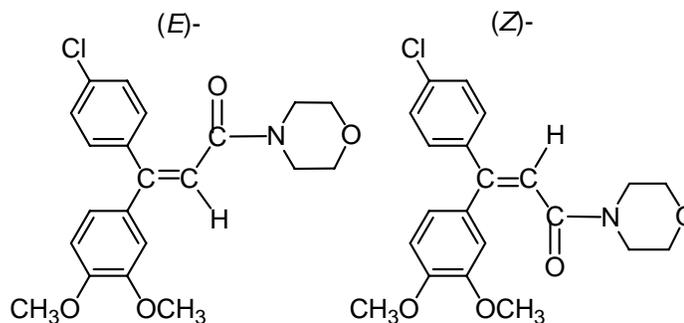
Formula molecular: $[C_{21}H_{22}ClNO_4]$

Nome químico: (EZ)-4-[3-(4-chlorophenyl)-3-(3,4-dimethoxyphenyl) acryloyl]morpholine

Utilizado para o controle efetivo de Oomicetos, especialmente Peronosporaceae e *Phytophthora* spp. nos cultivos de videira, tomate, batata e outras culturas, não sendo efetivo contra *Pythium* spp. (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Fórum. É registrado em outros países nas formulações DC, WG e WP com as marcas comerciais Acrobat, Fórum e Festival (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. flumorph (SYP-L190)

Nome comum: flumorph - código FRAC : 15

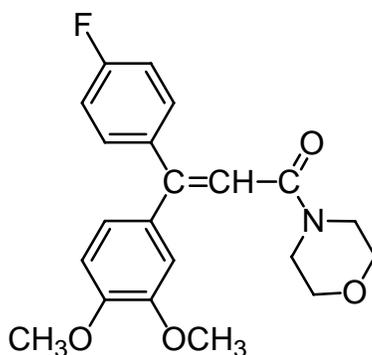
Formula molecular: $[C_{21}H_{22}FNO_4]$

Nome químico: (EZ)-4-[3-(3,4-dimethoxyphenyl)-3-(4-fluorophenyl)acryloyl]morpholine, (50% (E)-isomer, 50% (Z)-isomer)

Utilizado para o controle de *Pseudoperonospora cubensis*, *Peronospora parasítica*, *Plasmopara viticola* e *Phytophthora infestans* nos cultivos de pepino, brassicas, videira e tomate, respectivamente (Tomlin, 2002).

Registrado nas formulações EC e WP (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural: derivado de ácido cinâmico (análogo de dimethomorph)



3.8.1.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (Míldio, manchas foliares).

3.8.1.1.4. **Doses:** No Brasil dimetomorfe é utilizado a 0,8 kg p.c./ha. ou 150 g p.c./100 litros de água. Em outros países dimetomorfe é utilizado de 2,0 a 2,5 kg/ha (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.8.1.1.5. **Formulações:** WP (500 g/kg).

3.8.1.1.6. **Misturas:** No Brasil dimetomorfe é formulado com clorotalonil (Fórum Plus), existindo registros de misturas em outros países com mancozeb (Acrobat MZ; + Mancozeb; Invader), folpete (Fórum Star), e ainda ditianon, compostos de cobre e fentin hidroxide (AGROFIT, 2005; Tomlin, 1997; Tomlin, 2002).

3.8.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Baixo a médio risco de resistência, mas requerendo estratégias de manejo. Dimetomorfe é um produto que facilmente permite o desenvolvimento de biótipos de fungos resistentes. Por isso seu uso deve ser combinado com fungicidas que apresentem mecanismos de ação diferentes.

3.8.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta caso de fitotoxicidade relatada.

3.8.1.2. **Amidocarbamato de aminoácido:** O mecanismo de ação proposto para esta nova classe de fungicidas é a interferência na síntese da parede celular e na síntese de glucanas. Iprovalicarb é um novo fungicida sistêmico desta nova classe de fungicidas para utilização em videira e batata no controle de míldio e requeima, respectivamente. A dose proposta para uso varia de 0,12 kg/ha a 0,48 kg/ha em videira e 0,18 kg/ha em batata, com cinco pulverizações por estação e intervalos de 7 a 10 dias entre aplicações. Iprovalicarb é quimicamente composto de dois diastereoisômeros (S,R e S,S).

3.8.1.2.1. **Características do grupo:** Fungicida sistêmico com distribuição acropetal. Iprovalicarb inibe os estágios iniciais de desenvolvimento de *P. infestans*, tanto de esporângios como zoósporos, importantes do ponto de vista epidemiológico. Inibe também o crescimento micelial na mesma concentração. Atua tanto de forma protetora quanto curativa,

inibindo a colonização das células epidérmicas e parenquimatosas, impedindo a penetração do fungo (Jende et al, 1999).

3.8.1.2.2. Principais representantes do grupo:

a. bentiavalicarb

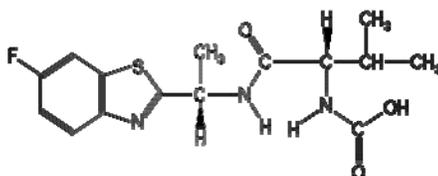
Nome comum: bentiavalicarb - código FRAC : U1

Formula molecular: $[C_{15}H_{18}FN_3O_3S]$

Nome químico: [(S)-1-{[(1R)-1-(6-fluoro-1,3-benzothiazol-2-yl)ethyl]carbamoyl}-2-methylpropyl]carbamic acid

Utilizado para os cultivos de batata, tomate e uva, sendo ativo para controle de oomicotas.

Fórmula estrutural:



b. iprovalicarb

Nome comum: iprovalicarb (iprovalicarbe) - código FRAC : U1

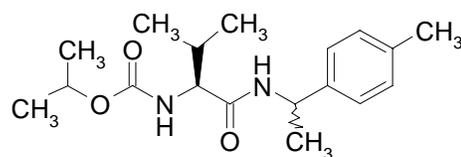
Formula molecular: $[C_{18}H_{28}N_2O_3]$

Nome químico: isopropyl 2-methyl-1-[(1-*p*-tolylethyl)carbamoyl]-(S)-propylcarbamate

Utilizado para o controle de Oomicetos tais como *Plasmopara viticola* nos cultivos de videira, *Phytophthora infestans* em batata e tomate, *Pseudocercospora cubensis* em pepino e *Peronospora tabacina* em tabaco (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Positron Duo, em mistura com propineb. Em outros países é formulado como SC, WG e WP com as marcas comerciais Invento e Melody (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.8.1.2.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle sobre doenças do Grupo V (Míldio, manchas foliares).

3.8.1.2.4. **Doses:** Iprovalicarb (2,0 a 2,5 kg p.c./ha). Em outros países iprovalicarb é utilizado de 120 – 220 g/ha (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.8.1.2.5. **Formulações:** WP (55 g/kg de iprovalicarbe + 613 g/kg de propineb) (AFROFIT, 2005).

3.8.1.2.6. **Misturas:** No Brasil iprovalicarb é formulado em mistura com propineb. Em outros países é formulado em mistura com propineb (Positron: Melody Duo), com folpete (Melody F), com mancozeb (Melody Méd) e com tolyfluanid (Melody Multi) (Tomlin, 2002).

3.8.1.2.7. **Riscos de Resistência:** Risco de resistência desconhecido.

3.8.1.2.8. **Fitotoxicidade:** Não fitotóxico se utilizado na dose recomendada.

3.8.2. **Biossíntese de Trehalase e Inositol:** Os fungicidas deste grupo apresentam como mecanismo de ação a interferência na biossíntese de trehalase inositol, afetando a síntese de polisacarídeos.

3.8.2.1. **Glucopyranosyl antibiotic:** O antibiótico glucopyranosil inibe a síntese da parede celular, não através da interação com alguma proteína, mas sim por afetar a síntese de polisacarídeos. Particularmente, validamycin inibe a biossíntese de trehalase e inositol (Mahmud, 2003).

3.8.2.1.1. **Características do grupo:** É um antibiótico não sistêmico com ação fungicida, mais efetivo contra fungos de solo e utilizado no controle de *Rhizoctonia solani* em arroz e outros cultivos e para tratamento de damping-off em olerícolas. Atua inibindo a elongação da hifa do agente causal pelo contato direto limitando o desenvolvimento da lesão. A partir do contato de validamycin com a hifa, seu efeito persiste por um longo período mesmo se chover após a aplicação.

3.8.2.1.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **validamycin**

Nome comum: validamycin - código FRAC : 26

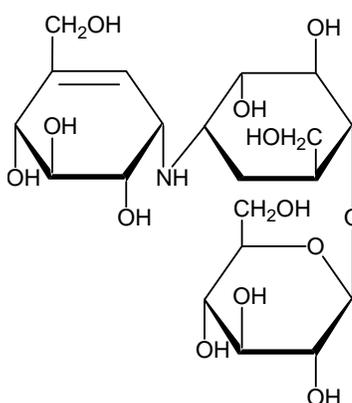
Formula molecular: $[C_{20}H_{35}NO_{13}]$

Nome químico: 1L-(1,3,4/2,6)-2,3-dihydroxy-6-hydroxymethyl-4-[(1S,4R,5S,6S)-4,5,6-trihydroxy-3-hydroxymethylcyclohex-2-enylamino]cyclohexyl β -D-glucopyranoside

Utilizado para o controle de *Rhizoctonia solani* nos cultivos de arroz, olerícolas, morango, tabaco, gengibre e outras culturas; tombamento de plântulas em algodão, arroz e beterraba açucareira (Tomlin, 2002).

Registrado nas formulações DP, DS, SL e líquido com as marcas comerciais Validacin, Mycin, Rhizocin, Solacol, Sheathmar, Valimun, Valida, Vimix e Vivadamy (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.8.2.1.3 **Principais doenças controladas:** Os produtos apresentam controle sobre doenças do Grupo I (Podridão de órgãos de reserva) Grupo II (Danos em plântulas) e Grupo III (Podridão de raízes).

3.8.2.1.4. **Doses:** 0.2% (ou 200 ml / 100 litros de água)

3.8.2.1.5. **Formulações:** Apresenta as formulações DP, DS, SL e Líquida (Tomlin, 2002).

3.8.2.1.6. **Misturas:** Em outros países é formulado em mistura com fenitrothion + kasugamicin *Kasu-rab-valida-sumi) e com fenitrothiun + kasugamicin + phthalide (Kasu-rab-validatrebon) (Tomlin, 2002).

3.8.2.1.7. **Riscos de Resistência:** Risco de resistência desconhecido.

3.8.2.1.8. **Fitotoxicidade:** não conhecida.

3.8.3. **Síntese de quitina:** A quitina é uma microfibrila componente de algumas células fúngicas da parede celular equivalendo às microfibrilas de celulose nas plantas. É uma característica dos Ascomycotas, Basidiomycotas e fungos Mitospóricos, mas ausente nos Oomicetos, que apresentam celulose como principal constituinte da parede celular. As moléculas de quitina são polímeros de N-acetyl-D-glucosamina com ligações b(1,4).

3.8.3.1. **Polyoxinas:** A família dos fungicidas polyoxinas obtida através de metabólitos secundários de *Streptomyces cacaoi* var. *asoensis* são estruturalmente similares a UDP-N-acetyl-D-glucosamina e caracterizados como inibidores competitivos da síntese da quitina (inibição da enzima quitina sintetase), seus representantes são o polyoxin B e polyoxorim. A síntese da quitina está localizada na membrana plasmática, no ápice do desenvolvimento da hifa, e sua inibição induz um colapso da integridade da parede celular, provocando um inchaço e estouro das hifas e tubo germinativo de esporos, resultando na eventual morte do fungo. Diferenças na atividade dos diferentes membros das Polioxinas refletem características governadas por peptídeos específicos. Diferentes peptídeos podem limitar a atividade da polyoxinas em seu mecanismo e podem também determinar a resistência aos fungicidas (Isono et al, 1969; Merino & Tejero, 1999).

3.8.3.1.1. **Características do grupo:** Polioxin é um fungicida sistêmico de aplicação foliar utilizado no controle de doenças causadas por *Rhizoctonia* em gramados. Polioxin-D suprime a síntese de quitina e previne a elongação e crescimento do micélio. Isto provoca ruptura na parede celular de células novas que inibe o crescimento do fungo. É rapidamente absorvido pelas plantas e translocado para o sitio de ação. Pode ser utilizado tanto em tratamento preventivo quanto curativo, em conjunto com boas práticas de manejo.

3.8.3.1.2. Principais representantes do grupo:

a. polyoxin (polyoxin B; polyoxin D = polyoxorim)

Nome comum: polyoxin - código FRAC : 19

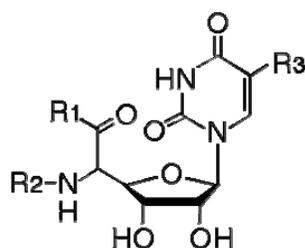
Formula molecular: $[C_{17}H_{23}N_5O_{14}]$

Nome químico: 5-(2-amino-5-O-carbamoyl-2-deoxy-L-xylonamido)-1-(5-carboxy-1,2,3,4-tetrahydro-2,4-dioxypyrimidin-1-yl)-1,5-dideoxy- β -D-allofuranuronic acid

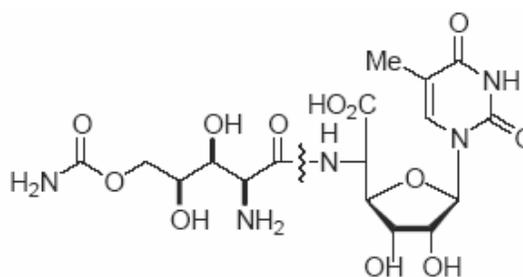
Polyoxin B é utilizado no controle de *Alternaria spp.* e oídios em maçãs e peras; *Botrytis cinerea* em videira; oídio em rosas, crisântemos, capsicum e melão; oídio, mancha marrom e podridão cinza em tabaco; oídio o mofo cinzento em morango; pinta preta em tomate; oídio, mofo cinzento, gomose, podridão de *Sclerotinia* e *Corynespora melonis* em cucurbitáceas; mancha de *Alternaria* em cenoura; mancha púrpura em alho-poró etc.. Polyoxorim (polyoxin D) é utilizado no controle de *Rhizoctonia solani* em arroz; cancro em maçãs e pêras; *R. solani*, *Drechslera*, *Bipolaris*, *Curvularia* e *Helminthosporium spp.* em gramados.

Não apresenta registro no Brasil.

Fórmula estrutural: Radical Polioxin e Polioxin J



Polioxin



Polioxin J

3.8.3.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo I (Podridões) e Grupo V (Manchas foliares).

3.8.3.1.4. **Doses:** Utilizar a dose de 200 g/ha no controle de *Rhizoctonia* em arroz (Tomlin, 2002).

3.8.3.1.5. **Formulações:** PM (Endorse WP). Polyoxin é formulado como EC; SG; WP com a marca comercial Polyoxin AL. Polyoxorim é formulado como PA e WP com as marcas comerciais Kakengel, Polyoxin Z e Stopit . Polyoxin B é formulado com a marca comercial Pio (Tomlin, 2002).

3.8.3.1.6. **Misturas:** Não há registro de formulações em mistura.

3.8.3.1.7. **Riscos de Resistência:** Médio risco de resistência necessitando de estratégias de manejo (FRAC, 2003).

3.8.3.1.8. **Fitotoxicidade:** não há registro de sintomas de fitotoxicidade.

3.9. **Inibição na biossíntese de melanina (MBI's):** Melanina é um termo genérico para pigmentos preto e marron. São condensados de fenóis e amplamente distribuídos na natureza, exemplos de sua diversidade química são encontrados em animais, plantas e fungos. A melanina nos fungos são biopolímeros sintetizados a partir de compostos fenólicos, que conferem certas vantagens em condições ambientes inadequadas e melhoram a virulência (Suryanarayanan, 2004). A exemplo, mutantes de *P. oryzae* deficientes em melanina não são patogênicos. A rota da biossíntese de melanina pode ser observada na Figura 24. Estudos com os principais inibidores mostram que as principais reações na síntese de melanina DHN (polímeros de 1,8-dihydroxynaphthalene) são de redução e desidratação enzimáticas. As enzimas redutase e desidratase são, portanto, consideradas como sendo os principais alvos para os inibidores da biossíntese de melanina. Estes pigmentos desempenham diversos papéis, mas em fungos, notadamente em *Pyricularia oryzae* e *Colletotrichum* spp., a biossíntese de

melanina é uma característica essencial na patogenicidade, sua síntese nas paredes do apressório é uma exigência para o desenvolvimento da hifa de infecção e subsequente penetração na epiderme do hospedeiro (Figura 25).

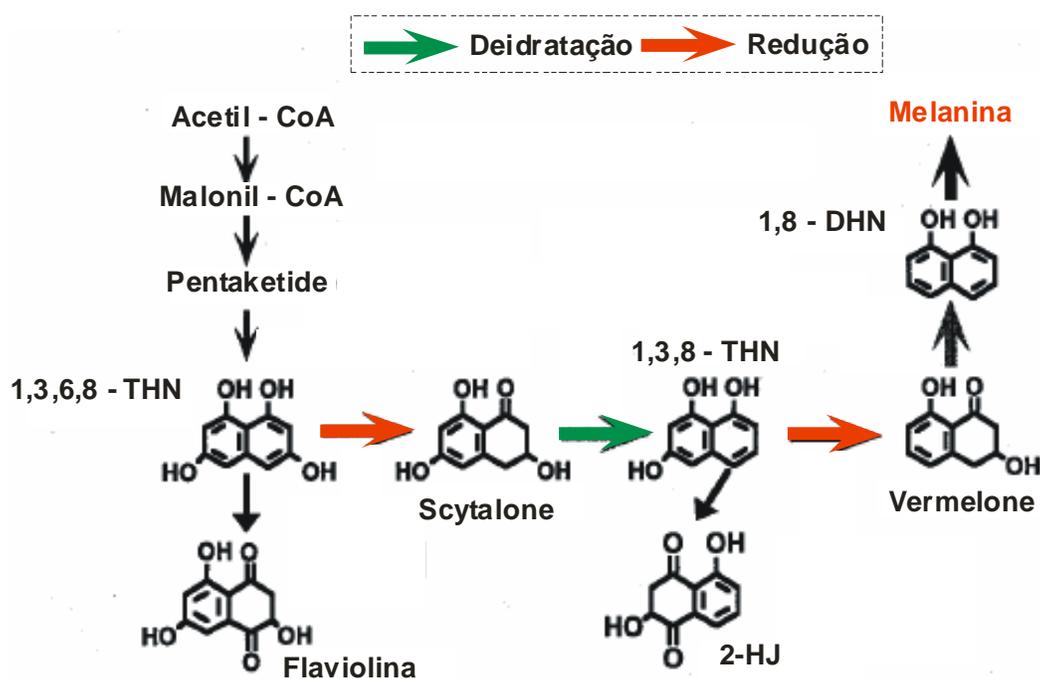


Figura 24. Rota biossintética da melanina (adaptado de KURAHASHI, 2001).

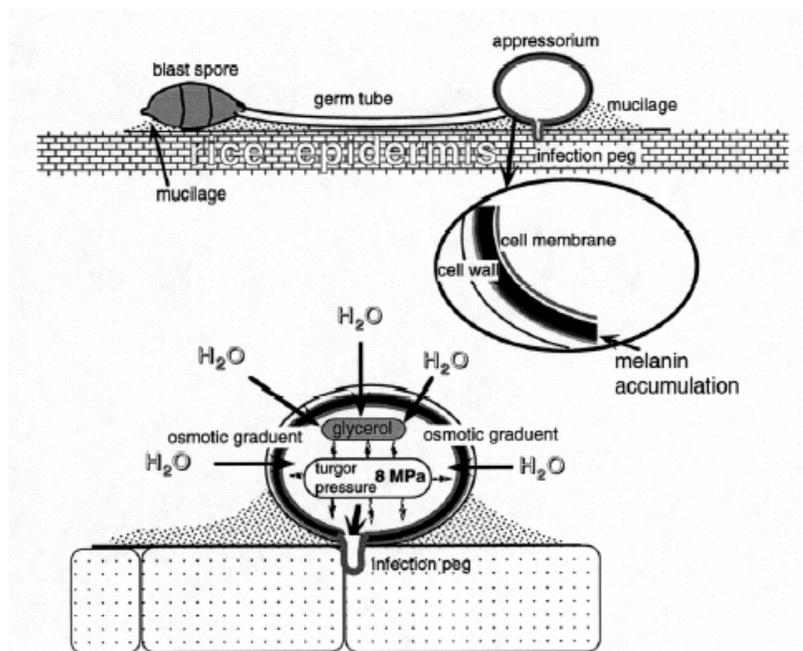


Figura 25. Mecanismo de penetração do apressório de *Pyricularia oryzae* em epiderme de arroz (adaptado de KURAHASHI, 2001).

3.9.1. Redutase na biossíntese de melanina: Durante a biossíntese de melanina em fungos a enzima tetrahydroxynaphthalene redutase catalisa a redução de NADPH-dependentes de 1,3,6,8-tetrahydroxynaphthalene (T4HN) em (+)-scytalone e 1,3,8-trihydroxynaphthalene em (-)-vermelone (Figura 26) (Thompson et al., 2000; Vidal-Cross et al., 1994).

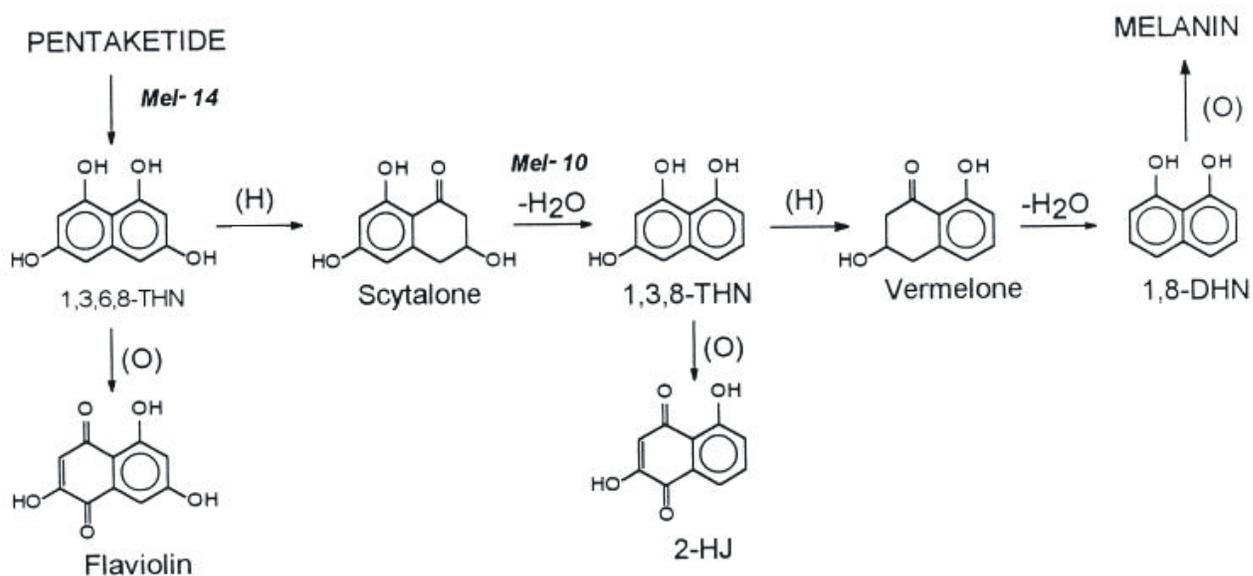


Figura 26. Função da enzima tetrahydroxynaphthalene redutase na biosíntese de melanina em fungos (adaptado de KURAHASHI, 2001 e KURAHASHI & PONTZEN, 1998).

3.9.1.1. **MBI-R (Inibidores da biosíntese de melanina-redutase):** A enzima trihydroxy naphthalene redutase (3HN-R) é o alvo biológico de três fungicidas comerciais (tricyclazole, pyroquilon e fthalide) que são aplicados no controle de brusone na cultura de arroz, conforme pode ser observado na Figura 27 (Thompson et al., 2000).

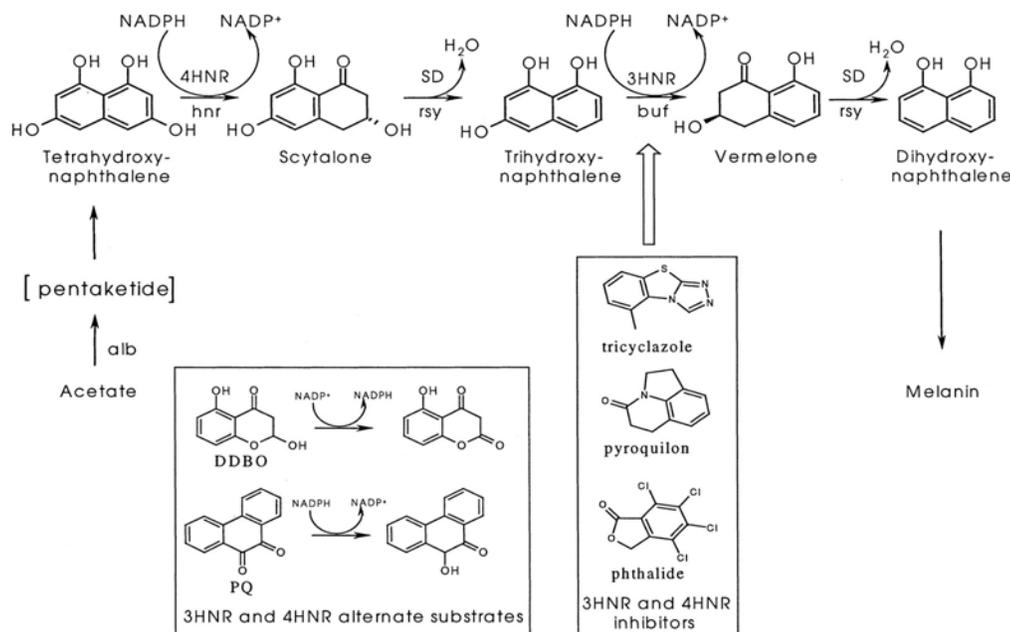


Figura 27. Sítio de ação dos fungicidas inibidores de 3HNR na biosíntese da melanina. Tricyclazole, pyroquilon e phthalide são os representantes comerciais destes fungicidas (adaptado de THOMPSON et al., 2000).

3.9.1.1.1. **Isobenzofuranone:** (Phenolphthalein) Os fungicidas deste grupo apresentam como mecanismo de ação a inibição da biossíntese de melanina através da redução de 1,3,8-trihydroxynaphthalene (Tomlin, 2002).

3.9.1.1.1.1. **Características do grupo:** O fungicida deste grupo apresenta ação anti-penetrante com atividade protetora (Tomlin, 2002).

3.9.1.1.1.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **fthalide**

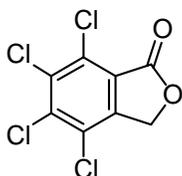
Nome comum: fthalide - código FRAC : 16.1

Formula molecular: [C₈H₂Cl₄O₂]

Nome químico: 4,5,6,7-tetrachlorophthalide

Utilizado para os cultivos de arroz no controle de brusone (*Pyricularis oryzae*), registrado com a marca comercial denominada Rabcide, é formulado como DP, SC e WP (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.9.1.1.1.3 **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle sobre doenças do Grupo V (Manchas foliares).

3.9.1.1.1.4. **Doses:** É utilizado na dose de 200 – 450 kg/ha (Tomlin, 2002).

3.9.1.1.1.5. **Formulações:** Formulado como DP, SC e WP com a marca comercial Rabcide (Tomlin, 2002).

3.9.1.1.1.6. **Misturas:** É formulado em mistura com ferimzone (Blasin), com edifenphos (Hinorabcide), com kasugamicina (Kasai, Kasu-rabcide), com fenitrothion + fenobucarb + kasugamicina (Kasu-rab-sumibassa), com etofenprox + kasugamicina + validamycin (Kasu-rab-validatrebon) e com etofenprox + flutolanil (Mon-Rab-Trebon F) (Tomlin, 2002).

3.9.1.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Não se conhece caso de resistência deste produto, bem como dos demais inibidores da redutase.

3.9.1.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Não há registro de fitotoxicidade.

3.9.1.1.2. **Quinolinona (pyrrolo-quinolinone):** o mecanismo de ação proposto e de inibidores da biossíntese de melanina através da redução de 1,3,8-trihydroxynaphthalene.

3.9.1.1.2.1. **Características do grupo:** São fungicidas sistêmicos com efetivo controle preventivo de *Pyricularia oryzae* em arroz, tanto em pulverização foliar quanto por tratamento de sementes (Tomlin, 1997).

3.9.1.1.2.2. Principais representantes do grupo:

a. pyroquilon

Nome comum: pyroquilon (piroquilona) - código FRAC : 16.1

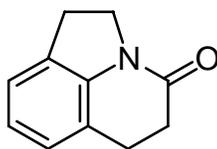
Formula molecular: [C₁₁H₁₁NO]

Nome químico: 1,2,5,6-tetrahydropyrrolo[3,2,1-ij]quinolin-4-one

Utilizado para o cultivo de arroz no controle de *Pyricularia oryzae* (brusone) com atividade sistêmica dando um efetivo controle preventivo (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Fongorene. Em outros países é formulado como GR e WP com as marcas comerciais Coratop e Fongorene (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.9.1.1.2.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (Manchas foliares).

3.9.1.1.2.4. **Doses:** 800 g/100 kg de sementes.

3.9.1.1.2.5. **Formulações:** WP (500 g/kg).

3.9.1.1.2.6. **Misturas:** No Brasil este produto não é formulado em mistura. Em outros países é formulado com propiconazole (Tifon), com fipronil + isoprothiolane (Pika Pika) (Tomlin, 2002).

3.9.1.1.2.7. **Riscos de Resistência:** Não se conhece caso de resistência deste produto, bem como dos demais inibidores da redutase (Tomlin, 2002).

3.9.1.1.2.8. **Fitotoxicidade:** Não há ocorrência de relatos de fototoxicidade de piroquilona.

3.9.1.1.3. **Triazolobenzothiazole** Tricyclazole é relatado como inibidor da síntese de melanina entre 1,3,8 trihidroxynaphtalene e vermelone onde a análise cromatográfica de meio de cultura de *P. oryzae* indicou que o tratamento com KTU 3616 estimulou o acúmulo de scytalone. Sobre plantas tratadas, a germinação conidial de *P. oryzae* e o desenvolvimento do apressório foram inalterados, mas a melanização no apressório foi reduzida, mudando a aparência de cinza escura para marrom claro. A subsequente formação do peg de infecção no apressório é inibida, desta forma bloqueando a infecção do hospedeiro. A biossíntese de melanina é uma característica essencial na patogenicidade, sua síntese nas paredes do apressório é uma exigência para o desenvolvimento da hifa de infecção e subsequente penetração na epiderme do hospedeiro. A exemplo, mutantes de *P. oryzae* deficientes em melanina não são patogênicos.

3.9.1.1.3.1. **Características do grupo:** Tricyclazole é um fungicida sistêmico rapidamente absorvido pelas folhas e raízes das plantas de arroz e redistribuído acropetalmente (Tomlin, 2002).

3.9.1.1.3.2 Principais representantes do grupo:

a. tricyclazole

Nome comum: tricyclazole - código FRAC : 16.1

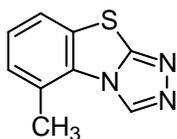
Formula molecular: $[C_9H_7N_3S]$

Nome químico: 5-methyl-1,2,4-triazolo[3,4-b][1,3]benzothiazole

Utilizado no Brasil para o cultivo de arroz (Andrei, 2005). Controla brusone tanto no arroz transplantado quanto no de semeadura direta, podendo apresentar mais de uma modalidade de aplicação (pulverização, embebição da raiz no transplante e rega das parcelas) (Tomlin, 2002).

Registrado na formulação Bim (WP 75%). Em outros países apresenta as formulações DP, GR, SC, WG e WP com as marcas comerciais Beam e Sazole (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.9.1.1.3.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (Manchas foliares).

3.9.1.1.3.4. **Doses:** tricyclazole: 200 a 300 g p.c./ha (Andrei, 2005).

3.9.1.1.3.5. **Formulações:** Tricyclazole (WP 75%) (Andrei, 2005).

3.9.1.1.3.6. **Misturas:** Não é formulado em mistura no Brasil (Andrei, 2005). Em outros países é formulado em mistura com imidacloprid (Beam Admire) (Tomlin, 2002).

3.9.1.1.3.7. **Riscos de Resistência:** Não se conhece caso de resistência deste produto, bem como dos demais inibidores da redutase.

3.9.1.1.3.8. **Fitotoxicidade:** não há relato de fitotoxicidade.

3.9.2 **Desidratase na biossíntese de melanina:** Scitalone desidratase é uma das enzimas envolvidas na biossíntese de melanina em fungos, que catalisa a desidratação de duas fases intermediárias neste processo (Figura 28) (Zheng & Bruice, 1998; Yamada et al, 2005).

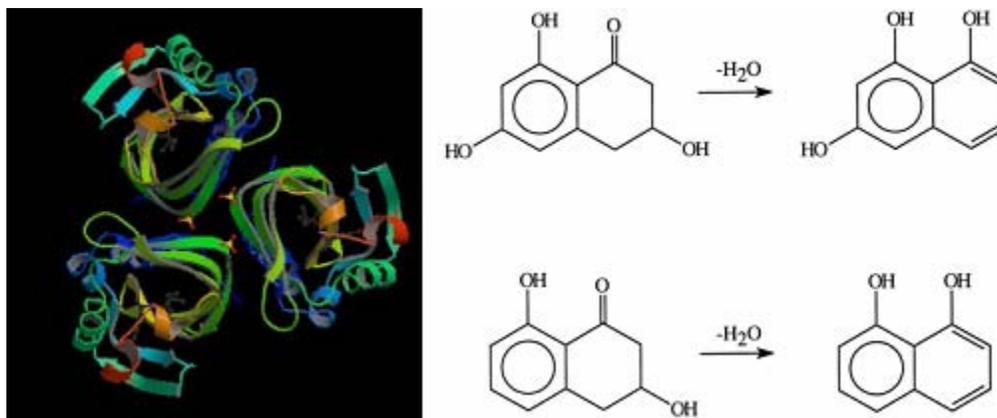


Figura 28. Estrutura de scytalone desidratase e reação natural catalizada por esta enzima na biossíntese de melanina (adaptado de LEE et al., 2003).

3.9.2.1 **MBI-D (Inibidores da biossíntese de melanina - desidratase):** Scytalone desidratase é um importante alvo para fungicidas que controlam a brusone no arroz (Zheng & Bruice, 1998).

3.9.2.1.1. **Amida (Ciclopropane-carboxamide):** Inibidores da biossíntese de melanina através da desidratação de scytalone para polímeros de 1,3,8-trihydroxynaphthalene e de vermelone para 1,8-dihydroxynaphthalene, com a inibição da enzima desidratase. Sua utilização também aumenta a resistência da cultura através da elevação na produção de fitoalexinas após a infecção das plantas pela brusone (Tomlin, 2002).

3.9.2.1.1.1 **Características do grupo:** Fungicida sistêmico com ação protetora utilizado no controle específico de *Pyricularia oryzae*. Por não apresentar propriedades curativas torna-se essencial o tratamento preventivo. Pode ser utilizado no tratamento de sementes, tratamento de plântulas em bandejas, mergulhia de bandeja com plântulas e também em pulverização foliar (Tomlin, 2002).

3.9.2.1.1.2. **Principais representantes do grupo:**

a. carpropamid

Nome comum: carpropamid (carpropamida) - código FRAC : 16.2

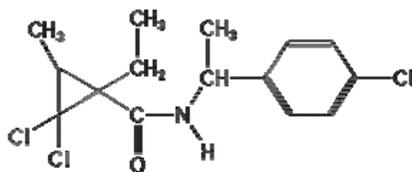
Formula molecular: $[C_{15}H_{18}Cl_3NO]$

Nome químico: 2,2-dichloro-*N*-[1-(4-chlorophenyl)ethyl]-1-ethyl-3-methylcyclopropane carboxamide

Utilizado para o cultivo de arroz sendo específico para o controle de *Pyricularia oryzae* (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Cleaness. É formulado em outros países como FS, GR, SC e WS com as marcas comerciais Arcado, Cleaness, Protega, Win, Seed One, Solazas e Zubard (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.9.2.1.1.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (Manchas foliares).

3.9.2.1.1.4. **Doses:** 300 a 350 ml/ha ou 400 ml/100 kg de sementes.

3.9.2.1.1.5. **Formulações:** SC (300 g/L).

3.9.2.1.1.6. **Misturas:** No Brasil carpropamida não é formulada em mistura. Existe relato de formulações em mistura com inseticida (Tomlin, 2002). Em outros países carpropamid é formulado em mistura com imidacloprid (Carrena) (Tomlin, 2002).

3.9.2.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Em 2001, isolados de *P. oryzae* com reduzida sensibilidade apareceram no Japão, sendo encarados como ameaça a proteção do arroz obtido por carpropamid. A causa da resistência foi identificada geneticamente como um ponto de mutação resultando na mudança de Val75Met na scytalone desidratase, o primeiro sítio do fungicida (Yamada et al., 2005). Atualmente, o uso deste fungicida apresenta médio risco de resistência de acordo com as normas do FRAC, necessitando a implementação de estratégias de manejo (FRAC, 2003).

3.9.2.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta relato de fitotoxicidade.

3.9.2.1.2. **Carboxamide:** Este grupo apresenta como mecanismo de ação a inibição da biosíntese de melanina através da interferência na enzima desidratase (Tomlin, 2002).

3.9.2.1.2.1. **Características do grupo:**

3.9.2.1.2.2. **Principais representantes do grupo:**

a. diclocymet

Nome comum: diclocymet - código FRAC : 16.2

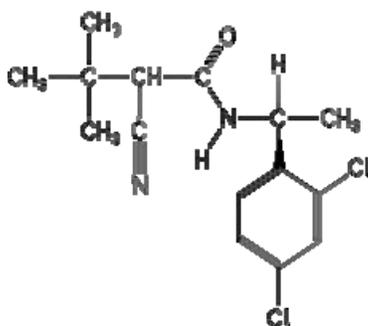
Formula molecular: [C₁₅H₁₈Cl₂N₂O]

Nome químico: (RS)-2-cyano-N-[(R)-1-(2,4-dichlorophenyl)ethyl]-3,3-dimethylbutyramide

Utilizado para o cultivo de arroz no controle de brusone (*Pyricularia oryzae*) (Tomlin, 2002).

Registrado com a marca comercial Delaus (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.9.2.1.2.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle sobre doenças do Grupo V (Manchas foliares).

3.9.2.1.2.4. **Doses:** Utilizar 1,5 g i.a/ha (grânulos) ou 90 a 120 g i.a/ha (pó) ou 50 a 75 ppm(pulverização) (Smith, 2002).

3.9.2.1.2.5. **Formulações:** GR (3%) ; PS(0,3%) ; SC(7,5%) (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

3.9.2.1.2.6. **Misturas:** Diclocymet é formulado em mistura com fipronil (Delaus-Prince) (Tomlin, 2002).

3.9.2.1.2.7. **Riscos de Resistência:** Apresenta médio risco de resistência de acordo com o FRAC, necessitando estratégias de manejo.

3.9.2.1.2.8. **Fitotoxicidade:** Não há registro de fitotoxicidade.

3.9.2.1.3. **Propionamide:** O mecanismo de ação deste grupo é a inibição da biossíntese de melanina, através da interferência com as enzimas desidratases que desidratam scytalone para trihydroxynaphthalene e vermelone para dihydroxynaphthalene (Tomlin, 2002).

3.9.2.1.3.1. **Características do grupo:** Fungicidas sistêmicos com atividade protetora e efeito residual (Tomlin, 2002).

3.9.2.1.3.2. **Principais representantes do grupo:**

a. fenoxanil

Nome comum: fenoxanil - código FRAC : 16.2

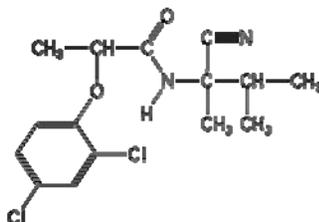
Formula molecular: $[C_{15}H_{18}Cl_2N_2O_2]$

Nome químico: mistura de 85% (R)-N-[(RS)-1-cyano-1,2-dimethylpropyl]-2-(2,4-dichlorophenoxy)propionamide e 15% (S)-N-[(RS)-1-cyano-1,2-dimethylpropyl]-2-(2,4-dichlorophenoxy)propionamide

Utilizado para o cultivo de arroz no controle de brusone (*Pyricularia oryzae*) através de pulverização foliar ou aplicação direta na água (Tomlin, 2002).

Registrado nas formulações pó e flowable com as marcas Achieve DL e Stopper SC (Smith, 2002; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.9.2.1.3.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo V (Manchas foliares).

3.9.2.1.3.4. **Doses:** Utilizar 120 a 150 g i.a/há em aplicação foliar e 2400 a 2700 g i.a/há em aplicação na água (Smith, 2002).

3.9.2.1.3.5. **Formulações:** 20% SC.

3.9.2.1.3.6. **Misturas:** É formulado em mistura com flutolanil (Achieve Moncut F) e com etofenprox + flutolanil (Moncut Trebon) (Tomlin, 2002).

3.9.2.1.3.7. **Riscos de Resistência:** Apresenta médio risco de resistência de acordo com o FRAC, necessitando estratégias de manejo (FRAC, 2003).

3.9.2.1.3.8. **Fitotoxicidade:** Não há relato de problemas com fitotoxicidade.

3.10. **Indutores de defesas em plantas hospedeiras:** São análogos aos indutores naturais de resistência em plantas hospedeiras, não apresentam atividade fungicida “in vitro”, entretanto quando aplicado sobre as plantas, ativam o sistema de defesa das mesmas, contra um largo espectro de patógenos (fungos, bactérias e inclusive vírus)(Kessmann et. al. 1996).

3.10.1. **Biossíntese do Ácido Salicílico:** White (1979), demonstrou que aplicações exógenas de ácido salicílico e outros ácidos benzóicos derivados resultam na acumulação de PR proteínas. Trabalhos científicos demonstraram que os sinais de um indutor de resistência são transportados sistemicamente no floema (Madamanchi & Kuc, 1991). A biossíntese do ácido salicílico, não é totalmente esclarecida, mas assume-se que Fenilalanina é convertida em ácido trans cinâmico (AC) através da fenilalanina-amônialase. O ácido trans cinâmico então é metabolizado para ácido benzóico (AB), o qual é então hidroxilado na posição 2 para ácido salicílico(Yalpani et. al., 1993). O ácido benzoico 2- hidroxilase tem sido caracterizado, sendo

sua produção induzida pela infecção do patógeno ou aplicações exógenas de ácido benzóico.(Léon et. al., 1995).

3.10.1.1. **Benzothiadiazole - BTH:** Experimentos em cevada demonstraram que todos os genes que estão relacionados com a indução de resistência e estresse são ativados por benzothiadiazole, com exceção de um tipo de PR proteína, a Bpr1. Estes genes que são ativados estão envolvidos na regulação dos níveis de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e geração de espécies reativas de oxigênio (oxalato oxidase, peroxidase e lipoxygenase) (Tokunaga et.al., 1998).

3.10.1.1.1. **Características do grupo:** São produtos de alta mobilidade, devido ao fato de serem ácidos fracos naturais. São transportados acropetal e basipetalmente pela planta, apresentando rápido metabolismo (Hewitt, 1998).

3.10.1.1.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **acibenzolar-S-methyl**

Nome comum: acibenzolar-S-methyl - código FRAC : P

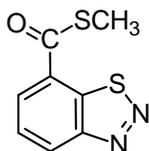
Formula molecular: [C₈H₆N₂OS₂]

Nome químico: S-methyl benzo[1,2,3]thiadiazole-7-carbothioate

Utilizado para os cultivos de arroz, banana, olerícolas, trigo e tabaco (Tomlin, 2002)

Registrado no Brasil para os cultivos de cacau, citros e tomate (AGROFIT, 2005)

Fórmula estrutural:



3.10.1.1.3. **Principais doenças controladas:** É utilizado para indução de resistência no hospedeiro visando auxiliar o controle de doenças do grupo V (manchas foliares) e Grupo VI (virose).

3.10.1.1.4. **Doses:** 500 a 1000 g p.c./ha ou 5 a 300 g p.c./100 litros de água; ou 30 – 50 g p.c./planta para uso em cacau (AGROFIT, 2005).

3.10.1.1.5. **Formulações:** No Brasil apresenta formulação WG (500 g/kg) (AGROFIT, 2005). Apresenta relatos de formulação SC e WG (Tomlin, 2002).

3.10.1.1.6. **Misturas:** No Brasil não é formulado em mistura (AGROFIT, 2005). Apresenta relato de mistura com metalaxil (Bion MX) (Tomlin, 2002).

3.10.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Não apresenta resistência conhecida.

3.10.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta registro de fitotoxicidade desde que utilizado conforme recomendação.

3.10.2. **Benzisothiazole:** O mecanismo de ação deste grupo refere-se à indução de resistência na planta hospedeira (Tomlin, 2002).

3.10.2.1. **Características do grupo:** Apresenta movimento acropetal, sendo absorvido pelas raízes. Inibe o desenvolvimento dos fungos nos estágios iniciais, reduzindo a germinação dos esporos, formação de apressórios e penetração de *Pyricularia grisea* em arroz. Nesta cultura estimula o acúmulo de substâncias fungitóxicas, incluindo ácido α -linoleico (Hewitt, 1998). Utilizado também na indução de respostas de defesa do hospedeiro contra a ação de bactérias nas culturas de arroz e pepino (Tomlin, 2002).

3.10.2.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **probenazole**

Nome comum: probenazole - código FRAC: P

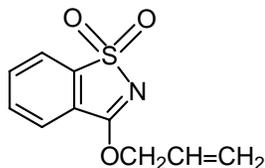
Formula molecular: [C₁₀H₉NO₃S]

Nome químico: 3-allyloxy-1,2-benz[*d*]isothiazole 1,1-dioxide.

Utilizado para os cultivos de arroz e pepino (Tomlin, 2002).

Não apresenta registro no Brasil, sendo registrado em outros países com a marca comercial Oryzemate para controle de bacterioses e brusone em arroz (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.10.2.3. **Principais doenças controladas:** É utilizado para indução de resistência no hospedeiro visando auxiliar o controle de doenças do grupo V (manchas foliares) apresentando atividade antifúngica e bacteriostática.

3.10.2.4. **Doses:** utilizado nas doses de 2.4 a 3.2 kg/ha do produto comercial (Tomlin, 2002).

3.10.2.5. **Formulações:** GR (Tomlin, 2002).

3.10.2.6. **Misturas:** é formulado em mistura com fipronil (Dr. Oryze-Prince) e com benfuracarb (Judge) (Tomlin, 2002).

3.10.2.7. **Riscos de Resistência:** Não apresenta resistência conhecida

3.10.2.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta relatos de fitotoxicidade.

3.11. **Mecanismo de ação indefinido:** a este grupo pertencem os fungicidas que ainda não foram comprovados com clareza os sítios de atuação no metabolismo do patógeno.

3.11.1. **Fosfanato:** O fungicida fosetil é conhecido como efetivo no controle de algumas doenças causadas por Peronosporales. Ele apresenta um complexo mecanismo de ação, atuando em ambos, diretamente sobre o patógeno e indiretamente pela indução de respostas de defesa no hospedeiro (Labuschagne, 2005). Testes *in vitro* demonstram que fosetil apresenta uma pequena capacidade antifúngica, necessitando elevadas concentrações (500 µg/ml ou mais) para inibir o crescimento fúngico e para inibir a esporulação são necessárias 50 µg/ml

ou mais. Na planta ele se mostra ativo a concentrações de 10 µg/ml. Uma explicação seria que dentro da planta ele é quebrado em um derivado mais tóxico, que atuará sobre o patógeno. Fosetil desdobra-se para ácido fosforoso, que pode apresentar alguma ação direta sobre o patógeno, mas somente sob baixas condições de fosfato. Um número de outros nutrientes e condições de crescimento pode afetar sua fungitoxidade direta, mas evidências indicam que ele não é um tóxico tão perigoso que explique a atividade de fosetil na planta. Por outro lado, existem fortes evidências que fosetil induz respostas de resistência na planta após infecção. Plantas normalmente suscetíveis tratadas com fosetil apresentaram estas respostas. A proteção induzida por fosetil está associada com reações de hipersensibilidade a aumento nos níveis de fitoalexinas maiores que o normal (Guest, 2005).

3.11.1.1. Características do grupo: Fosetil é um fungicida de amplo espectro que atua inibindo a germinação de esporos ou bloqueando o desenvolvimento do micélio e a esporulação. Ele é rapidamente absorvido pela planta com translocação acropetal e basipetal. Este produto é freqüentemente utilizado no controle de míldios e podridões e uma grande variedade de plantas frutíferas e olerícolas. Fosetil é um fungicida verdadeiramente sistêmico exibindo movimento no floema (transporte simplástico) quando comparado com outros fungicidas sistêmicos que são transportados no xilema (transporte apoplástico) (Rimelspach e Boehm, 2004; Tomlin, 2002).

3.11.1.2. Principais representantes do grupo:

a. fosetyl-Al

Nome comum: fosetyl-Al (fosetil) - código FRAC : 33

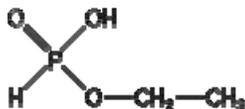
Formula molecular: $[C_2H_7O_3P]$

Nome químico: ethyl hydrogen phosphonate

Utilizado para o controle de doenças causadas por Oomicetos (*Phytophthora*, *Pythium*, *Plasmopara*, *Bremia* e outros) nos cultivos de videira, citros, abacaxi, abacate, fruteiras de caroço, pomáceas, olerícolas, lúpulo, ornamentais e gramados (Tomlin, 2002). Registrado no Brasil na formulação Aliette. Em outros países é formulado como WG e WP

com as marcas comerciais Aliette, Prudence, R6 Triplo, Fosbel, Fosetal, Manaus, Terremote e Valete) (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. phosphorous acid

Nome comum: phosphorous acid (ácido fosfórico) - código FRAC : 33

Formula molecular: [H₃O₃P; H₂KO₃P (sal monopotássico); HK₂O₃P (sal dipotássico)]

Nome químico: phosphonic acid; potassium phosphonate (for monopotassium salt); dipotassium phosphonate

Utilizado para o controle de *Phytophthora* spp., míldio e outras doenças em cultivos de citros, videira, framboesas, morango, ornamentais, gramados e outras culturas (Tomlin, 2002).

Registrado em formulações líquidas solúveis em água com as marcas comerciais Agri-Fos, Foli-R-Fos, Phostrol e Prophyt (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:

3.11.1.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida é utilizado no controle de doenças do Grupo II (danos em plântulas), Grupo III (podridões de raízes) e Grupo V (míldios).

3.11.1.4. **Doses:** 2,0 kg p.c./ha ou 250 g p.c./100 litros de água ou 2,5 kg p.c./100 litros de água no controle de *P. palmivora* em seringueira.

3.11.1.5. **Formulações:** WP (800 g/kg).

3.11.1.6. **Misturas:** Não é formulado em mistura no Brasil, mas em outros países é formulado em mistura com iprodione (Chipco), fenamidone (Elicio), folpete (Mikal; Flash), mancozeb (Rhodax; Artimon; Rhodax Express) e metiram (Sillage), sendo ainda formulado em mistura tripla com benalaxyl + mancozeb (Carlit) (Tomlin, 2002).

3.11.1.7. **Riscos de Resistência:** Fosfanatos não apresentam um modo de ação bem definido. A utilização por vários anos não tem revelado maiores problemas de resistência. Não existe resistência cruzada entre os membros de grupos com mecanismo de ação indefinido.

3.11.1.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta relatos de fitotoxicidade se utilizado na dose e condição recomendadas. Este produto apresenta incompatibilidade com adubos foliares (Tomlin, 2002).

3.11.2. Phthalamic acids:

3.11.2.1. Características do grupo:

3.11.2.2. Principais representantes do grupo:

a. teclofthalan

Nome comum: teclofthalan - código FRAC : 34

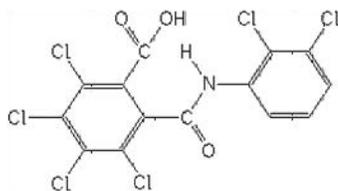
Formula molecular: $[C_{14}H_5Cl_6NO_3]$

Nome químico: 3,4,5,6-tetrachloro-N-(2,3-dichlorophenyl)phthalamic acid

Utilizado para os cultivos de arroz no controle de *Xanthomonas campestris* (INFOCHEM, 2005).

Em desenvolvimento identificado por Shiragen – S ou F370 ou SF 7306 ou SF7402 da empresa SANKYO (INFOCHEM, 2005).

Fórmula estrutural:



3.11.2.3. **Principais doenças controladas:** é um bactericida

3.11.2.4. **Doses:** não disponível.

3.11.2.5. **Formulações:** não disponível.

3.11.2.6. **Misturas:** não há relato de utilização em mistura.

3.11.2.7. **Riscos de Resistência:** Risco baixo de resistência, não apresentando resistência cruzada entre os membros do grupo (FRAC, 2003).

3.11.2.8. **Fitotoxicidade:** não há relatos de fitotoxicidade.

3.11.3. **Benzotriazines:** Os fungicidas deste grupo não apresentam mecanismo de ação conhecido (FRAC, 2003).

3.11.3.1. **Características do grupo:** Fungicida não sistêmico específico para o controle de *Pyrenophora* spp. via tratamento de sementes (Tomlin, 2002).

3.11.3.2. **Principais representantes do grupo:**

a. triazoxide

Nome comum: triazoxide - código FRAC : 35

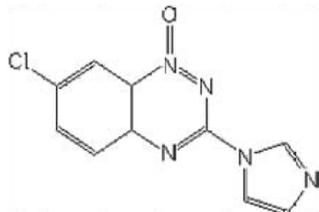
Formula molecular: [C₁₀H₆ClN₅O]

Nome químico: 7-chloro-3-imidazol-1-yl-1,2,4-benzotriazine 1-oxide

Utilizado exclusivamente no tratamento de sementes visando o controle de *Pyrenophora gramínea* e *P. teres* em cevada, sendo utilizado somente em combinação com outros fungicidas (Tomlin, 2002)

Registrado nas formulações FS e WS com as marcas comerciais Raxil S (em mistura com tebuconazole para tratamento de sementes (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.11.3.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle sobre doenças do Grupo III (Podridão de raízes) e Grupo V (Manchas foliares) (Tomlin, 2002).

3.11.3.4. **Doses:** Utilizado somente em combinação com outros fungicidas na dose de 2 a 3 g/bandeja de sementes (Tomlin, 2002).

3.11.3.5. **Formulações:** É formulado como FS e WS somente em mistura com outros fungicidas e/ou com outros fungicidas juntamente com inseticidas (Tomlin, 2002).

3.11.3.6. **Misturas:** Utilizado exclusivamente em mistura onde destacamos a mistura com tebuconazole (Raxil; Dubelt Jecsmien; Raxil S CF; Raxil Combi), com imidacloprid + tebuconazole (Gaúcho Orge; Raxil Secur; Ferial Orge), com anthraquinone + triadimenol (Baytan TA, Brio Flo)

3.11.3.7. **Riscos de Resistência:** Apresenta baixo risco de resistência, foi observado que não revela maiores problemas de resistência, não existindo resistência cruzada entre os grupos membros (Tomlin, 2002).

3.11.3.8. **Fitotoxicidade:** não há relatos de fitotoxicidade.

3.11.4. **Benzene-sulfonamides:** Os fungicidas deste grupo não apresentam mecanismo de ação conhecido (FRAC, 2003).

3.11.4.1. **Características do grupo:** Os fungicidas deste grupo inibem a germinação de esporos (Tomlin, 2002).

3.11.4.2. **Principais representantes do grupo:**

a. flusulfamide

Nome comum: flusulfamide - código FRAC : 36

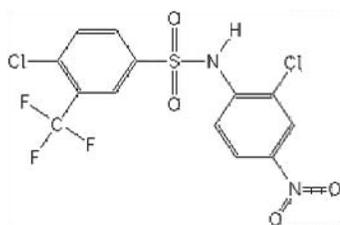
Formula molecular: [C₁₃H₇Cl₂F₃N₂O₄S]

Nome químico: 2',4-dichloro- α,α,α -trifluoro-4'-nitro-*m*-toluenesulfonanilide

Utilizado como tratamento de solo para controle de *Plasmodiophora brassicae* em brassicas e *Polymyxa betae* em beterraba açucareira (Fungo vetor de BYVV – beet yellow vein vírus) (Tomlin, 2002).

Registrado nas formulações DP e SC com a marca comercial Nebijin (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. amisulbrom

Nome comum: amisulbrom - código FRAC : 36

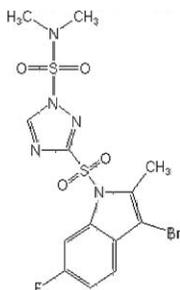
Formula molecular: [C₁₃H₁₃BrFN₅O₄S₂]

Nome químico: 3-(3-bromo-6-fluoro-2-methylindol-1-ylsulfonyl)-*N,N*-dimethyl-1,2,4-triazole-1-sulfonamide

Utilizado para os cultivos de : não disponível

O produto está em desenvolvimento não se encontra registrado

Fórmula estrutural:



3.11.4.3. **Principais doenças controladas:** Os fungicidas apresentam controle sobre doenças do Grupo III (Podridão de raízes).

3.11.4.4. **Doses:** Flusulfamide é usado como tratamento de solo na dose de 0,6 – 0,9 kg/ha.

3.11.4.5. **Formulações:** Flusulfamide é formulado como DP e SC.

3.11.4.6. **Misturas:** Flusulfamide não é formulado em mistura.

3.11.4.7. **Riscos de Resistência:** Baixo risco, não existindo resistência cruzada entre os membros do grupo (Tomlin, 2002).

3.11.4.8. **Fitotoxicidade:** Não há relato de problemas de fitotoxicidade.

3.11.5. **Pyridazinones:** O mecanismo de ação para este grupo é desconhecido (FRAC, 2003).

3.11.5.1. **Características do grupo:** Diclomezine, o fungicida representante deste grupo, apresenta atividade protetora e curativa. Inibe a formação de septos e o crescimento micelial (Tomlin, 2002).

3.11.5.2. **Principais representantes do grupo:**

a. diclomezine

Nome comum: diclomezine - código FRAC : 37

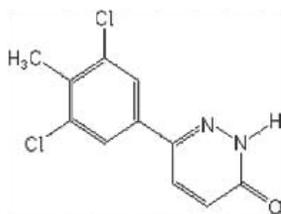
Formula molecular: $[C_{11}H_8Cl_2N_2O]$

Nome químico: 6-(3,5-dichlorophenyl-p-tolyl)pyridazin-3(2H)-one

Utilizado para o controle de *Rhizoctonia* e *Sclerotium* spp. em arroz; no controle de mofo branco em amendoim e doenças provocadas por *Rhizoctonia* em gramados (Tomlin, 2002).

Registrado nas formulações DP, SC e WP com a marca comercial Monguard (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.11.5.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida deste grupo apresenta controle sobre doenças do Grupo I (Podridão em órgãos de reserva) e do Grupo II (Danos em plântulas).

3.11.5.4. **Doses:** Pulverizar entre 360 a 480 g/ha (Tomlin, 2002).

3.11.5.5. **Formulações:** é formulado como DP, SC e WP com a marca comercial Monguard (Tomlin, 2002).

3.11.5.6. **Misturas:** Não apresenta registro de formulação em mistura.

3.11.5.7. **Riscos de Resistência:** Considerado de baixo risco de resistência, não apresentando problemas de resistência com outros membros (FRAC, 2003).

3.11.5.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta registro de fitotoxicidade se utilizado na dose recomendada.

3.11.6. **Thiocarbamate:** Os fungicidas deste grupo não apresentam mecanismo de ação conhecido (FRAC, 2003). Os componentes deste grupo são inibidores de squalene epoxidase, não tendo sido detectada resistência para humanos, mas, fenótipos resistentes tem sido descritos para variantes de *Saccharomyces cerevisiae* e para o carvão do milho *Ustilago maydis*, que foram detectados pelo redução da afinidade do composto pelo sítio alvo (Bossche, 1997).

3.11.6.1. **Características do grupo:**

3.11.6.2. **Principais representantes do grupo:**

a. methasulfocarb

Nome comum: methasulfocarb - código FRAC : U4

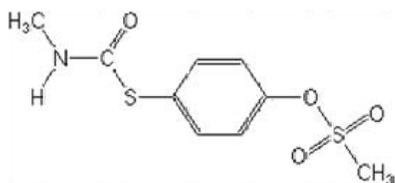
Formula molecular: [C₉H₁₁NO₄S₂]

Nome químico: S-4-(mesyloxy)phenyl methylthiocarbamate

Utilizado como fungicida de solo para o controle de *Corticium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Pseudomonas*, *Pythium*, *Rhizopus*, *Rhizoctonia* e *Trichoderma* spp. em arroz (Tomlin, 2002).

Registrado na formulação DP com a marca comercial de Kayabest (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.11.6.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida deste grupo apresenta controle sobre doenças do Grupo I (Podridão em órgãos de reserva) e do Grupo II (Danos em plântulas).

3.11.6.4. **Doses:** Aplicar entre 0,6 - 1,0 g/bandeja de mudas de arroz (Tomlin, 2002).

3.11.6.5. **Formulações:** Em outros países é formulado como DP com a marca comercial Kayabest (Tomlin, 2002).

3.11.6.6. **Misturas:** Não apresenta registro de formulação em mistura.

3.11.6.7. **Riscos de Resistência:** Considerado de baixo risco de resistência, não apresentando problemas de resistência com outros membros (FRAC, 2003).

3.11.6.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta registro de fitotoxicidade.

3.11.7. **Thiazole-carboxamides:** Este grupo de fungicidas de acordo com a classificação do FRAC (2003) é de modo de ação desconhecido. Os fungicidas deste grupo apresentam como proposta de mecanismo de ação a inibição da migração do núcleo para a formação do tubo germinativo e do micélio (Smith, 2004). Inibe também o consumo de oxigênio na mitocôndria, afetando a respiração celular.

3.11.7.1. **Características do grupo:** O fungicida ethaboxam apresenta atividade sistêmica e translaminar, atuando de forma preventiva e curativa. Age inibindo a germinação do esporângio o crescimento micelial e a esporulação (Smith, 2004; Tomlin, 2002).

3.11.7.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **ethaboxam**

Nome comum: ethaboxam - código FRAC : U5

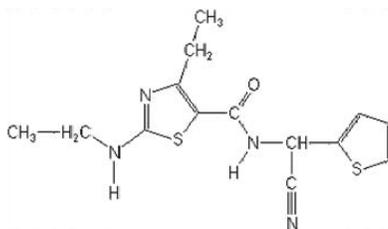
Formula molecular: $[C_{14}H_{16}N_4OS_2]$

Nome químico: (RS)-N-(α -cyano-2-thenyl)-4-ethyl-2-(ethylamino)-1,3-thiazole-5-carboxamide

Utilizado para o controle de Oomycetos nos cultivos de batata, tomate, videira, cucurbitáceas, ginseng, pimentão, sésamo e melancia (Smith, 2004).

Registrado na formulação WP e SC com a marca comercial Guardian (Smith, 2004).

Fórmula estrutural:



3.11.7.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle sobre doenças do Grupo V (míldio).

3.11.7.4. **Doses:** 100 a 200 g/ha em pulverização foliar (Smith, 2004).

3.11.7.5. **Formulações:** WP (25%) e SC (15%)

3.11.7.6. **Misturas:** Em outros países é utilizado em mistura com metalaxyl (Allcharm), com famoxadone (Chamisan). Apresenta ainda citações de misturas com cimoxanyl, dimethomorph e triflumizole (Smith, 2004).

3.11.7.7. **Riscos de Resistência:** O representante deste grupo não apresenta resistência cruzada com fenilamidas, dimetomorfe e estrobilurinas. É considerado um grupo de baixo risco de resistência pois mesmo sendo utilizado por vários anos não tem revelado maiores problemas de resistência (Smith, 2004; Tomlin, 2002).

3.11.7.8. **Fitotoxicidade:** Não apresenta relato de fitotoxicidade se utilizado na dose recomendada.

3.12. **Interferência Generalizada das Funções Celulares (atividade multi-sítio):** Ocorrem diferentes interferências simultâneas na célula fúngica, provocadas pela ação múltipla dos compostos em diferentes grupos enzimáticos e passos metabólicos vitais. Os efeitos observados afetam a respiração celular, a permeabilidade da membrana e, principalmente, na atuação das enzimas.

Os fungicidas deste grupo são os compostos mais antigos conhecidos, representados por simples compostos inorgânicos até complexas estruturas orgânicas. São caracterizados por compostos não-sistêmicos que formam uma superfície protetora contra infecções, atuam de forma curativa ou erradicante contra colônias fúngicas já estabelecidas. De uma forma geral interferem em diferentes processos bioquímicos simultaneamente, principalmente através da afinidade com diversas enzimas responsáveis por passos metabólicos vitais para os fungos, ou ainda formando compostos com metais pesados.

3.12.1. **Inorgânicos:** Critério de classificação química dos fungicidas, onde atualmente se agrupam os fungicidas cúpricos e sulfurados. São fungicidas com mecanismo de ação multi sítio

3.12.1.1. **Cobre:** Na forma de Cu^{+2} é prontamente acumulado em células de fungos sensíveis, formando complexos com enzimas que possuem grupos sulfidríla, hidroxila, amino ou carboxila. Estas enzimas são inativadas ocorrendo uma desordem generalizada no metabolismo e o rompimento da integridade da célula.

3.12.1.1.1. **Características do grupo:** Fungicida protetor, o cobre normalmente é utilizado como uma camada de cobertura protegendo a planta contra doenças durante a fase de crescimento. Os produtos à base de cobre devem mostrar-se insolúveis em água, evitando desta forma os efeitos fitotóxicos do íon Cobre.

3.12.1.1.2. **Principais representantes do grupo:**

a. copper hydroxide

Nome comum: copper hydroxide (hidróxido de cobre) - código FRAC : M1

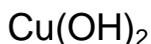
Formula molecular: $[\text{Cu}(\text{OH})_2]$

Nome químico: cupric hydroxide

Utilizado para o controle de Peronosporaceae em videira, lúpulo e brássicas; *Alternaria* e *Phytophthora* em batata; *Septoria* em aipo e *Septoria*, *Mycosphaerella* e *Leptosphaeria* em cereais (Tomlin, 2002)

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Contact, Garant, Garant BR, Garra 450 WP, Kocide WDG, Bioactive e Supera. É formulado em outros países como WP com a marca comercial Rameazzurro (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. copper oxychloride

Nome comum: copper oxychloride (oxicloreto de cobre) - código FRAC : M1

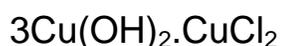
Formula molecular: $[\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3]$

Nome químico: dicopper chloride trihydroxide

Utilizado para o controle de requeima em batata, tomate e outras olerícolas; manchas foliares em beterraba, aipo, aipo-rabano, oliveira e groselha; míldio em videira, lúpulo, espinafre e ornamentais; cancro e sarna e pomáceas e fruteiras de caroço; verrugose e melanose em citros; ferrugem de aspargo; crespadeira do pessegueiro; míldio em melão e cucurbitáceas; doenças bacterianas em alface; etc. (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Agrinose, Cobox, Cobox DF, Cobre Fersol, Cupravit Azul BR, Cupravit Verde, Cuprogarb 350, Cuprogarb 500, Cupuran 350 PM, Cupuran 500 PM, Dacobre PM, Fungitol Azul, Fungitol Verde, Hokko Cupra 500, Propose, Ramexane 850 PM, Reconil, Recop. Oxicloreto cobre é formulado em mistura com mancozeb (Cuprozeb), clorotalonil (Dacobre PM; Strike) e ciproconazol (Resist). Em outros países é formulado como DP, PA, SC, WG e WP com as marcas comerciais Blitox, Cekucobre, Cobox, Coprantol, Coprarex, Coptox, Cuprokyt, Deutsh Bordeaux A, Dhanucop, Funguran, Hilcopper, Kapper, Ossirame, Oxicob, Oxycop, Pasta Caffaro e Recop (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



c. copper oxide

Nome comum: copper oxide (óxido cuproso) - código FRAC : M1

Formula molecular: $[\text{Cu}_2\text{O}]$

Nome químico: cuprous oxide

Utilizado para o controle de míldio, ferrugem e manchas foliares em diversos cultivos, incluindo batata, tomate, videira, lúpulo, oliveira, fruteiras de caroço, citros, beterraba, beterraba açucareira, aipo, cenoura, café, chá, banana e outras.

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Cobre Sandoz BR e Redshield 750. Em outros países é formulado como WG e WP com a marca comercial Cuprox (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



d. copper sulphate

Nome comum: copper sulphate (sulfato de cobre) - código FRAC : M1

Formula molecular: [CuO₄S]

Nome químico: copper (II) tetraoxosulfate

Utilizado como algicida aquático e fungicida foliar. Controle muitas espécies de algas em lagoas, lagos, piscinas, campos de arroz, represas, etc. Utilizado como fungicida de amplo espectro quando misturado com cal (calda bordaleza). Também é utilizado como preservativo de madeira (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Sulfato de Cobre Agrimar e Sulfato de Cobre Microsal. Sulfato de cobre é formulado em mistura com oxitetraciclina (Agrimaicin 500). É formulado em outros países como SC e WP com as marcas comerciais Blue Viking, Mastercop, Sulfacob e Triangle Brand (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.12.1.1.3. **Principais doenças controladas:** O cobre é utilizado no controle de doenças do Grupo V (ferrugem, oídio, míldio; manchas foliares) e também em doenças do Grupo I (podridão em órgãos de reserva).

3.12.1.1.4. **Doses:** hidróxido de cobre (0,8 a 5,0 kg p.c./ha ou 150 a 500 g p.c./100 L de água, de acordo com a cultura), oxiclreto de cobre (2,0 a 5,0 kg p.c./ha, 6 a 12 g p.c./planta ou 200 a 250 g p.c./100 L de água), sulfato de cobre (de 400 a 700 g p.c./ 100 litros de água e 1000 ml p.c./ha, de acordo com a cultura).

3.12.1.1.5. **Formulações:** GR (538 g/kg; 990 g/kg), SC (537,44 g/L), SG (985 g/kg), WP (450 g/kg; 560 g/kg; 588 g/kg; 600 g/kg; 691 g/kg; 840 g/kg, 850 g/kg; 860 g/kg).

3.12.1.1.6. **Misturas:** oxiclreto de cobre + mancozeb; oxiclreto de cobre + clorotalonil; oxiclreto de cobre + ciproconazol; sulfato de cobre + oxitetraciclina. Em outros países o sulfato de cobre é misturado com cimoxanyl (Glover; Copral), com hidróxido de cobre (GX-270), com oxiclreto de cobre + mancozeb (Mantox-Forte) e com enxofre (Top-Cop). Oxiclreto de cobre é formulado em mistura com metalaxyl (Agromil Plus; Ridomil Plus;

Vacomil Plus), com manebe + enxofre (Ashlade SMC), com cymoxanil + metiram (Aviso Cup), com clorotalonil (Bravo C/M), com carbendazim (Cukarb), com zineb (Cupro Phynebe), com dichlofluanid (Euparen Ramato), com kasugamicina (Kasu-ran), com cymoxanil (Kupfer Fusilan), com propineb (Lonacol), com mancozeb (Mankuprox; Mantox), com sulfato de cobre + mancozeb (Mantox-Forte), com metalaxyl-M (Ridomil Gold Plus), com cymoxanil + folpete + mancozeb (Syphal LS), com clorotalonil (Terranil CU), com manebe + enxofre (Tripart Senator), com benomyl (Viben-C) e com zineb (Vipesco). Hidróxido de cobre é formulado em mistura com ipconazole (Techlead C) (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.12.1.1.7. **Riscos de Resistência:** Baixo risco de resistência devido à multiplicidade de sítios de atuação e a baixa pressão de uso.

3.12.1.1.8. **Fitotoxicidade:** Hidróxido de cobre não fitotóxico nas doses recomendadas. Oxicloreto de cobre é não fitotóxico nas doses recomendadas, exceto para cenoura e batata. Pode ocorrer *russetting* em algumas cultivares de maçã. Sulfato de cobre pode se tornar fitotóxico para a maioria das plantas na forma de calda bordaleza.

3.12.1.2. **Enxofre:** Os fungicidas à base de enxofre inibem a germinação de conídios. O enxofre atua em diversos sítios bioquímicos. Inibe a respiração celular através de seus produtos de redução, como sulfito de hidrogênio, interfere da síntese de proteínas e forma quelatos com metais pesados na célula do fungo.

3.12.1.2.1. **Características do grupo:** Atua como fungicida protetor inibindo a germinação conidial. O uso combinado de enxofre com a cal controla oídio em diversas fruteiras (Tomlin, 2002).

3.12.1.2.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **sulphur**

Nome comum: sulphur (enxofre elementar) - código FRAC : M2

Formula molecular: [S_x]

Utilizado para o controle de oídio em uma grande variedade de cultivos, incluindo frutíferas, videira, lúpulo, beterrada, cereais, citros, ornamentais, cucurbitáceas, olerícolas e florestais. É também utilizado no controle de ácaros em diversos cultivos (Tomlin, 2002)

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Cover DF, Defend WDG, Enxofre Fersol 520 SC, Highcrop 680 SC, Kumulus DF, Kumulus DF-AG, Microsulfan 800 PM, Microthiol Dispers WG, Microzol, Nutrixofre 800, Rapid, Sulficamp, Sulflow SC, Sulfur 800, Sulfure 750, Thiovit Jet, Thiovit Sandoz. Em outros países é formulado como DP, MG, SC, WG e WP com as marcas comerciais Cosan, Golclair, Kumulus DF, Lucaflow, Microthiol Special, Rasulf, Sulfex, Sulphotox, That e Thiovit (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.12.1.2.3. Principais doenças controladas: O enxofre, além da ação acaricida, é utilizado como fungicida no controle de doenças do Grupo V (oídios), de acordo com a classificação de McNew (1960).

3.12.1.2.4. Doses: 160 a 480 g p.c./100 litros.

3.12.1.2.5. Formulações: disponível nas formulações WG (800 g/kg), WP (800 g/kg), SC (520 g/L; 750 g/L; 800 g/L).

3.12.1.2.6. Misturas: Calda Bordalesa; Calda Sulfocálcica; Calda Viçosa.

3.12.1.2.7. Riscos de Resistência: Baixo risco de resistência devido à multiplicidade de sítios de atuação e a baixa pressão de uso.

3.12.1.2.8. Fitotoxicidade: Se utilizado em temperaturas acima de 35 °C pode se tornar fitotóxico. Culturas sensíveis como cucurbitáceas, apricó e framboesa apresentam fitotoxidez. O enxofre também apresenta pronunciada atividade acaricida (Tomlin, 2002).

3.12.2. Ditiocarbamatos: Todos os ditiocarbamatos são derivados do ácido carbâmico. O ácido carbâmico não existe livre na natureza e foi sintetizado pela primeira vez em 1920, tendo uso como acelerador do enxofre na vulcanização da borracha. Em 1934, no Reino

Unido, verificou-se o mesmo composto não poderia melhorar o efeito do enxofre como fungicida e descobriu-se que derivados desse ácido tem efeito fungicida próprio. Os fungicidas ditiocarbamatos podem ser classificados em 5 grupos: bissulfitos de tetrametiltiuram (tiram), dimetilditiocarbamatos metálicos (ferbam, ziram), etilenobisditio carbamatos metálicos (zinebe, manebe, mancozeb), propineb bisditiocarbamato metálico (propineb) e N-metilcarbamato de sódio (metam-sódio). Os fungicidas ditiocarbamatos, de um modo geral, são compostos que interferem na produção de energia, podendo ser considerados inibidores específicos (thiram) ou não específicos de ação múltipla (mancozeb, manebe) (Azevedo, 2003). São potentes agentes quelantes que privam a célula das necessidades de metais (fixação a complexo de metais; fixação e união a proteínas). Os bisditiocarbamatos, através do íon isotiocianato, derivado de sua decomposição, reagem inespecificamente com enzimas sulfidrílicas. Os etilenobisditiocarbamatos reagem com enzimas sulfidrílicas e outros compostos sulfidrílicos (-SH) envolvidos na respiração. Estando estes radicais presentes em muitas estruturas dos fungos, estes fungicidas podem inibir um grande número de enzimas e, portanto, interferir em muitos processos metabólicos além dos específicos. De uma forma geral, os polissacarídeos são convertidos em glicose e as proteínas em aminoácidos. Nesta fase, o íon isotiocianato inativa a enzima que converte glicose em piruvato, e também inativa enzimas que convertem aminoácidos e ácidos graxos em acetilcoenzima A. O ciclo de Krebs, apresenta uma etapa intermediária que é a passagem de ácido succínico para ácido fumárico. A enzima desidrogenase, essencial neste processo, é inativada pelo isotiocianato, interrompendo o ciclo de Krebs, impedindo a formação de ATP caracterizando, desta forma, a interferência na produção de energia.

3.12.2.1. Características do grupo: Fungicidas protetores de amplo espectro, utilizados no tratamento foliar, tratamento de solo e tratamento de sementes. Os fungicidas ditiocarbamatos são ineficazes contra oídios (Tomlin, 2002).

3.12.2.2. Principais representantes do grupo:

a. ferbam

Nome comum: ferbam - código FRAC : M3

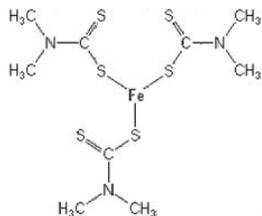
Formula molecular: $[C_9H_{18}FeN_3S_6]$

Nome químico: iron(III) dimethyldithiocarbamate ou ferric dimethyldithiocarbamate

Utilizado para o controle de sarna em pomáceas, crepeira em pessegueiro; míldio em tabaco; e outras doenças em muitos cultivos (Tomlin, 2002).

Registrado em outros países na formulação WG com a marca comercial Ferbam Granuflo (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. mancozeb

Nome comum: mancozeb (mancozebe) - código FRAC : M3

Formula molecular: $[C_8H_{19}O_2PS_3]$

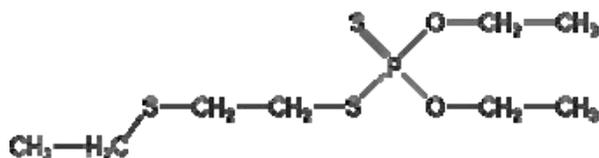
Nome químico: manganese ethylenebis(dithiocarbamate) (polymeric) complex with zinc salt

Utilizado para o controle de uma grande faixa de patógenos em diversos cultivos, particularmente: pinta preta e requeima em batata e tomate; *Rhizoctonia solani* e *Streptomyces* em sementes de batata; manchas foliares am aipo, beterraba e groselha; ferrugens em cereais, rosa, cravo, aspargo, feijão, maçã, ameixa e aipo; míldio em lúpulo, videira, cebola, ornamentais e tabaco; *Gloeodes pomigena*, *Glomerella cingulata*, *Microthyriella rubi* e *Physalospora obtusa* em maçã; *Venturia* spp. em maçã e pêra; *Cercospora musae* em banana; antracnose em feijão e cucurbitáceas; tombamento em olerícolas; canela preta em beterraba; doenças de sementes em cereais (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Dithane WP, Mancozeb Sanachem 800 WP, Mancozeb Sipcam, Manzate GrDa, Manzate 800, Penncozeb WG, Persist SC, Vandozeb 800 WP. Este fungicida é formulado em mistura com oxiclreto de cobre (Cuprozeb), cymoxanil (Curathane, Curzate BR), tiofanato metílico (Dithiobin 780 PM), benalaxil (Galben-M), famoxadona (Midas BR), metalaxil-M (Ridomil Gold MZ) e zoxamida (Stimo PM). Em outros países é formulado como DP, DS, SC, WG e WP com as marcas

comerciais Dithane M-45, Manconex, Manex II, Manzate, Aimcozeb, Crittox, Hilthane, Indofil M-45, Kifung, Lucazeb, Micene, Policar MZ, Sancozeb, Saver, Uthane, Zeb e Zebra (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



c. maneb

Nome comum: maneb (manebe) - código FRAC : M3

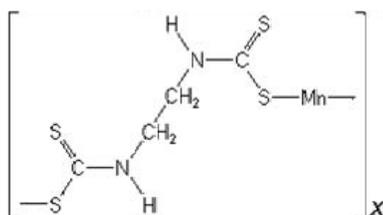
Formula molecular: [C₄H₆MnN₂S₄]

Nome químico: manganese ethylenebis(dithiocarbamate) (polymeric)

Utilizado para o controle de muitos fungos fitopatogênicos em diversas culturas. Em especial inclui o controle de pinta preta e quequeima em batata e tomate; *Rhizoctonia solani* e *Streptomyces scabies* em sementes de batata; manchas foliares am aipo, beterraba e groselha; ferrugens em cereais, rosa, cravo, aspargo, feijão, maçã, ameixa e aipo; míldio em lúpulo, videira, cebola, ornamentais e tabaco: *Gloeodes pomigena*, *Glomerella cingulata*, *Microthyriella rubi* e *Physalospora obtusa* em maçã; sarna em maçã e pêra; *Cercospora musae* em banana; antracnose em feijão e outras doenças em cereais e florestais (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Maneb 800. Este produto é formulado com cymoxanil (Curzate M + Zinco). Registrado em outros países nas formulações SC, WG, WP e tratamento de sementes com as marcas comerciais Manex, Mazin, Multi-W FL e Policritt (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



d. metiram

Nome comum: metiram - código FRAC : M3

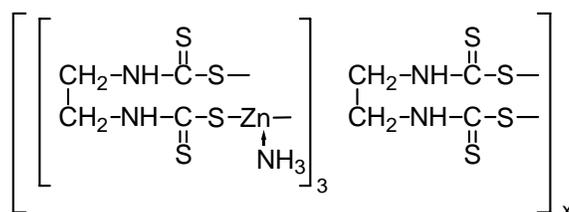
Formula molecular: $[C_{16}H_{33}N_{11}S_{16}Zn_3]_x$

Nome químico: zinc ammoniate ethylenebis(dithiocarbamate) - poly(ethylenethiuram disulfide)

Utilizado para o controle de uma ampla faixa de patógenos em muitos cultivos: sarna em pomáceas; ferrugens em groselha e ameixa; míldio e podridão negra em videira; requeima em batata e tomate; mancha de *Septoria* em aipo e aipo-rabano; míldio em alface; ferrugem em aspargo; antracnose em feijão; míldio em lúpulo e tabaco; míldio e ferrugens em ornamentais; doenças de algodão, amendoim, noz pecan e outras (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Cabrio Top (550 g/kg) e Polyran DF (700 g/ha). Em outros países é formulado como WG com a marca comercial Polyram (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



e. propineb

Nome comum: propineb (propinebe) - código FRAC : M3

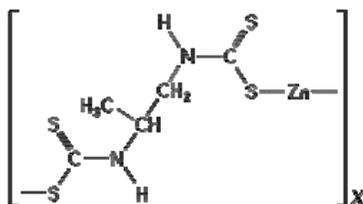
Formula molecular: $[C_5H_8N_2S_4Zn]_x$

Nome químico: polymeric zinc propylenebis(dithiocarbamate)

Utilizado para o controle de míldio, podridão negra e mofo cinzento em videira; sarna e podridão em maçã e pêra; manchas foliares em fruteira de caroço; *Alternaria*, *Phytophthora* e *Septoria* em tomate; *Phytophthora* e *Alternaria* em batata; míldio em tabaco; ferrugens e manchas foliares em ornamentais; ferrugens, manchas foliares e míldio em olerícolas; também utilizado para citros, arroz e chá (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Antracol 700 PM. Em outros países é registrado nas formulações DP, WG e WP com a marca Antracol (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



f. thiram

Nome comum: thiram (tiram) - código FRAC : M3

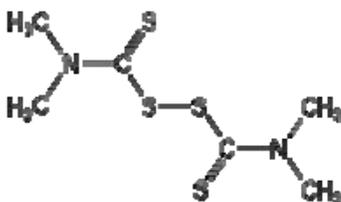
Formula molecular: $[C_6H_{12}N_2S_4]$

Nome químico: tetramethylthiuram disulfide

Utilizado para o controle de *Botrytis* spp. em videira, alface, olerícolas e ornamentais; ferrugem em ornamentais; sarna e doenças de armazenamento em maçã e pêra; *Monilia* em fruteiras de caroço. Utilizado no tratamento de sementes sozinho ou combinado com outros fungicidas e inseticidas no controle de tombamento (*Pythium* spp.) e outras doenças tais como *Fusarium* spp, nos cultivos de milho, algodão, cereais, olerícolas e ornamentais. É utilizado ainda como repelente para pássaros.

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Mayran, Rhodiauram SC, Rhodiauram 700, Thiram 480 TS. Em outros países é formulado como DP, FS, SC, WG, WP e WS com as marcas comerciais Pomarsol, Aatiram, Ceku TMTD, Rhodiason, Thiram Granulfo, Thiram, Thiratox, Tiurante (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002)

Fórmula estrutural:



g. zineb

Nome comum: zineb - código FRAC : M3

Formula molecular: $[C_4H_6N_2S_4Zn]$

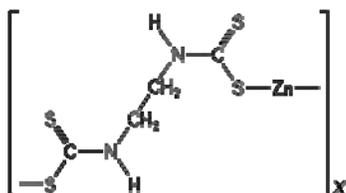
Nome químico: zinc ethylenebis(dithiocarbamate) (polymeric)

Utilizado para o controle de míldio em videira, lúpulo, alface, cebola, espinafre, brássicas, canola, tabaco e ornamentais; no controle de ferrugens em groselha, ameixa, olerícolas e ornamentais (especialmente cravo e crisântemo); doenças da batata e tomate; manchas

foliares em groselha, oliveiras e aipo; antracnose em feijão, videira e citros; sarna em maçã e pêra; *Cercospora* em banana (Tomlin, 2002).

Registrado nas formulações DP e WP com as marcas comerciais APhytora, Amitan, Indofil Z-78, Peran, Phytos e Vitex (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



h. ziram

Nome comum: ziram - código FRAC : M3

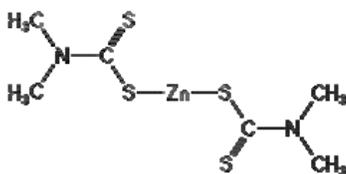
Formula molecular: $[C_6H_{12}N_2S_4Zn]$

Nome químico: zinc bis(dimethylthiocarbamate)

Utilizado para o controle de sarna em maçã e pera, *Monilia*, *Alternaria*, *Septoria*, ferrugens, podridão preta e antracnose em cultivos de pomáceas, frutas de caroço, noqueiras, videira, olerícolas e plantas ornamentais (Tomlin, 2002).

Registrado nas formulações PA, WG, WP com as marcas comerciais AAvolex, Cekuziram, Crittam, Cuman, Fuclasin, Mezene, Triscabol e Ziram Granuflo (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.12.2.3. **Principais doenças controladas:** Mancozeb e maneb são utilizados no controle de doenças do Grupo V (manchas foliares, míldios e ferrugem). Metiram e propineb são fungicidas utilizados no controle de doenças do Grupo V (manchas foliares, ferrugens, míldio e oídio).

3.12.2.4. **Doses:** 1,5 a 3 kg p.c./ha; 300 a 400 ml/100 litros de água; 3 a 4 kg/ha

3.12.2.5. **Formulações:** SC (445 g/L; 480 g/L; 500 g/L), WG (500; 750 g/kg), WP (700 g/kg)

3.12.2.6. **Misturas:** No Brasil o propineb é formulado em mistura com iprovalicarbe (Positron Duo). Em outros países ferban é formulado em mistura com maneb + zineb. Mancozeb é formulado em mistura com cymoxanil (Manex C-8; Duett; Micexanil), com cymoxanil + folpete (Sygan PM), com oxiclreto de cobre + cymoxanil + folpet (Syphal PM), com ofurace (Patafol), com cymoxanil + oxadixyl (Pulsan), com oxadixyl (Sandofan), com metalaxyl (Talman-combi), com propamocarb (Tattoo) e com benalaxyl (Trecatol). (Trimanzone). Maneb é formulado em mistura com carbendazim (Ashlade Mancarb; Dual; Headland Dual; Tripart Legion), com oxiclreto de cobre + enxofre (Ashlade SMC; Tripart Senator), com carbendazim + enxofre (Bolda), com calda bordaleza (Bordeaux M), com calda bordaleza + zineb (Bordeaux MZ), com estreptomicina (Dustret; Seed Treatment For Potatoes), com carboxin + gamma-HCH (Enhance), com gamma-HCH + tiabendazole (Granol Plus), com tiabendazole (Granox), com fentin hidróxide (Pro-TEX), com cymoxanil + oxadixyl (Sirdate P), com ferban + zineb (Trimanzone) e com carbendazim + clorotalonil (Tripart Victor). Metiram é formulado em mistura com carbendazim + clorotalonil (Ashlade Mancarb Plus), com carbendazim + tridemorph (Cosmic) e com carbendazim (MC Flowable). Propineb é formulado em mistura com oxiclreto de cobre (Lonacol) e com iprovalicarbe (Melody Duo). Thiram é formulado em mistura com imidacloprid + pencycuron (Gaúcho M), com tiofanato metílico (Toram), com benomyl (Benlate T), com pencycoron (Monceren T; Teevic), com isofenphos (Oftanol T), com tebuconazole (Raxil; Raxil Extra; Raxil Flow; Raxil Plus; Raxil Gel 206; Raxil T; Raxil TM Líquido; Raxil Vital; Raxil-Thiram), com carboxin (Anchor), com metalaxyl + tiabendazole (Apron Combi; Fortiva), com carbendazim + cymoxanil + oxadixyl (Apron Elite), com metalaxyl (Favour), com pefurazoate (Healthied T), com diazinon + tiofanato metílico (Homai), com tiabendazole (Hy-TL), com carboxin + metalaxyl (Stiletto), com carbendazim (Viram Plus; Funaben T), com carboxin (Vitavax CT; Vitavax M; Vitavax R); carbendazim + cymoxanil + oxadoxyl (Wakil). Zineb é formulado em mistura com calda bordaleza + maneb (Bordeaux MZ); com oxiclreto de cobre (Cupro Phynebe; Vizincop), com

ferbam + maneb (Trimanzone) e com enzofre (Vizines). Ziram é formulado em mistura com thiram + urbacid (Tuzet) (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.12.2.7. **Riscos de Resistência:** Baixo risco de resistência devido à multiplicidade de sítios de atuação.

3.12.2.8. **Fitotoxicidade:** Normalmente não apresentam fitotoxicidade para as culturas, somente em algumas circunstâncias excepcionais, onde a utilização de maneb ou mancozeb pode causar danos em plantas sensíveis a zinco (Tomlin, 2002).

3.12.3. **Ftalimidas:** Os fungicidas deste grupo, quando no interior da célula fúngica, reagem preferencialmente com enzimas que contêm grupos sulfidríla, podendo também reagir com grupos de aminoácidos. Estes fungicidas podem também inibir a síntese de enzimas que não possuam grupos sulfidríla. A ação fungitóxica deste grupo de fungicidas é inerente ao grupo NSCC₁₃. Os compostos deste grupo reagem com o tiol, com glutationes e sulfenil. Podem ocorrer estruturas de formação de gás do tipo sulfito de hidrogênio, cloreto de hidrogênio e sulfito de carbono. A reatividade que causa a adição de tióis e a formação de estruturas de trialotio, são reconhecidas por serem a base da fungitoxidade (Delen e Tosun, 2003).

3.12.3.1. **Características do grupo:** Os fungicidas deste grupo promovem efeito protetor contra uma ampla gama de patógenos, sendo utilizados extensivamente em pulverizações foliares, tratamento de raízes (imersão) e tratamento de sementes. Não apresentam ação contra oídio, exceção para folpete em cucurbitáceas. Captafol é um fungicida não sistêmico com atividade protetora e curativa, atuando através da inibição da germinação dos esporos (Tomlin, 2002).

3.12.3.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **captan**

Nome comum: captan (captana) - código FRAC : M4

Formula molecular: [C₉H₈Cl₃NO₂S]

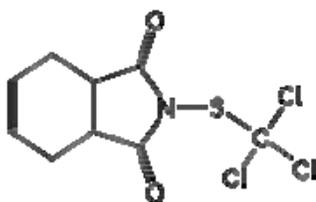
Nome químico: *N*-(trichloro methylthio)cyclohex-4-ene-1,2-dicarboximide

Utilizado para o controle de uma ampla gama de fungos fitopatogênicos nas culturas de pomáceas, fruteiras de caroço, cerejas, citros, videira, batata, tomate, cucurbitáceas, ornamentais, gramas e muitas outras culturas. Utilizado no tratamento de sementes de milho, ornamentais, olerícolas, canola e outras no controle de *Pythium*, *Phoma*, *Rhizoctonia* e outros (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Captan Fersol 500 WP, Captan SC, Captan 200. Em outros países é formulado como DP, DS, WG, WP, WS e tratamento de sementes (Tomlin, 2002).

Fungicida Agroceres, Captan 500 PM, Captan 750 TS, Orthocide 500, Orthocide 750

Fórmula estrutural:



b. captafol

Nome comum: captafol - código FRAC : M4

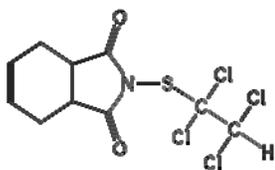
Formula molecular: [C₁₀H₉Cl₄NO₂S]

Nome químico: N-(1,1,2,2-tetrachloroethylthio)cyclohex-4-ene-1,2-dicarboximide

Utilizado para o controle de sarna em pomáceas, míldio e podridão negra em videira, requeima e pinta preta em batata, *Alternaria* e mildio em cenoura, *Septoria* em trigo, *Rhynchosporium* em cevada, doenças do tomate, café, amendoim, citros, abacaxi, noz macadâmia, cebola, cucurbitáceas, milho, sorgo, etc. Também é utilizado como protetor no manejo de poda e cancos em árvores; e na indústria da madeira é utilizado como preservativo (Tomlin, 2002).

No Brasil perdeu o registro na década de 80 devido a problemas toxicológicos. Registrado em outros países nas formulações DP, DS, LA, SC e WP com apresentação das marcas comerciais Difoltan e Foltaf (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



c. folpet

Nome comum: folpet (folpete) - código FRAC : M4

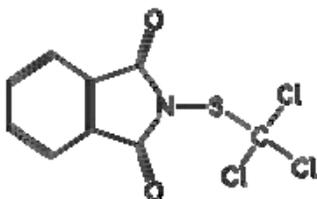
Formula molecular: $[C_9H_4Cl_3NO_2S]$

Nome químico: *N*-(trichloro methylthio)phthalimide

Utilizado para o controle de míldio, oídio, manchas foliares, sarna, podridão negra, podridão branca, podridão de *Gloeosporium*, *Botrytis*, *Alternaria*, *Pythium*, e *Rhizoctonia* spp. em aipo, alface, alho-poró, batata, cebola, citros, cucurbitáceas, fruteiras de caroço, lúpulo, oliveira, ornamentais, pomáceas e tomate (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Folpan Agricur 500 PM e Folpan Fersol 500 PM. Em outros países é formulado como DP, SC, WG e WP com a marca comercial Folpan (AGROFIT, 2005; Tonlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.12.3.3. **Principais doenças controladas:** Captam controle doenças dos Grupos I (podridão de órgãos de reserva), Grupo II (danos em plântulas), Grupo IV (murchas vasculares) e Grupo V (manchas foliares e míldio). Folpete apresenta bom controle sobre doenças do Grupo I (podridão de órgãos de reserva) e do Grupo V (manchas foliares, oídio, míldio e ferrugem).

3.12.3.4. **Doses:** 2,1 a 2,4 kg p.c./ha ou 190 a 280 g p.c./100 litros de água

3.12.3.5. **Formulações:** DP (750 g/kg), SC (200 g/L; 480 g/L), WP (473 g/kg; 500 g/kg)

3.12.3.6. **Misturas:** No Brasil folpete não é formulado em mistura, porém existem relatos de mistura com diversos fungicidas, entre eles, fosetil-Al, cúpricos, cymoxanil, mancozeb, metalaxil, entre outros (Tomlin, 1997).

3.12.3.7. **Riscos de Resistência:** Baixo risco de resistência devido à multiplicidade de sítios de atuação e a baixa pressão de uso.

3.12.3.8. **Fitotoxicidade:** Não fitotóxico se usado conforme indicação. Folpete pode apresentar *russeting* em cultivares de maçãs sensíveis se utilizado em frutos nos estádios iniciais. Captan pode causar injúrias em alguns cultivares de maçã (Red Delicious) e pêra. Cuidados devem ser tomados com altas doses no tratamento de sementes de alface, aipo e tomate, pode causar injúrias (Tomlin, 2002).

3.12.4. **Isoftalonitrila (clorofenil; cloronitrila):** O mecanismo de ação ocorre através da união do fungicida aos grupos sulfidril e mercapto. A conjugação com sulfidrilas (particularmente glutatone) na germinação de células fúngicas, conduz à interrupção da glicolise, pois o fungicida evita a ativação da enzima gliceroaldeido-3-fosfato de hidrogenase e talvez outras enzimas similares, com a conseqüente falta de energia. Ao serem desativadas, estas enzimas não podem completar sua ação no ciclo de Krebs e o ATP não é produzido. Assim, as células fúngicas morrem pois não completam processos essenciais para sua formação e viabilidade.

3.12.4.1. **Características do grupo:** Introduzido em 1960, é o principal fungicida não-sistêmico de ação protetora, de amplo espectro, controlando um grande número de fungos. Recomendado para uso isolado ou em mistura. Apresenta ação fungistática e fungicida (Tomlin 2002).

3.12.4.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **chlorothalonil**

Nome comum: chlorothalonil (clorotalonil) - código FRAC : M5

Formula molecular: $[C_8Cl_4N_2]$

Nome químico: tetrachloroisophthalonitrile

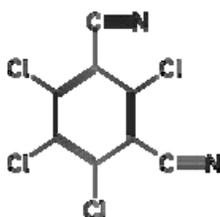
Utilizado para o controle de muitas doenças fúngicas numa ampla gama de culturas, incluindo algodão, amendoim, arroz, banana, batata, beterraba açucareira, café, chá, citros, côco, cucurbitáceas, fruteiras de caroço, gramas, lúpulo, manga, morango, milho, olerícolas, ornamentais, palmáceas, pimenta, pomáceas, seringueira, soja, tabaco, videira e outras (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Absoluto, Bravocarb 500 SC, Bravonil Ultrex,

Bravonil 500, Bravonil 720, Bravonil 750 WP, Daconil BR, Daconil 500, Dacostar 750, Funginil, Isatalonil, Isatalonil 500 SC, Vanox 500 SC, Vanox 750 PM (AGROFIT, 2005).

Em outros países é formulado como SC, WG e WP tendo como marcas comerciais Bravo, Daconil, Bombardier, Clortocaffaro, Clortosip, Equus, Fungiless, Gilonil, Mycoguard, Oranil, Repulse, Teren e Visclor (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.12.4.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle sobre doenças do Grupo I (podridões em órgãos de armazenamento) e Grupo V (manchas foliares, ferrugem, oídio e míldio).

3.12.4.4. **Doses:** No Brasil é recomendado na dose de 1,5 a 4,0 kg p.c./ha ou 150 a 300 g p.c./100 litros de água, 1,0 a 3,5 L p.c./ha. Em outros países é recomendado na dose de 1,0 a 2,5 kg/ha (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.12.4.5. **Formulações:** SC (500 g/L; 720 g/L), WG (750 g/kg; 825 g/kg), WP (750 g/kg)

3.12.4.6. **Misturas:** Este fungicida é formulado em mistura com carbendazim (Bravocarb 500 SC), tiofanato metílico (Cerconil PM; Cerconil SC, Tiofanil), oxiclureto de cobre (Dacobre

PM; Strike), hexaconazol (Effect), metalaxyl-M (Folio Gold), dimetomorfe (Fórum Plus), cloridrato de propamocarbe (Tatoo C) (AGROFIT, 2005).

3.12.4.7. **Riscos de Resistência:** Baixo risco de resistência devido à multiplicidade de sítios de atuação e a baixa pressão de uso.

3.12.4.8. **Fitotoxicidade:** Sua utilização pode causar fitotoxidez em algumas plantas ornamentais, maçã e videira. Esta fitotoxicidade pode ser aumentada com óleo ou produtos que contenham óleo (Tomlin, 2002).

3.12.5. **Sulfamidas (fenilsulfamida):** O mecanismo bioquímico de ação das sulfamidas ainda não está completamente esclarecido, assumindo que o uso de fungicidas deste grupo promove uma interferência com várias enzimas por reação através de ligações –SH e inibição da respiração (Tomlin, 2002).

3.12.5.1. **Características do grupo:** Fungicida foliar de atuação multi-sítio com ação protetora. No Brasil é utilizado como um fungicida de contato recomendado para tratamento de sementes em diversas culturas. Tolifluanida é um fungicida polivalente atuando de modo protetor, estreitamente correlacionado com diclofuanida. Sua atividade é equivalente, e na maioria dos casos melhor que diclofuanida. Diclofuanida apresenta efeito supressor sobre ácaros e ácaro da ferrugem sobre frutos, videira e outros cultivos, sendo recomendado para programas de manejo integrado de pragas (Tomlin, 2002).

3.12.5.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **dichlofluanid**

Nome comum: dichlofluanid - código FRAC : M6

Formula molecular: $[C_9H_{11}Cl_2FN_2O_2S_2]$

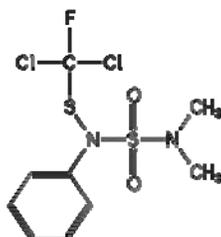
Nome químico: N-dichlorofluoromethylthio-N',N'-dimethyl-N-phenylsulfamide

Utilizado para os cultivos de pêra e maçã no controle de sarna e podridões; *Alternaria*, *Cladosporium* spp., míldio e outras doenças fúngicas em videira, pomáceas, fruteiras de

caroço, cerejas, morango, lúpulo, tomate, cucurbitáceas, olerícolas, ornamentais e algumas coníferas (Tomlin, 2002).

Registrado nas formulações DP, WG, WP e fumigante com as marcas comerciais Elvaron e Euparen (Tomlin, 2002)

Fórmula estrutural:



b. tolylfluanid

Nome comum: tolylfluanid (tolifluanida) - código FRAC : M6

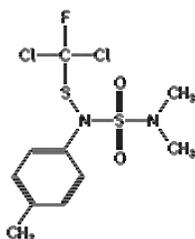
Formula molecular: $[C_{10}H_{13}Cl_2FN_2O_2S_2]$

Nome químico: *N*-dichlorofluoromethylthio-*N',N'*-dimethyl-*N-p*-tolylsulfamide

Utilizado para os cultivos de fruteiras decíduas no controle de *Venturia* spp.; apresenta boa atividade contra doenças de frutos armazenados quando utilizado nos no final de ciclo; em videira é utilizado em rotação com fungicidas específicos para *Uncinula necator*, *Plasmopara viticola* e *Botrytis cinerea*; em plantas ornamentais é utilizado no controle de oídios, ferrugens e manchas foliares.

Registrado no Brasil na formulação Euparen M 500 PM. É formulado em outros países como WG, WP e WS, apresentando as marcas comerciais Elvaron M, Euparen M, Euparen Multi e Talat (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.12.5.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle doenças dos Grupos I (podridão de órgãos de reserva), Grupo II (danos em plântulas) e Grupo V (manchas foliares e míldio).

3.12.5.4. **Doses:** No Brasil utiliza-se 150 g p.c./100 kg de sementes para todas as culturas registradas (AGROFIT, 2005).

3.12.5.5. **Formulações:** No Brasil é formulado como WP (500 g i.a./kg), em outros países apresenta as formulações WG, WP e WS (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.12.5.6. **Misturas:** No Brasil o produto é formulado isoladamente. Existe registro de mistura com tebuconazole (Tomlin, 1997). Em outros países é formulado em mistura com tebuconazole (Folicur EM; Folicur Multi; Hattrick; Yeomji) e com iprovalicarb (Melody Multi) Diclofuanid é formulado em mistura com oxicloreto de cobre (Euparen Ramato) com tebuconazole (Folicur Combi; Folicur E; Silvacur; Folicur-Euparen). (Tomlin, 2002).

3.12.5.7. **Riscos de Resistência:** Geralmente considerado como de baixo risco de resistência.

3.12.5.8. **Fitotoxicidade:** Tolifluanida não apresenta registro de fitotoxicidade se utilizado nas doses recomendadas. Dichlofluanid pode apresentar fitotoxicidade para algumas fruteiras de caroço e ornamentais caracterizado por injúrias leves (Tomlin, 2002).

3.12.6. **Guanidinas:** Afetam as funções da membrana celular e a biossíntese de lipídios em diferentes sítios dos inibidores da demetilação de esteróis. O mecanismo de ação primária ocorre ao afetar a estrutura da membrana da célula através de atividade detergente e da mudança de permeabilidade. Este mecanismo também está relacionado com a membrana mitocondrial. Enquanto a cadeia lipofílica do fungicida é dissolvida na seção lipídica da membrana, resíduos de guanidina permanecem na fase aquosa e interagem com os fosfolipídios dos grupamentos fosfatos. Dodina afeta a membrana externa de alguns esporos de fungos. Trabalhos com mitocôndrias de ratos indicaram que a guanidina afeta a fosforilação oxidativa (Delen & Tosun, 2003; Tomlin, 2002).

3.12.6.1. **Características do grupo:** São fungicidas protetores com alguma ação curativa.

3.12.6.2. Principais representantes do grupo:

a. dodine

Nome comum: dodine (dodina) - código FRAC : M7

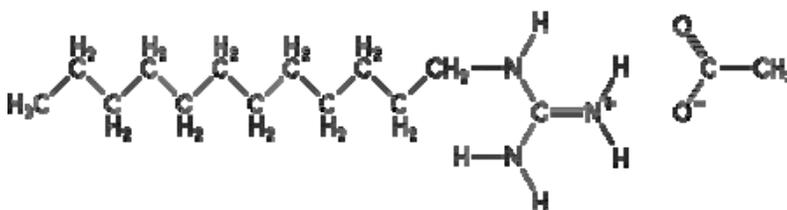
Formula molecular: $[C_{15}H_{33}N_3O_2]$

Nome químico: 1-dodecyl guanidinium acetate

Utilizado para o controle de sarna em maçã, pera e nóz pecan; manchas foliares em cerejas, oliveira, groselhas, aipo e outros cultivos; doenças foliares em morango. Também pode ser utilizado para outras fruteiras, olerícolas, ornamentais e outras (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Dodex 450 SC e Venturol. Em outros países apresenta as formulações SC, SL e WP, com as marcas comerciais Cyprex, Melprex, Venturol, Dodene, Dodex, Efuzin, Guanicol e Sulgen (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



b. guazatine

Nome comum: guazatine - código FRAC : M7

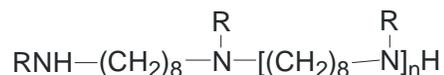
Formula molecular: $[C_{18}H_{41}N_7]$

Nome químico: 1,1'-iminodi(octamethylene)diguandine (usa a mesma fórmula de iminoctadine para o composto puro)

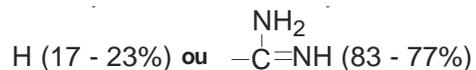
Utilizado no tratamento de sementes visando o controle de *Septoria nodorum*, *Tilletia caries*, *Fusarium* spp. e *Helminthosporium* spp. em cereais e milho; também atua como repelente para pássaros quando utilizado no tratamento de sementes. É utilizado no controle de bruzone em arroz, *Cercospora* spp. em amendoim e soja, *Septoria* spp. em trigo, e ainda fusariose em cana-de-açúcar. Também é utilizado para tratamento por imersão em pós-colheita para batata-semente, frutos cítricos e abacaxi, sendo ainda utilizado como protetor para madeira (Tomlin, 2002).

Registrado em outros países nas formulações DS, LS e SL com as marcas comerciais Kenopel, Panoctine e Premis (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



Quando n pode ser 0 ou 1 ou 2, etc.
e qualquer R substituinte pode ser



a. iminoctadine

Nome comum: iminoctadine (iminoctadina) - código FRAC : M7

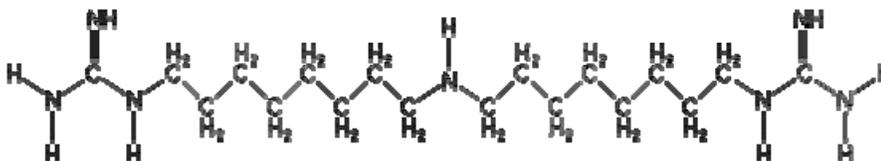
Formula molecular: $[\text{C}_{18}\text{H}_{41}\text{N}_7]$

Nome químico: 1,1'-iminodi(octamethylene)diguandine

Utilizado para os cultivos de frutíferas, olerícolas e grandes culturas para uma ampla gama de fungos patogênicos: sarna em maçã e pêra (*Venturia* spp.); sarna em pêsego e apricó (*Cladosporium* spp.); mofo cinzento em citros, cucurbitáceas, tomate e alface; oídio em melão, pepino e morango; antracnose em melão, chá e feijões; *Sclerotinia* em melão e alface; além do controle de fungos como *Alternaria*, *Physalospora*, *Phomopsis*, *Gloeosporium*, *Botryosphaeria*, *Pestalotia*, *Stemphylium*, *Fusarium* e *Ramularia* em diversos cultivos (Tomlin, 2002).

Registrado em outros países na formulação WP com o nome comercial de Bellkute (Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.12.6.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida apresenta controle doenças dos Grupos V (manchas foliares)

3.12.6.4. **Doses:** No Brasil de 65 a 175 g/100 L de água para dodina. Em outros países dodina é aplicado nas doses de 20 a 80 g/100 L (0,25 a 1,5 kg/ha).

3.12.6.5. **Formulações:** No Brasil dodina apresenta as formulações SC (450 g/L); WP (650 g/ha). Em outros países as formulações SC, SL e WP.

3.12.6.6. **Misturas:** Dodina não é formulado em mistura no Brasil. Existe registro de mistura com dodemorfe acetato e fenarimol. Para iminoctadina existe relato de mistura com tiram, mancozeb e iprodiona (Tomlin, 1997). Guazatine é formulado em mistura com tebuconazole (Akzent; Bóson; Roxil G), com fipronil + triticonazole (Jumper; Zoom), com triticonazole (Premis B), com imazalil (Panoctine Plus).

3.12.6.7. **Riscos de Resistência:** Grupo de baixo risco de resistência.

3.12.6.8. **Fitotoxicidade:** Frutíferas como, pêssago, ameixa, videira e framboesa podem sofrer injúrias. Pode ocorrer russetting em algumas cultivares de maçã, incluindo Golden Delicious (Tomlin, 1997; Tomlin, 2002).

3.12.7. **Triazinas (triazinilanilina):** Fungicida protetor imóvel que tem como mecanismo de ação interações com enzimas contendo grupamentos amino ou sulfidrila, resultando em sua inativação. Misturas de anilazina com íons Zn^{2+} ou Cu^{2+} apresentam relatos de sinergismo (Buchenauer, 1990).

3.12.7.1. **Características do grupo:** Fungicida protetor sem mobilidade, utilizado em pulverizações foliares para controle de manchas foliares (Tomlin, 2002).

3.12.7.2. **Principais representantes do grupo:**

a. anilazine

Nome comum: anilazine (anilazina) - código FRAC : M8

Formula molecular: $[C_9H_5Cl_3N_4]$

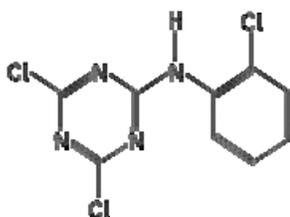
Nome químico: 4,6-dichloro-*N*-(2-chlorophenyl)-1,3,5-triazin-2-amine

Utilizado para o controle de *Septoria* spp. em trigo (mancha das glumas e mancha salpicada das folhas). Também é utilizado para o controle de pinta preta e requeima em tomate e

batata; antracnose em cucurbitáceas; manchas foliares (*Alternaria*, *Cercospora* e *Septoria* spp.) em diversos cultivos; *Helminthosporium* spp. em trigo e cevada; manchas em gramas; *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Leptosphaeria* e *Pyrenophora* spp. em diversas culturas. É utilizado também para olerícolas, ornamentais, melão, melancia, café e tabaco (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil com as marcas comerciais Dyrene 480 e Dyrene 750 PM. Em outros países é registrado nas formulações WP e SC com as marcas comerciais Dyrene e Kemate (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.12.7.3. **Principais doenças controladas:** O fungicida deste grupo controla doenças do grupo III (podridão de raízes) e do grupo V (manchas foliares).

3.12.7.4. **Doses:** 2,5 kg p.c./ha.

3.12.7.1.5. **Formulações:** SC (480 g/L); WP (750 g/kg).

3.12.7.6. **Misturas:** No Brasil e outros países não é formulado em mistura (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

3.12.7.7. **Riscos de Resistência:** Baixo risco de resistência devido à sua ação multi-sítio.

3.12.7.8. **Fitotoxicidade:** Não foram encontrados relatos de fitotoxicidade.

3.12.8. **Quinonas:** Afeta um grande número de enzimas fúngicas reagindo com grupamentos tiol e interfere na respiração celular. Caracterizado como mecanismo de ação multi-sítio (Tomlin, 2002).

3.12.8.1. **Características do grupo:** Fungicida foliar com ação protetora e com alguma ação curativa. Utilizado para diversas doenças foliares, não apresentando ação sobre oídio (Tomlin, 2002).

3.12.8.2. **Principais representantes do grupo:**

a. **dithianon**

Nome comum: dithianon (ditianona) - código FRAC : M9

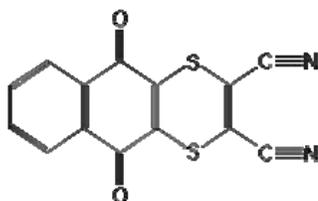
Formula molecular: $[C_{14}H_4N_2O_2S_2]$

Nome químico: 5,10-dihydro-5,10-dioxonaphtho[2,3-*b*]-1,4-dithi-in-2,3-dicarbonitrile

Utilizado para o controle de diversas doenças foliares (exceto oídios), incluindo sarna em pomáceas; *Stigmina carpophila*, *Coccomyces hiemalis* e sarna em cereja; *Monilia* spp. e ferrugem em pêssegos e apricó; mancha foliar e ferrugem em groselha; *Mycosphaerella fragariae* e *Diplocarpon earliana* em morango; *Plasmopara viticola* em videira; míldio em lúpulo; sarna e *Phomopsis citri* em citros; *Glomerella cingulata* em café; e outros cultivos (Tomlin, 2002).

Registrado no Brasil na formulação Delan. Em outros países é formulado como SC, WG e WP apresentando as marcas comerciais Delan e Cluster (AGROFIT, 2005; Tomlin, 2002).

Fórmula estrutural:



3.12.8.3. **Principais doenças controladas:** Atua sobre doenças do Grupo V (manchas foliares e míldio).

3.12.8.4. **Doses:** 125 g/100 litros de água.

3.12.8.5. **Formulações:** WP (750 g/kg).

3.12.8.6. **Misturas:** No Brasil não é formulado em mistura. Existem relatos de mistura com cymoxanil, oxiclureto de cobre, dimetomorfe e mancozeb (Tomlin, 1997).

3.12.8.7. **Riscos de Resistência:** Baixo risco de resistência.

3.12.8.8. **Fitotoxicidade:** Leve russeting podendo ocorrer em algumas cultivares de maçã, tal como Golden Delicious (Tomlin, 2002).

4. DISCUSSÃO

O controle químico de doenças de plantas é praticado com maior intensidade nos países economicamente mais desenvolvidos, onde a agricultura é tecnologicamente mais avançada, com aplicação de mais insumos e previsão de melhores colheitas. A escalada no emprego de pesticidas, inclusive fungicidas, a partir da segunda guerra mundial, foi proporcionalmente acompanhada pelo interesse público na quantidade e qualidade desses insumos agrícolas.

Com o aumento das fronteiras agrícolas, do número de safras por ano, do melhoramento de plantas visando aumento de produtividade, da utilização da irrigação na produção de alimentos e outras técnicas que permitam uma intensificação da agricultura, os fitopatógenos estão se tornando cada vez mais comuns, mesmo naquelas culturas onde historicamente não representavam limitações econômicas.

Esta nova realidade tem evidenciado a utilização de fungicidas, permitindo a competitividade da nossa agricultura. O controle químico de doenças de plantas é, em muitos casos, a única medida eficiente e economicamente viável de garantir as altas

produtividade e qualidade de produção. Variedades de plantas cultivadas, interessantes pelo bom desempenho agrônômico e pela preferência dos consumidores, que são obtidas através de técnicas de melhoramento vegetal, geralmente herdam uma maior vulnerabilidade a agentes fitopatogênicos. A exploração comercial de culturas como a uva, o morango, a maçã, o tomate e a batata, seria impossível sem o emprego de fungicidas em locais ou épocas sujeitas à incidência de doenças. Assim, a convivência com patógenos já presentes em determinadas áreas torna-se um ônus obrigatório dentro da agricultura moderna.

Dentre os fungicidas de maior consumo nacional, destacam-se os fungicidas cúpricos e os ditiocarbamatos, vindo em terceiro lugar os sulfurados. Para os cultivos que mais empregam fungicidas no Brasil, destaca-se em ordem decrescente, o citros, o trigo, o feijão, a batata e café (SINDAG, 2001).

Os fungicidas representam na atualidade a principal ferramenta complementar no manejo de doenças de plantas, caracterizados por produtos modernos e compatíveis com os conceitos de manejo integrado de doenças.

Este conhecimento dos mecanismos de ação de fungicidas, compilados em uma só publicação, promove a otimização de uso destes compostos, reduzindo os riscos provocados tanto no homem quanto no meio ambiente. Estas informações, disponíveis na bibliografia mundial, normalmente encontram-se de forma truncada e incompletas, inviabilizando a consulta para aqueles que mais precisam dela.

5. CONCLUSÕES

A disponibilização das informações referentes ao mecanismo de ação de fungicidas em uma só publicação, juntamente com outras informações consideradas importantes para a recomendação e utilização destes produtos, bem como preservação de sua longevidade frente aos riscos de resistência dos fungos, servirá como um importante referencial aos profissionais relacionados com o sistema de produção.

Os resultados obtidos neste trabalho já esclarecem alguns mecanismos de ação, tidos como desconhecidos pela publicação do FRAC (2003), tais como cymoxanil e fosetyl-Al, permitindo no futuro uma nova reclassificação.

A velocidade do conhecimento desvendado pelo homem em um mundo globalizado e com recursos ilimitados de tecnologia, e ainda o desenvolvimento de novas moléculas, tornam necessária uma constante atualização das informações, enfatizando a importância deste trabalho não só na fitopatologia, mas também em outras áreas da defesa sanitária vegetal.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>> ACESSO em: 01 maio 2005.

AGROCHEMICALS. **The Agrochemicals Handbook**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 3 ed., 1994. 1995.

ALBERTINI, S.; CHETELAV, A.A.; MILLER, B.; MUSTER, W.; PUJADAS, E.; STROBEL, R., GOCKE, E. Genotoxicity of 17 gyrase- and four mammalian topoisomerase II-poisons in prokaryotic and eukaryotic test systems. **Mutagenesis**, v.10, p.343-351, 1995.

ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WATSON, J. Molecular biology of the cell. <www.virtual.epm.br/cursos/biomol/ciclo/html/mitose.htm> Acesso em 15 nov. 2005.

ANDRADE V., O. Efectividad de diferentes desinfectantes de semilla sobre la pudrición radical (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) del trigo en el sur de Chile. **Agricultura Técnica**, v.64, n.2, p.111-126, 2004.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas** – guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola. São Paulo: Org. Andrei Ed., 7 ed., 2005. 1141p.

ANDRIOLE, V. T. Current and future antifungal therapy: new targets for antifungal agents. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v.44, p.151-162, 1999.

AZEVEDO, L.A.S. **Fungicidas protetores** – fundamentos para uso racional. Campinas: Emopi Edit. e Graf., 2003. 320 p.

BERG, D.; PLEMPER, M. **Sterol biosynthesis inhibitors: pharmaceutical and agrochemical aspects**. Ellis Horwood, 1988. p. 222-61.

BERGOLD, A.M.; GEORGIADIS, S. Novidades em fármacos antifúngicos: uma revisão. **Visão Acadêmica**, v.5, n.2, p.159-72, 2004.

BINKS, P.R.; ROBSON, G.D.; GOOSEY, M.W.; TRINCI, A.P. Inhibition of phosphatidylcholine and chitin biosynthesis in *Pyricularia oryzae*, *Botrytis fabae* and *Fusarium graminearum* by edifenphos. **Journal Gen. Microbiol.** v.139, n. 6, p.1371-7, 1993.

BIOLOGY (Definition). Disponível em: www.phage.org/lectures/microbiology/black13.ppt
Acesso em 15 nov. 2005.

BLABER, M. Oxidative phosphorylation. Disponível em: <http://wine1.sb.fsu.edu/BCH4053/Lecture39/Lecture39.htm>. ACESSO em: 16 junho 2005.

BOA, A.N. Antibacterial and antifungal drugs. University of Hull, [ca.2000]. 60p. Disponível em: www.hull.ac.uk/php/chsanb/BactWeb/Antiinfectives.pdf > Acesso em: 15 nov. 2005.

BOSSCHE, H.V. Mechanisms of antifungal resistance. **Rev. Iberoam. Micol.**, v.14, p. 44-49, 1997.

BOSSCHE, H.V.; ENGELEN, M.; ROCHETTE, F. Antifungal agents of use in animal health – chemical, biochemical and pharmacological aspects. **J. Vet. Pharmacol. Therap.**, n.26, p.5-29, 2003.

BONATO, M.C.M. O fluxo de informação via moldes – Capitulo 1. Disponível em: <<http://www.biologianaweb.com/Livro2/CI/12cl.html>> Acesso em: 08 junho 2005.

BORT, F.; EGEEA, P.; RUBIO, C. Proyecto biosfera. Disponible em: http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/profesor/galeria_imagenes/images/citoesqueleto%20copiar.jpg Acesso em: 15 nov. 2005.

BOWMAN, B.J.; BORGESON, C.E.; BOWMAN, E.J. Composition of *Neurospora crassa* vacuolar membranes and comparison to endoplasmic reticulum, plasmalemmas and mitochondrial membranes. **Experimental Mycology**, v.11, 1987. p.197-205.

BREMNER, J.; GREENBERG, D. M. Methyl transferring enzyme system of microsomes in the biosynthesis of lecithin. **Biochimica Biophysica Acta**, n. 46, 1961. p. 205-16.

BRODERSEN, D.E.; CLEMONS JR., W.M.; CARTER, A.P.; MORGAN-WARREN, R.J.; WINBERLY, B.T.; RAMAKRISHNAN, V. The structural basis for the action of the antibiotics tetracycline, pactamycin, and higromycin B on the 30S ribosomal subunit. **Cell**, v.103, p.1143-54, 2000.

BUCHENAUER, H. Physiological reactions in the inhibition of plant pathogenic fungi. **In:** Bowers, W. S.; Ebing, W.; Martin, D.; Wegler, R. **Chemistry of plant protection**. 6. Controlled released, biochemical effects on pesticides, inhibition on plant pathogenic fungi. Springer-Verlag, Berlin, 1990. p. 217-92.

BYRNES, C. **Evaluation of the new active spiroxamine in the product Prosper 500 EC fungicide**. Canberra (Australia): National Registration Authority for Agricultural and Veterinary Chemicals, 2001. 46p.

CAMPBELL, M.K. **Bioquímica**. São Paulo: Artmed Ed., 3 ed., 2005. 752p.

CARMONA Y SABIDO S.L. Catalogo geral de produtos. Disponível em: <http://www.carmonaysabido.com/version_portugues/htm/productosweb_por.htm> ACESSO em:18 julho 2005.

CASAFE – Câmara de Sanidad Agropecuária y Fertilizantes. **Guia de productos fitosanitarios para la República Argentina**. Buenos Aires: CASAFE, 12 ed., Tomo 1 e 2, 2005. 2080p.

COPPING, L.G.; HEWITT, H.G. **Chemistry and mode of action of crop protection agents**. Cambridge: Royal Soc. Chemistry, 1998. 145p.

CPR – **Crop Protection Reference. Greenbook crop protection reference**. New York: Vance, 21 ed., 2005. 2647p.

CROUSE, A.F. Tanos 50TM DF on potatoes. Disponível em: <http://www.umanitoba.ca/afs/agronomists_conf/2003/pdf/crouse_tanos50DF.pdf>. ACESSO em: 17 junho 2005.

CURRENT, W.L. Fungal cell wall biosynthesis: penicillins for fungi. In: **Progrm Abstr 35th Annual Meet Infect Dis Soc America**, 1997.

DARROUZET, E.; COOLEY, J.W.; DALDAL, F. The cytochrome bc₁ complex and its homologue the b₆f complex: similarities and differences. **Photosynthesis Research**, n.79, p.25-44, 2004.

DELEN, N.; TOSUN, N. Fungicidas: mecanismo de ação e resistência. Parte 1: fungicidas com mecanismo de ação não-específica. In: Luz, W.C.; Fernandes, J.M.; Prestes, A.M.; Picinini, E.C. **Revisão anual de patologia de plantas**. v.11, 2003. p.43-69.

DNA topology. Disponível em: <www.qub.ac.uk/mlpage/courses/level3/l3bg03fdnareplication.ppt> Acesso em: 12 nov. 2005.

EARLES, R.; AMES, G.; BALASUBRAHMANYAM, R.; BORN, H. Organic and low-spray apple production. **ATTRA**, 1999. 38p.

EHR, R. J.; KEMMITT, G. **Periodic table of the fungicides**. Indianapolis: Dow Agrosciences.2002

ENCINAS, O. **Conservación de maderas**. Trujillo (Venezuela): GICOM – Grupo de Investigación em Conservación de Maderas, 2004. 22p.

EVORA, P.R.; NOBRE, F. O papel das G-proteínas na sifopatologia das doenças cardiovasculares. **Arq. Bras. Cardiol.**, v.72, n.2, p.209-19, 1999.

FELSENSTEIN, F. G.; KUCK, K. H. Spiroxamine sensitivity of wheat and barley powdery mildew: determination of baseline sensitivity and assessment of the risk of resistance. **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer**, v.51, v.1, p. 5-24, 1998.

FERNÁNDEZ-NORTHCOTE, E.N.; NAVIA, O.; GANDARILLAS, A. Basis of strategies for chemical control of potato late blight developed by PROINPA in Bolivia. **Fitopatologia**, v.35, n.3, p.137-49, 2000.

FERREIRA, J.P.M. Segredos da catálise enzimática. **Boletim de Biotecnologia**, v. X, 2000. p. 22-29.

FISHER, P. New Fungicides for Berry Crops. **The Ontario Berry Grower**, v.3, 6p, 2004.

FORCELINI, C. A. Fungicidas inibidores da síntese de esteróis. I. triazoles. **RAPP**, v.2, 1994. p.335-355.

FRAC. Fungicide Resistance Action Committe. FRAC fungicide list (2). Sorted by mode of action. Disponível em: <http://www.frac.info/publications/frac_list02.html> ACESSO em: 18 julho 2003.

FUCHS, A.; RUIG, S. P.; VAN TUYL, J. M.; VRIES, F. W. Resistance to triforine: a nonexistent problem? **Neth.J.Plant Pathol.**, n. 83, 1977. p.-129-205.

FUJIMURA, M.; OEDA, K.; INOUE, H.; KATO T. Mechanism of action of *N*-phenyl-carbamates in benzimidazole-resistant *Neurospora* strains. **In**: Green, M.B.; Lebaron, H.M.; Moberg, W.K. **Managing resistance to agrochemicals**. Washington: ACS, 1990. p.224-36.

FUNGICIDE. Standon Etridiazole. Disponível em: <www.fargro.co.uk/prodman/standon%20etridiazole-0805.pdf> ACESSO em: 26 outubro 2005.

GACHOTTE, D.; SEN, E. E.; ECKSTEIN, J.; BARBUCH, R.; KRIEGER, M.; RAY, B. D.; BARD, M. Characterization of the *Saccharomyces cerevisiae* ERG27 gene encoding the 3-

keto reductase involved in C-4 sterol demethylation. **PNAS**, v. 96, n. 22, p. 12655-12660, 1999.

GHANNOUM, M.A.; RICE, L.B. Antifungal agents: mode of action, mechanisms of resistance, and correlation of these mechanisms with bacterial resistance. **Clinical Microbiology Reviews**, v.12, n.4, p.501-17, 1999.

GENIX, P.; VILLIER, A. Fenamidone inhibits mitochondrial respiration, a property not shared by its metabolites. **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer**, v.56, n.3, p.444-48, 2003.

GOULART, A. C. P. Fungicidas inibidores da síntese do ergosterol. II. Imidazoles. **RAPP**, v.3, 1995. p.365-390.

GOURAMANIS, G. D. Biological and chemical control of rice blast disease (*Pyricularia oryzae*) in Northern Greece. **Cahiers Options Méditerranéennes**, v.15, n.3, p.61-68, 1997.

GOW, N.A.R.; GADD, G.M. **The growing fungus**. London: Chapman & Hall, 1995. 473p.

GRAYSON, M. **Kirk-Othmer concise encyclopedia of chemical technology**. New York: John Willey & Sons, 3 ed., 1985.

GRIFFIN, D. H. **Fungal physiology** – Chapter 14 Fungicides. New York: Wilwy-Liss, 2 ed., 1993. p.400-20.

GRUGER, T.; NITISS, J.L.; MAXWELL, A.; ZECHIEDRICH, E.L.; HEISIG, P.; SEEBER, S.; POMMIER, Y.; STRUMBERG, D. A mutation in *Escherichia coli* DNA gyrase conferring quinolone resistance results in sensitivity to drugs targeting eukaryotic topoisomerase II. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, 2004. p.4495-4504.

GUEST, D.D.I. Fosetil-Al: control of plant diseases utilizing the plant's own defense mechanisms. ISHS Acta Horticulturae 166. Disponível em: <http://www.actahort.org/books/166/166_7.htm>. ACESSO em 18 junho 2005.

GUINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 78 p.

GUTIERREZ-CIRLOS, E.B.; TRUPOWER, B.L. Inhibitory analogs of ubiquinol act anti-cooperatively on the yeast cytochrome *bc₁* complex. **The Journal of Biological Chemistry**, v.277, n.2, p.1195-202, 2002..

HABIBI, M.H.; TANGESTANINEJAD, S.; MONTAZEROZOHORI, M.; MOHAMADPOOR-BALTORK, I. Highly efficient, and fast solid state deprotection of 1,3-dithianes and 1,3-dithiolanes using mercury (II) nitrate trihydrate. **Molecules**, v.8, p.663-69, 2003.

HEWITT, H.G. **Fungicides in crop protection**. Oxon, UK: CAB International, 1998. 221p.

HOLLOMON, D.W.; CHAMBERLAIN, K. Hidroxypyrimidine fungicides inhibits adenosine desaminase in barley powdery mildew. **Pestic. Biochemin. Physiol.**, v.16, p.158-69, 1981.

HUTSON, D.; MIYAMOTO, J. **Fungicidal activity** – chemical and biological approaches to plant protection. West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 1998. 254p.

INFOCHEM. Disponível em: <http://www.infochems.com/chemdb/product_list.asp>
ACESSO em: 30 outubro 2005.

ISONO, K.; ASAHI, K; SUZUKI, S. Studies on polyoxins, antifungal antibiotics. XIII. The Structure of Polyoxins. **J. Am. Chem. Soc.** v.91, p. 7490-7505, 1969.

JEZ, J. M.; BENNETT, M. J.; SCHLEGEL, B. P.; LEWIS, M.; PENNING, T. M. Comparative anatomy of the aldo–keto reductase superfamily. **Biochem. J.**, v.326, p.625-36, 1997.

JMPR. Dinocap (087). Disponível em: <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPP/Pesticid/JMPR/Download/98_eva/dinocap.pdf>. ACESSO em: 16 junho 2005.

JORDAN, D.B.; LIVINGSTON, R.S.; BISAHA, J.J.; DUNCAN, K.E.; PEMPER, S.O.; PICOLLELLI, M.A.; SCHWARTZ, R.S.; STERNBERG, J.A.; TANG, X.S. Mode of action of famoxadone. **Pest. Sci.**, v.55, p.105-18, 1999.

JORDÃO JÚNIOR, A.A.; CHIARELLO, P.G.; BERNARDES, M.S.M.; VANNUCCHI, H. Peroxidação lipídica e etanol: papel da glutatona reduzida e da vitamina E. **Medicina**, n.31, p.434-49, 1998.

JOSEPH-HORNE, T.; HOLLOMON, D.W.; WOOD, P.M. Fungal respiration: a fusion of standard and alternative components. **Biochem. Biophys. Acta**, n.1504, 2001. p. 179-95.

KENNEDY, E. P.; WEISS, S. B. The function of cytidine coenzymes in the biosynthesis of phospholipid. **Journal of Biological Chemistry**, n. 222, p. 193-214, 1956.

KESMANN, H.; OOSTENDORP, M.; RUESS, W.; STAUB, T.; KUNZ, W.; RYALS, J. Systemic activated resistance – a new technology for plant disease control. **Pesticide outlook**, v.7, n.3, p.10-13, 1996.

KOJIMA, K.; TAKANO, Y.; YOSHIMI, A.; TANAKA, C.; KIKUCHI, T.; OKUNO, T. Fungicide activity through activation of a fungal signaling pathway. **Molecular Microbiology**, v.53, n.6, p.1785-96, 2004.

KRÜGER, B. W.; ETZEL, W.; GOEHRT, A. Fenhexamid (KBR 2738) – A botryticide from a new chemical class. **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer**, v.52, n.2, p.119-26, 1999.

KUCK, K.H.; MEHL, A. Trifloxystrobin: resistance risk and resistance management. **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer**, v.56, n.2, 2003. p.313-25.

KUS, C.; ALTANLAR, N. Synthesis of some new benzimidazole carbamate derivatives for evaluation of antifungal activity. **Turk J. Chem.**, n.27, p.35-39, 2003.

KURAHASHI, Y.; PONTZEN, R. Carpropamid: a new melanin biosynthesis inhibitor. **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer**, v.51, n.3, 1998. p.245-56

KURAHASHI, Y. Melanin biosynthesis inhibitors (MBIs) for control of rice blast. **Pesticide Outlook**, 2001. p.32-35

LABUSCHAGNE, N. Citrus rootstock resistance. Disponível em: <<http://fabinet.up.ac.za/biennialreport/docs/report13.pdf>>. ACESSO em: 18 junho 2005.

LÉON, J.; LAWTON, M.A.; RASKIN, I. Hydrogen peroxide stimulates salicycic acid biosynthesis in tobacco. **Plant Physiology**, v.108, p.1673-78, 1995.

LYR, H. **Modern selective fungicides** – properties, applications, mechanisms of action. New York: Gustav Fischer Verlag. 1995. 595 p.

MADAMANCHI, N.R., KUC, J. (1991). Induced systemic resistance in plants, the fungal spore and disease initiation in plants. New York: **Plenum Press**, 1991. p.347-62.

MAGREGOR, D.B. Famoxadone. **JMPR**, 2003. p.101-49.

MAHMUD, T. The C₇N aminocyclitol family of natural products. **Nat. Prod. Rep.**, n.20, p.137-66, 2003.

MANN, R.D. Executive summary terbinafine. **Journal Drug Evaluation**, v.2, p.131, 2004.

MARA – Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. AGROFIT – Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/>>. ACESSO em: 16 junho 2005.

MATSSON, M.; HEDERSTEDT, L. The carboxin-binding site on *Paracoccus denitrificans* succinate:quinone reductase identified by mutations. **Journal of Bioenergetics and Biomembranes**, v.33, p.99-105, 2001.

MERINO, P.; TEJERO, T. Polyalkoxy nitrones as chiral building blocks in asymmetric synthesis. **Molecules**, v.4, p.169-79, 1999.

MITANI, S.; ARAKI, S.; TAKII, Y.; OHSHIMA, T.; MATSUO, N.; MIYOSHI, H. The biochemical mode of action of the novel selective fungicide ciazofamid: specific inhibition of mitochondrial complex III in *Pythium spinosum*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.71, p.107-15, 2001.

MITANI, S.; ARAKI, S.; YAMAGUCHI, T.; TAKII, Y.; OHSHIMA, T.; MATSUO, N. Biological properties of the novel fungicide cyazofamid against *Phytophthora infestans* on

tomato and *Pseudoperonospora cubensis* on cucumber. **Pest Manag. Sci.**, v.58, n.2, p.139-45, 2002.

MITANI, S.; SUGIMOTO, K.; HAYASHI, H.; TAKII, Y.; OHSHIMA, T.; MATSUO, N. Effects of cyazofamid against *Plasmodiophora brassicae* Woronin on Chinese cabbage. **Pest Manag. Sci.**, v.59, n.3, p.287-93, 2003.

MOTA, V. **Bioquímica básica** – fosforilação oxidativa. Capítulo 8. São Paulo: Autolab. 2005. p.208-34

NAKANISHI, T.; SISLER, H.D. Mode of action of hymexazol in *Pythium aphanidermatum*. **J. Pestic. Sci.**, v.8, p.-173-81, 1983.

NAOT, O.; OFER, I.; SARID, P.; YANIV, A.; OMARI, A.; BENISHTI, O.; SING, B.; OVADIA, S.; HAMEIRI, Y.; BLATCHINSKY, D.; SARIG, P.; ZAHAVIAND, T.; REUVENI, M. Spiroxamine ('Impulse'), a new preparation for the control of *Uncinula necator* in grapes in Israel. In: THE 20TH CONGRESS OF THE ISRAELI PHYTOPATHOLOGICAL SOCIETY, 1999. Bet Dagan, Israel. **Anais** Bet Dagan: IPS, p. 154, 1999.

NASCIMENTO, J. S. Reino Chromysta ou Stramenopila. Disponível em: <<http://ib.ufpel.edu.br/chromysta.pdf>> ACESSO em: 08 junho 2005.

NENE, Y.L.; THAPLIYAL, P.N. Fungicides in plant disease control. New York: **International Sci. Publ.**, 3 ed., 691p, 1993.

NEUBURGER, M.; BEFFA, R.; VILLIER, A. Mode of action of fenamidone: similarities and differences with known Q_oI. **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer**, v.56, p.449-64, 2003.

OLIVEIRA, G. Cadeia respiratória e fosforilação oxidativa – geração de ATP. Disponível em: <<http://www.geocities.com/bioquimicaplicada/resumosatp.thm>> ACESSO em: 16 junho 2005.

PAPA, S.; GUERRIERI, F.; GOMEZ-PUYOU, M.T.; BARRANCO, J.; GOMEZ-PUYOU, A. Studies of the mechanism of action of triphenyltin on proton conduction by the H⁺ ATPase of mitochondria. **Eur. J. Biochem.**, 128: p.1-7, 1982.

PASCHE, J.S.; PICHE, L.M.; GUDMESTAD, N.C. Effect of the F129L mutation in *Alternaria solani* on fungicides affecting mitochondrial respiration. **Plant Disease**, v.89, n.3, 269-78, 2005.

PICININI, E. C. Fungicidas inibidores da biossíntese de ergosterol. III. Piridinas, pirimidinas e piperazinas. **RAPP**, v. 5, 1997. p. 353-86.

PMRA/ARLA – Pest Management Regulatory Agency. Zoxamide. REG2001-09. Ottawa, ON. 2001. 71p. Disponível em: <http://collection.nlc-bnc.ca/100/200/301/hcan-scan/pmra-arla/regulatory_notes-e/reg2001-09/reg2001-09-e.pdf> ACESSO em: 09 março 2005a.

PMRA/ ARLA – Pest Management Regulatory Agency. Pyraclostrobin, Headline EC, Cabrio EG. Regulatory note. REG2003-6. Ottawa, ON, 2003. Disponível em: < <http://www.pmra-arla.gc.ca/english/pdf/reg/reg2003-06-e.pdf>>. ACESSO em: 09 junho 2005b.

POWERS, M.F. & BEAVIS, A.D. Triorganotins inhibit the mitochondrial inner membrane anion channel. **J. Biol. Chem.**,266(26): 17250-17256, 1991.

RIMELSPACH, J.W.; BOEHM, M.J. **Families of fungicides for turfgrass**. The Ohio State University – Extension, Doc 4, 2004.

ROBERTS, T.; HUDSON, D. **Metabolic pathways of agrochemicals**. part two, insecticides and fungicides. The Royal Society of Chemistry. 1999.

ROBSON, G.D.; WIEBE, M.; KUHN, P.J.; TRINCI, A.P.J. Inhibitors of phospholipid biosynthesis. In: Khun, P.J.; Trinci, A.P.J.; Jung, M.J. **The biochemistry of cell walls and membranes in fungi**. Berlin: Springer, 1990. p.261-81.

ROSSLENBROICH, H.-J.; STUEBLER, D. *Botrytis cinerea* - history of chemical control and novel fungicides for its management. **Crop Protection**, v.19, p.557-61, 2000.

SACILOTO, R.F.Z. **Inserção do gene PR5K em cana-de-açúcar visando induzir resistência ao fungo da ferrugem *Puccinia melanocephala***. Piracicaba, 2003. 74p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SCHNEIDER, A.; KREMER-SCHILLINGS, W.; DROSIHN, G. Sportak alpha-eine funzizid-kombination gegen parasitären halmbruch in weizen. **Ges. Pflanzen.**, n.37, p. 23-9, 1985.

SCORECARD. Chemical profiles. Pesticides uses. Disponível em: <www.scorecard.org/chemical-profiles/pesticides.tel?edf-substance-id=55406-53-6> ACESSO em: 30 outubro 2005.

SINDAG – Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola. Disponível em: <<http://www.sindag.com.br/new/links/index.php>> ACESSO em: 20 junho 2005.

SMITH, P. **Agro projects** – disease projects. Surrey, UK: PJB Publ., 2002.

SMITH, P. **Agro projects** – disease projects. Surrey, UK: PJB Publ., 2004.

STERNBERG, J.A.; GEFFKEN, D.; ADAMS, J.B.Jr., POSTAGES, R.; STERNBERG, C.G.; CAMPBELL, C.L.; MOBERG, W.K. Famoxadone: the discovery and optimization of a new agricultural fungicide. **Pest Manag. Sci.**, v.57, n.(2), p.143-52, 2001.

SHTIENBERG, D.; KRITZMAN, G.; HERZOG, Z.; OPENHEIM, D.; ZILBERSTAIN, M.; BLATCHINSKY, D. Development and evaluation of a decision support system for management of fire blight in Israel. **Phytoparasitica**, v.27, n.2, p.139, 1999.

SURYANARAYANAN, T.S.; RAVISHANKAR, J.P.; VENKATESAN, G.; MURALI, T.S. Characterization of the melanin pigment of a cosmopolitan fungal endophyte. **Mycol. Res.**, v.108, n.8, p. 974-978, 2004.

THOMPSON, J.E.; FAHNESTOCK, S.; FARRALL, L.; VALENTE, B.; JORDAN, D.B. The second naphthol reductase of fungal melanin biosynthesis in *Magnaporthe grisea*. **Journal Biological Chemistry**, v.275, n.45, 2000. p.34867-72.

THOMSON. **Diccionario de especialidades agroquímicas**. Guadalajara: PLM, 13 ed., 1648p, 2003.

TOKUNAGA, Y.; KEON, J.P.R.; HARGREAVES, J.A. Benzothiadiazole-actived defence gene expression and disease resistance in barley. **In:** Lyr, H.; Russel, P.E.; Dehne H.-W.; Sisler, H.D. **Modern fungicides and antifungal compounds II**. Andover: Intercept, 1998. p.403-409.

TOMLIN, C. D. S. **The pesticide manual** – a world compendium. Surrey, UK: British Crop Protection Council. 11 ed., 1997. p. 1252-4.

TOMLIN, C.D.S. **The pesticide manual**: a world compendium. Surrey, Uk: British Crop Protection Council, 12 ed., 2002.1 - CD-ROM.

TOUSIGNANT, M.-É.; COMTOIS, M. **Projet de forçage de plantes ligneuses à différentes périodes de commercialisation**. Quebec : CIDES/MAPAQ, 2001. 71p.

UESUGI, Y. Fungal choline biosynthesis – a target for controlling rice blast. **Pesticide Outlook**, n.2, p.26-27, 2001.

USDA – United State Development Agriculture. The IR-4 Project.. Disponível em: <<http://ir4.rutgers.edu/newchem3.cfm?ChemicalID=332>> ACESSO em: 20 julho 2005.

VAN TUYL, J. M. Genetics of fungal resistance to systemic fungicides. **Meded Landbouwwet**, n. 77, v.2, p.137, 1977.

VENANCIO, W.S.; ZAGONEL, J.; FURTADO, E.L.; SOUZA, N.L. Novos fungicidas. I – produtos naturais e derivados sintéticos: estrobilurinas e fenilpirroles. **In:** Luz, W.C.; Fernandes, J.M.; Prestes, A.M.; Picinini, E.C. **Revisão anual de patologia de plantas**. v.7, 1999. p.103-55.

VENANCIO, W.S.; ZAGONEL, J.; FURTADO, E.L.; SOUZA, N.L.; PERES, N.A.R. Novos fungicidas. II – famoxadone e indutores de resistência. **In:** Luz, W.C.; Fernandes, J.M.; Prestes, A.M.; Picinini, E.C. **Revisão anual de patologia de plantas**. v.8, 2000. p.59-92.

VIDAL-CROS, A.; VIVIANI, F.; LABESSE, G.; BOCCARA, M.; GAUDRY, M. Polyhydroxynaphthalene reductase involved in melanin biosynthesis in *Magnaporthe grisea*. Purification, cDNA cloning and sequencing. **European Journal of Biochemistry**, v. 219, p.985-992, 1994.

WAARD, M. A.; GIESKES, S. A. Characterization of fenarimol-resistant mutants of *Aspergillus nidulans*. **Neth.J.Plant.Pathol.**, n. 83, p. 17-88, 1977.

WEISBLUM, B.; DAVIES, J. Antibiotic inhibitors of the bacterial ribosome. **Bacteriological Review**, v.32, n.4, p.493-528, 1968.

WHEELER, J.E.; HOLLOMON, D.W.; GUSTAFSON, G.; MITCHELL, J.C.; LONGHURST, C.; ZHANG, Z.; GURR, S.J. Quinoxifen perturbs signal transduction in barley powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*). **Molecular Plant Pathology**, v.4, n.3, p.177-86, 2003.

WHITE, R. F. Acetylsalicylic acid(aspirin) induces resistance to tobacco mosaic virus in Tobacco. **Virology**, n.99, p. 410-12, 1979.

WILLMOTT, J. Current Observations. **Greenhouse IPM Notes**, v.9, n.11, 5p, 1999.

XIAO, K.; ENGSTROM, G.; RAJAGUKGUK, S.; YU, C-A.; YU, L. Effect of famoxadone on photoinduced electron transfer between the iron-sulfur center and cytochrome c_1 in the cytochrome bc_1 . **The Journal of Biological Chemistry**, v.278, n.13, p.11419-26, 2003.

YALPANI, N.; LÉON, J.; LAWTON, M.A.; AND RASKIN, I. Pathway of salicylic acid biosynthesis in healthy and virus-inoculated tobacco. **Plant Physiology**, n.103, p.315-21, 1993.

YAMADA, N.; MOTOYAMA, T.; KUDO, T.; YAMAGUCHI, I.; NAKASAKO, M. Crystal structure of scytalone dehydratase Val75Met variant found in melanin biosynthesis dehydratase inhibitor resistant strains of the rice blast fungus. Disponível em: <http://64.233.187.104/search?q=cache:9_BIO1BiSuYJ:bsr2004.spring8.or.jp/pdfs/abst721.pdf+dehydratase+melanin&hl=pt-BR>. ACESSO em: 21 outubro 2005.

YAMAMOTO, P.T.; BASSANEZI, R.B.; SPÓSITO, M.B.; BELASQUE JÚNIOR, J.; JESUS JÚNIOR, W.C. Safra ameaçada. **Cultivar – HF**, n.2, p.8-11, 2005.

YOSHIDA, M.; MORIYA, S.; UESUGI, Y. Observation of transmethylation from methionine into choline in the intact mycelia of *Pyricularia oryzae* by ^{13}C NMR under the influence of fungicides. **Journal of Pesticide Science**, v.9, n.4, p.703-08, 1984.

ZHANG, Y.; LAMM, R.; PILLONEL, C.; LAM, S.; XU, J-R. Osmoregulation and fungicide resistance: the *Neurospora crassa os-2* gene encodes a *HOG1* mitogen-activated protein kinase homologue. **Applied and Environmental Microbiology**, v.68, n.2, p.532-38, 2002.

ZHENG, Y.-J.; BRUICE, T.C. Role of a critical water in scytalone dehydratase-catalyzed reaction. **Proc.Natl.Acad.Sci.**, v.95, n.4, p.4158-4163, 1998.

APENDICE

Classificação de Risco de Resistência (FRAC, 2005)

CodigoFRAC Classificação de Risco

- 1 **Alto Risco** – manejo de resistência siga as normas FRAC para Benzimidazoles.
- 2 **Médio para Alto Risco** – manejo de resistência siga as normas FRAC para Dicarboximides.
- 3 **Médio Risco** – manejo de resistência siga as normas FRAC para SBI(Inibidores da Biossíntese de Esterol).
- 4 **Alto Risco** – manejo de resistência siga as normas FRAC para Fenilamidas.
- 5 **Baixo para Médio Risco** – manejo de resistência siga as normas FRAC para SBI(Inibidores da Biossíntese de Esterol).
- 6 **Baixo para Médio Risco** – manejo de resistência requerido se utilizado em patogenos de risco.
- 7 **Médio Risco** – manejo de resistência requerido se utilizado em patogenos de risco.
- 8 **Médio Risco** – manejo de resistência requerido.
- 9 **Médio Risco** – manejo de resistência siga as normas FRAC para Anilinopirimidinas.
- 10 **Alto Risco** – manejo de resistência requerido.
- 11 **Alto Risco** – manejo de resistência siga as normas FRAC para QoI(Inibidores do Complexo III - citocromo *bc1*- ubiquinol oxidase sítio Qo).
- 12 **Baixo para Médio Risco** – manejo de resistência requerido.
- 13 **Médio Risco** – manejo de resistência requerido.
- 14 **Baixo para Médio Risco** .
- 16.1 **Resistência não conhecida.**
- 16.2 **Médio Risco** – manejo de resistência requerido.
- 17 **Baixo para Médio Risco** – manejo de resistência requerido.
- 18 **Resistência não conhecida.**

CodigoFRAC	Classificação de Risco
19	Médio Risco – manejo de resistência requerido.
20	Resistência não conhecida.
21	Médio para Alto Risco –manejo de resistência requerido.
22	Baixo para Médio Risco – manejo de resistência requerido.
23	Baixo para Médio Risco – manejo de resistência requerido.
24	Médio Risco – manejo de resistência requerido.
25	Alto Risco – manejo de resistência requerido.
26	Resistência não conhecida.
27	Baixo para Médio Risco – manejo de resistência requerido.
28	Baixo para Médio Risco – manejo de resistência requerido.
29	Resistência não conhecida , exceto para Fluazinam que é considerado Baixo Risco
30	Baixo para Médio Risco
31	Resistência não conhecida – manejo de resistência requerido.
32	Resistência não conhecida.
33	Baixo Risco
34	Resistência não conhecida.
35	Resistência não conhecida.
36	Resistência não conhecida.
37	Resistência não conhecida.
38	Baixo Risco
39	Resistência não conhecida.
40	Baixo para Médio Risco – manejo de resistência requerido.
41	Alto Risco – manejo de resistência requerido.
42	Resistência não conhecida.
P	Resistência não conhecida.
U	Resistência não conhecida.
M	Baixo Risco – manejo de resistência requerido.
NC	Resistência não conhecida.

Tipos de Formulação (ABNT, 1997)

SIGLA DESCRIÇÃO INGREDIENTES ATIVOS E CONCENTRADOS

AI	Ingrediente Ativo
TC	Produto Técnico
TK	Concentrado Técnico

SIGLA DESCRIÇÃO TIPOS DE FORMULAÇÕES

CS	Suspensão de encapsulado
DC	Concentrado dispersível
EC	Concentrado emulsionável
EO	Emulsão de água em óleo
EW	Emulsão de óleo em água
MEO	Microemulsão de água em óleo
MEW	Microemulsão de óleo em água
SC	Suspensão concentrada
SCS	Suspo/ suspensão de encapsulados
SE	Suspo/ emulsão
SG	Granulado solúvel
SL	Concentrado solúvel
SP	Pó solúvel
TB	Tablete
WG	Granulado dispersível
WP	Pó molhável
BR	Bloco
PC	Concentrado em pasta
GL	Gel emulsionável
GW	Gel solúvel em água
OF	Suspensão concentrada dispersível em óleo
OL	Solução miscível em óleo
OP	Pó dispersível em óleo

SIGLA	DESCRIÇÃO TIPOS DE FORMULAÇÕES
CG	Granulado encapsulado
DP	Pó seco
ED	Líquido para pulverização eletrostática/ eletrodinâmica
GR	Granulado
SO	Óleo para pulverização/ espalhamento
SU	Suspensão a ultrabaixo volume
UL	Ultrabaixo volume
MG	Microgranulado
GP	Pó fino
FG	Granulado fino
GG	Macrogranulado
TP	Pó para despistagem
AL	Outros líquidos para aplicação direta
AA	Outros pós
DS	Pó para tratamento a seco de sementes
ES	Emulsão para tratamento de sementes
FS	Suspensão concentrada para tratamento de sementes
LS	Solução para tratamento de sementes
SS	Pó solúvel para tratamento de sementes
WO	Pó para preparação de pasta em óleo
WS	Pó para preparação de pasta em água

SIGLA	DESCRIÇÃO TIPOS DE FORMULAÇÕES ESPECIAIS
AE	Aerosol
FU	Fumigante
FD	Pastilha fumigante
FK	Vela fumigante
FP	Cartucho fumigante
FR	Bastonete fumigante
FT	Tablete fumigante
FW	Granulado fumigante
GA	Gás liquefeito sob pressão
GE	Gerador de gás
HN	Concentrado para termonebulização
KN	Concentrado para nebulização a frio
LA	Laca
PR	Bastonete vegetal
PA	Pasta
RB	Isca
AB	Iscas de grãos
BB	Iscas de blocos
GB	Iscas granuladas
PB	Iscas em placas
SB	Iscas em aparas
VP	Produtor de vapor
GS	Pasta oleosa
XX	Outros