

**IURI STÉFANO NEGRISIOLO DARIO**

**INTERAÇÃO DE ADJUVANTES E DO VOLUME DE CALDA NA EFICIÊNCIA  
DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO**

**Botucatu  
2019**



**IURI STÉFANO NEGRISIOLO DARIO**

**INTERAÇÃO DE ADJUVANTES E DO VOLUME DE CALDA NA EFICIÊNCIA  
DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Proteção de Plantas).

**Orientador:** Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano

**Botucatu  
2019**

D218i Dario, Iuri Stéfano Negrisiolo  
Interação de adjuvantes e do volume de calda na  
aplicação de fungicidas na cultura do arroz irrigado /  
Iuri Stéfano Negrisiolo Dario. -- Botucatu, 2019  
238 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista  
(Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas,  
Botucatu  
Orientador: Carlos Gilberto Raetano

1. Arroz. 2. Adjuvante. 3. Fungicida. 4. Volume de  
Aplicação. 5. Tecnologia de Aplicação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.  
Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados  
fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

Título: **“INTERAÇÃO DE ADJUVANTES E DO VOLUME DE CALDA NA EFICIÊNCIA DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO”**

AUTOR: IURI STEFANO NEGRISIOLO DARIO

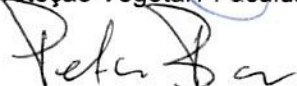
ORIENTADOR: CARLOS GILBERTO RAETANO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. CARLOS GILBERTO RAETANO

Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



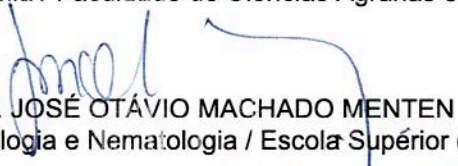
Prof. Dr. PETER BAUR

Institute of Horticulture / Hannover University



Prof. Dr. EVANDRO PEREIRA PRADO

Agronomia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena



Prof. Dr. JOSÉ OTÁVIO MACHADO MENTEN

Fitopatologia e Nematologia / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ)



Prof. Dr. MARCELO DA COSTA FERREIRA

Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Botucatu, 22 de fevereiro de 2019.



## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, Geraldo e Sueli,  
que sempre me apoiaram, cobraram e instigaram  
a continuar sempre buscando novos horizontes.*

*Ao meu irmão Thomas Lênin e minha namorada Adriana  
que com sua serenidade, me acalmaram,  
nos momentos mais estressantes.*



## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano, pela orientação, competência, ensinamentos, amizade e por ter me apresentado a Unesp, uma das melhores escolhas que fiz na vida.

Ao meu pai, Prof. Dr. Geraldo Dario, que faz o papel de pai, professor, orientador e amigo durante todos os dias de minha vida.

À minha mãe Sueli, por sua rigidez e incentivos, que me fizeram ingressar na ESALQ com 17 anos, finalizar a graduação em 5 anos, o mestrado em 2 anos, o doutorado na Unesp Botucatu e o PhD na Alemanha.

Ao meu irmão Thomas LÊNIN, que por tanto ouvir as conversas dos agrônomos da família, acabou por escolher em seguir o mesmo ramo.

À minha namorada Adriana, pelo companheirismo em casa, nas viagens, nos campeonatos de futebol e nos finais de semana, inclusive nos experimentos dessa tese.

Ao meu tio Dunga, pelas longas madrugadas me ajudando nos estudos e por ser uma pessoa tão especial que considero como um segundo pai.

À Luiz Vicente de Souza Queiroz e sua obra, a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, onde tive o privilégio e a honra de estudar e me formar engenheiro agrônomo.

Ao Prof. Dr. Peter Baur e à Luciana Bodelon, pela oportunidade em realizar o PhD na Clariant, pela amizade, pelos ensinamentos e orientação durante as pesquisas na Alemanha.

À equipe de Crop Protection da Clariant, que me auxiliou nos testes desenvolvidos em seus laboratórios.

À Dra. Maria Heloisa Duarte de Moraes, pelas análises de sanidade das sementes, imprescindíveis para a conclusão dessa dissertação.

Aos professores e funcionários da Unesp Botucatu, que me ensinaram e me auxiliaram durante esses 4 anos de Doutorado.

Aos orientados do Prof. Raetano, companheiros de dia a dia no laboratório, congressos e confraternizações semanais.

Aos meus amigos de pós-graduação da Unesp, por ter vivido com eles momentos tão especiais.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de estudos no Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Proteção de Plantas.

Aos companheiros da equipe de futebol da AAALQ, pelas inúmeras conquistas, campeonatos, treinos e churrascos, momentos especiais que vivi nos últimos 11 anos e jamais serão esquecidos.

*"Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas.*

*Muito conhecimento, que se sintam humildes.*

*É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o céu,*

*enquanto que as cheias abaixam para a terra, sua mãe...."*

Leonardo da Vinci



## RESUMO

A incidência de doenças é um dos principais fatores que afeta a orizicultura brasileira e a baixa eficiência de controle tem causado perdas significativas na quantidade e na qualidade do arroz. Alguns fatores têm influenciado na baixa eficiência do controle das doenças, e entre estes, a aplicação dos fungicidas com volumes muito reduzidos e o não uso ou o uso inadequado de adjuvantes. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a interação da aplicação de adjuvantes e fungicidas na cultura do arroz irrigado, em diferentes volumes de calda, bem como mensurar seus efeitos na sanidade e na produção de grãos. A pesquisa foi desenvolvida em campo e laboratório. O experimento a campo foi conduzido em tabuleiros irrigados na Fazenda Santa Helena, município de Roseira, principal região orizícola do Estado de São Paulo - Brasil, sendo utilizado o cultivar Puitá Inta CL, importante material utilizado na região. O experimento constou de 13 tratamentos, distribuídos no esquema fatorial 4 x 3 (fungicida associado a 3 diferentes adjuvantes e fungicida isolado x 3 volumes de calda, e um tratamento controle). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, composto por 52 parcelas (13 tratamentos e 4 repetições), tendo cada parcela área de 1.500 m<sup>2</sup>. Os adjuvantes utilizados foram: Fighter (mistura de surfactantes não iônicos), Natur'l Óleo (óleo vegetal) e Aureo (éster metílico de óleo de soja). O fungicida Brio (epoxiconazole + cresoxim-metílico) foi pulverizado duas vezes, coincidentes com o emborrachamento e o início do florescimento das plantas (72 e 86 dias do ciclo da cultura - BBCH 45 e 61), utilizando volumes de calda de 10 L ha<sup>-1</sup> para pulverização aérea e 100 e 200 L ha<sup>-1</sup> para pulverização terrestre. Durante a condução do experimento foram realizadas avaliações da eficiência dos tratamentos no controle da mancha parda, por meio das avaliações da incidência e severidade na folha bandeira.

Também foram realizadas avaliações visuais de fitointoxicação utilizando a escala EWRC (1 = nenhuma fitointoxicação e 9 = morte das plantas). No momento da primeira pulverização foram utilizados papéis hidrossensíveis, visando verificar a qualidade da aplicação e a deposição das gotas, os quais foram alocados sobre as folhas das plantas e distribuídos em 5 locais de cada parcela. Ao final do ciclo da cultura foi realizada a colheita (120 DAS) e avaliada a produção de grãos, o peso de 1.000 sementes, o controle de patógenos nas sementes e após o beneficiamento foram analisados o rendimento de engenho, a porcentagem de grãos inteiros e a qualidade do arroz polido. Os testes de laboratório foram conduzidos no setor de Crop Solutions da Clariant Innovation Center em Frankfurt, Alemanha, unidade da Clariant localizada no complexo industrial de Hoechst, destinada exclusivamente para novos projetos e pesquisas com adjuvantes. Os produtos e os tratamentos foram os mesmos utilizados a campo, e o delineamento estatístico foi inteiramente casualizado. Foram realizados testes de compatibilidade de misturas, quantificação de penetração cuticular de epoxiconazol e cresoxim-metílico e da velocidade de penetração em membrana natural, através de análise em HPLC; pH das soluções; observação do depósito e da formação de cristais em lente comum e polarizada; teste de fitointoxicação; tensão superficial dinâmica; análise do espectro de gotas e potencial de deriva; ângulo de contato formado entre e a superfície da folha do arroz e a velocidade do espalhamento; análise das estruturas foliares do arroz em microscópio eletrônico de varredura e quantificação da deposição e porcentagem de cobertura das soluções nas plantas de arroz. Para estes testes foram utilizados os cultivares IAC 202 e BEAD, tradicional variedade brasileira de terras altas e chinesa de área irrigada, respectivamente, sendo o arroz conduzido em ambiente protegido e totalmente automatizado, sobre plataformas mecanizadas de casualização diária, com controle

de irrigação, temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar. Os resultados obtidos permitem concluir: a) A utilização de fungicidas é essencial para obtenção de altos rendimentos da cultura, em especial com pulverização terrestre; b) O uso de adjuvantes possibilita a redução do volume sem afetar a qualidade da pulverização; c) Os adjuvantes aumentam o potencial de fitointoxicação dos produtos; d) A deriva tem relação direta com a pressão, tipo de ponta e volume de aplicação, e pode ser reduzida com a utilização de adjuvantes; e) O uso de adjuvantes promove menor ângulo de contato da gota com a superfície da folha de arroz e maior molhamento das plantas; f) Os adjuvantes aumentam a penetração foliar dos ingredientes ativos.

**Palavras-chave:** Arroz; Adjuvante; Fungicida; Volume de Aplicação; Tecnologia de Aplicação.



## ABSTRACT

The incidence of diseases is one of the main factors affecting Brazilian rice production and the low efficiency of control has caused significant losses in rice quantity and quality. Some factors have influenced the low efficiency of disease control, including the application of fungicides at very low volumes and the non-use or inappropriate use of adjuvants. This research aims to evaluate the interaction of the application of adjuvants and fungicides in the irrigated rice crop, in different spray volumes, as well as to measure their effects on sanity and grain production. The research was developed in the field and laboratory. The field experiment was conducted on irrigated at Fazenda Santa Helena, in the municipality of Roseira, the main rice region of the São Paulo State - Brazil, using the cultivar Puitá Inta CL, an important material in cultivation in the region. The experiment consisted of 13 treatments, distributed in the factorial scheme 4 x 3 (fungicide associated with 3 different adjuvants and isolated fungicide x 3 spray volumes, and a control treatment). The experimental design was a randomized block design, consisting of 52 plots (13 treatments and 4 replications), each plot having an area of 1,500 m<sup>2</sup>. The adjuvants used were: Fighter (mixture of nonionic surfactants), Natur'l Oil (vegetable oil) and Aureo (methyl ester of soybean oil). The fungicide Brio (epoxiconazole + kresoxim-methyl) was sprayed twice, coinciding with the booting and beginning of flowering of the plants (72 and 86 days of the culture cycle - BBCH 45 and 61), using tank volumes of 10 L ha<sup>-1</sup> for aerial spraying and 100 and 200 L ha<sup>-1</sup> for ground spraying. During the conduction of the experiment were carried out evaluations of the efficiency of the treatments in the control of the brown spot, through the evaluations of the incidence and severity in the rice leaves. Visual evaluations of phytotoxicification were also performed using the EWRC scale (1

= no phytotoxification and 9 = plant death). At the moment of the first spraying, hydrosensitive papers were used to verify the quality of the application and the deposition of the droplets, which were allocated on the leaves of the plants and distributed in 5 sites of each plot. At the end of the crop cycle, the crop was harvested (120 DAS) and evaluated the grain yield, the weight of 1,000 seeds, the control of pathogens in the seeds and after the processing were analyzed the yield of processing, the percentage of whole grains and the quality of polished rice. The laboratory tests were conducted in the Crop Solutions sector of the Clariant Innovation Center in Frankfurt, Germany, a unit of Clariant located in the industrial complex of Hoechst, exclusively for new projects and research with adjuvants. The products and treatments were the same as those used in the field, and the statistical design was completely randomized. Mixture compatibility tests were performed, quantification tests of cuticle penetration of epoxiconazole and kresoxim-methyl and the rate of penetration of natural membrane were performed by HPLC analysis; pH of the solutions; observation of deposit and formation of crystals in common and polarized lens; phytointoxication test, dynamic surface tension; analysis of the droplet spectrum and drift potential; contact angle formed between the droplet and the surface of the leaf of the rice and the speed of the spreading; analysis of rice leaf structures in a scanning electron microscope and quantification of the deposition and percentage coverage of the solutions in the rice plants. For these tests, the cultivars IAC 202 and BEAD, traditional Brazilian variety of upland and Chinese of irrigated areas, respectively, were used, and the rice was conducted in a protected and fully automated environment on mechanized platforms of daily casualization with irrigation control, temperature, relative humidity and solar radiation. The results obtained allow us to conclude: a) The use of fungicides is essential to obtain high yields of the rice crop, especially with terrestrial spraying; b)

The use of adjuvants allows the reduction of spray volume without affecting quality; c) The adjuvants increase the phytotoxicity potential of the products; d) The drift is directly related to the pressure, type of nozzle and volume of application, and can be reduced with the use of adjuvants; e) The use of adjuvants promotes a lower angle of contact of the drop with the surface of the rice leaf and more wetting of the plants; f) The adjuvants increase the leaf penetration of the active ingredients.

**Keywords:** Rice; Adjuvant; Fungicide; Spray Volume; Spray Technology.



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%E	Porcentagem de Eficiência
DAS	Dias Após a Semeadura
DV	Diâmetro Volumétrico
EDX	Energia Dispersiva de Raios X
HPLC	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
Kow	Coefficiente de Partição Etanol / Água
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MEV	Microscópio Eletrônico de Varredura
UR	Umidade Relativa do Ar



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	25
<b>CAPÍTULO 1 - OTIMIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NA ORIZICULTURA IRRIGADA NO VALE DO PARAÍBA, SP</b> .....	33
Resumo .....	33
1.1 Introdução .....	34
1.2 Material e Métodos .....	35
1.2.1 Localização da área experimental .....	35
1.2.2 Descrição dos Produtos .....	37
1.2.3 Tratamentos .....	38
1.2.4 Delineamento Estatístico.....	39
1.2.5 Aplicação dos produtos .....	40
1.2.5.1 Aplicação aérea .....	40
1.2.5.2 Aplicação terrestre .....	41
1.2.6 Condições meteorológicas .....	42
1.2.7 Avaliações .....	45
1.2.7.1 Distribuição das gotas de pulverização .....	45
1.2.7.2 Severidade da Mancha-Parda .....	45
1.2.7.3 Fitointoxicação .....	47
1.2.7.4 Produção .....	47
1.2.7.5 Peso de 1.000 sementes.....	48
1.2.7.6 Teste de sanidade ("blotter test") .....	48
1.2.7.7 Teste de Engenho .....	49
1.2.8 Análise dos dados .....	49
1.3 Resultados e Discussão .....	50
1.4 Conclusão .....	64
1.5 Referências .....	64
<b>CAPÍTULO 2 - ADJUVANTES EM PULVERIZAÇÃO FUNGICIDA: PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, DERIVA E COBERTURA DA FOLHA DO ARROZ</b> .....	69
Resumo .....	69

2.1	Introdução .....	70
2.2	Material e Métodos .....	74
2.2.1	Descrição dos Produtos .....	74
2.2.2	Compatibilidade física e estabilidade das misturas .....	75
2.2.3	Deriva .....	77
2.2.4	Tensão Superficial Dinâmica .....	79
2.2.5	Ângulo de Contato .....	80
2.2.6	Cobertura da Pulverização .....	81
2.2.6.1	Desenvolvimento das plantas .....	81
2.2.6.2	Aplicação dos produtos .....	82
2.2.6.3	Análise sob luz ultravioleta .....	83
2.3	Resultados e Discussão .....	88
2.3.1	Compatibilidade física e estabilidade das misturas .....	88
2.3.2	Deriva .....	89
2.3.3	Tensão Superficial Dinâmica .....	109
2.3.4	Ângulo de Contato .....	116
2.3.5	Cobertura da Pulverização .....	137
2.4	Conclusão .....	156
2.5	Referências .....	157
	<b>CAPÍTULO 3 - BIODISPONIBILIDADE: ESTRUTURAS FOLIARES, CARACTERIZAÇÃO DA GOTA, PH, PENETRAÇÃO CUTICULAR E FITOINTOXICAÇÃO .....</b>	<b>162</b>
	Resumo .....	162
3.1	Introdução .....	163
3.2	Material e Métodos .....	167
3.2.1	Descrição dos Produtos .....	167
3.2.2	Estruturas Foliares .....	168
3.2.3	Caracterização da Gota .....	169
3.2.4	Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	170
3.2.5	Penetração Cuticular .....	171
3.2.5.1	Especificações do epoxiconazole .....	174
3.2.5.2	Especificações do cresoxim-metílico .....	175
3.2.6	Fitointoxicação .....	176

3.3	Resultados e Discussão .....	178
3.3.1	Estruturas Foliares .....	178
3.3.2	Caracterização da Gota .....	196
3.3.3	Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	206
3.3.4	Penetração Cuticular .....	207
3.3.5	Fitointoxicação .....	215
3.4	Conclusão .....	223
3.5	Referências .....	224
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	229
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	231



## INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do arroz é muito importante para a alimentação humana, constituindo a principal fonte de calorias para mais da metade da população mundial, e para alguns povos, especialmente da Ásia, é um alimento de sobrevivência (PEREIRA, 1973).

O consumo do arroz varia de acordo com o poder aquisitivo e os costumes da população. No Brasil o consumo "per capita" é de 40 kg/ano, na Argentina não ultrapassa 8 kg/ano e em alguns países da Ásia pode atingir 200 kg/ano, desempenhando fundamental papel socioeconômico por ser a principal fonte de calorias para a população (FAO, 2013).

Dentre os maiores produtores mundiais de arroz, se destaca a China como o maior produtor (212,7 mi t) e a Índia com a maior área plantada (43,8 mi ha), sendo que o Brasil é o nono maior produtor mundial e o primeiro fora do continente asiático, produzindo 12,5 mi t em 2,0 mi ha semeados (FAO, 2019).

A espécie *Oryza sativa* é uma monocotiledônea que perfilha e se caracteriza por possuir caules ocos, flores reduzidas de cor verde, aerênquimas especializados em manter a cultura em área inundada e cariopses como frutos. O crescimento e o desenvolvimento da planta podem ser divididos em 3 fases distintas: vegetativa, reprodutiva e de frutificação e amadurecimento, com o ciclo das plantas dos genótipos para as áreas irrigadas, variando entre 110 e 150 dias. Os fatores climáticos com maior interferência no cultivo do arroz são: temperatura, radiação solar e precipitação. A resistência da planta às adversidades climáticas varia com o cultivar e fase do desenvolvimento da cultura (YOSHIDA, 1981).

Apesar da maioria dos agricultores adotarem modernas tecnologias na condução das suas lavouras, tem-se verificado nas últimas safras que os maiores

prejuízos à produção são decorrentes de manejo inadequado quanto à nutrição e a sanidade das plantas, sendo de fundamental importância para o sucesso do empreendimento orizícola um eficiente controle fitossanitário.

A ocorrência de doenças é um dos principais fatores de interferência no desenvolvimento das plantas e restrição da produção (MIURA, 2002). Segundo o autor a planta de arroz, em qualquer fase de desenvolvimento é suscetível às doenças, que reduzem a qualidade e a quantidade final do produto e entre os prejuízos diretos, causados pelas doenças, incluem-se a redução do estande de plantas, grãos manchados, menor número e/ou, tamanho das sementes e redução geral na eficiência produtiva dessas plantas.

Na orizicultura são descritas mais de 80 doenças, causadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides, entretanto, muitos desses patógenos não tem ocorrência no Brasil.

A prevalência e a severidade das doenças estão relacionadas à presença do patógeno, à susceptibilidade do cultivar e às condições ambientes favoráveis (LOBO, 2004; NUNES et al., 2004).

As principais doenças que ocorrem na cultura do arroz no Brasil são de natureza fúngica, e sua severidade tende a ser maior nas regiões de clima tropical, como é o caso do Norte e Centro-Oeste. Na Região Sul do Brasil, o clima subtropical é menos favorável à incidência de doenças, porém, em cultivos em vales, muitas vezes próximos a montanhas, proporcionam condições ideais para sua ocorrência (SCHEUERMANN, 2015). Como exemplo, as lavouras orizícolas do Vale do Paraíba - SP, onde a brusone [*Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc], a mancha-parda (*Bipolaris oryzae* Breda de Haan Schvemaker) e a escaldadura [*Microdochium oryzae* (Hashioka

& Yokogi) Samuels & I.C. Hallett] merecem destaque, causando severos danos à cultura.

Cardoso & Kimati (1980) descrevem que a mancha-parda é uma doença muito comum em todas as regiões do mundo, porém, no Brasil, passa quase despercebida graças à predominância da incidência da brusone, com a qual muitas vezes vem associada e frequentemente é sintomatologicamente confundida, mas atualmente, verifica-se que, em determinadas regiões, como no Vale do Paraíba - SP, a mancha-parda tem sido tão importante quanto à brusone e necessita de controle eficiente.

Dentre as doenças que ocorrem na cultura do arroz, a mancha-parda ou helmintosporiose pode ser considerada a que prevalece nas sementes, tendo sido detectada em todos os cultivares comerciais (VALARINI et al., 1988; LENZ et al., 2010). Os autores citam ser esta uma das mais importantes doenças da cultura do arroz irrigado no Brasil e na maioria dos países produtores.

A mancha-parda ou helmintosporiose tem como agente causal o fungo *Bipolaris oryzae* Breda de Haan Schvemaker (syn.: *Drechslera oryzae* Breda de Haan; *Helminthosporium oryzae* Breda de Haan), cuja fase perfeita corresponde a *Cochliobolus miyabeanus* Ito & Kuribayashi (BEDENDO, 1997).

A infecção inicia após o contato dos esporos do fungo com a superfície da planta de arroz, onde na presença de água os conídios germinam e as estruturas fúngicas podem penetrar pelos estômatos ou pela cutícula (DALLAGNOL et al., 2009).

A mancha-parda, assim como a brusone, manifesta-se em todas as fases do ciclo da cultura, ataca o coleóptilo, folhas, ramificações das panículas, glumelas e grãos, sendo os sintomas mais frequentemente encontrados nas folhas e nos grãos. Nas folhas, as manchas são ovaladas, de coloração marrom-avermelhada

e normalmente apresentam um centro cinza, onde podem ser encontradas as estruturas reprodutivas do patógeno. Elas ocorrem geralmente de forma isolada, podendo coalescer e tomar considerável área da folha, enquanto nos grãos, as manchas são de coloração marrom escuro ou avermelhada. Em ataques severos podem cobrir parcial ou totalmente a superfície dos mesmos, e como consequência, causar chochamento, redução de peso e gessamento (PRAHBU et al., 2006).

A dificuldade apresentada pelos agricultores em distinguir ambas as doenças no início da infestação e, conseqüentemente, acarretando na escolha inadequada dos fungicidas, tem causado significativas quedas de produção em decorrência da baixa eficiência de controle.

O controle de doenças na cultura do arroz se inicia com a escolha do cultivar, o qual deve ser adaptado à região e com determinada resistência a doenças. Estudando diferentes genótipos de arroz irrigado, Mwendo et al. (2017) verificaram que entre as 100 linhagens de arroz testadas, 18% foram classificadas como altamente resistentes, 52% com resistência intermediária, 27% pouco resistentes e 3% como totalmente susceptíveis, mostrando diferença significativa entre os genótipos testados. Isso pode ser utilizado para o desenvolvimento de genótipos resistentes à mancha-parda. É indicada a rotação de cultivares a cada três anos, pois a resistência é facilmente superada devido às diversas raças do patógeno, como é o caso da *Pyricularia grisea*. Somente na Ásia, Ahmadpour et al. (2018) identificaram 288 genótipos distintos de *Bipolaris oryzae*. É de suma importância a utilização de sementes saudáveis, considerando que sementes infectadas constituem importante fator de disseminação, e uma das fontes primárias de inóculo (KIMATI, 2005). São recomendadas também semeaduras em períodos adequados, evitando épocas tardias, onde o inóculo já tem ocorrência em lavouras vizinhas, adubações

nitrogenadas equilibradas e manutenção da lâmina de água, a fim de diminuir a formação do orvalho e aumentar a severidade das doenças.

Essas práticas culturais são recomendadas para diminuir a incidência e severidade das doenças, mas é inevitável a aplicação de fungicidas para a lavoura atingir altos níveis de produtividade.

Entre os fatores que influenciam na eficiência do controle químico das doenças na cultura do arroz irrigado pode-se destacar o reconhecimento do patógeno e a indicação do fungicida adequado.

Os fungicidas têm sido aplicados via tratamento de sementes ou através de pulverizações foliares, terrestres ou aéreas.

A aplicação de fungicidas na parte aérea das plantas tem se mostrado uma medida eficaz para controle das doenças, e a aceitação dessa prática pelos produtores deve-se à maior estabilidade na produção, aumento da qualidade de grãos e ao conseqüente retorno econômico (CELMER et al., 2007).

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é um dos mais multidisciplinares campos dentro da agricultura, uma vez que se reporta ao controle de insetos e ácaros, de plantas daninhas e de agentes patogênicos, que considera aspectos da biologia, da química, da engenharia, da ecologia, da sociologia e da economia (FERREIRA, 2006).

Tanto aviões agrícolas quanto pulverizadores terrestres, desde que adequadamente regulados e operados podem ser utilizados com sucesso na aplicação de fungicidas para o controle de doenças (ARAÚJO, 2004).

A aplicação aérea desempenha um papel importante na produção agrícola e as aeronaves são capazes de aplicar os agroquímicos em grandes áreas e com janelas de aplicação estreitas (WANG et al., 2018). Nas aplicações aéreas se

destacam bicos hidráulicos, bicos rotativos de discos e sistema eletrostático (CUNHA et al., 2004). Bicos rotativos são unidades que giram a alta velocidade, fracionando o líquido em gotas uniformes, no geral entre 100 e 200  $\mu\text{m}$ , possibilitando trabalhar com baixos volumes de calda situando-se entre 10 e 20 L  $\text{ha}^{-1}$  com adição obrigatória de óleos vegetais ou adjuvantes, que minimizam a evaporação das gotas, permitindo a aplicação de gotas finas com maior eficiência biológica (BAYER et al., 2011).

Nas aplicações aéreas no Vale do Paraíba - SP são comumente utilizadas aeronaves com bico rotativo Micronair, com volumes de aplicação entre 8 e 10 L  $\text{ha}^{-1}$ , com adição de adjuvantes. A difícil trafegabilidade de pulverizadores terrestres na cultura do arroz irrigado, além do desgaste das máquinas e a possibilidade de aplicar pesticidas no momento correto são vantagens que se destacam uso da aplicação aérea para essa cultura (BOLLER et al., 2008).

As pulverizações são afetadas por muitos fatores relacionados ao produto fitossanitário como: estabilidade, solubilidade, incompatibilidade, formação de espuma, tamanho das gotas, concentração, suspensão, tensão superficial, cobertura, aderência, penetração e outros. Sendo os adjuvantes os responsáveis pelas alterações de grande parte destas variáveis (MENDONÇA, 2003) podem influenciar no desempenho dos produtos fitossanitários, especialmente nas aplicações com volumes reduzidos de calda.

Os adjuvantes atuam de maneira diferente entre si e promovem melhoria no molhamento, na aderência, no espalhamento, na redução de espuma e na dispersão da calda de pulverização. Alguns benefícios dos adjuvantes podem ser destacados: aumento da absorção do ativo, aumento da retenção no alvo, aumento da persistência e redução da concentração do produto fitossanitário (STICKLER, 1992).

Os adjuvantes são divididos em dois grupos: os modificadores das propriedades de superfície dos líquidos (surfactante, espalhante, umectante, detergentes, dispersantes e aderentes, entre outros) e os aditivos (óleo mineral ou vegetal, sulfato de amônio e ureia, entre outros) que afetam a absorção devido à sua ação direta sobre a cutícula (VARGAS e ROMAN, 2006).

Os óleos minerais e os óleos vegetais possuem amplo espectro de uso. São utilizados isoladamente tanto no controle de insetos e fungos, quanto como adjuvantes adicionados às caldas de pulverizações. Exercendo o papel de adjuvante, os óleos favorecem o espalhamento e a absorção, reduzindo a degradação de ingrediente ativo e, na maior parte das vezes, a tensão superficial de líquidos (MENDONÇA et al., 2007).

De acordo com Queiroz et al. (2008), para vencer as barreiras das plantas à penetração dos produtos fitossanitários, são utilizadas substâncias denominadas aditivos ou adjuvantes, capazes de modificar a atividade dos produtos aplicados e as características da pulverização. Durigan (1993), na mesma linha de pesquisa, informa que dentre as vantagens do uso desses produtos, pode-se destacar a maior facilidade de penetração da calda pela cutícula, a redução da hidrólise do defensivo agrícola na água do tanque e redução da foto decomposição.

Atualmente há tendência de reduzir o volume de aplicação de produtos fitossanitários, a fim de minimizar os custos e aumentar a eficiência da pulverização.

O volume de calda é uma importante variável na aplicação dos produtos fitossanitários. A aplicação de volumes superiores a 200 L ha<sup>-1</sup> tornou-se prática usual no tratamento fitossanitário das culturas agrícolas. Atualmente, existe tendência de se reduzir o volume de calda, visando diminuir os custos de aplicação e aumentar a eficiência da pulverização (BONADIMAN, 2008).

O uso de volumes menores de calda aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores em valores expressivos, podendo ser o principal componente do desempenho operacional em diversas culturas (SILVA, 1999; ROMÁN et al., 2009). No entanto, a redução acentuada do volume pode comprometer a eficiência do tratamento fitossanitário por não proporcionar cobertura suficiente do alvo, ou ainda, não disponibilizar quantidade de ativo suficiente para o controle.

Portanto visando a otimização da tecnologia de aplicação no controle de doenças na orizicultura irrigada na Região do Vale do Paraíba, SP, com redução dos volumes de aplicação e uso de adjuvantes na pulverização de fungicida, os objetivos deste trabalho foram: a) avaliar a interação da aplicação de adjuvantes e fungicida na cultura do arroz irrigado, com diferentes volumes de calda, bem como mensurar seus efeitos no controle da mancha-parda e na produção de grãos; b) avaliar a penetração cuticular de epoxiconazol e cresoxim-metílico e a velocidade de penetração em membrana natural, através de análise em HPLC; c) avaliar pH, depósito e formação de cristais em lente comum e polarizada das soluções; d) avaliar fitointoxicação, tensão superficial dinâmica, espectro de gotas e potencial de deriva, ângulo de contato formado entre e a superfície da folha bandeira do arroz e a velocidade do espalhamento das soluções; e) avaliar estruturas foliares do arroz em microscopia eletrônica de varredura e quantificação da deposição e porcentagem de cobertura das soluções em plantas de arroz.

# CAPÍTULO 1

## OTIMIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NA ORIZICULTURA IRRIGADA NO VALE DO PARAÍBA, SP

### Resumo

A otimização da tecnologia de aplicação na orizicultura irrigada é essencial para a melhoria no controle de doenças, que causam significativas perdas na produção do arroz. O experimento foi conduzido em tabuleiros de arroz irrigados no Vale do Paraíba, SP, com o objetivo de avaliar a interação da aplicação de adjuvantes e fungicidas na cultura do arroz irrigado, cultivar Puitá Inta CL, em diferentes volumes de calda, bem como mensurar seus efeitos no controle da mancha-parda e na produção de grãos. O experimento constou de 13 tratamentos e 4 repetições, totalizando 52 parcelas, tendo cada parcela área de 1.500 m<sup>2</sup>. O fungicida Brio (epoxiconazole + cresoxim-metílico) foi associado ou não aos adjuvantes Fighter (mistura de surfactantes não iônicos), Natur'l Óleo (óleo vegetal) e Aureo (éster metílico de óleo de soja) combinado com três volumes de calda: 10 L ha<sup>-1</sup> para aplicação aérea e 100 e 200 L ha<sup>-1</sup> para aplicação terrestre, mais um tratamento adicional (controle). Foram realizadas duas aplicações coincidentes com o emborrachamento e o início do florescimento das plantas, aos 72 e 86 dias do ciclo da cultura - BBCH 45 e 61. Para avaliação qualitativa da pulverização foi utilizado papel hidrossensível. Foram também avaliados o controle da mancha-parda, parâmetros de produção, sanidade de sementes e classificação do arroz. Os resultados obtidos permitem concluir: a mistura fungicida epoxiconazol mais cresoxim-metílico (Brio) é eficiente no controle da mancha-parda na cultura do arroz irrigado e

reduz sua incidência nas sementes; os adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo possibilitam a redução do volume de aplicação terrestre de 200 para 100 L ha<sup>-1</sup> sem afetar a eficiência de controle do fungicida; os adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo promovem aumento na produção e na qualidade do arroz, independente do volume de aplicação; a aplicação aérea a 10 L ha<sup>-1</sup> gera o maior número de gotas com alto potencial de deriva e espectro de gotas menos uniforme; o volume de aplicação de 10 L ha<sup>-1</sup> afeta negativamente a eficiência no controle da mancha-parda na cultura do arroz irrigado.

**Palavras-chave:** arroz, fungicida, adjuvantes, volume de aplicação, mancha-parda

## 1.1 Introdução

No Brasil, o arroz é conduzido nos sistemas irrigado e de terras altas, sendo os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina responsáveis por 80% da produção nacional. O Vale do Paraíba é uma importante região produtora do estado de São Paulo, e atualmente 81 agricultores cultivam área equivalente a 12 mil ha no sistema irrigado, obtendo rendimentos entre 5,0 e 8,0 t ha<sup>-1</sup>, semelhante às principais regiões produtoras do país.

O arroz irrigado ocupa aproximadamente 75% da área cultivada em nosso país e nas últimas safras apresentou rendimento médio em torno de 7,5 t ha<sup>-1</sup> contra 2,4 t ha<sup>-1</sup> obtido no sistema de terras altas (CONAB, 2018).

Os diferentes cultivares de arroz usados no Vale do Paraíba, SP, tem se mostrado suscetíveis às duas principais doenças da cultura: brusone e mancha-parda, que afetam as plantas em qualquer fase de desenvolvimento, causando prejuízos, tanto na quantidade quanto na qualidade do produto colhido.

Usualmente são realizadas duas aplicações de fungicidas durante o ciclo da cultura, nas fases de emborrachamento e de florescimento das plantas, e em caso de infecções precoces, torna-se necessário aumentar o número de pulverizações.

Na cultura do arroz no Vale do Paraíba, SP são realizadas aplicações terrestres e aéreas. As aplicações terrestres são realizadas por pulverizadores tracionados por trator, utilizando-se ponta de jato plano (leque), velocidade máxima de aplicação de  $8,0 \text{ km h}^{-1}$  e volumes de aplicação entre  $100$  e  $200 \text{ L ha}^{-1}$ , adicionando adjuvantes de acordo com o fungicida selecionado. Para aplicação aérea são utilizadas aeronaves com bicos rotativos e volumes de aplicação entre  $8$  e  $10 \text{ L ha}^{-1}$ .

O objetivo dos agricultores é aumentar a eficiência da aplicação, diminuindo o volume, mas esta redução implica na melhoria da tecnologia de aplicação e, neste aspecto, o uso de adjuvantes pode contribuir de forma significativa para o controle dos agentes fitopatogênicos na cultura do arroz.

Portanto, essa pesquisa tem como objetivo avaliar a interação da aplicação de adjuvantes e fungicidas na cultura do arroz irrigado, em diferentes volumes de calda, bem como mensurar seus efeitos no controle da mancha-parda e na produção de grãos.

## **1.2 Material e Métodos**

### **1.2.1 Localização da área experimental**

O experimento a campo foi conduzido em tabuleiros irrigados na Fazenda Santa Helena, município de Roseira, principal região orizícola do Estado de

São Paulo - Brasil. Coordenadas Geográficas: 22°52'32" S, 45°18'26" W, 535 m de altitude, topografia plana (Figura 1).

As parcelas foram constituídas de 15 m de largura por 100 m de comprimento, com área de 1.500 m<sup>2</sup>.

A semeadura foi realizada “a lanço”, utilizando sementes pré-germinadas, na densidade de 400 sementes m<sup>2</sup>, no dia 10/01/2017, sendo utilizado o cultivar Puitá Inta CL, principal material em cultivo na região.

A adubação constou da aplicação “a lanço” do formulado 10:10:10 (NPK) um dia antes da semeadura e 30 dias após a emergência das plantas, nas doses de 100 e 300 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Aos 45 dias após a emergência das plantas foi realizada a aplicação do formulado 30:00:20 (NPK) na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup>.

Visando o controle das pragas ocorrentes no arroz, para o estabelecimento da cultura foi realizada a aplicação de 3,5 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de cobre para o controle de lesmas e caramujos, dois dias antes da semeadura. As sementes foram tratadas com o inseticida fipronil na dose de 50 g por 100 g de sementes e na ocasião do florescimento foi aplicada a mistura inseticida tiametoxam mais lambda-cialotrina na dose de 28,2 + 21,2 g ha<sup>-1</sup>.

O controle de plantas daninhas foi realizado pela aplicação da mistura herbicida imazapir mais imazapique na dose de 74,55 + 24,50 g ha<sup>-1</sup>, aos 15 e 30 dias após a emergência das plantas de arroz.

A cultura foi mantida irrigada durante todo o ciclo, utilizando-se uma lâmina de água.

No dia 10 de maio de 2017, aos 120 dias após a semeadura, foi realizada a avaliação de produção, através da colheita mecanizada de uma faixa de 10 m x 100 m de cada parcela, com o arroz apresentando 20% de umidade.

Figura 1: Área experimental (Fonte: Google Earth).



### 1.2.2 Descrição dos produtos

O fungicida utilizado foi o Brio (epoxiconazol + cresoxim-metílico) na concentração de 125 + 125 g L<sup>-1</sup>. Os ingredientes ativos pertencem aos grupos químicos Triazol e Estrobilurina. O produto comercial está formulado sob forma de Suspensão Concentrada (SC) e sua classificação toxicológica é III (medianamente tóxico).

Os adjuvantes utilizados foram: Aureo (éster metílico de óleo de soja adicionado de emulsificantes sintéticos), concentração de 720 g L<sup>-1</sup>, Concentrado Emulsionável (CE) e classificação toxicológica IV (pouco tóxico); Fighter (mistura de surfactantes não iônicos), concentração 100 g L<sup>-1</sup>, Concentrado Emulsionável (CE) e classificação toxicológica IV (pouco tóxico) e Natur'l Óleo (óleo vegetal adicionado de emulsificantes sintéticos), concentração 930 g L<sup>-1</sup>, Concentrado Emulsionável (CE) e classe toxicológica IV (pouco tóxico).

### **1.2.3 Tratamentos**

Os tratamentos com a mistura fungicida epoxiconazol mais cresoxim-metílico associada aos diferentes adjuvantes e volumes de calda visando o controle da mancha-parda na cultura do arroz irrigado são descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Tratamento fungicida associado a diferentes adjuvantes e volumes de aplicação na cultura do arroz irrigado na Região do Vale do Paraíba, SP.

Tratamentos	Dose		Volume de Aplicação (L ha <sup>-1</sup> )
	Fungicida (ml ha <sup>-1</sup> )	Adjuvante (%)	
1. Testemunha	-	-	-
2. Brio	750	-	10
3. Brio + Aureo	750	0,250	10
4. Brio + Fighter	750	0,125	10
5. Brio + Natur'l Óleo	750	1,000	10
6. Brio	750	-	100
7. Brio + Aureo	750	0,250	100
8. Brio + Fighter	750	0,125	100
9. Brio + Natur'l Óleo	750	0,250	100
10. Brio	750	-	200
11. Brio + Aureo	750	0,250	200
12. Brio + Fighter	750	0,125	200
13. Brio + Natur'l Óleo	750	0,250	200

#### 1.2.4 Delineamento estatístico

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, com 13 (treze) tratamentos e 04 (quatro) repetições, totalizando 52 parcelas.

### **1.2.5 Aplicação dos produtos**

Foram realizadas duas aplicações, espaçadas de 14 dias, coincidentes com o emborrachamento e o início do florescimento das plantas, respectivamente aos 72 e 86 dias do ciclo da cultura, fase em que é recomendada a aplicação de fungicidas para o controle das doenças foliares. Escala BBCH 45 e 61 (MEIER, 2001).

A primeira pulverização foi realizada no dia 22/03/2017, no início da infecção da mancha-parda, que apresentava 17% de incidência nas plantas de arroz e 1% de severidade nas folhas, momento em que as folhas bandeira não apresentavam sinais do patógeno.

#### **1.2.5.1 Aplicação aérea**

As pulverizações aéreas foram realizadas utilizando-se o Ultraleve Falcon, motor Volkswagen 65 cavalos, 2200 cilindradas, dotado de 8 bicos rotativos Micronair, modelo AU 5000, utilizando 2000 rotações por minuto.

O volume de calda aplicado foi 10 L ha<sup>-1</sup> em faixa de 15 metros de largura, sendo o voo realizado a uma velocidade média de 100 km h<sup>-1</sup>, e a 2,0 metros de altura das plantas (Figura 2).

Figura 2: Aplicação aérea com Ultraleve Falcon.



#### 1.2.5.2 Aplicação terrestre

As pulverizações terrestres foram realizadas através do trator arroteiro auto propellido Cattoni CSPA, motor Yanmar 57 cavalos, turbinado, tração 4 x 4.

Para a aplicação no volume de  $100 \text{ L ha}^{-1}$  foi utilizada a ponta de pulverização Jacto de jato plano, modelo AXI 110 015, pressão de 250 kPa, 3ª marcha e velocidade de deslocamento de  $7,1 \text{ km h}^{-1}$ , e para o volume de  $200 \text{ L ha}^{-1}$  foi utilizada a ponta de jato plano Jacto, modelo AXI 110 02, pressão de 300 kPa, 2ª marcha e velocidade de deslocamento de  $4,9 \text{ km h}^{-1}$ .

O pulverizador estava equipado com barra de pulverização de 12,5 m e 25 pontas de pulverização (Figura 3).

Figura 3: Aplicação terrestre com trator arroseiro auto propelido Cattoni CSPA.



### 1.2.6 Condições meteorológicas

A temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento ( $\text{km h}^{-1}$ ), nebulosidade e umidade do solo, por ocasião das pulverizações, estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Condições meteorológicas no momento das pulverizações na cultura do arroz irrigado na Região do Vale do Paraíba, SP.

Data	Volume ( $\text{L ha}^{-1}$ )	Temp. $^{\circ}\text{C}$	URar (%)	Vel. Vento ( $\text{km h}^{-1}$ )	Nebulosidade	Condição do solo
22/03/2017	10	24	69	2,2	céu aberto	inundado
22/03/2017	100	25	63	3,9	céu aberto	inundado
22/03/2017	200	27	58	3,4	céu aberto	inundado
05/04/2017	10	27	63	3,0	céu aberto	inundado
05/04/2017	100	29	58	2,4	céu aberto	inundado
05/04/2017	200	30	56	3,2	céu aberto	inundado

Os dados climáticos durante o período total da condução do experimento (Figuras 4, 5 e 6) foram obtidos da Estação Meteorológica Automática de Taubaté, Estado de São Paulo, sendo os dados mais próximos do campo experimental, cuja estação disponibiliza as informações diárias.

Figura 4: Temperatura do ar (°C) entre 10 de janeiro e 10 de maio de 2017.

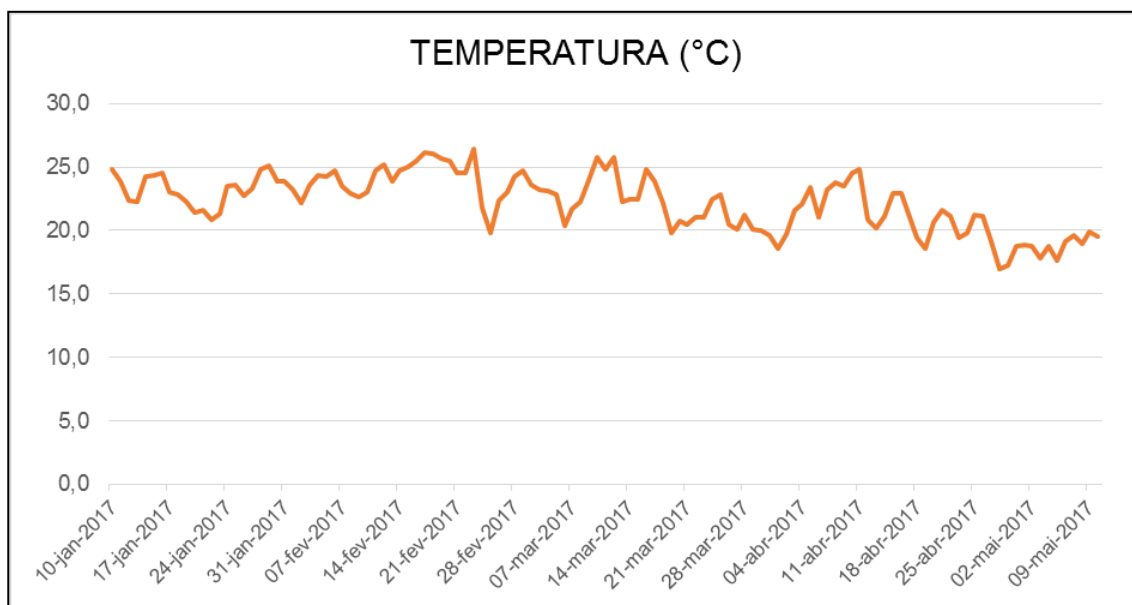


Figura 5: Umidade relativa do ar (%) entre 10 de janeiro e 10 de maio de 2017.

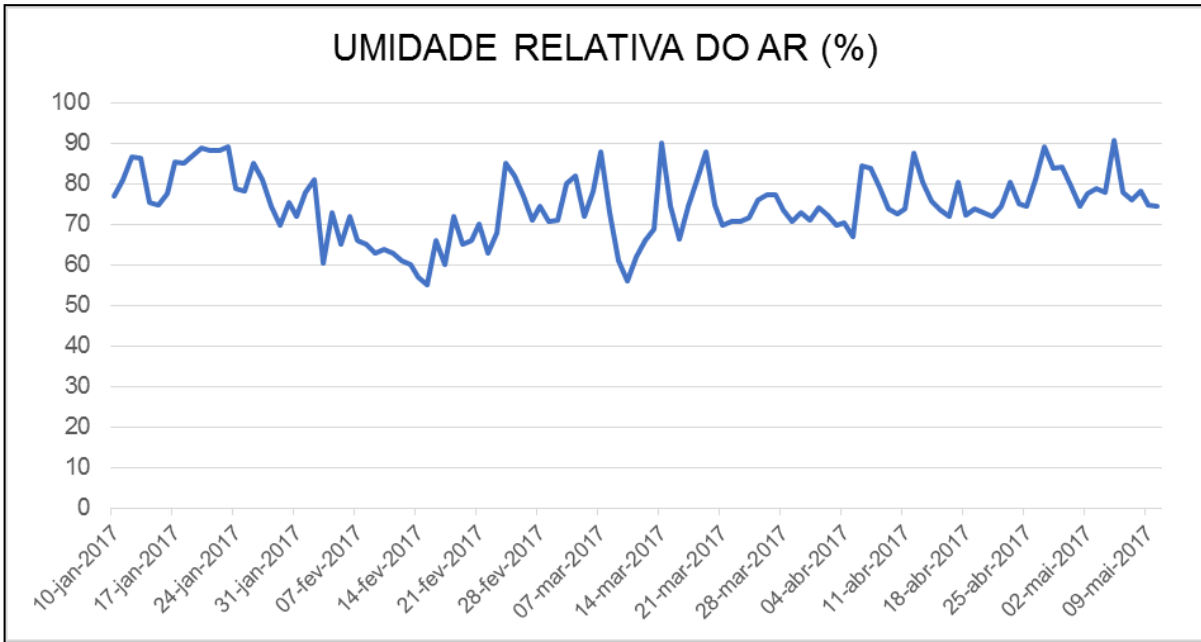
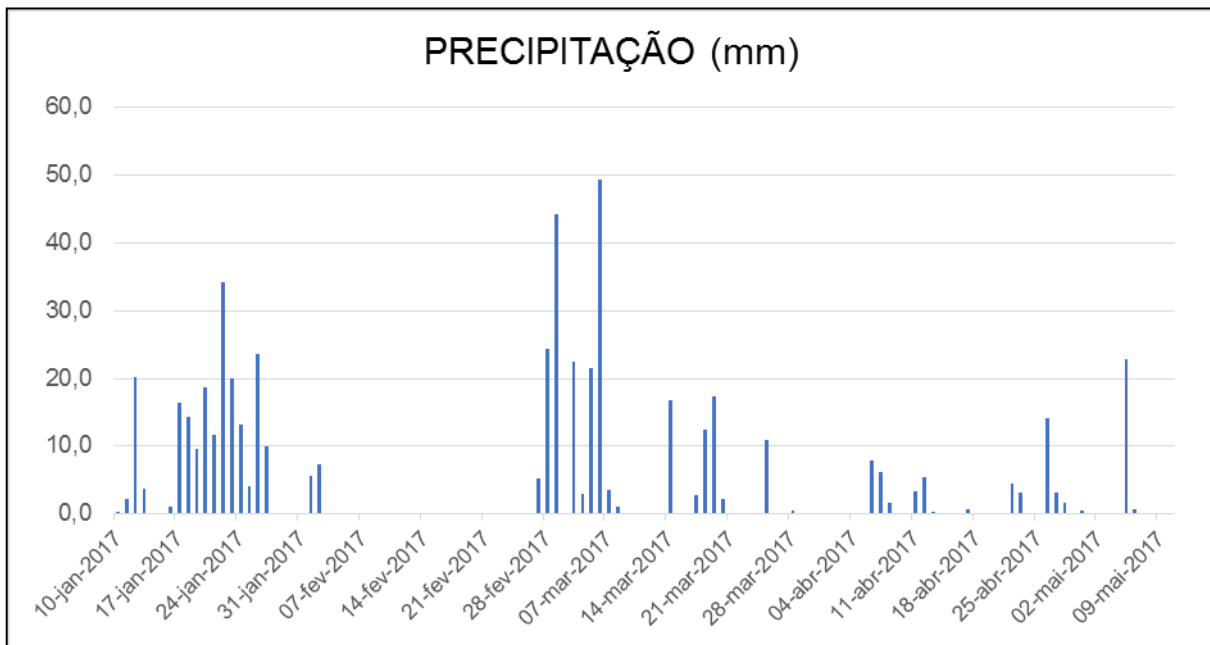


Figura 6: Precipitação pluvial (mm) entre 10 de janeiro e 10 de maio de 2017.



## **1.2.7 Avaliações**

### **1.2.7.1 Distribuição das gotas da pulverização**

No momento da primeira aplicação foram utilizados papéis sensíveis à água para avaliar a qualidade da pulverização e a distribuição das gotas. Esses alvos foram alocados sobre as folhas das plantas e distribuídos em cinco pontos em cada parcela.

Imediatamente após a pulverização estes cartões hidrossensíveis foram removidos das plantas e acondicionados em placas de Petri, as quais foram mantidas em caixas térmicas até o momento da análise. As imagens dos papéis foram digitalizadas em scanner de bancada com resolução de 600 dpi, sendo posteriormente analisadas pelo Software Gotas® com acesso gratuito no site da Embrapa.

Os parâmetros qualitativos da pulverização avaliados foram: porcentagem de cobertura; DV 0,1 (diâmetro de gota em que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído por gotas de tamanho menor que esse valor); DV 0,5 (diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, também conhecido como diâmetro mediano volumétrico - DMV); DV 0,9 (diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor) e Coeficiente de Uniformidade (resultado da diferença do valor de DV 0,1 com DV 0,9, dividido pelo DMV).

### **1.2.7.2 Severidade da Mancha-Parda**

As avaliações de severidade da doença mancha-parda foram realizadas na ocasião da 2ª pulverização (05/04/2017) e aos 7, 14, 21 e 28 dias após a 2ª

pulverização (05/04, 12/04, 19/04, 26/04 e 03/05/2017), quando a cultura se encontrava na fase frutificação e amadurecimento, utilizando-se o critério de porcentagem de área da folha bandeira infectada pela doença (Figura 7).

Nestas avaliações foram amostradas 100 folhas por parcela e para o cálculo da porcentagem de eficiência (% E), foi utilizada a fórmula de Abbott (NAKANO et al., 1981), sendo considerados eficientes os tratamentos com controle superior a 80% em relação à testemunha.

Figura 7: Folhas bandeira do arroz com baixa e alta severidades de mancha-parda.



### 1.2.7.3 Fitointoxicação

Nas mesmas datas das avaliações de eficiência (%E) dos tratamentos fungicidas foram realizadas avaliações visuais de fitointoxicação nas plantas de arroz, utilizando a escala EWRC (1964), onde 1 = nenhuma fitointoxicação e 9 = morte das plantas.

### 1.2.7.4 Produção

Para avaliar a produção de grãos foi colhida uma área de 1.000 m<sup>2</sup> por parcela (10 m x 100 m) utilizando-se a colheitadeira de grãos John Deere S550, sendo o arroz pesado na balança de sapata Weigh Tech WT 3000 (Figura 8). Após a pesagem, foram retiradas 3 alíquotas de 1,00 kg de cada parcela para as análises de laboratório (Peso de 1.000 sementes, Teste de Sanidade e Teste de Engenho).

Figura 8: Colheita mecanizada com a Colheitadeira de Grãos John Deere S550.



#### **1.2.7.5 Peso de 1.000 sementes**

O peso de 1.000 sementes foi avaliado no Laboratório de Análise de Sementes da Estação Experimental Campo Verde, Piracicaba - SP, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (MAPA, 2009).

#### **1.2.7.6 Teste de sanidade (“blotter test”)**

As avaliações de controle de patógenos nas sementes foram realizadas no Laboratório de Patologia de Sementes, do Departamento Fitopatologia e Nematologia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, utilizando o método do papel filtro ou “Blotter test”. Para as análises foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes. As sementes foram distribuídas sobre três folhas de papel filtro, umedecidas com água destilada até a saturação. Em seguida, as sementes foram incubadas por sete dias a  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  e com alternância diária de 12 horas de luz e 12 horas de escuro (AMARAL et al., 1985). Após o período de incubação as sementes foram avaliadas em microscópio estereoscópico para a identificação dos fungos e o estabelecimento da porcentagem de incidência desses patógenos.

Nas sementes de arroz foram constatados sete diferentes patógenos: *Pyricularia grisea*, *Bipolaris oryzae*, *Phoma* sp., *Microdochium oryzae*, *Curvularia* sp., *Penicillium* sp. e *Trichoconiella padwickii*, e para essa pesquisa, foram considerados os fungos que apresentaram mais que 10% de incidência nas sementes do tratamento controle: *Bipolaris oryzae*, *Microdochium oryzae* e *Trichoconiella padwickii*, patógenos que causam a mancha-parda, escaudadura e alternaria, respectivamente.

### **1.2.7.7 Teste de Engenho**

As amostras de grãos de arroz foram classificadas na beneficiadora Comércio de Cereais Água Branca Ltda., Tietê - SP, utilizando o Provador de Arroz Suzuki - Modelo Mt. 86. Primeiramente o arroz é descascado e a casca representa aproximadamente 20% do peso total (SOUZA et al., 2017). Em seguida, o grão esbramado (sem casca) passa pela brunição, onde são separadas as três camadas de células que protegem o alúmem amiláceo, tendo-se o arroz brunido, comumente chamado de branco. Esta etapa é complementada pelo polimento, que consiste no acabamento do produto e remoção dos resíduos de farelo (CASTRO et al., 1999).

O total de grãos (inteiros e quebrados) é chamado de “renda do benefício”. Após o polimento é realizada a separação entre frações de grãos quebrados e inteiros, sendo considerado como inteiro o grão com comprimento igual ou maior a três quartos do comprimento mínimo da classe a que pertence.

A fração de grãos inteiros é denominada como “rendimento do grão”. O rendimento do grão é expresso pela porcentagem de grãos inteiros em relação ao produto bruto.

Após o beneficiamento foi analisado para cada amostra a renda do benefício, o rendimento dos grãos e a qualidade do arroz polido.

### **1.2.8 Análise dos dados**

Para a análise de variância, os dados de porcentagem foram transformados em ângulos correspondentes ao arc sen porcentagem, e os dados da Área Sob a Curva de Progresso da Doença (AACPD) e de produção foram

transformados em raiz de x. Quando houve significância as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

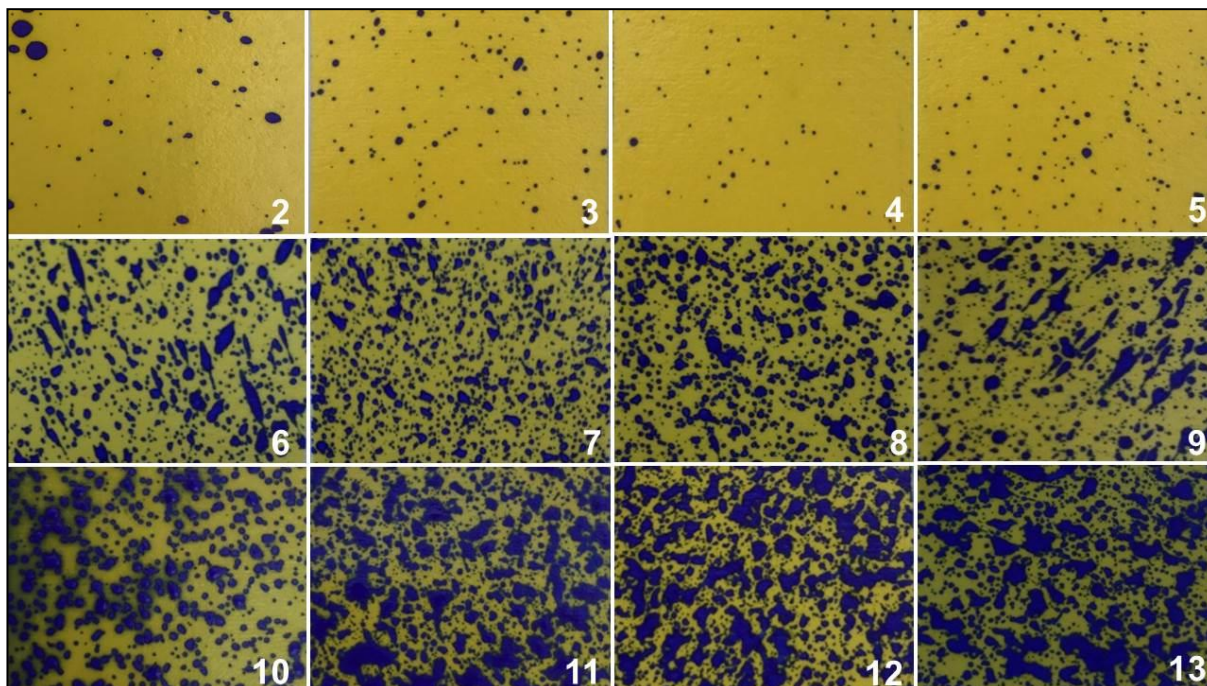
### 1.3 Resultados e Discussão

Os valores dos parâmetros qualitativos da pulverização dos tratamentos fungicidas com diferentes volumes de aplicação são mostrados na Tabela 3. As variações da cobertura (%) da pulverização em papel hidrossensível foram influenciadas pelo volume aplicado. Maior nível de cobertura foi obtido pelo maior volume aplicado, e esse resultado é ilustrado na Figura 9.

Tabela 3: Cobertura da pulverização (%), diâmetro das gotas e coeficiente de uniformidade referentes ao teste de deposição de gotas em papel hidrossensível, realizado a campo. Vale do Paraíba, SP, 2017.

Tratamentos	Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Cobertura (%)	DV <sub>0,1</sub> (µm)	DV <sub>0,5</sub> (µm)	DV <sub>0,9</sub> (µm)	Coef. Unif.
1. Testemunha	-	-	-	-	-	-
2. Brio	10	3,6	97	202	450	1,74
3. Brio + Aureo	10	3,0	82	179	422	1,90
4. Brio + Fighter	10	3,4	96	132	304	1,58
5. Brio + Natur'l Óleo	10	3,5	77	138	422	2,50
6. Brio	100	40,5	133	264	420	1,09
7. Brio + Aureo	100	35,2	126	237	377	1,06
8. Brio + Fighter	100	39,5	136	262	380	0,93
9. Brio + Natur'l Óleo	100	37,1	119	264	426	1,16
10. Brio	200	71,4	151	310	486	1,08
11. Brio + Aureo	200	65,5	127	330	502	1,14
12. Brio + Fighter	200	63,1	141	318	446	0,96
13. Brio + Natur'l Óleo	200	62,0	132	355	487	1,00

Figura 9: Depósito de gotas em papel hidrossensível das caldas aplicadas com o fungicida Brio isolado e em mistura com diferentes adjuvantes. Tratamentos 2 a 13, de acordo com a Tabela 3.



Resultado semelhante foi obtido por Bayer et al. (2018), que utilizaram em sua pesquisa o mesmo cultivar e concluíram que o maior volume de aplicação proporciona maior densidade de gotas no estrato superior foliar.

Os menores valores para DV 0,1 são representados pela aplicação aérea, a  $10 \text{ L ha}^{-1}$ , que apresenta maior número de gotas propensas à deriva (Tabela 3). Estudos realizados por Teske et al. (2004) mostraram que o tamanho das gotas está diretamente relacionado à deriva. Considerando o descrito por Hoffmann et al. (2012), que gotas mais propensas à deriva são aquelas que apresentam tamanho menor que  $105 \mu\text{m}$ , constata-se que todos os tratamentos aplicados na taxa de  $10 \text{ L ha}^{-1}$  apresentam mais de 10% do volume aplicado com alto potencial de deriva. Isto não ocorre em nenhum dos demais tratamentos, ficando evidente que o fator volume é mais responsivo que o fator adjuvante.

A qualidade da cobertura do alvo está condicionada ao diâmetro de gotas. Gotas de menor diâmetro proporcionam maior penetração entre as folhas das culturas (CUNHA et al., 2006). Entretanto, ao se reduzir o diâmetro das gotas para aumentar a cobertura do alvo, com o mesmo volume de aplicação, maior é a vulnerabilidade das gotas aos fatores meteorológicos como vento, causando deriva, e da temperatura e umidade relativa do ar, causando perdas por evaporação.

Em relação ao DMV, os resultados foram semelhantes à cobertura e ao DV 0,1 confirmando que o tamanho de gotas teve relação direta com o diâmetro mediano volumétrico. Pela análise do DV 0,9 verifica-se que há maior variação dos tratamentos, com maior influência do adjuvante (Tabela 3).

Miller (2004), Qin et al. (2010) e Oliveira et al. (2013) concluíram que as aplicações aéreas geram gotas mais finas, com maior potencial de deriva, que é motivo de preocupação devido aos seus potenciais impactos em lavouras vizinhas, recursos hídricos, matas ciliares e saúde humana, fator que se agrava ainda mais em uma cultura de várzeas.

Em aplicações de herbicidas na cultura do arroz irrigado a 30 L ha<sup>-1</sup> com atomizadores rotativos, Schröder et al. (2011) observaram que em papel sensível a água os diâmetros medianos volumétricos variaram de 400 a 700 µm, valores estes que reduzem o problema da deriva, porém sendo estes dados distintos dos obtidos nesse trabalho, onde o DMV das gotas para a aplicação aérea de fungicidas a 10 L ha<sup>-1</sup> variou de 132 a 202 µm (Tabela 3).

Os resultados referentes ao coeficiente de uniformidade demonstram que os valores desse fator na aplicação terrestre para os dois volumes foram semelhantes, porém muito superior na aplicação aérea, evidenciando que este fator foi muito afetado pela técnica de aplicação e corrobora ao o fato de que a aplicação

aérea teve menor qualidade. A homogeneidade do espectro de gotas é fator primordial e quanto maior o valor do coeficiente de uniformidade, menor a homogeneidade do espectro de gotas, uma vez que este deve tender a zero (CUNHA et al., 2004)

Pela análise da influência dos adjuvantes na amplitude relativa destaca-se positivamente o adjuvante Fighter. Para os três volumes de aplicação este adjuvante exibiu o menor valor do coeficiente de uniformidade, o que implica em maior homogeneidade no espectro de gotas. A influência dos adjuvantes alterando a distribuição das gotas de pulverização foi demonstrada também por Cunha e Carvalho (2005) ao avaliarem o efeito da adição desses produtos à calda de pulverização.

Schröder (2003) demonstrou ser possível a utilização de volumes de calda menores nas pulverizações aéreas, promovendo como benefícios menor número de decolagens e maior rapidez para tratar as lavouras, mas deve-se destacar que a pulverização aérea a  $10 \text{ L ha}^{-1}$  apresenta menor qualidade quando comparada à terrestre, como verificado neste experimento.

A eficiência de controle (%E) dos tratamentos fungicidas sem e com adjuvantes em diferentes volumes de aplicação sobre a mancha-parda do arroz, aos 14 dias após a 1ª aplicação e aos 7 dias após a 2ª aplicação e, aos 14 e 21 dias após a 2ª aplicação é mostrada respectivamente nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Eficiência (%E) dos tratamentos no controle da doença mancha-parda do arroz. Média de severidade (%) aos 14 dias após a primeira aplicação e aos 7 dias após a segunda e última aplicação (05/04 e 12/04). Vale do Paraíba, SP, 2017.

Tratamentos	Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Média de Severidade (%)					
		14DA1 <sup>a</sup> A		(%E)	07DA2 <sup>a</sup> A		(%E)
1. Testemunha	-	6,46	a	-	8,27	A	-
2. Brio	10	1,89	bcd	70,74	2,86	bcd	65,43
3. Brio + Aureo	10	1,98	bc	69,39	2,86	bcd	65,40
4. Brio + Fighter	10	1,94	bcd	70,05	3,37	B	59,23
5. Brio + Natur'l Óleo	10	2,30	b	64,43	3,28	Bc	60,34
6. Brio	100	1,22	cde	81,15	2,45	bcde	70,33
7. Brio + Aureo	100	2,04	bc	68,38	2,79	bcd	66,27
8. Brio + Fighter	100	0,96	e	85,14	1,38	e	83,36
9. Brio + Natur'l Óleo	100	1,30	cde	79,84	2,14	bcde	74,17
10. Brio	200	0,83	e	87,15	1,86	de	77,53
11. Brio + Aureo	200	1,02	e	84,21	2,84	bcd	65,70
12. Brio + Fighter	200	1,11	de	82,89	2,04	bcde	75,38
13. Brio + Natur'l Óleo	200	1,25	cde	80,61	1,96	cde	76,29
C.V. (%)		10,54		10,11			

Tabela 5: Eficiência (%E) dos tratamentos no controle da doença mancha-parda do arroz. Média de severidade (%) aos 14 e 21 dias após a segunda e última aplicação (19/04 e 26/04). Vale do Paraíba, SP, 2017.

Tratamentos	Dose (L ha <sup>-1</sup> )	Média de Severidade (%)					
		14DA2 <sup>a</sup> A		21DA2 <sup>a</sup> A		(%E)	
1. Testemunha	-	15,68	a	-	27,84	a	-
2. Brio	10	3,53	bc	77,50	6,83	b	75,46
3. Brio + Aureo	10	4,85	b	69,08	5,08	bc	81,77
4. Brio + Fighter	10	3,55	bc	77,34	5,06	bc	81,82
5. Brio + Natur'l Óleo	10	3,43	bc	78,14	5,11	bc	81,63
6. Brio	100	2,71	cd	82,73	4,38	c	84,26
7. Brio + Aureo	100	3,58	bc	77,18	4,26	c	84,70
8. Brio + Fighter	100	1,81	d	88,49	2,66	e	90,44
9. Brio + Natur'l Óleo	100	2,50	cd	84,05	2,75	de	90,13
10. Brio	200	2,19	cd	86,06	2,59	e	90,70
11. Brio + Aureo	200	3,57	bc	77,21	4,15	cd	85,09
12. Brio + Fighter	200	2,12	cd	86,48	3,60	cde	87,07
13. Brio + Natur'l Óleo	200	2,12	cd	86,51	4,13	cd	85,16
C.V. (%)		9,56		6,77			

A eficiência de controle (%E) dos tratamentos fungicidas sem e com adjuvantes em diferentes volumes de aplicação sobre a mancha-parda do arroz, aos 28 dias após a 2<sup>a</sup> aplicação, bem como a Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) é mostrada na Tabela 6.

Tabela 6: Eficiência (%E) dos tratamentos no controle da doença mancha-parda do arroz. Média de severidade (%) aos 28 dias após a segunda e última aplicação (03/05) e Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD).

Tratamentos	Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Média de Severidade (%)			AACPD	
		28DA2 <sup>a</sup> A	(%E)			
1. Testemunha	-	41,94	a	-	524,16	A
2. Brio	10	9,67	b	76,95	133,00	b
3. Brio + Aureo	10	9,24	b	77,96	128,80	b
4. Brio + Fighter	10	8,26	bc	80,56	119,28	bc
5. Brio + Natur'l Óleo	10	7,92	bc	81,13	118,44	bc
6. Brio	100	5,25	cd	87,49	89,60	def
7. Brio + Aureo	100	8,16	bc	80,56	110,32	bcd
8. Brio + Fighter	100	5,7	cd	86,42	64,40	g
9. Brio + Natur'l Óleo	100	5,18	cd	87,65	73,92	fg
10. Brio	200	4,45	d	89,40	64,94	g
11. Brio + Aureo	200	5,93	cd	85,85	98,28	cde
12. Brio + Fighter	200	4,44	d	89,41	73,64	fg
13. Brio + Natur'l Óleo	200	5,41	cd	87,11	80,92	efg
C.V. (%)		8,21		3,89		

Pelas Tabelas 4, 5 e 6, constata-se que a doença atingiu nível elevado de severidade, o que é comum nessa região. Não havia incidência da doença na folha bandeira no momento da primeira aplicação (estádio de emborrachamento), evoluindo para 6,46% de severidade na testemunha no momento da segunda aplicação e com 41,94% no momento da última avaliação (28 dias após a segunda aplicação), conforme mostrado na Tabela 6.

Nas cinco avaliações todos os tratamentos foram significativamente superiores à testemunha, com eficiência variando entre os tratamentos fungicidas e atingindo eficiência de controle máxima de 90,44% (Tabela 5).

Na segunda aplicação, quando a cultura se encontrava no início do florescimento, os quatro tratamentos aplicados a 200 L ha<sup>-1</sup>, Brio isolado e Brio associado ao adjuvante Fighter a 100 L ha<sup>-1</sup> foram eficientes no controle da doença (Tabela 4). Na avaliação de 14 dias após a segunda aplicação, constata-se que com exceção dos quatro tratamentos onde foi realizada a aplicação aérea e os tratamentos com aplicação terrestre de Brio mais Aureo, todos os demais foram eficientes (Tabela 5). Já na última avaliação do controle da doença, 28 dias após a segunda aplicação, todos os tratamentos foram eficientes, com exceção de Brio isolado e Brio mais Aureo a 10 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 6).

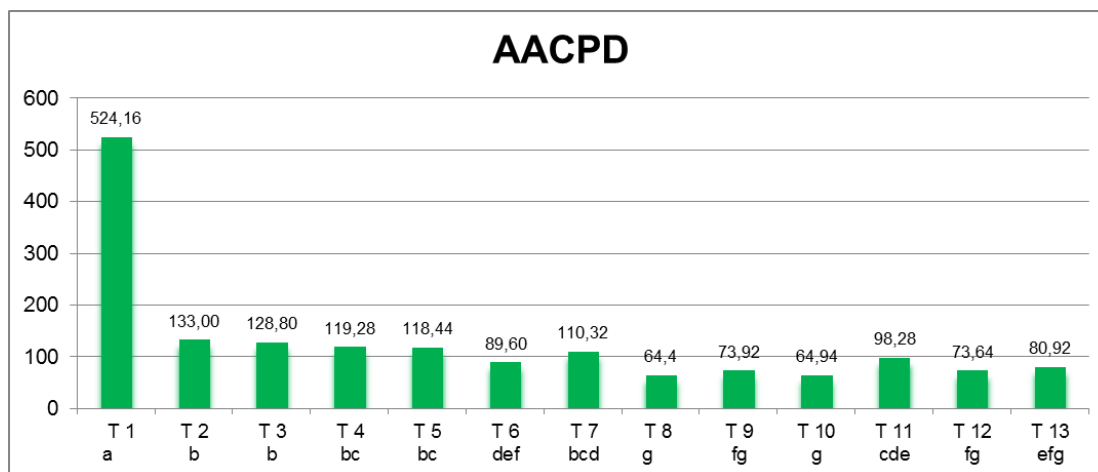
No momento das avaliações de controle da doença foram realizadas também avaliações de fitointoxicação, não sendo observado nenhum sintoma nas plantas de arroz.

Ao comparar a evolução da doença durante todo o ciclo da cultura, verifica-se que o efeito do volume de aplicação teve resposta no controle da doença, de forma que o menor volume aplicado exibiu os menores níveis de controle (Tabela 6 e Figura 10).

Viganó e Raetano (2007), estudando o controle de arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) em três diferentes volumes de aplicação (100, 200 e 300 L ha<sup>-1</sup>) e duas técnicas (com e sem assistência de ar), demonstraram que a assistência de ar permitiu reduzir o volume de pulverização de 300 para 100 L ha<sup>-1</sup>, porém o mesmo não ocorreu na aplicação sem assistência de ar, onde somente o maior volume foi

eficiente, diferindo estatisticamente de 100 L ha<sup>-1</sup>, mostrando a interferência do volume de aplicação.

Figura 10: Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) referente à Tabela 6 (C.V.: 3,89%).



Em experimento comparando as aplicações aéreas entre 10 e 30 L ha<sup>-1</sup>, Silva (2012) demonstrou que a variação dos volumes não influenciou na eficiência do controle da mancha-parda e na produção do arroz, porém em seu estudo a severidade máxima da doença foi de 25%, sendo considerada baixa, de maneira que a doença também não afetou a produção, diferentemente do observado neste experimento.

A adição de um adjuvante adequado pode interferir na eficiência do fungicida, como é o caso dos tratamentos a 100 L ha<sup>-1</sup> com Brio adicionado aos adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo, que foram semelhantes aos tratamentos a 200 L ha<sup>-1</sup> e significativamente superiores aos demais a 100 e 10 L ha<sup>-1</sup>. Resultado semelhante foi obtido por Garcia et al. (2016), que em experimentos conduzidos no estado do Paraná verificaram que determinados adjuvantes adicionados ao fungicida reduziram significativamente a severidade de doenças foliares no trigo e na soja.

As Figuras 11 e 12 comparam a AACPD entre os produtos e entre os volumes de aplicação, respectivamente. Na Figura 11 pode-se verificar que os adjuvantes influenciam na eficiência de controle, mas este parâmetro não se diferencia estatisticamente, enquanto que na Figura 12, é possível constatar que as aplicações terrestres foram estatisticamente superiores à aplicação aérea no controle da doença, demonstrando que para o controle da mancha-parda na cultura do arroz o fator volume é mais significativo que o fator adjuvante.

Figura 11: Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença, comparando-se os produtos entre si, independente do volume aplicado (C.V.: 9,87%).

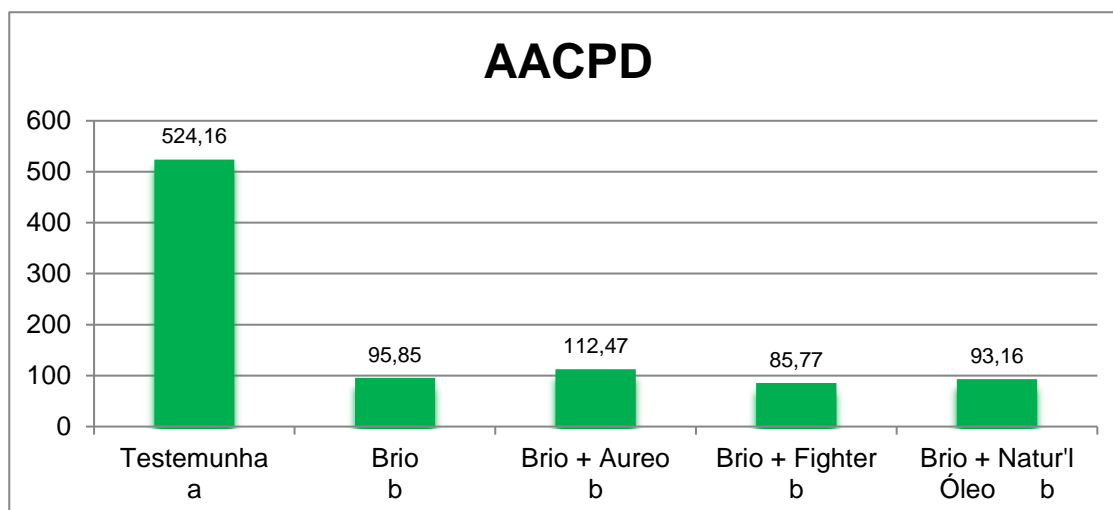
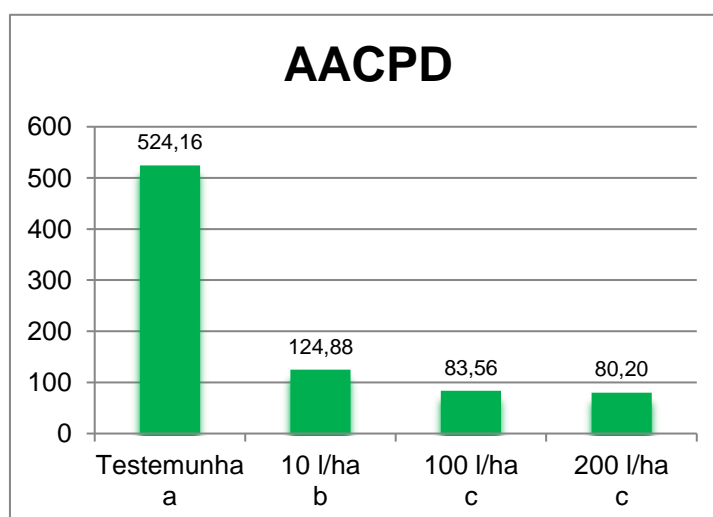


Figura 12: Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença, comparando-se os volumes entre si, independente dos produtos aplicados (C.V.: 4,8).



Na Tabela 7, pode-se verificar que com exceção do tratamento com Brio aplicado isolado a 10 L ha<sup>-1</sup> e os tratamentos com Brio mais Aureo aplicados à 10 e 100 L ha<sup>-1</sup>, todos os tratamentos foram estatisticamente superiores à testemunha, fato este que se deve ao controle eficiente da mancha-parda, que causa perdas de produção do arroz devido à redução de área fotossintetizante e à mancha de grãos (PRAHBU et al., 2006).

Tabela 7: Produção média em kg / 1.000 m<sup>2</sup> e peso de 1.000 sementes (g) de arroz.

Tratamentos	Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Produção	
		kg/ 1.000 m <sup>2</sup>	1.000 Sementes (g)
1. Testemunha	-	606 b	24,78 a
2. Brio	10	771 ab	25,03 a
3. Brio + Aureo	10	742 ab	25,17 a
4. Brio + Fighter	10	813 a	26,17 a
5. Brio + Natur'l Óleo	10	796 a	26,21 a
6. Brio	100	786 a	24,82 a
7. Brio + Aureo	100	781 ab	24,67 a
8. Brio + Fighter	100	795 a	24,77 a
9. Brio + Natur'l Óleo	100	825 a	24,27 a
10. Brio	200	806 a	24,48 a
11. Brio + Aureo	200	808 a	24,16 a
12. Brio + Fighter	200	831 a	24,34 a
13. Brio + Natur'l Óleo	200	803 a	25,13 a
C.V. (%)		4,83	2,04

Com relação ao peso de 1.000 sementes não se verificou diferença estatística entre os tratamentos. De acordo com Malavolta (2007) as manchas nas

sementes de arroz apresentam correlação positiva com número de grãos chochos, porcentagem de esterilidade e diminuição do peso da panícula, mas podem não causar interferência no peso de 1.000 sementes.

A Tabela 08 mostra a porcentagem média de infecção de três importantes patógenos ocorrentes nas sementes de arroz, responsáveis pelas doenças conhecidas como mancha-parda, escaldadura e alternaria, respectivamente. Verifica-se que todos os tratamentos apresentaram controle da mancha-parda nas sementes de arroz, o que era de se esperar, uma vez que o produto Brio tem Registro no MAPA (AGROFIT, 2018) para este alvo e, para os demais patógenos nenhum tratamento foi eficiente.

Tabela 08: Porcentagem média, por parcela, de sementes infectadas por *Bipolaris oryzae*, *Microdochium oryzae* e *Trichoconiella padwickii*.

Tratamentos	Volume (L ha <sup>-1</sup> )	<i>Bipolaris</i> <i>oryzae</i>	<i>Microdochium</i> <i>oryzae</i>	<i>Trichoconiella</i> <i>padwickii</i>
1. Testemunha	-	21,00 a	13,50 a	14,00 a
2. Brio	10	4,00 b	16,50 a	12,50 a
3. Brio + Aureo	10	7,00 b	14,50 a	13,50 a
4. Brio + Fighter	10	5,00 b	12,00 a	15,50 a
5. Brio + Natur'l Óleo	10	3,50 b	16,00 a	16,00 a
6. Brio	100	6,50 b	16,50 a	12,50 a
7. Brio + Aureo	100	4,00 b	14,50 a	12,50 a
8. Brio + Fighter	100	3,50 b	11,50 a	12,50 a
9. Brio + Natur'l Óleo	100	4,50 b	15,00 a	14,00 a
10. Brio	200	4,00 b	13,50 a	12,00 a
11. Brio + Aureo	200	5,00 b	15,00 a	12,00 a
12. Brio + Fighter	200	4,50 b	12,50 a	15,50 a
13. Brio + Natur'l Óleo	200	5,00 b	11,00 a	14,50 a
C.V. (%)		12,09	8,12	9,08

Considerando que mais da metade dos produtores de arroz produzem a sua própria semente, o controle desses patógenos nas sementes de arroz é de grande importância para o sucesso do empreendimento orizícola, uma vez que as sementes infectadas constituem importante fator de disseminação das doenças, e uma das fontes primárias de inóculo (NEERGAARD, 1979; KIMATI, 2005). É sabido também que a deterioração das sementes pelos patógenos começa no campo, a partir do momento em que atingem a maturidade fisiológica e no decorrer do armazenamento, provocando redução da qualidade fisiológica (AMARAL; GONÇALO, 1985; ELIAS, 2004), sendo assim de extrema importância o eficiente controle da mancha-dos-grãos.

A Tabela 9 mostra os resultados do Teste de Engenho, onde se verifica que os menores rendimentos do arroz foram nas amostras da testemunha e nos três tratamentos onde o Aureo foi aplicado em associação com o Brio, independente do volume. Estes resultados têm correlação com controle da doença (Tabela 05), e foram semelhantes aos obtidos por Bordin et al. (2016). Os autores afirmaram que as doenças foliares do arroz comprometeram o enchimento e a maturação dos grãos de arroz, acelerando a sua secagem e, conseqüentemente, reduzindo o rendimento industrial.

A análise dos grãos polidos foi realizada por um especialista em beneficiamento do arroz, que classificou as amostras como arroz longo fino tipo 1 e constatou que o arroz branco proveniente das amostras dos tratamentos com Brio + Fighter e Brio + Natur'l Óleo a 100 e 200 L ha<sup>-1</sup> apresentam qualidade superior às demais, considerando a translucidez (menor gessamento) e danos nos grãos, onde a letra M representa grãos com qualidade normal e M+ grãos de qualidade superior. Estes tratamentos foram os que obtiveram os menores resultados da AACPD (Figura 10), em razão do melhor controle fitossanitário ter reduzido a incidência da mancha-

dos-grãos, que é um complexo de patógenos presentes nos grãos, sendo que a mancha-parda, que apresentou elevada severidade, é responsável pelo chochamento e gessamento dos grãos, causando quebra dos grãos durante o beneficiamento, diminuindo o rendimento em termos de grãos inteiros e a qualidade (PRAHBU et al, 2006).

Tabela 9: Porcentagem de grãos inteiros, rendimento do arroz e qualidade do arroz polido após o beneficiamento.

Tratamentos	Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Inteiros (%)	Rendimento (%)	Qualidade
1. Testemunha	-	60	70	M
2. Brio	10	65	72	M
3. Brio + Aureo	10	62	70	M
4. Brio + Fighter	10	64	71	M
5. Brio + Natur'l Óleo	10	64	71	M
6. Brio	100	65	73	M
7. Brio + Aureo	100	62	70	M
8. Brio + Fighter	100	65	71	M+
9. Brio + Natur'l Óleo	100	65	72	M+
10. Brio	200	64	72	M
11. Brio + Aureo	200	63	71	M
12. Brio + Fighter	200	65	71	M+
13. Brio + Natur'l Óleo	200	64	71	M+

## 1.4 Conclusão

Nas condições em que o experimento foi conduzido pode-se concluir que:

A mistura fungicida epoxiconazol mais cresoxim-metílico (Brio) é eficiente no controle da doença mancha-parda na cultura do arroz irrigado e reduz sua incidência nas sementes;

Os adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo possibilitam a redução do volume de aplicação terrestre de 200 para 100 L ha<sup>-1</sup> sem afetar a eficiência de controle do fungicida;

Os adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo promovem aumento na produção e na qualidade do arroz, independente do volume de aplicação;

A aplicação aérea a 10 L ha<sup>-1</sup> gera o maior número de gotas com alto potencial de deriva e espectro de gotas menos uniforme;

O volume de aplicação de 10 L ha<sup>-1</sup> afeta negativamente a eficiência no controle da mancha-parda na cultura do arroz irrigado.

## 1.5 Referências

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Coordenação-Geral de Agrotóxicos. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em 05 dez. 2018.

AMARAL, A.S.; GONÇALO, J.F.P. Sementes. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado. **Fundamentos para a cultura do arroz**. Campinas: Fundação Cargill, p.113-127, 1985.

AMARAL, H.M. do; RIBEIRO, A.S.; LUCCA FILHO, O.A. Diagnóstico da Patologia de Sementes de Arroz no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, v.7, n.1, p.183-188, 1985.

BAYER, T.; GUERRERO, M.F.C.; GADANHA JUNIOR, C.D.; LOECK, A.E. Systems and rates of aerial application of fungicides in irrigated rice. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.22, n.2, p.143-147, 2018.

BORDIN, L.C.; CASA, R.T.; MARCUZZO, L.L.; BOGO, A.; ZANCAN, R.L. Efeito da aplicação de fungicidas no controle de doenças foliares de arroz irrigado e sua relação com o rendimento industrial. **Summa Phytopathologica**, v.42, n.1, p.85-88, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

CASTRO, E.M. de; VIEIRA, N.R. de A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. da. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34).

Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 6. Safra 2018/19 -Terceiro levantamento, Brasília, p. 1-127, dezembro 2018.

CUNHA, J.P.A.R.; CARVALHO, W. P. A. de. Distribuição volumétrica de aplicações aéreas de agrotóxicos utilizando adjuvantes. **Engenharia na Agricultura**, v.13, p.130-135, 2005.

CUNHA, J.P.A.R.; REIS, E.F.; SANTOS, R.O. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.5, p.1360-1366, 2006.

CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; VIEIRA, R.F.; FERNANDES, H.C.; COURY, J.R. 2004. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.10, p.977-985, out. 2004.

ELIAS, M.C. Pós-colheita e industrialização de arroz. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.745-798.

EWRC - European Weed Research Council. **Report of the 3rd and 4th meeting of EWRC**. Committee of methods in weed research. Weed Research, Oxford, 4:88, 1964.

GARCIA, L.C.; MACHADO JUNIOR, C. R.; BOCHNIA, G. P.; WIERICH NETO, P. H.; RAETANO, C. G. ADJUVANTS IN FUNGICIDE SPRAYING IN WHEAT AND SOYBEAN CROPS. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 6, p. 1110-1117, Dec. 2016.

HOFFMANN, W.C.; BRADLEY, F.; BAGLEY, W.E.; GEDNALSKE, J; ELSIK, C.E.; KRUGER, G.R. (2012). **Determination of selection criteria for spray drift reduction from atomization data**. ASTM Special Technical Publication. 1558. 65-79.

KIMATI, H. **Manual de Fitopatologia**: Doenças das Plantas Cultivadas. 4<sup>a</sup> ed., v. 2. São Paulo, Agronômica Ceres, 2005.

MALAVOLTA, V.M.A.; SOLIGO, E.A.; DIAS, D.D.; AZZINI, L.E.; BASTOS, C.R. Incidência de fungos e quantificação de danos em sementes de genótipos de arroz. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 3, p.280-286, 2007.

MEIER, U. (ed.). **Growth stages of mono-and dicotyledonous plants**; BBCH monograph. 2.ed. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, 2001.

MILLER, P.C.H. 2004. Reducing the risk of drift from boom sprayers. In: Raetano, C.G., Antuniassi, U.R. **Qualidade em Tecnologia de Aplicação**. Fepaf, Botucatu. Pp. 110-124.

NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; ZUCCHI, R.A. **Entomologia econômica**. Piracicaba, Livroceres, 1981. 314p.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. London: MacMillan Press, 1977. v. 2, 1191 p.

OLIVEIRA, R.B.D.; ANTUNIASSI, U.R.; MOTA, A.A.; CHECHETO, R.G. **Potential of adjuvants to reduce drift in agricultural spraying**. Engenharia Agrícola, 2013; 33(5): 986–992

PHABHU, A.S.; FILLIPI, M.C.C.; RIBEIRO, A.S. Doenças e seu controle. In: SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R.A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2.ed. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA/CNPAP, 2006. p.561-590.

QIN, K.; TANK, H.; WILSON, S.A.; DOWNER, B.; LIU, L. Controlling droplet-size distribution using oil emulsions in agricultural sprays. **Atomization and sprays**. 2010, v. 20, n. 3, p. 227-239.

SCHRÖDER, E.P. **Avaliação de sistemas aeroagrícolas visando à minimização de contaminação ambiental**. 2003. 73f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2003.

SCHODER, E.P.; MARTINI, A.T.; ANDRADE, G.P.D. (2011). Aplicação aérea de Glifosato com diferentes equipamentos e volumes de calda na dessecação de cobertura vegetal antes da semeadura do arroz. Disponível em: <<http://www.schroderconsultoria.com.br/arquivos/aplicacao.pdf>>. Acesso em 15 out. 2018.

SILVA, T.M.B. da. **Tecnologia de aplicação aérea de fungicidas na cultura do arroz irrigado**. 2012. 64f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2012.

SOUZA, J.T.; MENEZES, W. M.; HASELEIN, C.R.; BALDIN, T.; AZAMBUJA, R.R.; MARAIS, W.W.C. Avaliação das Propriedades Físico-Mecânicas de Painéis de Casca de Arroz e Adesivo Tanino-Formaldeído. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 1003-1015, jul.-set., 2017.

TESKE, M. E.; HEWITT, A.J.; VALCORE, D.L. 2004. The role of small droplets in classifying drop size distribution. **ILASS Americas 17th Annual Conference on Liquid Atomization and Spray Systems**. Arlington, VA.

VIGANO, L.S.; RAETANO, C.G. Assistência de ar e volumes de aplicação na deposição de calda e no controle do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.). **Engenharia Agrícola**. 2007, vol.27, n.3, pp.734-741.

## CAPÍTULO 2

### ADJUVANTES EM PULVERIZAÇÃO FUNGICIDA: PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, DERIVA E COBERTURA DA FOLHA DO ARROZ

#### Resumo

Com a finalidade de avaliar a influência dos adjuvantes na aplicação de fungicida na cultura do arroz foram conduzidos testes de laboratório no setor de Crop Solutions da Clariant Innovation Center em Frankfurt, Alemanha, unidade da Clariant localizada no complexo industrial de Hoechst, destinada exclusivamente para novos projetos e pesquisas com adjuvantes. Os adjuvantes utilizados no estudo foram: Aureo (éster metílico de soja), Fighter (mistura de surfactantes não iônicos) e Natur'l Óleo (óleo vegetal), e como fungicida foi utilizado o Brio (epoxiconazole + cresoxim-metílico). O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado. Os testes de laboratório foram divididos em duas partes: a primeira parte constou dos testes de compatibilidade física e estabilidade das misturas, análise do espectro de gotas e potencial de deriva, tensão superficial dinâmica, ângulo de contato formado entre a gota e a superfície da folha de arroz, a velocidade do espalhamento e porcentagem de cobertura das soluções nas plantas de arroz. Para estes testes foram utilizados os cultivares IAC 202 e BEAD, tradicional variedade brasileira de terras altas e variedade chinesa de área irrigada, respectivamente. As plantas de arroz foram conduzidas em ambiente protegido e totalmente automatizado, sobre plataformas mecanizadas de casualização diária, com controle de irrigação, temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar. Nas condições em que foram desenvolvidos os testes pode-se concluir que: a adição dos adjuvantes Aureo e Fighter não causa problemas de incompatibilidade na calda

fungicida; o adjuvante Natur'l Óleo ao ser adicionado na calda fungicida forma uma suspensão líquida oleosa, nas três concentrações em teste; os adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo reduzem o número de gotas com alto potencial de deriva; o fungicida Brio promove a redução da tensão superficial da calda, sendo seu efeito superior ao dos adjuvantes em teste; a adição de adjuvantes na calda fungicida diminui os valores referentes à tensão superficial dinâmica; o fungicida Brio tem pouca influência na redução do ângulo de contato da gota com a folha de arroz; o adjuvante Fighter tem o maior efeito na redução do ângulo de contato da gota, seguido pelo Natur'l Óleo e pelo Aureo; somente os adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo, na maior concentração, assim como Fighter adicionado na calda fungicida na maior concentração de Brio, promovem resultados em que a relação da solução com a superfície foi considerada molhável ( $\theta < 30^\circ$ ); os produtos em teste influenciam no espalhamento e na porcentagem de cobertura da calda aplicada nas folhas de arroz e o adjuvante Fighter é o que proporciona melhores resultados.

**Palavras-chave:** arroz, fungicida, adjuvantes, deriva, concentração

## 2.1 Introdução

A utilização de agroquímicos é fundamental para o sucesso do empreendimento agrícola. Estes são aplicados quase que exclusivamente por aeronaves e tratores pulverizadores, e para aplicações eficientes diversos cuidados devem ser observados envolvendo produtos, máquina aplicadora e condição ambiental. O uso de adjuvantes em pulverização de produtos fitossanitários pode minimizar muitos problemas no momento e após as aplicações. Esses produtos alteram as propriedades físicas e químicas das soluções, incluindo tensão superficial,

molhamento, retenção, redução de evaporação, volatilização e também a deriva (LAN et al., 2008; ELSIK et al., 2010).

Tem sido prática comum a mistura de produtos no tanque de pulverização, definida como a associação de agrotóxicos e afins no tanque do equipamento aplicador, imediatamente antes da pulverização (GAZZIERO, 2015).

A compatibilidade física e química entre os produtos deve ser observada quando estes forem associados à calda de pulverização. Segundo Maciel et al. (2009), mesmo sendo tema de grande importância, pouco se conhece sobre a compatibilidade da mistura de diferentes produtos em tanque.

A incompatibilidade física corresponde à formação de precipitados (grânulos) e de suspensões, geralmente oleosas, o que pode levar, por exemplo, ao entupimento dos bicos de pulverização e à perda de eficácia dos produtos. Petter et al. (2013), estudando a compatibilidade física entre misturas, citam que diversos estudos têm sido conduzidos ao longo dos anos sobre a interação entre produtos fitossanitários, todavia as avaliações se direcionam para o efeito sobre o alvo biológico, avaliando os efeitos antagônicos, sinérgicos e aditivos. Porém esses efeitos se manifestam após a interação física dos produtos, o que raramente é pesquisado.

Em relação à alteração química das moléculas é importante considerar que em reações alcalinas nas caldas de pulverizações pode ocorrer decomposição dos fungicidas, comprometendo a eficácia do tratamento, pois cada produto apresenta uma faixa de pH, onde a sua atividade é otimizada. Já a estabilidade das soluções está relacionada ao tempo que esta se mantém sem apresentar separação entre fases.

A redução da deriva em pulverizações aéreas de produtos fitossanitários ainda é um dos maiores desafios da agricultura moderna (WANG et al., 2018). De

modo a reduzir a deriva e obter níveis de depósito adequados de ingredientes ativos no alvo torna-se necessário um espectro de gotas de pulverização homogêneo com o mínimo de gotas menores que 100  $\mu\text{m}$ . Quanto menores as gotas, maior o tempo de permanência no ar, maior tendência de evaporar e se deslocar horizontalmente, resultando em perdas na pulverização.

A redução do teor de gotas finas na névoa de pulverização é, portanto, crucial para a redução da deriva, e conseqüentemente aumento da disponibilidade do ingrediente ativo na área alvo (BAUR et al., 2017).

A redução da tensão superficial da solução é uma característica desejável e pode ser conseguida pela adição de adjuvantes à calda, os quais reduzem a tensão superficial da água de pulverização, diminuindo o ângulo de contato das gotas isoladas sobre a superfície foliar, fazendo com que elas alterem o seu padrão esférico característico (ANTUNIASSI & BOLLER, 2011).

A tensão superficial dinâmica é um fator que afeta o espalhamento das gotas. Contudo, tensão superficial não é a única propriedade que determina o grau de cobertura das gotas na superfície vegetal. Espécie das plantas, estrutura da superfície da folha, tipo de adjuvante, concentração, são outros fatores independentes da tensão superficial que afetam o espalhamento.

A influência da morfologia das plantas no espalhamento da calda foi estudada por Xu et al. (2011). Os autores destacaram que as características intrínsecas do adjuvante e as variações na morfologia entre espécies (cutícula, membrana, ceras, nervuras, estômatos e tricomas) são fatores tão importantes quanto à tensão superficial e, por isso, nem sempre a redução da tensão superficial tem influência significativa no molhamento.

O uso de pontas adequadas, associado ao uso de adjuvantes, resulta no aumento do espalhamento da gota sobre a superfície tratada, aumentando a área de cobertura da folha (CALORE et al., 2014). Atualmente, os adjuvantes têm sido utilizados em mistura em tanque para melhorar a deposição e o espalhamento das gotas, além da diminuição da deriva (MENG et al., 2018).

A molhabilidade é o resultado das forças de adesão do líquido sobre uma superfície, o que possibilita ao líquido maior ou menor espalhamento, quando uma gota é depositada na superfície, resultando num ângulo de contato que diminui quando a molhabilidade aumenta.

As gotas formadas durante o processo de pulverização, ao se depositarem nas plantas, formam ângulo de contato com a superfície, e este vai depender da relação entre as forças adesivas (espalhamento da gota) e forças coesivas do líquido (contração da gota) (COUTINHO, 2007). Ao medir este ângulo é possível caracterizá-la quanto à capacidade de molhamento; quando menor que  $90^\circ$ , pode-se considerar que a superfície é molhada pelo líquido (hidrofílica), porém se os ângulos forem maiores que  $90^\circ$ , caracterizam-se superfícies hidrofóbicas (MOITA NETO, 2006). No caso da água, se a superfície de deposição for hidrofóbica, o contato será menor, a gota será esférica e o ângulo de contato do líquido com a superfície será maior. Entretanto, se a superfície for mais hidrofílica, a gota se espalhará, podendo até formar um filme uniforme (IOST & RAETANO, 2010).

As folhas de certas plantas, como lótus e arroz, contêm superfícies super-hidrofóbicas. Estas plantas têm sido amplamente estudadas devido às suas características únicas repelentes de água e de auto-limpeza (KOCH et al., 2008), com grande influência no molhamento foliar.

De maneira distinta da planta de lótus, o arroz apresenta papilas dispostas nas folhas de maneira heterogênea, ao longo da direção longitudinal, portanto, gotas de água e demais soluções nas folhas de arroz escorrem facilmente ao longo da direção longitudinal da superfície foliar, indicando molhabilidade anisotrópica, com a maior dispersão variando principalmente de acordo com o tamanho da gota e grau de inclinação da folha (KWON et al., 2014).

Com o objetivo de avaliar a influência dos adjuvantes sobre as características físico-químicas citadas, deriva e molhabilidade da superfície foliar do arroz, foram conduzidos os testes de laboratório no setor de Crop Solutions da Clariant Innovation Center em Frankfurt, Alemanha.

## **2.2 Material e Métodos**

### **2.2.1 Descrição dos produtos**

O fungicida utilizado foi o Brio (epoxiconazol + cresoxim-metílico) na concentração de 125 + 125 g L<sup>-1</sup>. Os ingredientes ativos pertencem aos grupos químicos Triazol e Estrobilurina. O produto comercial está formulado sob forma de Suspensão Concentrada (SC) e sua classificação toxicológica é III (medianamente tóxico).

Os adjuvantes utilizados foram Aureo: éster metílico de óleo de soja adicionado de emulsificantes sintéticos, concentração de 720 g L<sup>-1</sup>, Concentrado Emulsionável (CE) e classificação toxicológica IV (pouco tóxico); Fighter: mistura de surfactantes não iônicos, concentração 100 g L<sup>-1</sup>, Concentrado Emulsionável (CE) e classificação toxicológica IV (pouco tóxico); Natur'l Óleo: o óleo vegetal adicionado de

emulsificantes sintéticos, concentração 930 g L<sup>-1</sup>, Concentrado Emulsionável (CE) e classe toxicológica IV (pouco tóxico).

### **2.2.2 Compatibilidade física e estabilidade das misturas**

Para classificação das soluções formadas pela mistura fungicida Brio com os adjuvantes Aureo, Fighter e Natur'l Óleo, e análise da compatibilidade física das misturas, foram realizadas avaliações visuais da estabilidade das soluções, sendo estas compostas pelos tratamentos referentes ao fungicida isolado e adicionado a cada um dos adjuvantes, e dos adjuvantes isolados, em três concentrações distintas, semelhantes às utilizadas no experimento de campo (10, 100 e 200 L ha<sup>-1</sup>), como pode-se verificar na Tabela 10.

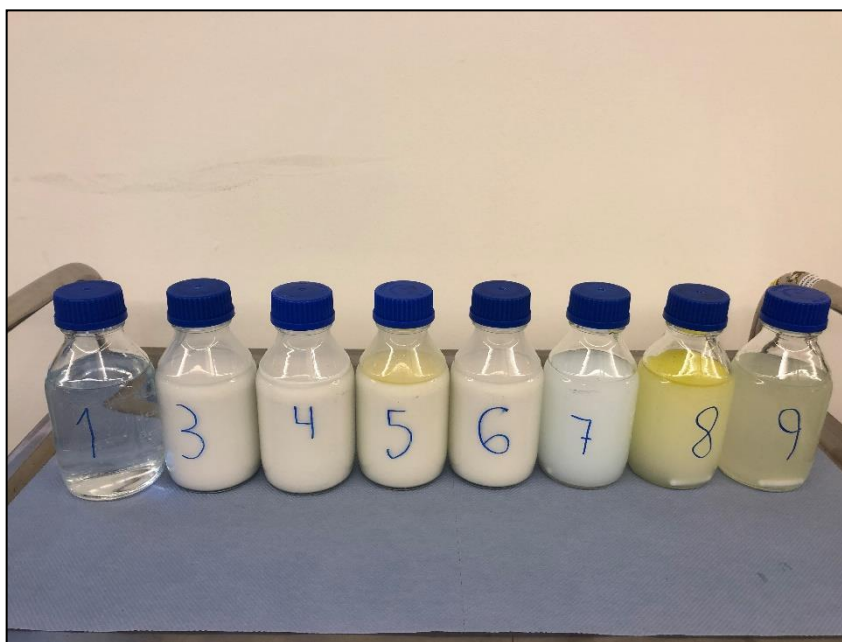
Para a realização dos testes, os produtos foram colocados em frascos de vidro seguindo a ordem de adição: água, fungicida, adjuvante, água. Após a adição dos produtos, as soluções foram dispostas em uma mesa magnética para agitação por 30 minutos, posteriormente foram colocadas em repouso por 15 minutos e em seguida foram realizadas as avaliações quanto à coloração da solução, turbidez e a formação de precipitados ou suspensão de forma líquida ou sólida.

A disposição sequencial das amostras, correspondentes aos respectivos tratamentos, para análise das soluções pode ser visualizada na Figura 13.

Tabela 10: Tratamentos para avaliação da compatibilidade e estabilidade das misturas nos volumes de calda de 10, 100 e 200 L ha<sup>-1</sup>.

Tratamentos	Concentração (%)	Volume referente (L/ha <sup>-1</sup> )
1. Água	-	10
2. Brio	7,50	10
3. Brio + Aureo	7,50 + 0,25	10
4. Brio + Fighter	7,50 + 0,125	10
5. Brio + Natur'l Óleo	7,50 + 1,00	10
6. Aureo	0,25	10
7. Fighter	0,125	10
8. Natur'l Óleo	1,00	10
9. Água	-	100
10. Brio	0,75	100
11. Brio + Aureo	0,75 + 0,25	100
12. Brio + Fighter	0,75 + 0,125	100
13. Brio + Natur'l Óleo	0,75 + 0,25	100
14. Aureo	0,25	100
15. Fighter	0,125	100
16. Natur'l Óleo	0,25	100
17. Água	-	200
18. Brio	0,375	200
19. Brio + Aureo	0,375 + 0,25	200
20. Brio + Fighter	0,375 + 0,125	200
21. Brio + Natur'l Óleo	0,375 + 0,25	200
22. Aureo	0,25	200
23. Fighter	0,125	200
24. Natur'l Óleo	0,25	200

Figura 13: Soluções para análise das aplicações a 10 L ha<sup>-1</sup> - 1) Água; 3) Brio 7,5%; 4) Brio 7,5% + Aureo 0,25%; 5) Brio 7,5% + Natur'l Óleo 1%; 6) Brio 7,5% + Fighter 0,125%; 7) Aureo 0,25%; 8) Natur'l Óleo 1%; 9) Fighter 0,125%.



### 2.2.3 Deriva

Os estudos de deriva foram realizados na câmara de aplicação e a medição do tamanho das gotas da pulverização foi realizada no equipamento Spraytec Open Spray - MAL1082034 (Figuras 14 e 15), sendo os dados coletados pelo sensor 12KR-CDL e analisados pelo software do sistema Malvern.

Para as aplicações foram utilizados os mesmos tratamentos descritos na Tabela 10. Foi colocado 1,0 L de solução correspondente a cada tratamento em um cilindro de metal e para cada tratamento foram realizadas 6 aplicações, cada uma com duração de 5 segundos. Em cada aplicação o software coletava em média 5.000 resultados de tamanho das gotas.

As pulverizações simularam os volumes de aplicação e concentração das soluções utilizadas no campo. Para a simulação das aplicações terrestres (100 e 200 L ha<sup>-1</sup>) também foram utilizadas as mesmas pontas de pulverização.

Para o volume e concentrações referentes a 10 L ha<sup>-1</sup>, foi utilizada a ponta de pulverização Lechler, modelo LU 120 015 a 560 kPa. Para a aplicação no volume de 100 L ha<sup>-1</sup> foi utilizada a ponta de pulverização de jato plano, Jacto, modelo AXI 110 015, pressão de 250 kPa e para o volume de 200 L ha<sup>-1</sup> foi utilizada a ponta de jato plano, Jacto, modelo AXI 110 02, pressão de 300 kPa.

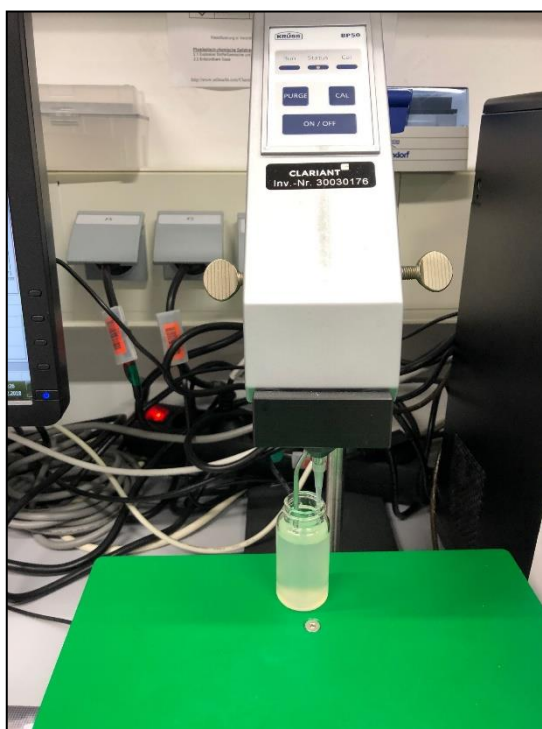
Figura 14 e 15: Equipamento de medição do tamanho das gotas e estimativa de deriva Spraytec Open Spray - MAL1082034.



## 2.2.4 Tensão Superficial Dinâmica

Para analisar a tensão superficial dinâmica das soluções foram realizadas medições com o Tensiômetro marca Krüss, modelo BP 50 (Figura 16), e analisadas pelo software Labdesk, gerando os dados da tensão superficial em função do tempo. Para cada tratamento (Tabela 10) foi analisada a tensão superficial durante 3 minutos, sendo que o tempo de duração das bolhas variou de 0 a 400 milissegundos.

Figura 16: Tensiômetro marca Kruss, modelo BP 50.

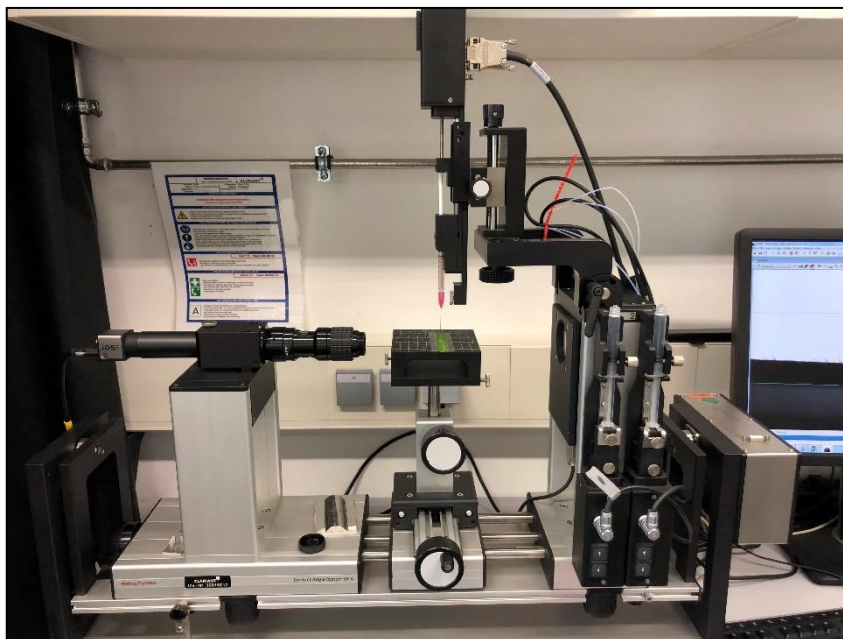


### 2.2.5 Ângulo de Contato

Com a finalidade de avaliar a molhabilidade das soluções na superfície da folha de arroz foram realizadas análises de ângulo de contato das gotas no medidor Dathaphysics Contact Angle System OCA 50 (Figura 17) e analisadas pelo Software OCA 20.

Para cada análise foi recortado um segmento de 5 cm da última folha da planta de arroz, variedade BEAD, no estágio fenológico correspondente ao início da formação do primórdio floral, colada em uma lâmina de vidro com a superfície adaxial voltada para cima. Em seguida foi aplicada uma gota (5  $\mu$ L) da solução do tratamento em estudo (Tabela 10) sobre a superfície da folha e filmada durante 3 minutos, onde os ângulos do lado direito e esquerdo da imagem da gota formada com as diferentes soluções foram calculados e automaticamente estabelecido o  $\theta$  médio. Após este período o sistema gerou um gráfico e dados correspondentes ao ângulo de contato da gota na superfície foliar do arroz. Cada tratamento constou de 4 repetições. Para cada repetição a folha de arroz foi trocada em razão da rápida desidratação. A medição foi realizada à 25°C e 45% de UR ar. Os resultados foram analisados através tabelas e gráficos, apresentados no item 2.3.4.

Figura 17: Equipamento medidor de ângulo de contato Dataphysics Contact Angle System OCA 25.



## 2.2.6 Cobertura da pulverização

Os testes referentes à porcentagem de cobertura dos produtos nas plantas de arroz, aplicados em diferentes concentrações e volumes constaram de três fases: desenvolvimento das plantas, aplicação dos produtos e análise ultravioleta.

### 2.2.6.1 Desenvolvimento das plantas

Com a finalidade de avaliar a influência do fungicida e adjuvantes no molhamento das plantas de arroz foram utilizadas 30 caixas de plástico contendo 3 vasos com capacidade de 6 litros, totalizando 90 vasos.

No primeiro dia de outubro de 2018, após o preenchimento dos vasos com terra devidamente adubada foi realizada a semeadura em todos os tratamentos, que foram divididos em 3 blocos com 30 vasos cada: dois blocos com sementes do cultivar irrigado BEAD e um bloco com sementes do cultivar de terras altas IAC 202 (Figura 18).

Após a semeadura os vasos foram colocados em ambiente protegido e totalmente automatizado, sobre plataformas mecanizadas de casualização diária (Figura 19), com controle de irrigação (Figura 20), temperatura (22 a 30 °C), umidade relativa do ar (50 a 90%) e radiação solar (12 horas diárias), onde permaneceram durante todo o ciclo das plantas.

No dia 08/10/2018 ocorreu a emergência das plântulas e no dia 15/10/2018 foi realizado o desbaste, mantendo-se em 30 vasos com a cultivar BEAD, uma plântula, em 30 vasos com este mesmo cultivar, 5 plântulas, e em 30 vasos com o cultivar IAC 202, 3 plântulas (Figura 21).

O perfilhamento do arroz se iniciou no dia 29/10/2018 e no dia 05/11/2018 foi realizada a adubação de cobertura com NPK.

#### **2.2.6.2 Aplicação dos produtos**

A aplicação dos tratamentos foi realizada no dia 20/11/2018, quando a cultura se encontrava no início do estágio reprodutivo (Figura 22). As pulverizações foram realizadas na câmara de aplicação Malvern (Figura 23), simulando as aplicações realizadas no experimento a campo.

Com o propósito de avaliar o depósito da pulverização foram dispostas dentro da câmara uma planta do cultivar BEAD e papel hidrossensível, sobre a

plataforma metálica (Figura 24). Vasos dos cultivares BEAD e IAC 202, com 5 e 3 plantas por vaso, respectivamente (Figura 25), foram colocados numa plataforma inferior, de modo que a altura da aplicação fosse 0,50 m em relação ao dossel das plantas.

Para a aplicação no volume de 10 L ha<sup>-1</sup> foi utilizada a ponta de pulverização Lechler de jato plano, modelo LU 120 015, pressão de 300 kPa e velocidade de deslocamento de 28,8 km h<sup>-1</sup>; para o volume de 100 L ha<sup>-1</sup> foi utilizada a ponta de jato plano, marca Jacto, modelo AXI 110 015, pressão de 250 kPa e velocidade de deslocamento de 1,8 km h<sup>-1</sup>; e para o volume de 200 L ha<sup>-1</sup> foi utilizada a ponta de jato plano, marca Jacto, modelo AXI 110 02, pressão de 300 kPa e velocidade de deslocamento de 1,7 km h<sup>-1</sup>.

Em todos os tratamentos foi adicionado o pigmento fluorescente Blankophor CBB (Blankophor BBU 250 g kg<sup>-1</sup>), na concentração de 1,0%, para possibilitar a visualização da aplicação sobre luz ultravioleta.

### **2.2.6.3 Análise sob luz ultravioleta**

Ao final da pulverização os vasos de arroz ficaram 30 minutos em repouso para a secagem da calda, em sequência foram colocados sobre um fundo preto e fotografados sobre iluminação ultravioleta, para verificar a cobertura e o espalhamento das soluções, assim como calcular a porcentagem de cobertura pelo software de análise de fotografias Leica CL.

Figura 18: Vasos preparados para a semeadura do arroz.



Figura 19: Caixas nas plataformas de randomização



Figura 20: Sistema automatizado de irrigação.



Figura 21: Desbaste das plântulas de arroz.



Figura 22: Plantas de arroz no início da fase reprodutiva.



Figura 23: Câmara de aplicação Malvern.



Figura 24: Folha de arroz utilizada na avaliação de cobertura e papel hidrossensível

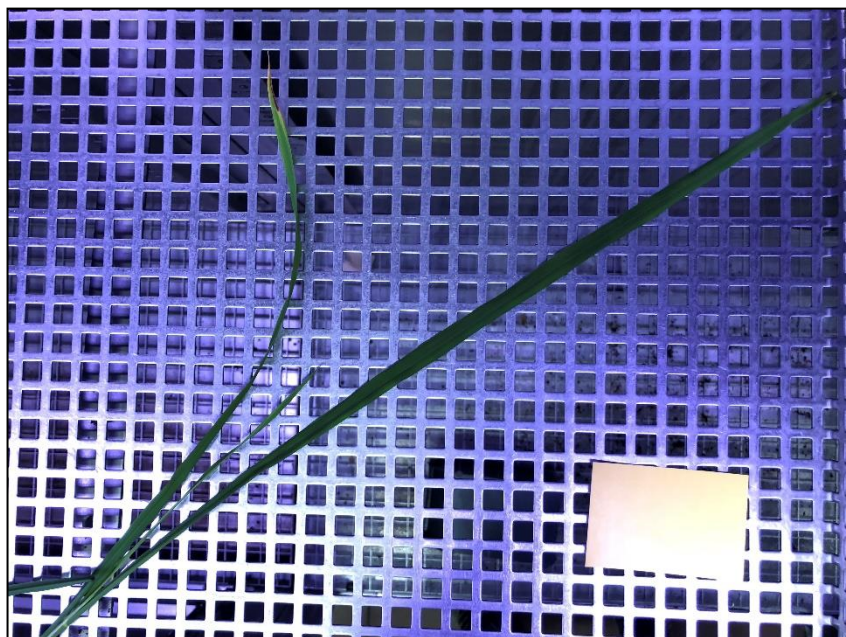


Figura 25: Vasos de arroz dos cultivares IAC 202 (3 plantas/vaso) e BEAD (5 plantas/vaso) dispostos no sistema de aplicação para a análise da cobertura após a pulverização do pigmento fluorescente.



## 2.3 Resultados e Discussão

### 2.3.1 Compatibilidade e estabilidade das misturas

Em todos os tratamentos em que foi adicionado o fungicida Brio, independente da concentração, as soluções apresentaram aspecto leitoso. Aspecto similar foi verificado quando foi adicionado o adjuvante Aureo em água, sem a adição do fungicida (Figura 11). Porém em relação aos adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo ficou visível que para ambos a solução se manteve túrbida (Tabela 11).

Tabela 11: Compatibilidade das misturas em presença ou não de adjuvantes pelas características visuais.

Tratamentos	Concentração (%)	Túrbido	Leitoso	Susp.	Precip.	Líquida	Sólida
Brio	7,50		x				
Brio + Aureo	7,50 + 0,25		x				
Brio + Fighter	7,50 + 0,125		x				
Brio + Natur'l Óleo	7,50 + 1,00		x	x		x	
Brio	0,75		x				
Brio + Aureo	0,75 + 0,25		x				
Brio + Fighter	0,75 + 0,125		x				
Brio + Natur'l Óleo	0,75 + 0,25		x	x		x	
Brio	0,375		x				
Brio + Aureo	0,375 + 0,25		x				
Brio + Fighter	0,375 + 0,125		x				
Brio + Natur'l Óleo	0,375 + 0,25		x	x		x	
Aureo	0,25		x				
Fighter	0,125	x					
Natur'l Óleo	0,25	x					
Natur'l Óleo	1,00	x					

\*Os resultados foram semelhantes para as misturas nas concentrações a 10, 100 e 200 L ha<sup>-1</sup>.

Avaliando a formação de suspensão e precipitados nas soluções, é possível observar que somente para as misturas de Brio com Natur'l Óleo ocorreu incompatibilidade, de maneira que a mistura deixou de ser homogênea. Evidencia-se que nas três concentrações da mistura do fungicida Brio associado ao óleo vegetal Natur'l Óleo (7,50% + 1,00%, 0,75% + 0,25% e 0,375% + 0,25%) ocorreu a formação de suspensão líquida oleosa (Tabela 11).

A formação desta suspensão um minuto após o fim da agitação da calda pode reduzir a eficiência do tratamento, principalmente no caso da aplicação aérea em volumes reduzidos. Conforme recomendação do Centro Brasileiro de Bioaeronáutica (2017), misturas que apresentam separação após um minuto não devem ser recomendadas para aplicação.

Em experimentos conduzidos no Rio Grande do Sul, Panizi et al. (2013) reiteram que a incompatibilidade entre agrotóxicos de diferentes classes aplicados em mistura pode ser uma das causas da menor eficiência do tratamento fitossanitário na cultura do arroz. A mesma problemática foi abordada por Silva et al. (2007). Os autores afirmaram que a incompatibilidade entre formulações de produtos e suas interações resultam em separação de fase e inviabilizam a aplicação.

### **2.3.2 Deriva**

Pelos parâmetros qualitativos da pulverização pode-se verificar que, para aplicação a  $10 \text{ L ha}^{-1}$ , os valores do diâmetro de gotas obtidos pelas análises utilizando o sistema Marvern após aplicação na câmara Spraytec Open Spray (Tabela 12) são distintos dos diâmetros das gotas coletadas em papéis hidrossensíveis a campo e analisados pelo aplicativo Gotas® (Tabela 3). Isto se deve principalmente ao

fato de que no experimento a campo a aplicação aérea foi realizada por um ultraleve com altura de voo de 2,0 m do dossel, diferentemente do realizado na câmara de deriva a 0,5 m do sensor com controle das condições do ambiente, fato que também influencia na evaporação das gotas, além de grande parte das gotas com diâmetro menor que 50  $\mu\text{m}$  não atingirem o papel e pela dificuldade dessa superfície coletar gotas muito finas por sedimentação, o que não ocorre na câmara de deriva.

O uso de papéis sensíveis à água é um método prático para analisar a qualidade da aplicação a campo, no entanto, pode haver algumas distorções, especialmente em situações em que as gotículas são pequenas, como no caso de aplicações aéreas (ANTUNIASSI, 2011).

Tabela 12: Diâmetro das gotas e Coeficiente de uniformidade do espectro das gotas para os tratamentos nas concentrações referentes ao volume de aplicação de 10 L  $\text{ha}^{-1}$ , utilizando-se a ponta Lechler LU 120 015 a 560 kPa.

Tratamentos	Concentração (%)	DV <sub>0,1</sub>	DV <sub>0,5</sub>	DV <sub>0,9</sub>	Coef Un
Água	-	49	103	191	1,37
Brio	7,50	46	101	203	1,55
Brio + Aureo	7,50 + 0,25	46	100	203	1,57
Brio + Fighter	7,50 + 0,125	46	100	197	1,51
Brio + Natur'l Óleo	7,50 + 1,00	46	99	193	1,48
Aureo	0,25	54	105	131	0,73
Fighter	0,125	72	147	262	1,29
Natur'l Óleo	1,00	64	131	243	1,36

Através da Tabela 12 pode-se observar que a adição dos adjuvantes não alterou o espectro de gotas, porém quando comparados os adjuvantes de maneira isolada verifica-se que houve influência em todos os parâmetros qualitativos da pulverização em análise. Os três adjuvantes aplicados sem o fungicida tiveram

influência no diâmetro das gotas, com o Fighter obtendo maiores resultados de  $DV_{0,1}$ ,  $DV_{0,5}$  e  $DV_{0,9}$ , seguido do Natur'l Óleo. O  $DV_{0,9}$  da solução com Aureo é bem inferior ao valor obtido nos demais tratamentos, assim como a sua amplitude relativa, indicando maior homogeneidade no espectro de gotas (Tabela 12).

Sabendo que o tamanho das gotas está diretamente relacionado à deriva (TESKE et al., 2004) e que gotas mais propensas à deriva são aquelas que apresentam tamanho menor que  $105 \mu\text{m}$  (HOFFMANN et al., 2012), pode-se constatar que os tratamentos com adição do fungicida Brio, aplicados na taxa de  $10 \text{ L ha}^{-1}$ , apresentam alto potencial de deriva, com mais de 50% do volume aplicado composto por gotas facilmente sujeitas à deriva (Figura 26).

A adição dos adjuvantes à calda pouco influenciou na redução de gotas com tamanho menor a  $105 \mu\text{m}$ , o que provavelmente está relacionado à maior concentração do fungicida na calda (7,5%), reduzindo a influência dos adjuvantes. Quando os adjuvantes foram aplicados isoladamente, o Aureo mostrou pouca influência sobre o volume de gotas propensas à deriva, com valores semelhantes aos demais tratamentos fungicidas, diferentemente do Fighter e Natur'l Óleo, que reduziram o número de gotas propensas à deriva para 25,92 e 34,19%, respectivamente (Figura 26).

O percentual do volume acumulado das gotas com diferentes diâmetros para os respectivos tratamentos são evidenciados nas Figuras 27 a 34.

Figura 26: Porcentagem de volume de gotas com diâmetro menor que 105  $\mu\text{m}$  nas concentrações referentes ao volume de aplicação de 10 L  $\text{ha}^{-1}$ , utilizando-se a ponta Lecher LU 120 015 a 560 kPa.

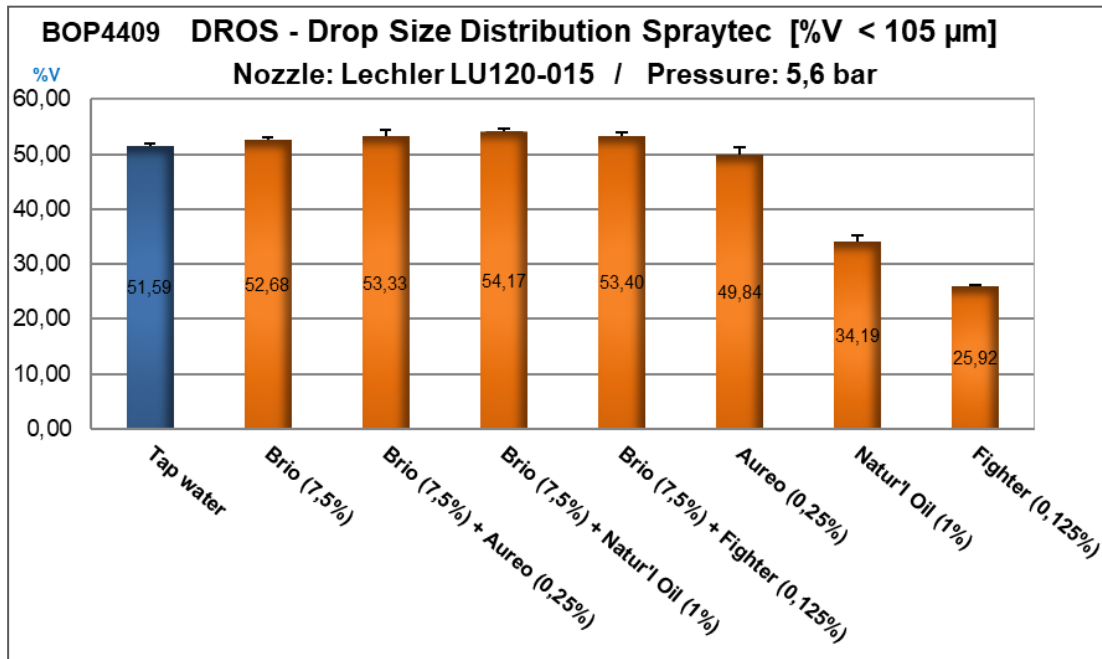


Figura 27: Distribuição de gotas referente à aplicação de água (10 L  $\text{ha}^{-1}$ ).

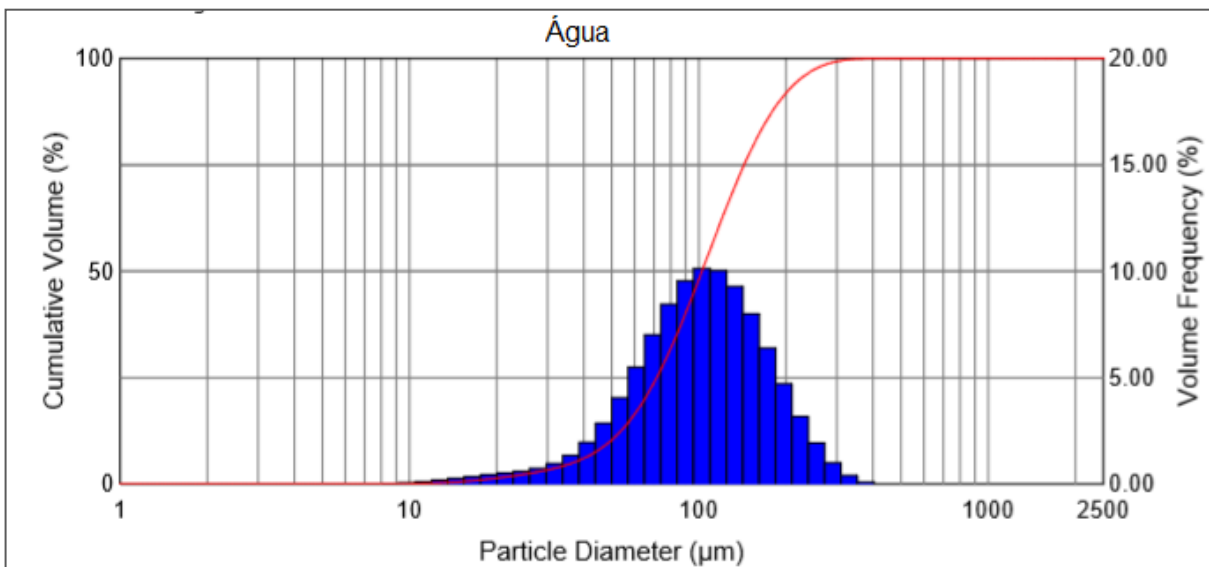


Figura 28: Distribuição de gotas referente à aplicação de Brio na concentração de 7,5% (10 L ha<sup>-1</sup>).

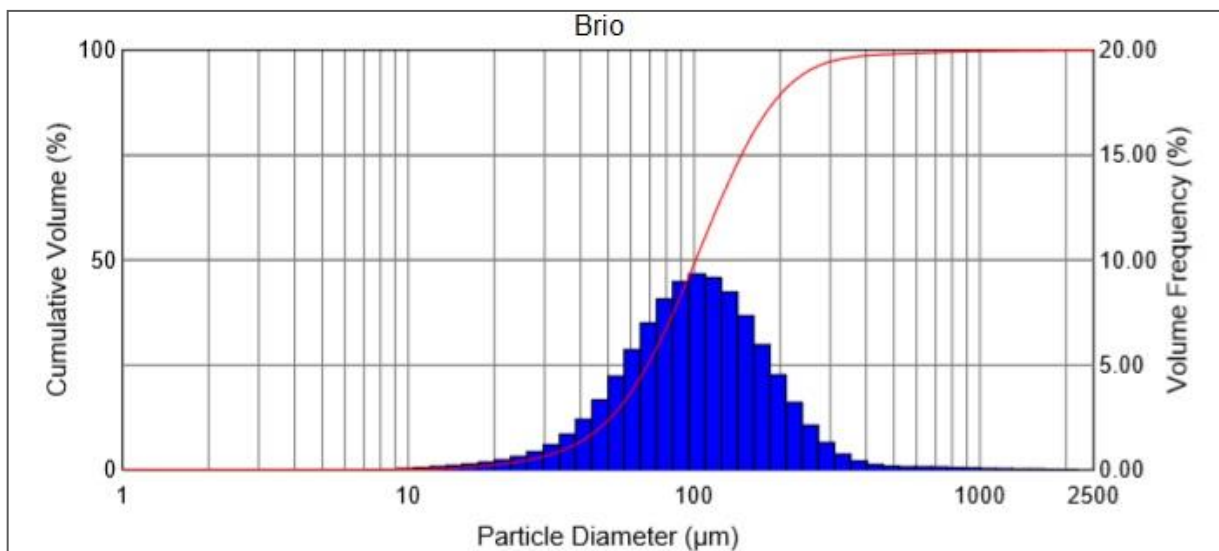


Figura 29: Distribuição de gotas referente à aplicação de Brio + Aureo na concentração de 7,5% + 0,25% (10 L ha<sup>-1</sup>).

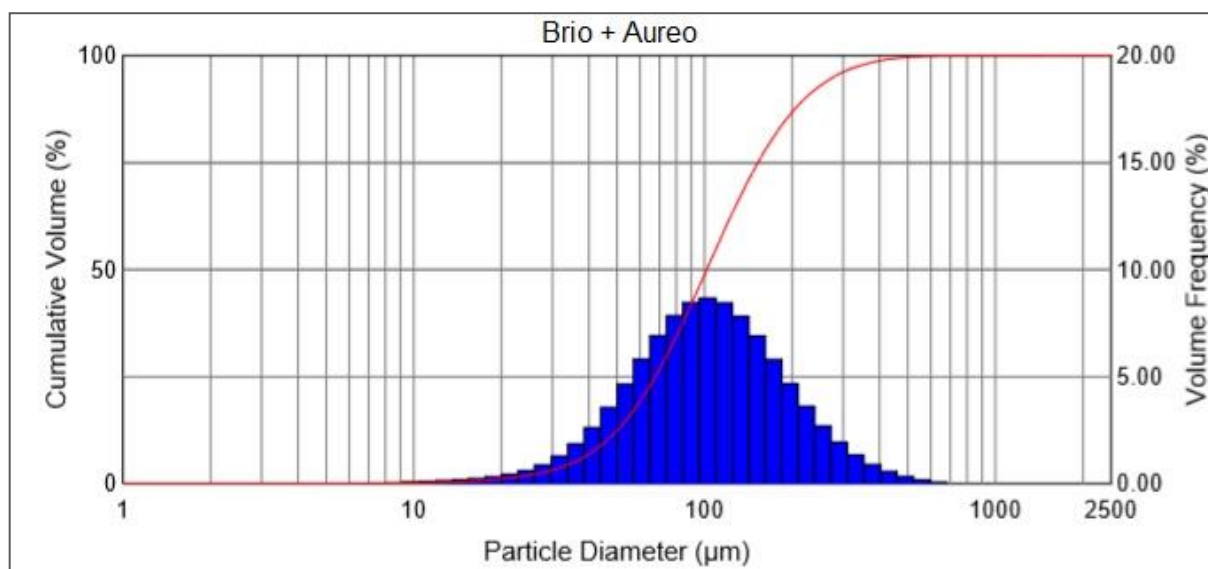


Figura 30: Distribuição de gotas referente à aplicação de Brio + Fighter na concentração de 7,5% + 0,125% (10 L ha<sup>-1</sup>).

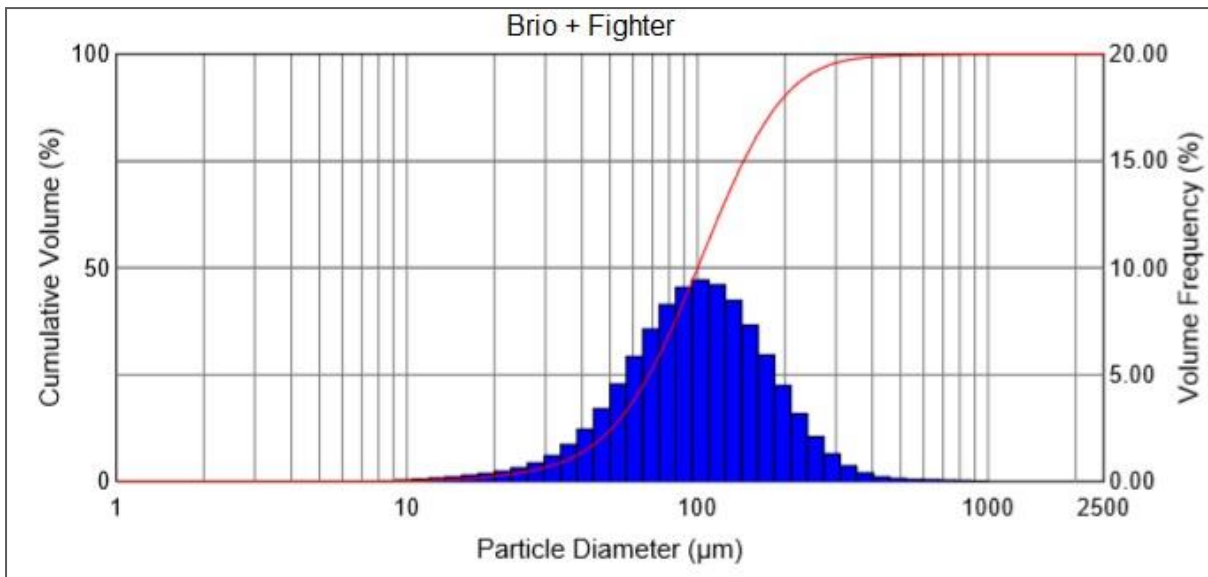


Figura 31: Distribuição de gotas referente à aplicação de Brio + Natur'l Óleo na concentração de 7,5% + 1,0% (10 L ha<sup>-1</sup>).

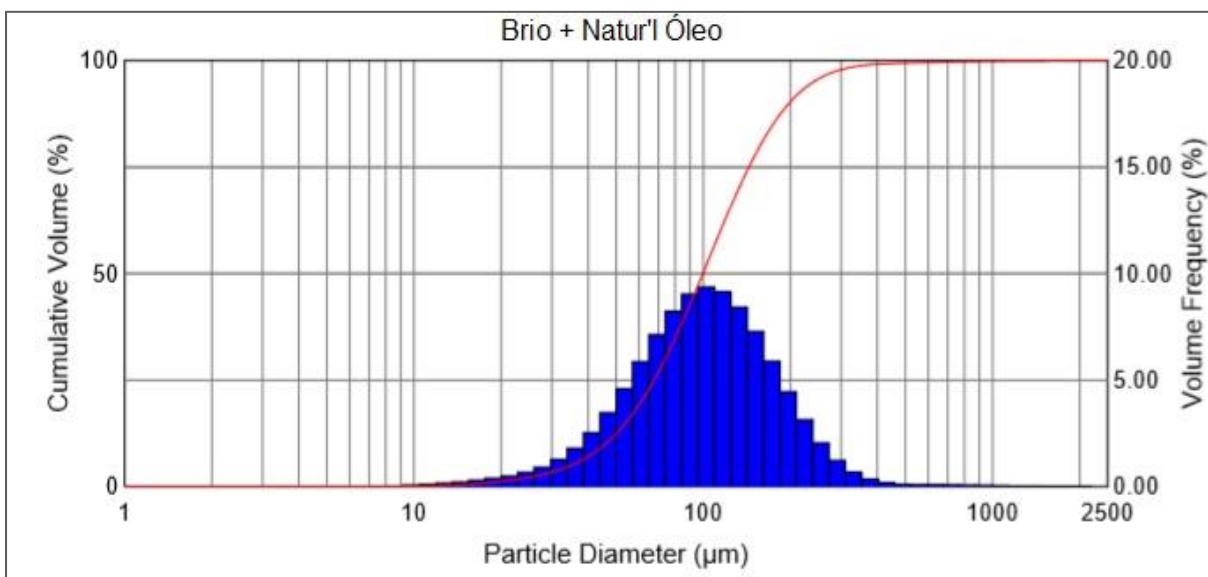


Figura 32: Distribuição de gotas referente à aplicação de Aureo na concentração de 0,25% (10 L ha<sup>-1</sup>).

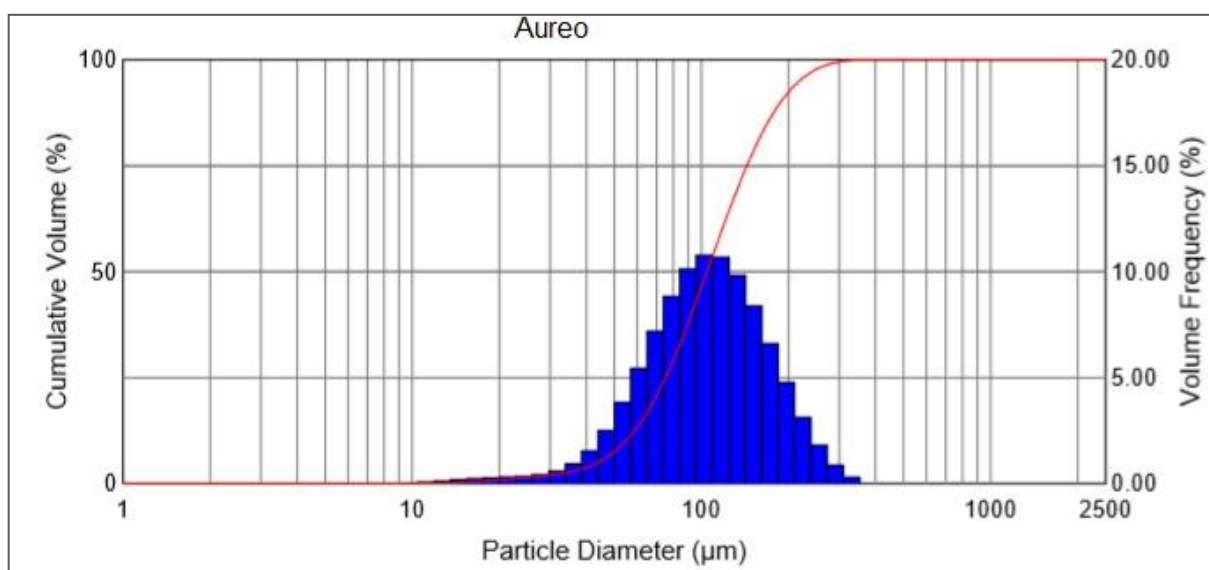


Figura 33: Distribuição de gotas referente à aplicação de Fighter na concentração de 0,125% (10 L ha<sup>-1</sup>).

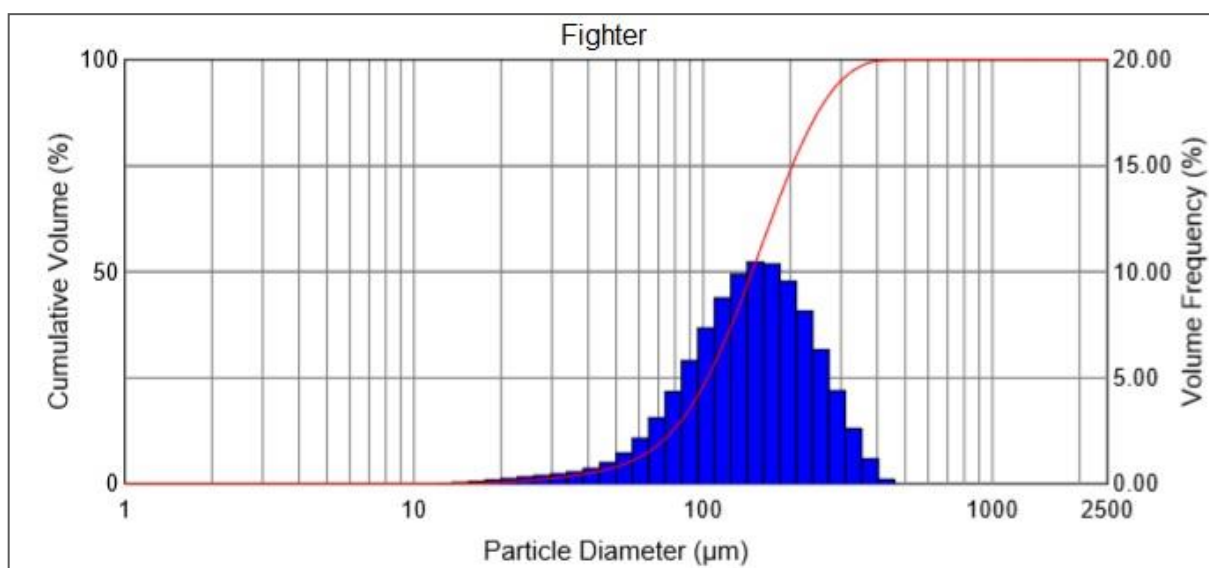
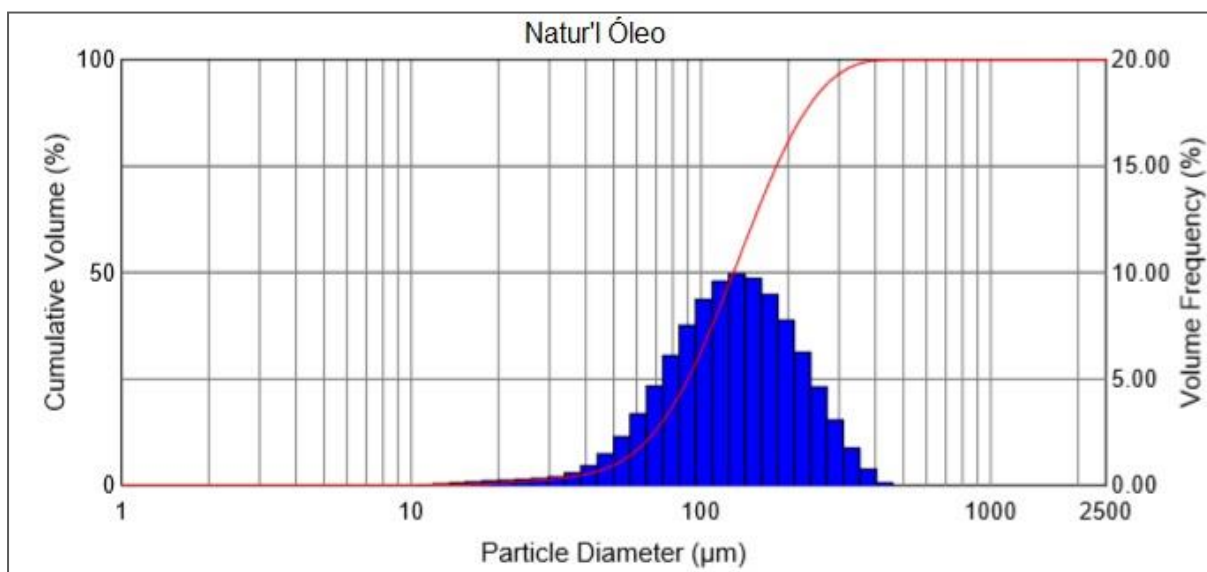


Figura 34: Distribuição de gotas referente à aplicação de Natur'l Óleo na concentração de 1,0% (10 L ha<sup>-1</sup>).



Assim como evidenciado para o volume de 10 L ha<sup>-1</sup>, o estudo da deriva conduzido em condições controladas do ambiente apresenta resultados distintos daqueles obtidos a campo, com as condições operacionais (ponta de pulverização, pressão de trabalho e altura do alvo) semelhantes para o volume de 100 L ha<sup>-1</sup>.

O coeficiente de uniformidade foi semelhante para todos os tratamentos, porém verifica-se que a adição de adjuvantes à calda fungicida influenciou o diâmetro mediano volumétrico das gotas (Tabela 13). Os adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo aumentaram o diâmetro das gotas da calda fungicida, o mesmo ocorreu quando aplicados isoladamente, com efeitos mais significativos sobre esse parâmetro qualitativo da pulverização. Já a adição do adjuvante Aureo provocou o oposto, diminuindo o diâmetro das gotas.

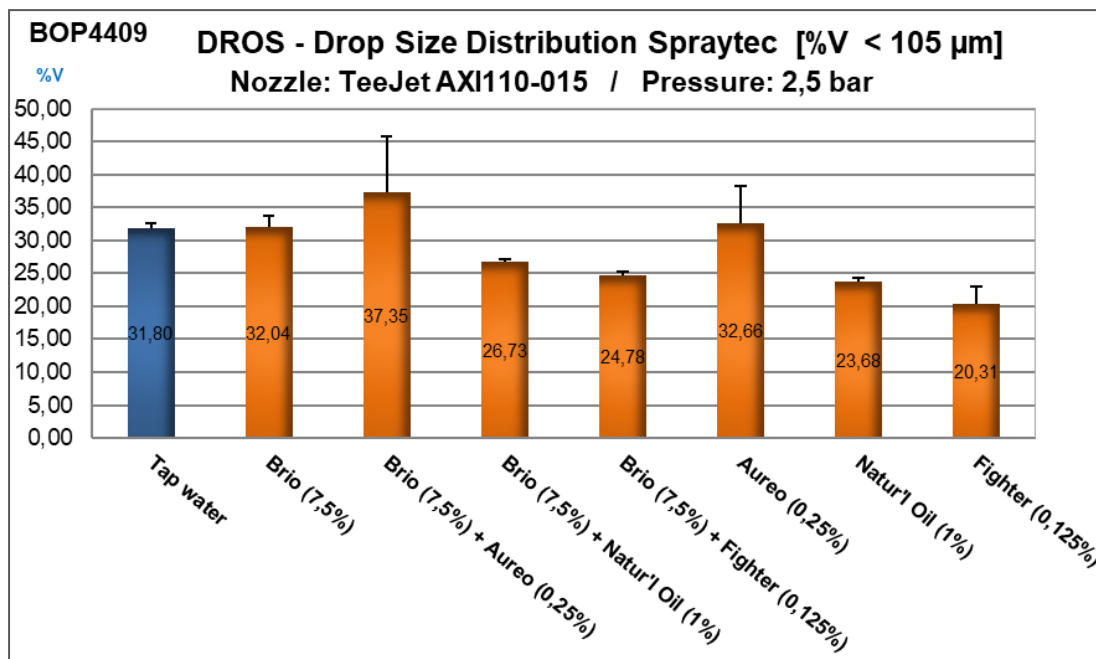
Tabela 13: Diâmetro das gotas e Coeficiente de uniformidade dos tratamentos nas concentrações referente ao volume de aplicação de 100 L ha<sup>-1</sup>, utilizando-se a ponta AXI 110 015 a 250 kPa.

Tratamentos	Concentração (%)	DV <sub>0,1</sub>	DV <sub>0,5</sub>	DV <sub>0,9</sub>	Coef Un
Água	-	71	132	243	1,30
Brio	0,75	71	132	243	1,30
Brio + Aureo	0,75 + 0,25	65	123	231	1,35
Brio + Fighter	0,75 + 0,125	78	149	279	1,35
Brio + Natur'l Óleo	0,75 + 0,25	75	145	275	1,38
Aureo	0,25	72	113	223	1,34
Fighter	0,125	80	166	301	1,33
Natur'l Óleo	0,25	77	156	294	1,39

De maneira mais nítida pode-se verificar a influência negativa do adjuvante Aureo, que proporcionou aumento do volume de gotas propensas a deriva, tanto na aplicação em calda aquosa quanto na calda fungicida, o que o torna um antagonista às boas práticas de aplicação nessas condições operacionais, podendo causar problemas ambientais e na eficiência do tratamento (Figura 35). Por outro lado, os adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo auxiliaram no controle da deriva, reduzindo o número de gotas inferiores a 105 µm (Figura 35).

O efeito negativo da adição do adjuvante Aureo sobre gotas propensas à deriva foi mais pronunciado em comparação aos demais adjuvantes na pressão de trabalho de 250 kPa (Figura 35). Ao dobrar a pressão de trabalho (560 kPa) e utilizando de outra ponta de pulverização o efeito negativo do adjuvante Aureo sobre as gotas propensas à deriva não foi facilmente evidenciado quando adicionado ao fungicida Brio, quando comparado aos demais adjuvantes (Figura 26).

Figura 35: Porcentagem de volume de gotas com diâmetro menor que 105  $\mu\text{m}$  nas concentrações referentes ao volume de aplicação de 100 L  $\text{ha}^{-1}$ , utilizando-se a ponta AXI 110 015 a 250 kPa.



O percentual do volume acumulado das gotas com diferentes diâmetros para os tratamentos com 100 L  $\text{ha}^{-1}$  pode ser evidenciado nas Figuras 36 a 43.

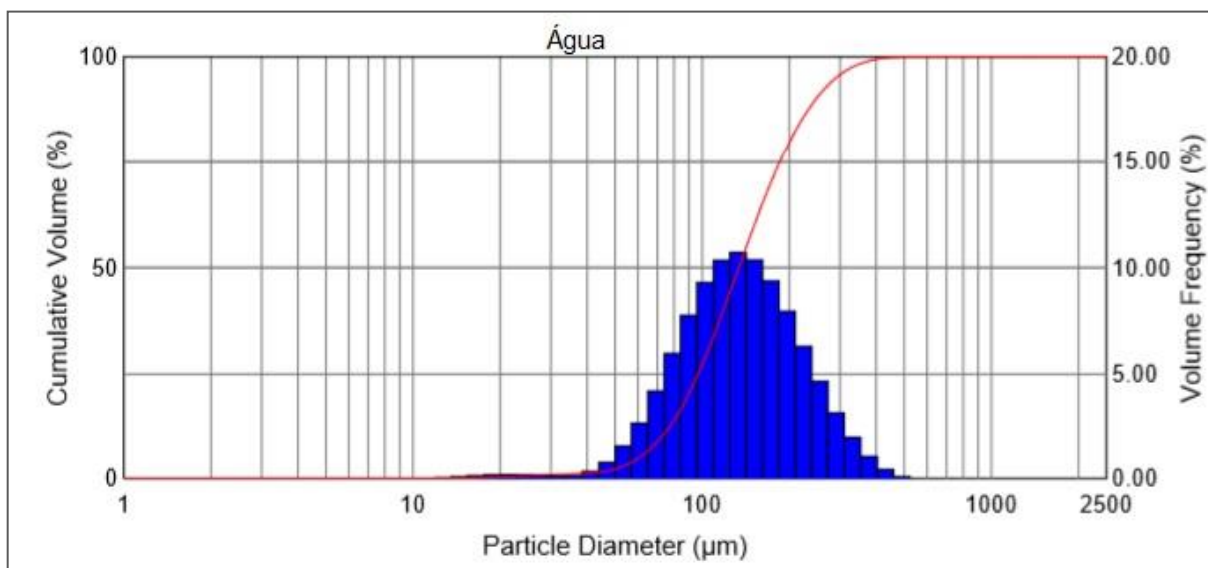
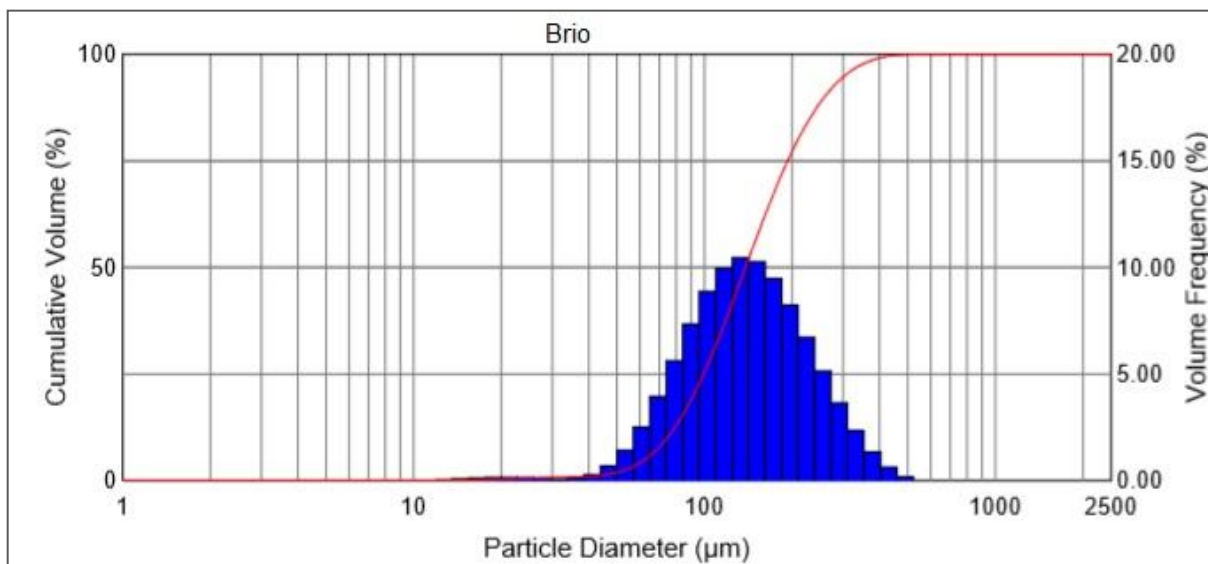
Figura 36: Distribuição de gotas referente à aplicação de água (100 L ha<sup>-1</sup>).Figura 37: Distribuição de gotas referente à aplicação de Brio na concentração de 0,75% (100 L ha<sup>-1</sup>).

Figura 38: Distribuição de gotas referente à aplicação de Brio + Aureo na concentração de 0,75% + 0,25% (100 L ha<sup>-1</sup>).

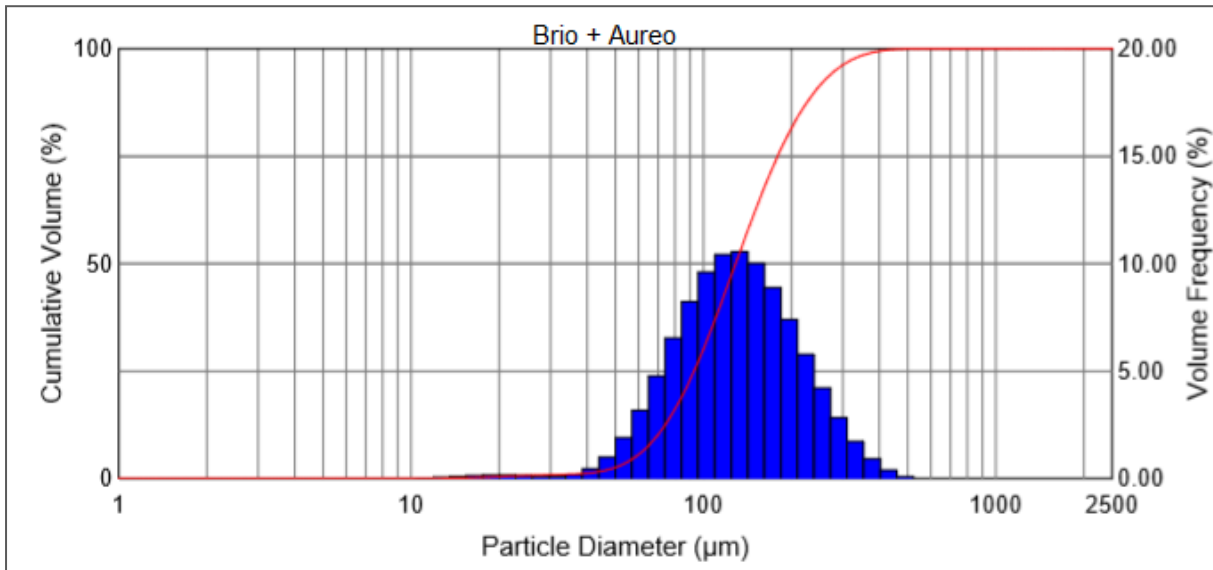


Figura 39: Distribuição de gotas referente à aplicação de Brio + Fighter na concentração de 0,75% + 0,125% (100 L ha<sup>-1</sup>).

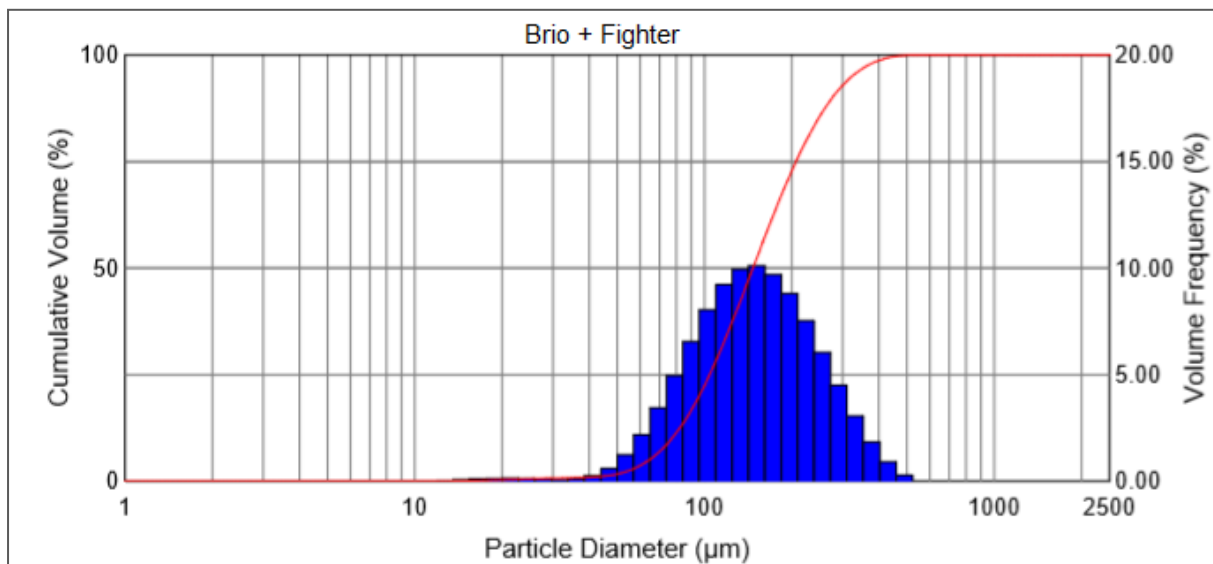


Figura 40: Distribuição de gotas referente à aplicação de Brio + Natur'l Óleo na concentração de 0,75% + 0,25% (100 L ha<sup>-1</sup>).

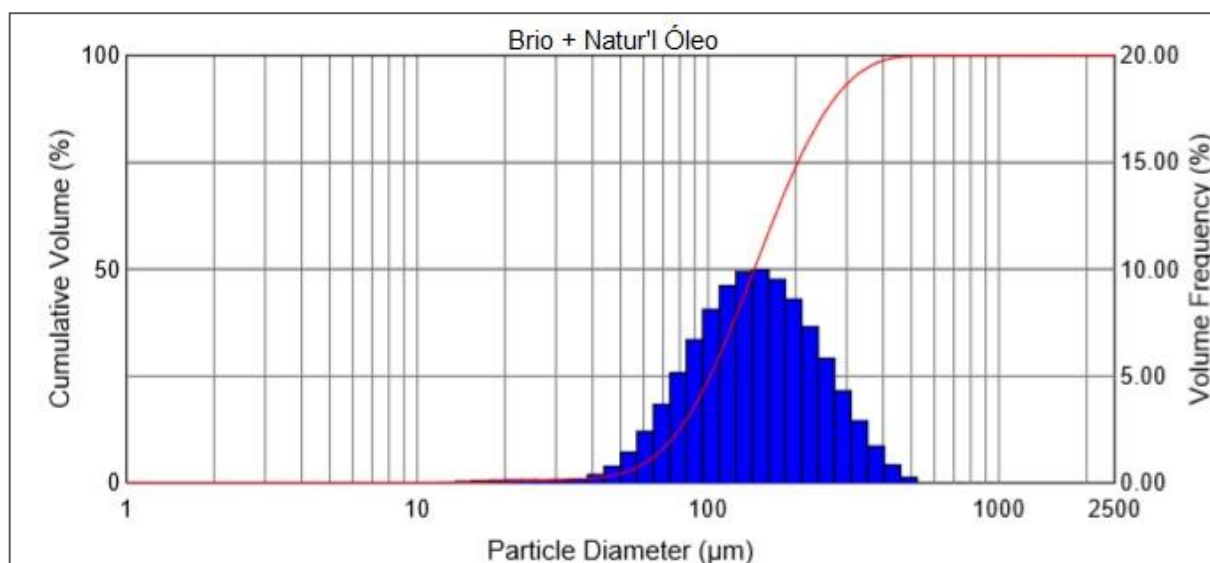


Figura 41: Distribuição de gotas referente à aplicação de Aureo na concentração de 0,25% (100 L ha<sup>-1</sup>).

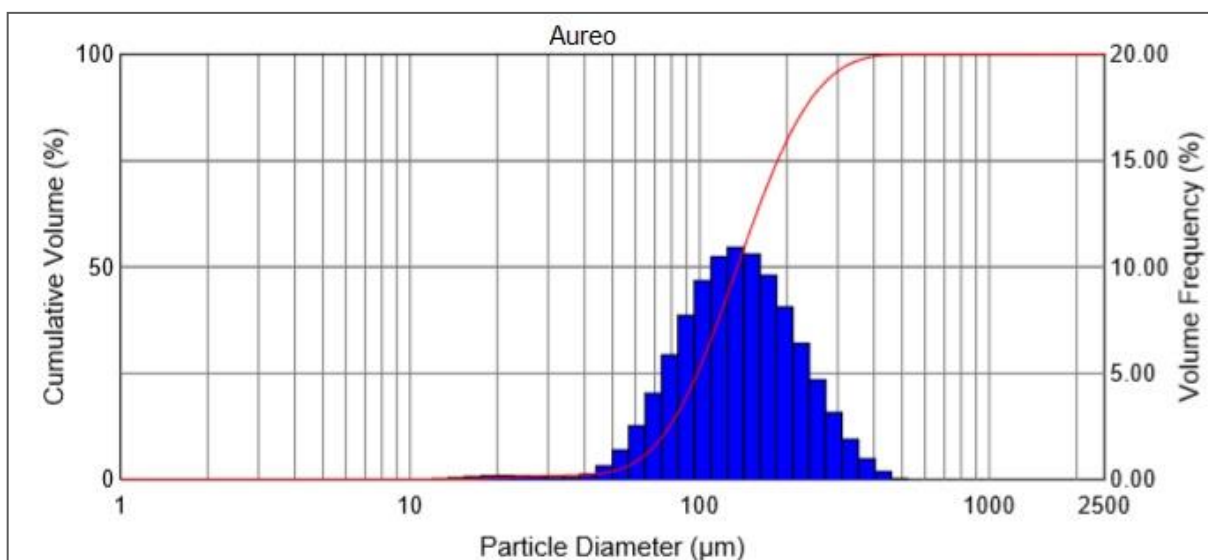


Figura 42: Distribuição de gotas referente à aplicação de Fighter na concentração de 0,125% (100 L ha<sup>-1</sup>).

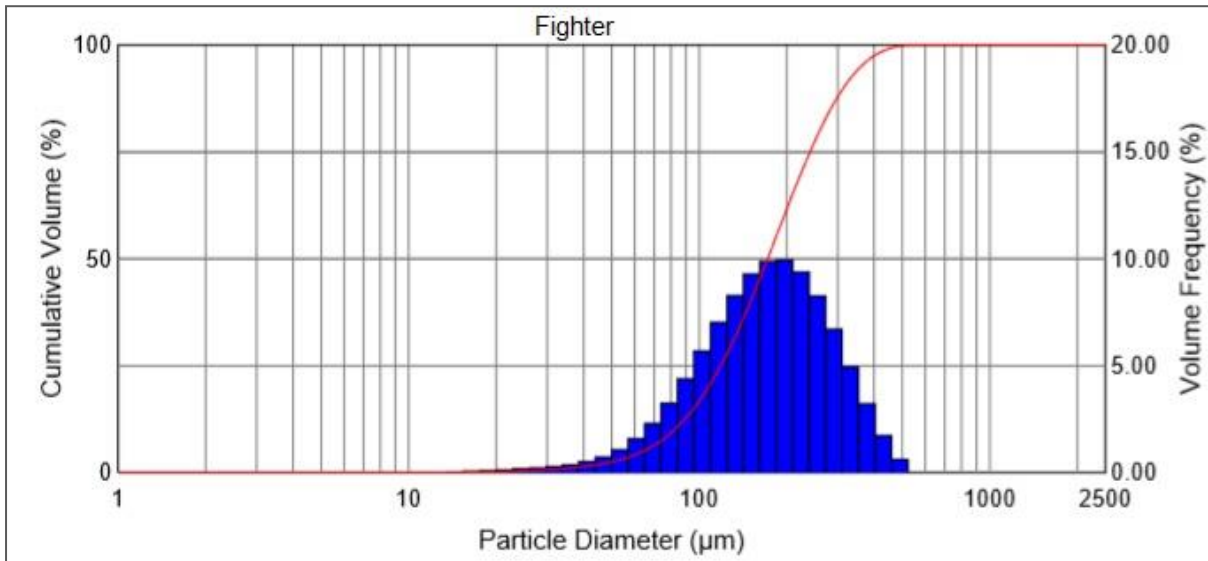
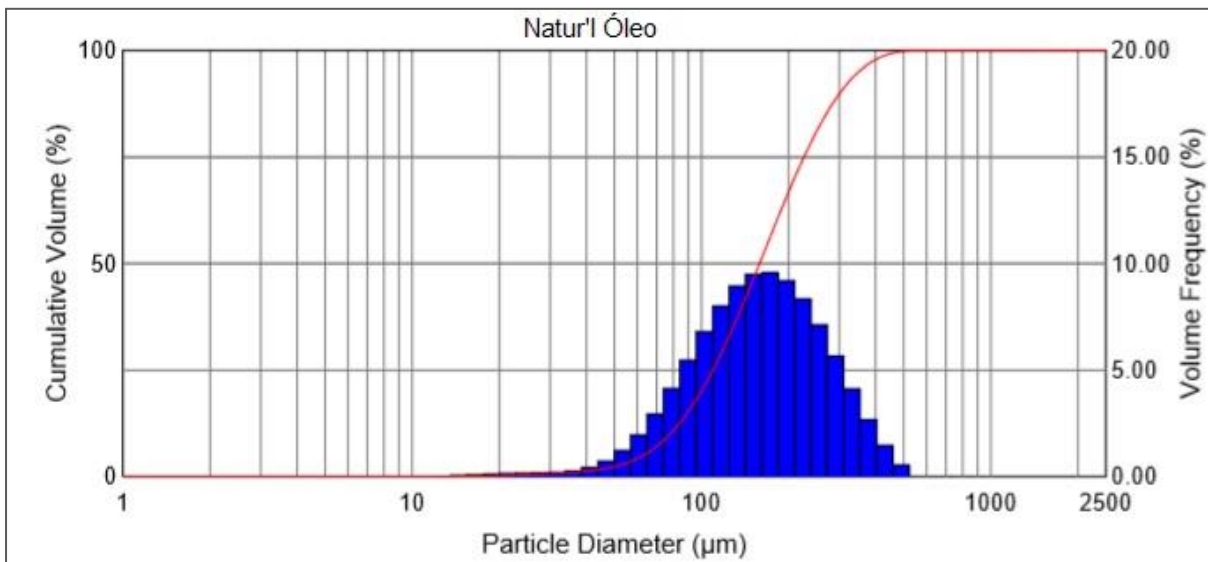


Figura 43: Distribuição de gotas referente à aplicação de Natur'l Óleo na concentração de 0,25% (100 L ha<sup>-1</sup>).



No que se refere ao volume de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>, que é padrão da pulverização de fungicida na cultura do arroz irrigado na Região do Vale do Paraíba, SP, evidencia-se assim como observado nas Tabelas 12 e 13, que parte dos resultados obtidos são distintos daqueles obtidos no experimento a campo, porém verifica-se que o diâmetro das gotas foi maior em comparação com 10 e 100 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 14), o que também ocorreu no estudo desenvolvido no Vale do Paraíba, SP.

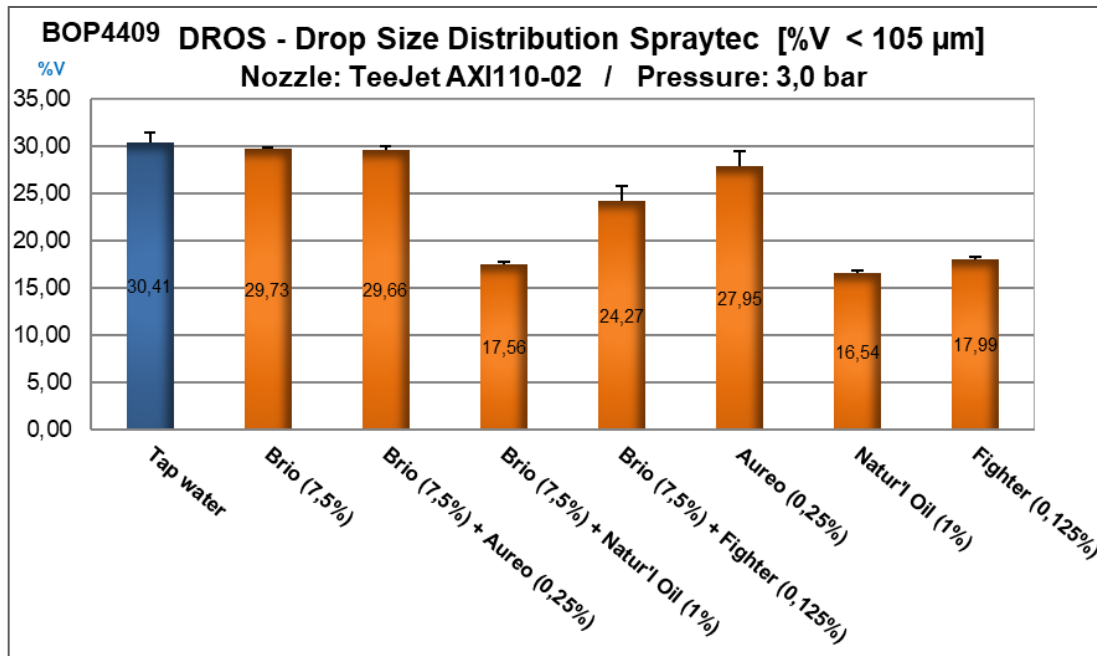
Oliveira et al. (2015), avaliando as características dos adjuvantes na redução do potencial de deriva, concluíram que o diâmetro mediano volumétrico das gotas, a porcentagem de gotas menores que 100 µm e a viscosidade têm grande influência no potencial risco de deriva.

Os resultados evidenciam que os adjuvantes Fighter e o Natur'l Óleo aumentaram os valores de DV<sub>0,1</sub>, DV<sub>0,5</sub> e DV<sub>0,9</sub> da solução fungicida (Tabela 14), assim como reduziram o volume de gotas sujeitas à deriva (Figura 44).

Tabela 14: Diâmetro das gotas e Coeficiente de uniformidade dos tratamentos nas concentrações referentes ao volume de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>, utilizando-se a ponta AXI 110 02 a 300 kPa.

Tratamentos	Concentração (%)	DV10	DMV	DV90	Coef Un
Água	-	69	140	286	1,55
Brio	0,375	71	140	278	1,48
Brio + Aureo	0,375 + 0,25	71	140	278	1,48
Brio + Fighter	0,375 + 0,125	76	155	306	1,48
Brio + Natur'l Óleo	0,375 + 0,25	84	183	349	1,45
Aureo	0,25	74	143	279	1,43
Fighter	0,125	84	179	342	1,44
Natur'l Óleo	0,25	86	187	352	1,42

Figura 44: Porcentagem do volume de gotas menor que 105 µm referentes ao volume de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>, utilizando-se a ponta AXI 110 02 a 300 kPa.



A Figura 44 mostra que mesmo com uma ponta com o dobro da vazão e do volume aplicado (200 L ha<sup>-1</sup>) o adjuvante Aureo quando adicionado ao fungicida Brio proporcionou maior porcentagem de gotas propensas à deriva (29,66%). Dessa maneira, pelas observações e registros nesse capítulo, pode-se afirmar que os adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo constituem opções interessantes para a redução da deriva em aplicações terrestres com taxas de 100 e 200 L ha<sup>-1</sup> na cultura do arroz irrigado.

Importante salientar que a mudança na tecnologia de aplicação pode alterar os valores dos parâmetros qualitativos da pulverização. Os adjuvantes associados ao fungicida Brio que promoveram menores níveis de deriva com aplicações terrestres de 100 e 200 L ha<sup>-1</sup> podem ter o desempenho alterado nas aplicações aéreas com volumes menores e outras técnicas de pulverização. Berna

(2017) constatou alterações nos parâmetros qualitativos da pulverização com óleo vegetal em aplicação aérea com bicos CP com incremento no potencial risco de deriva.

Analisando o coeficiente de uniformidade verifica-se que a espectro das gotas foi muito variável para o menor volume de aplicação ( $10 \text{ L ha}^{-1}$ ), com a maior concentração do fungicida Brio (7,5%) associado ou não aos adjuvantes (Tabela 12). Nas aplicações terrestres o aumento da vazão e pressão também contribuiu para a redução da homogeneidade do espectro das gotas de pulverização, com valores de coeficiente de uniformidade maiores (Tabelas 13 e 14).

A caracterização do espectro das gotas e do diâmetro mediano volumétrico são indicadores importantes para inferir sobre o risco potencial de deriva sob condição controlada do ambiente, porém quando interagem com as variações climáticas e o alvo biológico esse efeito pode ser otimizado.

O percentual do volume acumulado das gotas com diferentes diâmetros para os tratamentos com  $200 \text{ L ha}^{-1}$  pode ser evidenciado nas Figuras 45 a 52.

Figura 45: Distribuição de gotas referente à aplicação de água ( $200 \text{ L ha}^{-1}$ ).

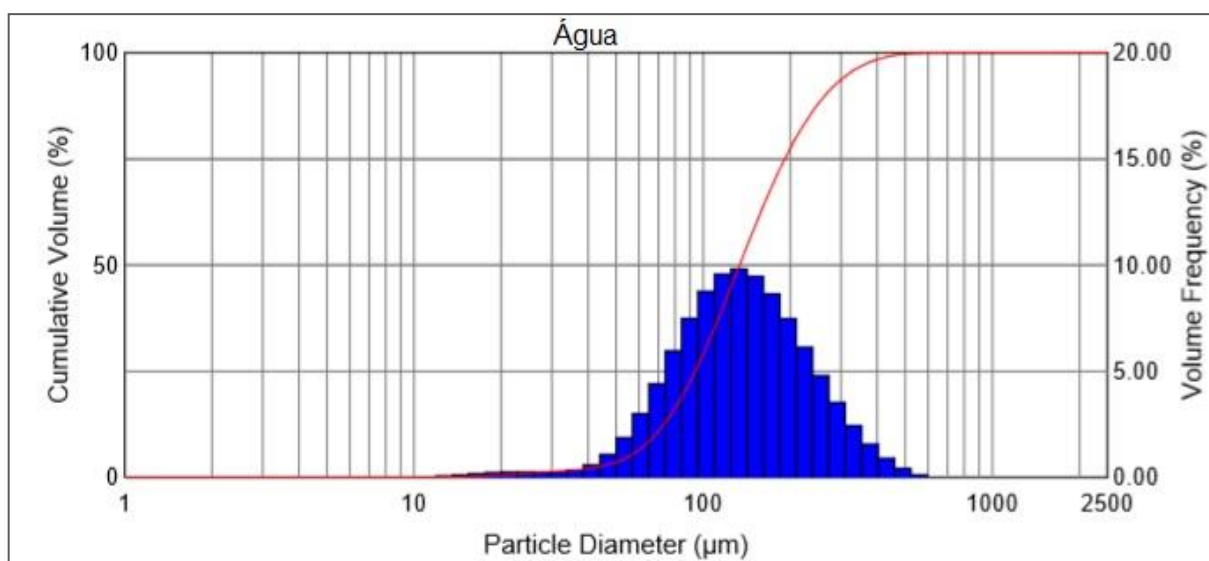


Figura 46: Distribuição de gotas referente à aplicação de Brio na concentração de 0,375% (200 L ha<sup>-1</sup>).

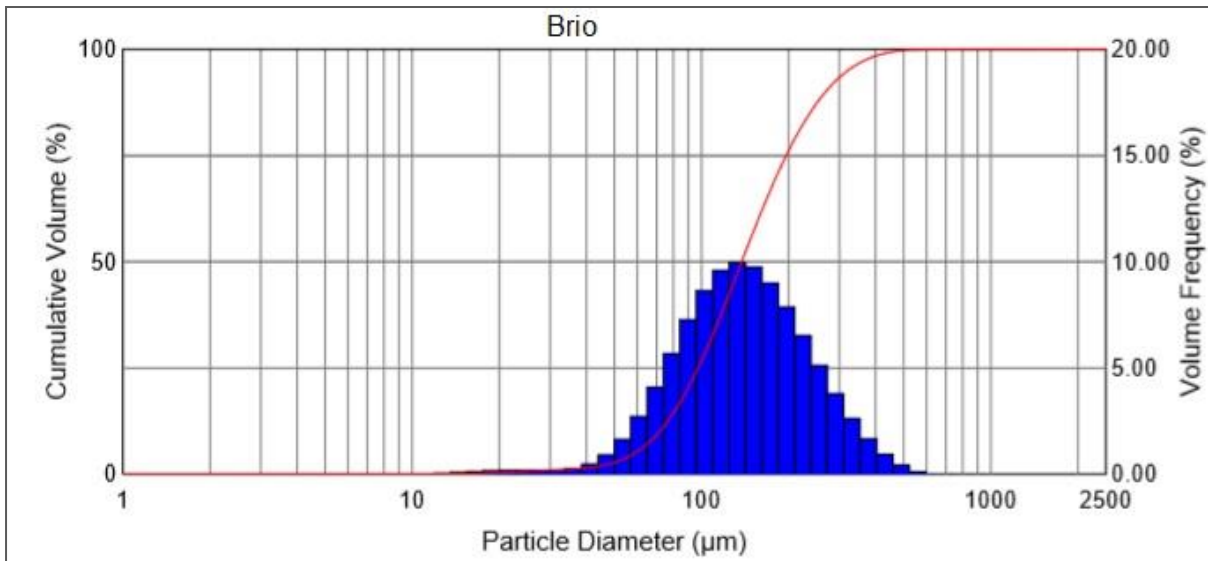


Figura 47: Distribuição de gotas referente à aplicação de Brio + Aureo na concentração de 0,375% + 0,25% (200 L ha<sup>-1</sup>).

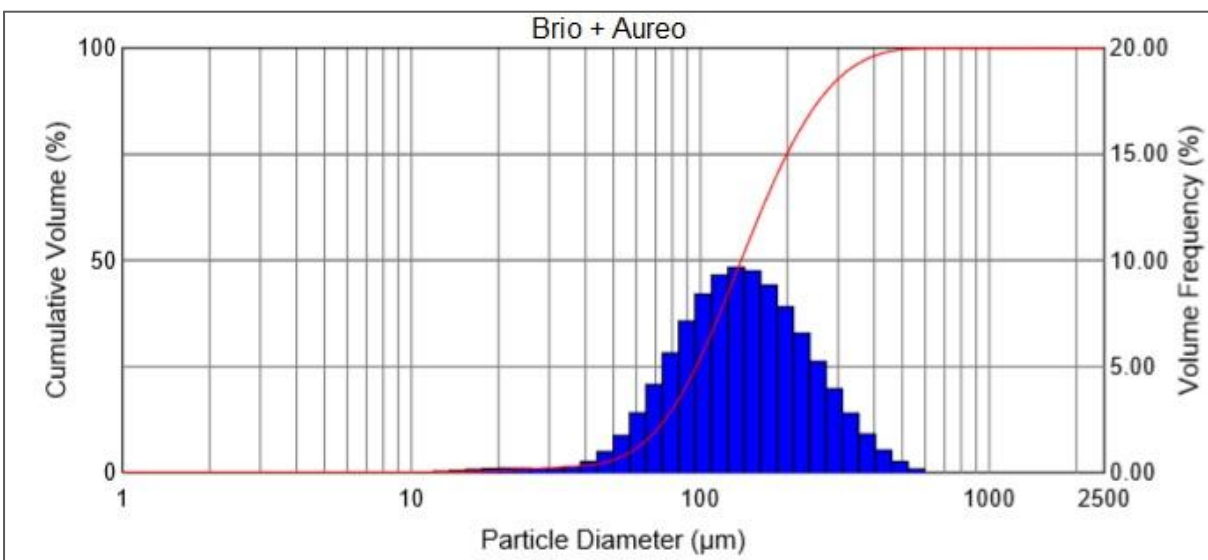


Figura 48: Distribuição de gotas referente à aplicação de Brio + Fighter na concentração de 0,375% + 0,125% (200 L ha<sup>-1</sup>).

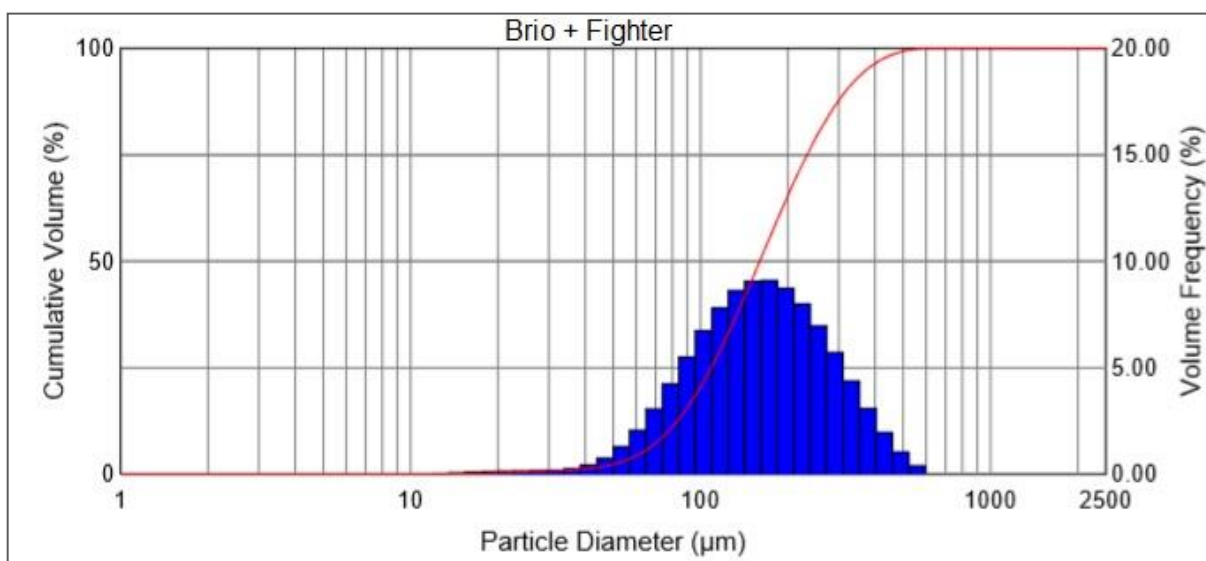


Figura 49: Distribuição de gotas referente à aplicação de Brio + Natur'l Óleo na concentração de 0,375% + 0,25% (200 L ha<sup>-1</sup>).

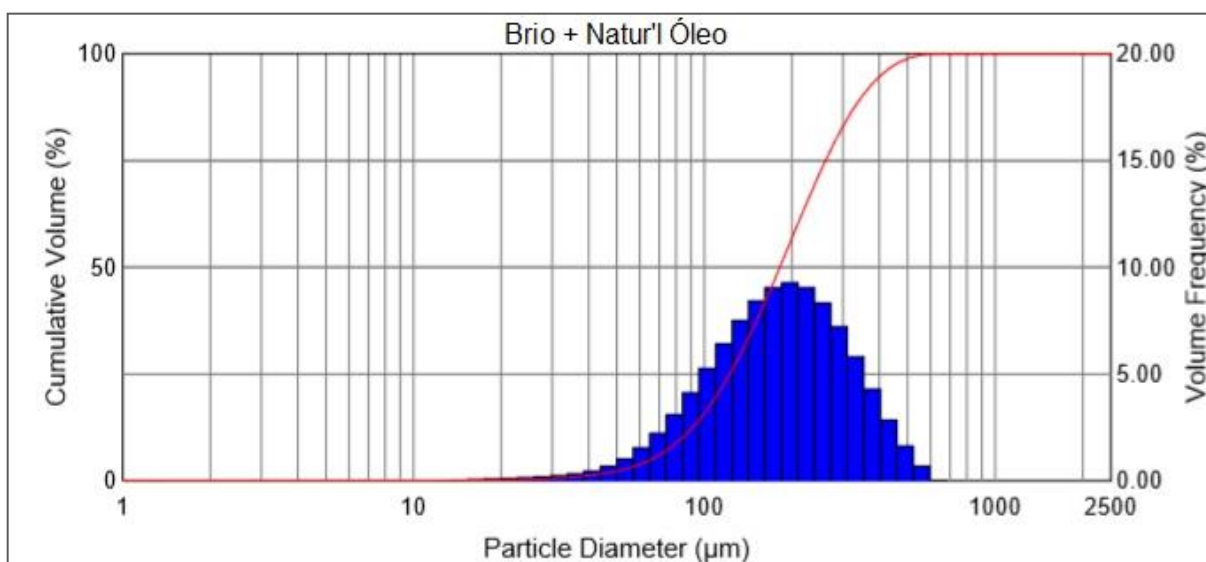


Figura 50: Distribuição de gotas referente à aplicação de Aureo na concentração de 0,25% (200 L ha<sup>-1</sup>).

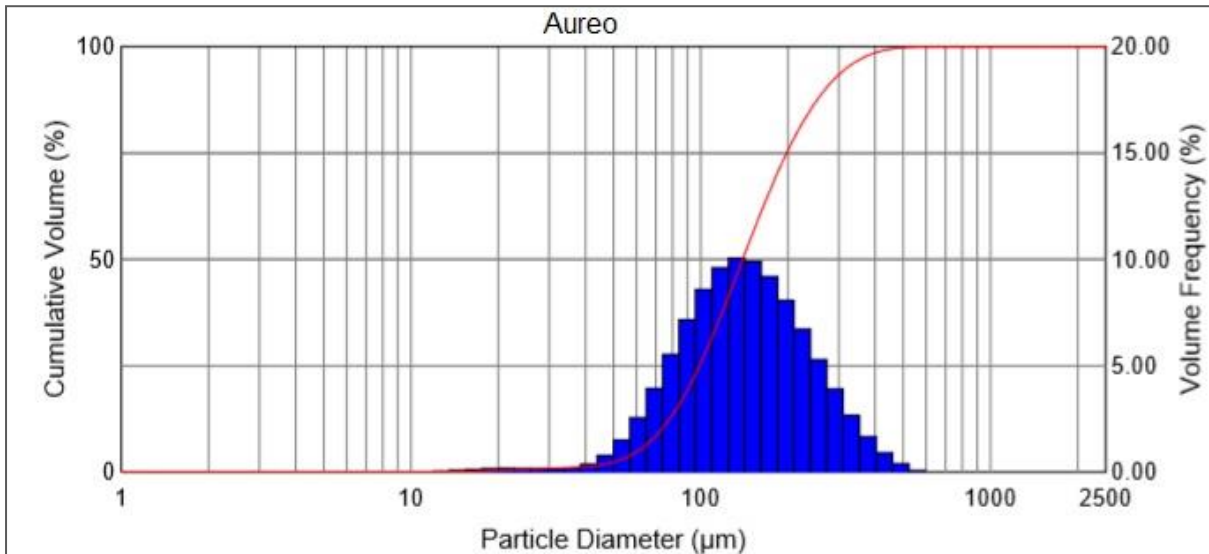


Figura 51: Distribuição de gotas referente à aplicação de Fighter na concentração de 0,125% (200 L ha<sup>-1</sup>).

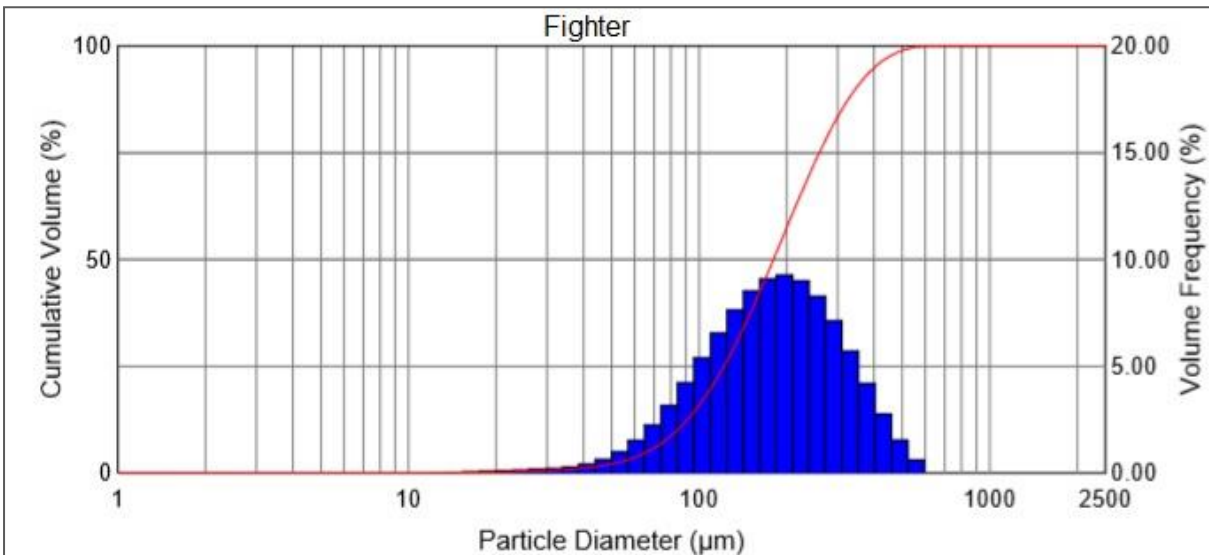
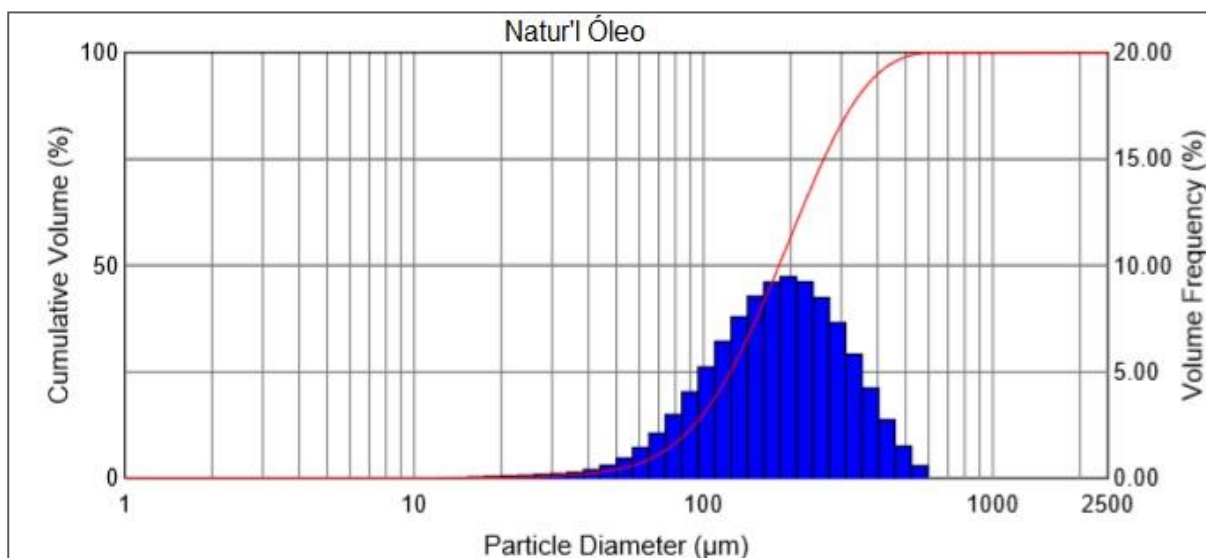


Figura 52: Distribuição de gotas referente à aplicação de Natur'l Óleo na concentração de 0,25% (200 L ha<sup>-1</sup>).



### 2.3.3 Tensão superficial dinâmica

A Figura 53 correlaciona os valores de tensão superficial dinâmica (TSD) das soluções com o tempo, evidenciando que a água, o fungicida e os adjuvantes têm tensão superficial dinâmica distinta.

Os dois tipos de água, “Tap Water” e “Latam Water”, que correspondem à água europeia (maior dureza) e água latino-americana, respectivamente, apresentam a mesma TSD, sem alterações durante o teste.

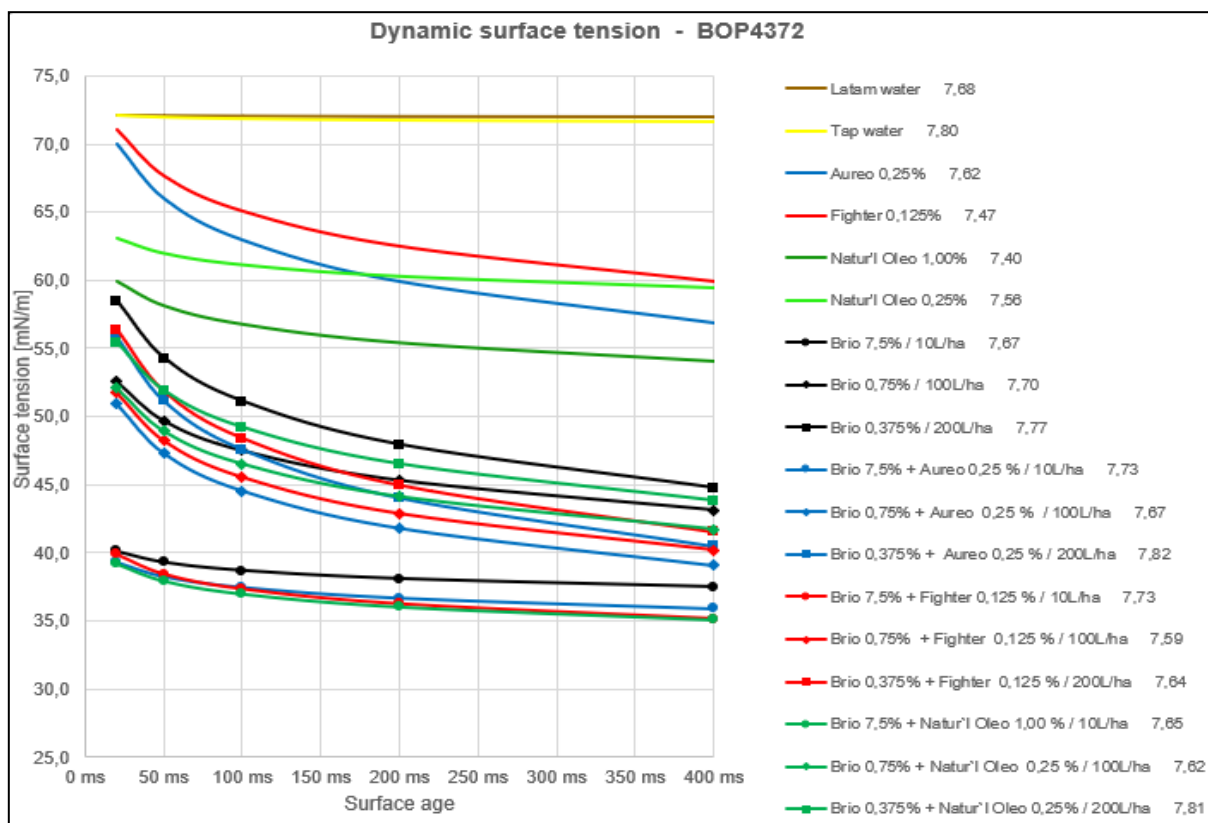
Dentre os tratamentos representados pela água em mistura com os adjuvantes, verifica-se que o Natur'l Óleo na recomendação para a aplicação aérea (1,00%) é o que apresenta menor TSD da solução. O segundo menor valor de TSD entre os adjuvantes pode ser observado com o mesmo produto para a aplicação terrestre (0,25%) até aproximadamente 200 milissegundos. A partir deste volume o

adjuvante Aureo passa a ter o menor valor de TSD até o final da curva. Já o adjuvante Fighter tem o menor efeito de redução da TSD entre os adjuvantes em estudo (Figura 53).

Na avaliação da influência do fungicida Brio nesta propriedade físico-química, verifica-se que o fungicida tem ação redutora da TSD, sendo inversamente proporcional ao aumento da concentração do fungicida. A adição dos adjuvantes à calda fungicida reduziu ainda mais a TSD, porém salienta-se que o Brio é o único desses produtos com alta eficiência na redução da TSD, evidenciando uma relação diretamente proporcional entre o aumento da concentração e a redução da TSD.

As Figuras 54, 55 e 56 exibem as curvas de TSD dos tratamentos em três diferentes volumes de aplicação, 10, 100 e 200 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Pode-se verificar que quanto maior a concentração do produto Brio, menor é a TSD das soluções, desta maneira as menores tensões superficiais foram apontadas na Figura 54, relacionada à aplicação no volume de 10 L ha<sup>-1</sup>. Os valores de TSD das soluções contendo água, fungicida e adjuvantes, em ambas concentrações, são semelhantes entre si, com destaque para Fighter e Natur'l Óleo para as concentrações referentes a taxa de aplicação de 10 L ha<sup>-1</sup> e Aureo para as concentrações de 100 e 200 L ha<sup>-1</sup>.

Figura 53: Tensão superficial dinâmica (TSD) e pH da água, soluções aquosas em presença de adjuvantes e de adjuvantes associados ao fungicida Brio em tensiômetro marca Krüss.



Maiores detalhes dos valores de TSD somente com o fungicida Brio nas diferentes concentrações, bem como quando associado a cada adjuvante em estudo podem ser visualizados nas Figuras 57 a 60.

Figura 54: Tensão superficial dinâmica dos tratamentos nas concentrações referentes a aplicação no volume de 10 L ha<sup>-1</sup>.

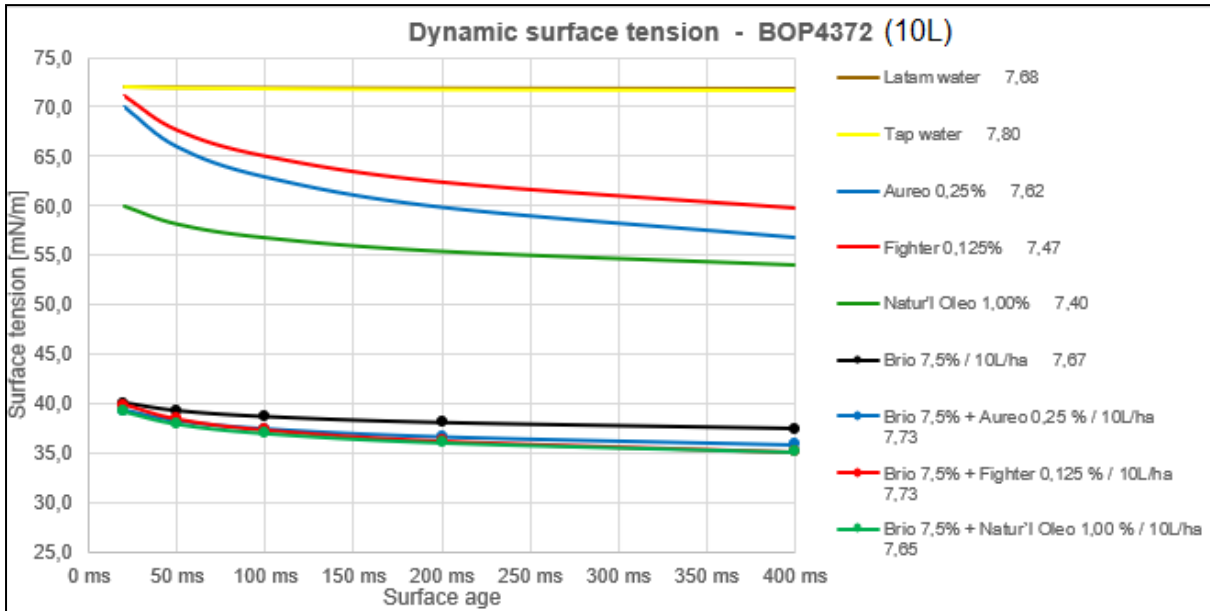


Figura 55: Tensão superficial dinâmica dos tratamentos nas concentrações referentes a aplicação no volume de 100 L ha<sup>-1</sup>.

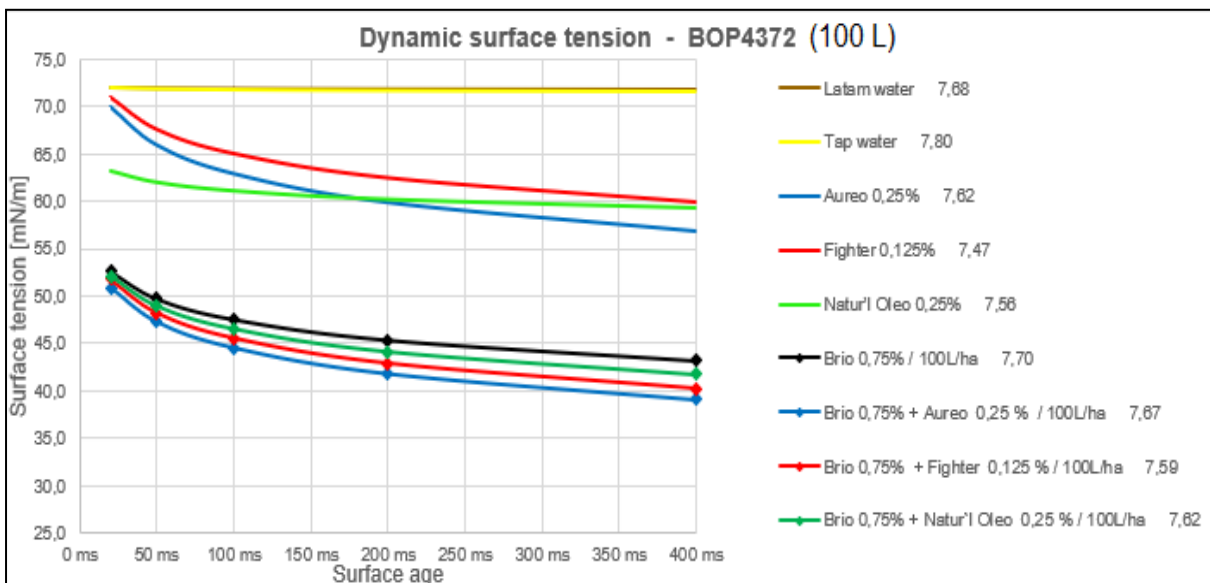
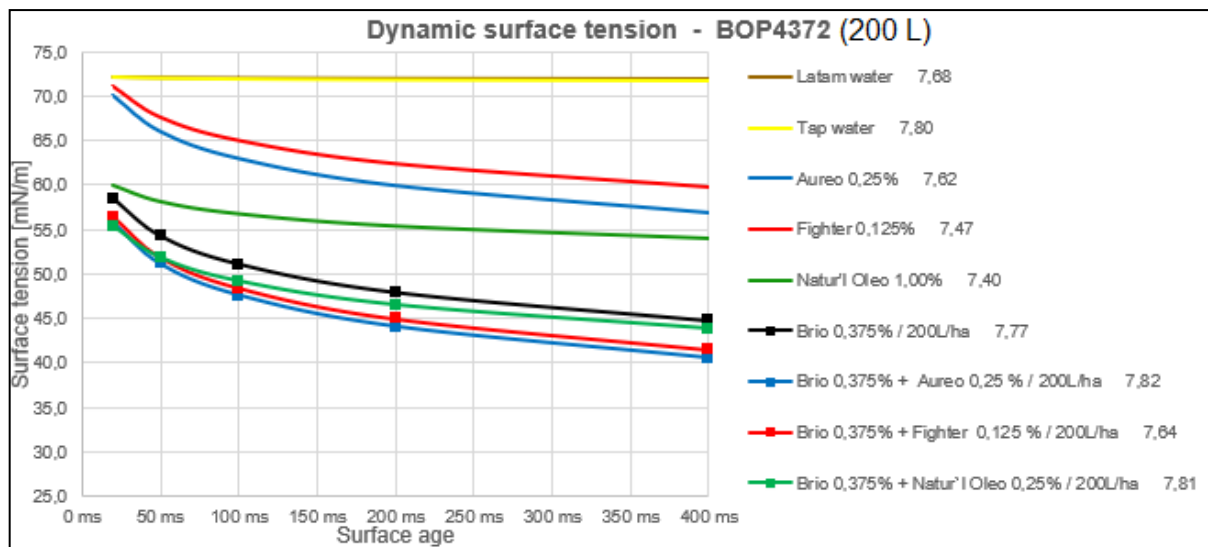


Figura 56: Tensão superficial dinâmica dos tratamentos nas concentrações referentes a aplicação no volume de 200 L ha<sup>-1</sup>.



As Figuras 54, 55 e 56 apresentam dados das curvas de tensão superficial dinâmica dos tratamentos em 3 diferentes volumes de aplicação. Através da análise destes gráficos verifica-se que quanto maior a concentração do produto Brio, menor é a tensão superficial das soluções, dessa maneira as menores tensões superficiais foram apontadas na figura 54, relacionada à aplicação no volume de 10 L ha<sup>-1</sup>. Podemos também afirmar que a adição de adjuvantes na calda fungicida diminui ainda mais os valores referentes à tensão superficial dinâmica. Os valores da solução composta por água + fungicida + adjuvantes, nas 3 concentrações avaliadas, são semelhantes entre si, com leve destaque para Fighter e Natur'l Óleo para as concentrações referentes a taxa de aplicação de 10 L ha<sup>-1</sup> e Aureo para as concentrações de 100 e 200 L ha<sup>-1</sup>.

Figura 57: Tensão superficial dinâmica das soluções contendo o fungicida Brio isolado.

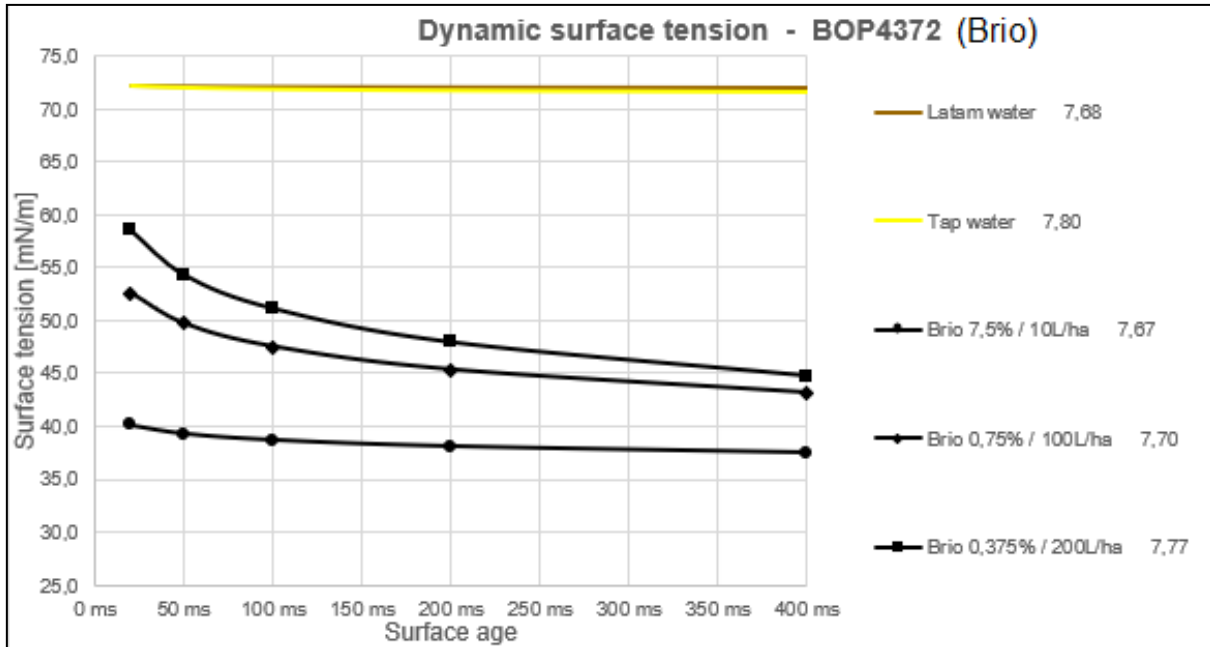


Figura 58: Tensão superficial dinâmica das soluções contendo o fungicida Brio e o adjuvante Aureo isolados e em mistura.

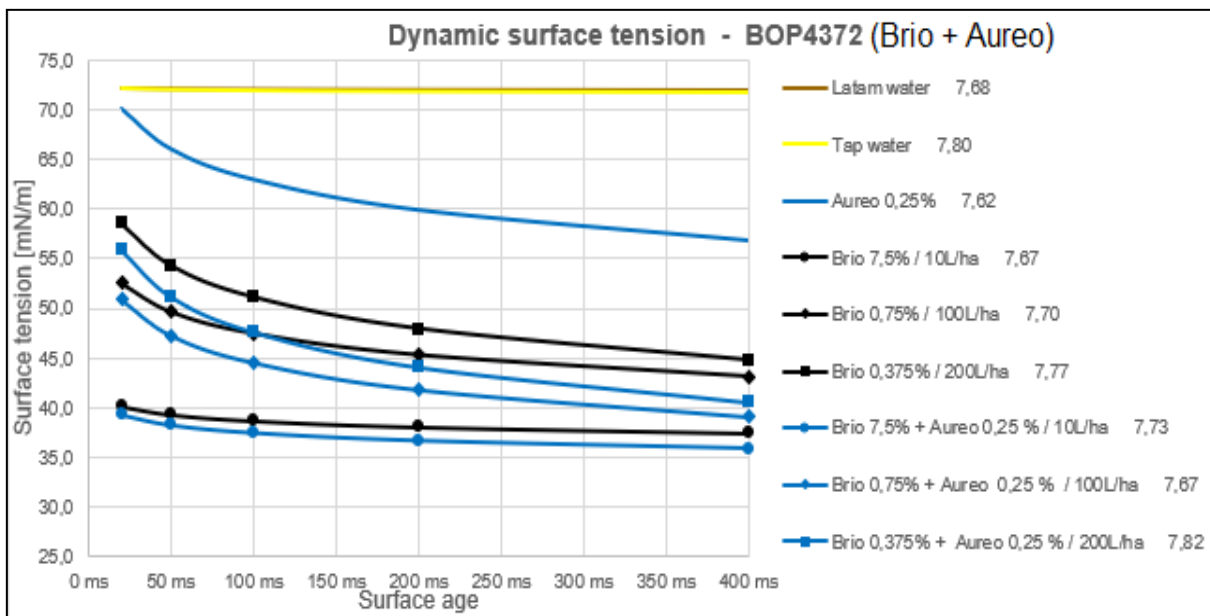


Figura 59: Tensão superficial dinâmica das soluções contendo o fungicida Brio e o adjuvante Fighter isolados e em mistura.

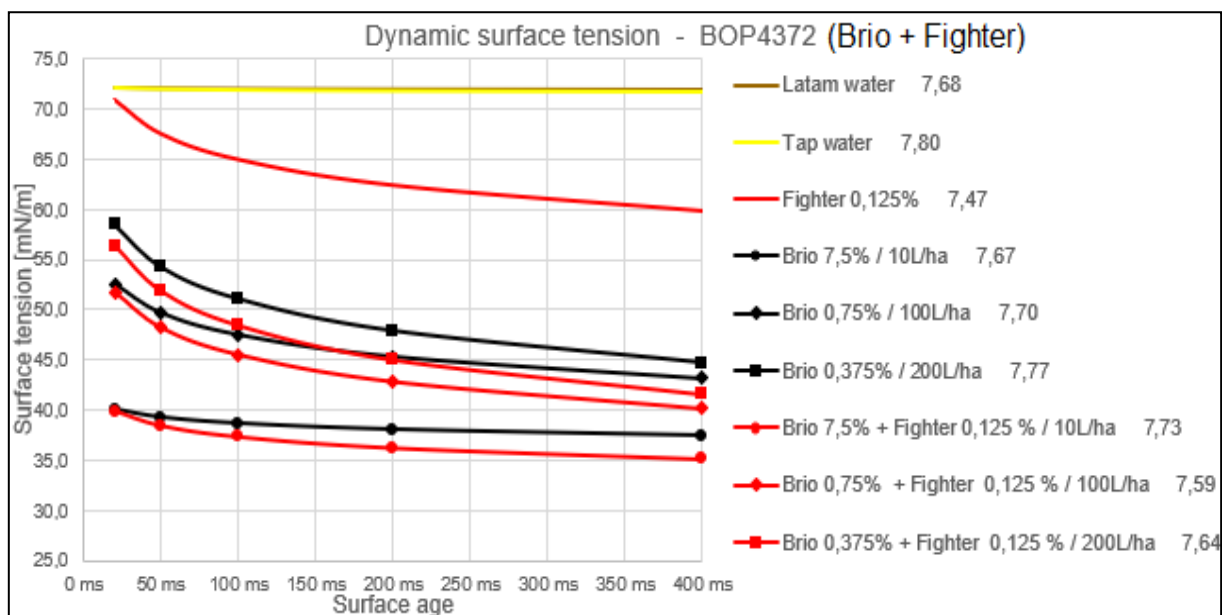
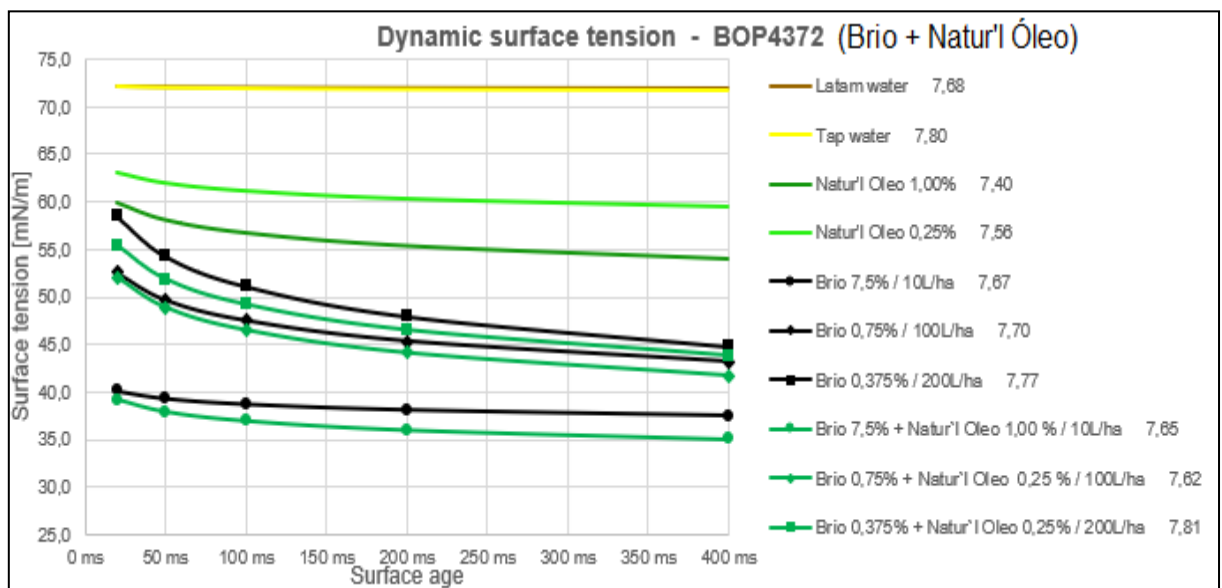


Figura 60: Tensão superficial dinâmica das soluções contendo o fungicida Brio e o adjuvante Natur'l Óleo isolados e em mistura.



A maior concentração do fungicida Brio foi suficiente para reduzir a TSD das soluções para níveis inferiores a  $40 \text{ mN m}^{-1}$  (Figura 57). Na concentração de 7,50% os resultados são praticamente constantes entre 100 e 400 ms. Considerando o intervalo de tempo entre 100 e 200 ms, que é o tempo médio de duração do trajeto da gota da ponta de aplicação até a superfície foliar, o resultado é semelhante. O mesmo não ocorre nas concentrações de 0,375% e 0,75%, onde os resultados são decrescentes durante toda a curva (Figura 57).

A adição de adjuvantes à solução fungicida permite a redução da TSD (Figuras 58 a 60). A adição dos adjuvantes Aureo e Fighter na solução com menor concentração do fungicida Brio ( $200 \text{ L ha}^{-1}$ ) exibiu TSD inferior à solução de maior concentração do fungicida Brio isolado para a aplicação terrestre com  $100 \text{ L ha}^{-1}$ . Estes resultados demonstram a possibilidade da aplicação na taxa de  $100 \text{ L ha}^{-1}$ , com a adição de adjuvantes, obter resultados semelhantes ao observado com o volume de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ , porém há outros fatores intrínsecos ao alvo biológico, como a mobilidade na superfície que devem ser considerados na eficiência da pulverização com a redução do volume de calda. Calore et al. (2014) constataram que menor tensão superficial pode resultar em maior fator de espalhamento das gotas, e, portanto, possibilitar a redução do volume de pulverização.

#### **2.3.4 Ângulo de Contato**

Os resultados obtidos do ângulo de contato entre o líquido e a superfície comprovam a hidrofobicidade da folha de arroz, que devido à sua morfologia, principalmente à cutícula lipofílica e à alta concentração de silício, é classificada como pouco molhável (Tabela 15). A pequena variação do ângulo de contato entre a água

e a superfície adaxial da folha de arroz, bem como o ângulo obtuso formado entre o líquido e superfície, caracterizando pouca interação entre líquido e superfície e menor molhabilidade do vegetal são ilustrados nas Figuras 61 e 62.

Zhu et al. (2013), utilizando 4 variedades de arroz em 3 estádios fenológicos distintos, concluíram que o ângulo de contato de líquidos com a folha de arroz aumenta com o desenvolvimento da cultura, aumentando o escoamento dos produtos e do orvalho. Esse fenômeno auxilia no espalhamento do fungicida na folha bandeira do arroz, mas propicia também a dispersão de esporos de fungos para a base da panícula, o que pode ser grave no caso da *Pyricularia grisea*.

O ângulo de contato da gota contendo somente o fungicida Brio, nas três concentrações, com a superfície da folha de arroz pouco se altera durante os 180 segundos das medições (Figuras 63, 65 e 67). E, sendo superior a  $90^\circ$  é classificado como pouco molhável. É possível afirmar também que o fungicida Brio, quando utilizado na calda fungicida sem adjuvantes, tem ação direta na redução do ângulo de contato, porém com pouca influência neste parâmetro.

Tabela 15: Ângulo de contato ( $\theta^\circ$ ) da gota em relação à superfície adaxial da folha de arroz.

Tratamento	0 s	10 s	30 s	60 s	120 s	180 s
Água	123,53	123,05	122,69	122,51	121,98	121,85
Brio 7,5% / 10L/ha	99,18	98,46	97,75	96,81	93,96	92,46
Brio 0,75% / 100L/ha	97,52	97,06	97,00	96,64	95,52	94,65
Brio 0,375% / 200L/ha	113,50	113,24	112,92	112,57	111,95	111,34
Brio 7,5% + Aureo 0,25% / 10L/ha	100,71	96,78	91,07	87,66	82,98	82,22
Brio 0,75% + Aureo 0,25% / 100L/ha	105,65	90,59	86,27	83,65	81,43	80,39
Brio 0,375% + Aureo 0,25% / 200L/ha	104,73	99,11	91,88	87,33	81,49	78,07
Brio 7,5% + Fighter 0,125% / 10L/ha	104,16	75,94	58,83	44,44	29,93	19,34
Brio 0,75% + Fighter 0,125% / 100L/ha	106,18	77,83	64,02	51,48	40,22	31,96
Brio 0,375% + Fighter 0,125% / 200L/ha	98,84	77,71	63,54	50,54	34,19	29,19
Brio 7,5% + Natur'l Oleo 1,00% / 10L/ha	95,25	83,86	79,68	76,82	74,63	72,42
Brio 0,75% + Natur'l Oleo 0.25% / 100L/ha	100,60	87,47	74,30	63,13	50,15	42,13
Brio 0,375% + Natur'l Oleo 0.25% / 200L/ha	91,62	82,94	70,51	60,97	46,67	41,95
Aureo 0,25%	122,56	107,08	99,88	91,6	82,68	77,61
Fighter 0,125%	105,18	90,57	76,78	64,25	49,31	28,99
Natur'l Óleo 1,00%	97,06	73,29	56,64	41,78	32,84	25,49
Natur'l Óleo 0,25%	100,03	86,75	72,92	60,09	47,35	38,72

Entre os adjuvantes utilizados de maneira isolada, pode-se verificar que o Aureo tem efeito na redução do ângulo de contato, mas este efeito é pouco significativo se comparado com os demais adjuvantes em estudo. Somente os adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo na maior concentração obtiveram resultados em que a relação da solução com a superfície foi considerada molhável ( $\theta < 30^\circ$ ).

Todos os adjuvantes em teste obtiveram os melhores resultados referentes à diminuição do ângulo de contato quando somente estes estavam em mistura com a água, sem a adição do fungicida.

No geral, a influência dos adjuvantes na calda fungicida sobre o ângulo de contato teve ação expressiva. Com o aumento da concentração do fungicida Brio há um incremento da concentração de partículas sólidas da suspensão concentrada na solução, as quais interagem com os surfactantes presentes nos adjuvantes. Assim, há diminuição da ação dos surfactantes na borda de contato da gota com a superfície da folha resultando no aumento do ângulo de contato. Essa interação ocorreu com maior expressão na maior concentração do Brio (7,5%), de maneira que a migração do pacote surfactante presente na superfície da gota foi alta para o adjuvante Natur'l Óleo e baixa na solução com Aureo.

Resultado antagônico ocorreu com o adjuvante Fighter em mistura com o fungicida Brio em sua maior concentração. Nesse caso, a interação do Brio na maior concentração (7,5%) com o adjuvante Fighter resultou em uma separação do solvente aromático presente na suspensão concentrada e, como efeito a drástica diminuição do ângulo de contato da gota com a superfície da folha de arroz, sendo de  $19,34^\circ$  ao final da medição, o menor dentre todos os tratamentos (Tabela 15).

Figura 61: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota de água em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

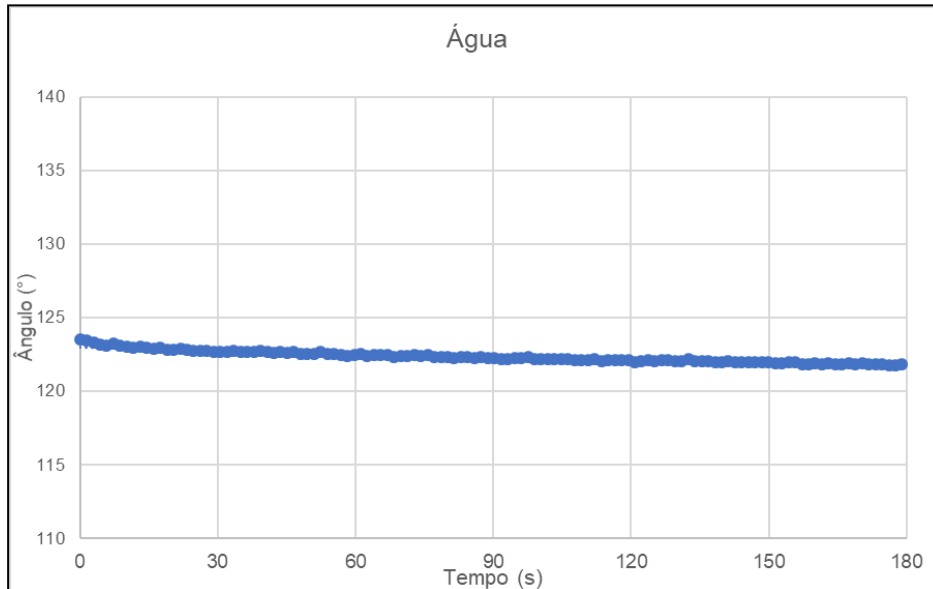


Figura 62: Gota de água após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

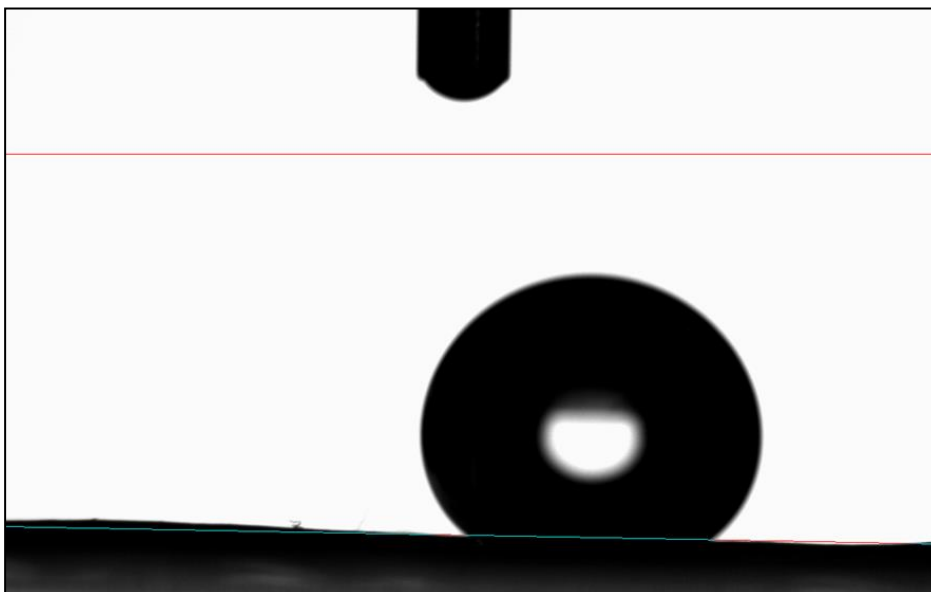


Figura 63: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Brio (7,5%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

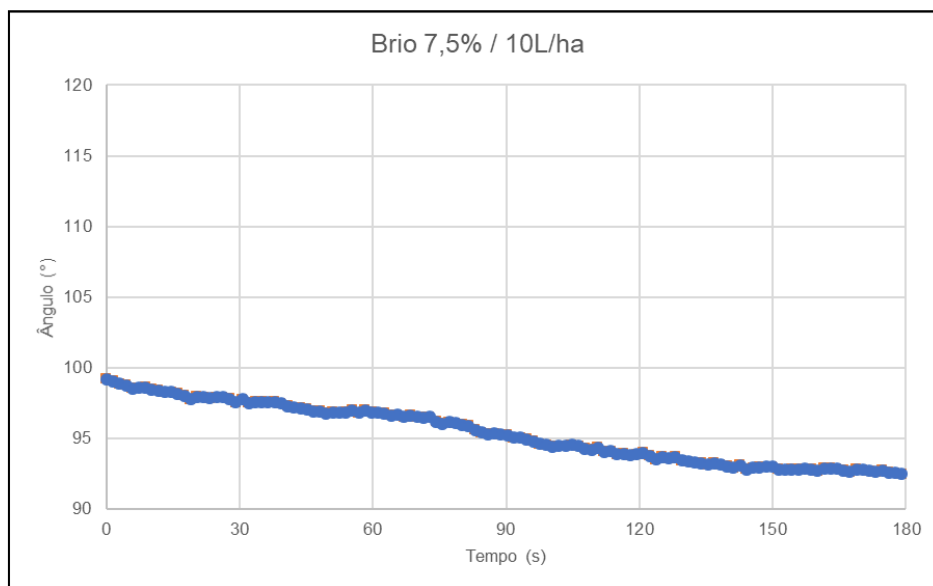


Figura 64: Gota da solução de Brio (7,5%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

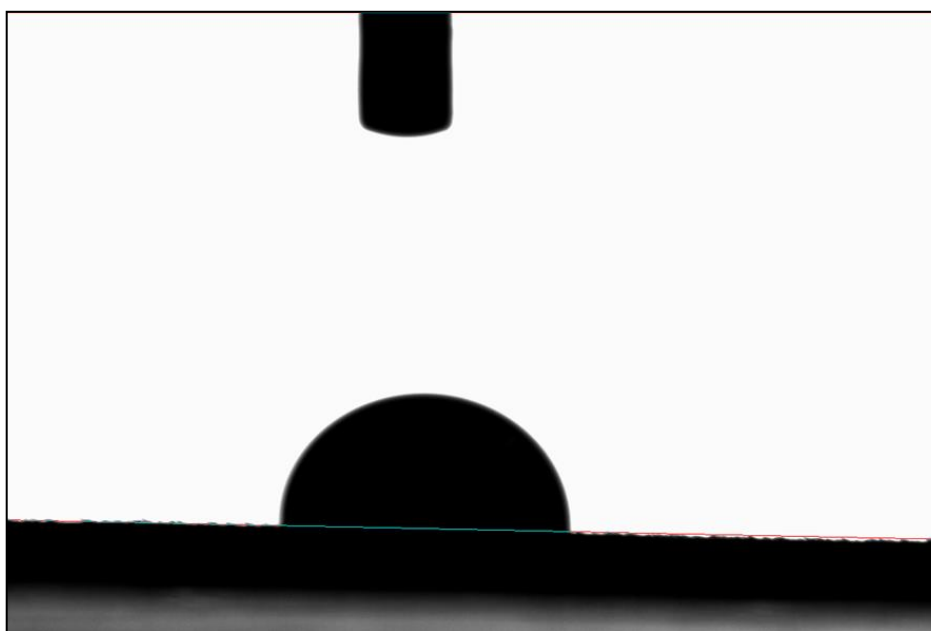


Figura 65: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Brio (0,75%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

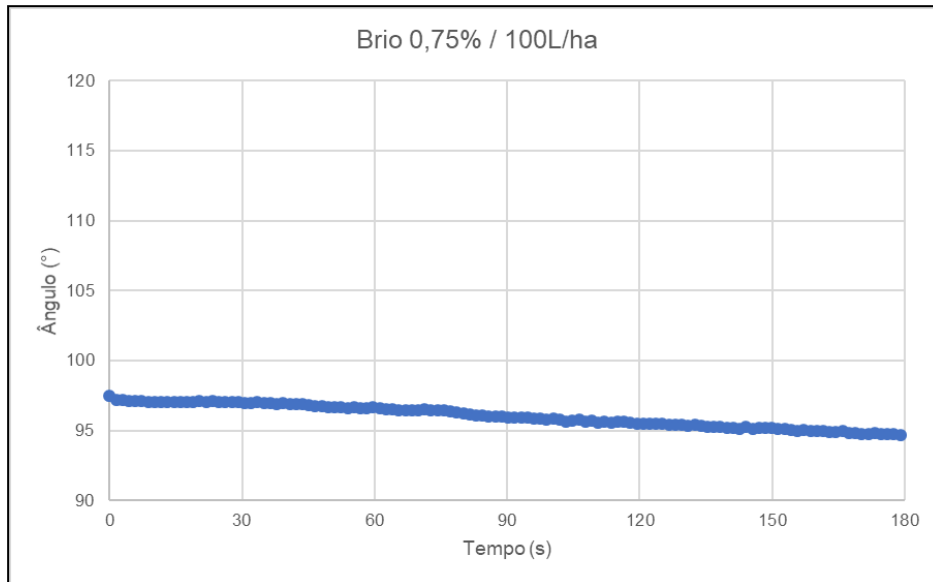


Figura 66: Gota da solução de Brio (0,75%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

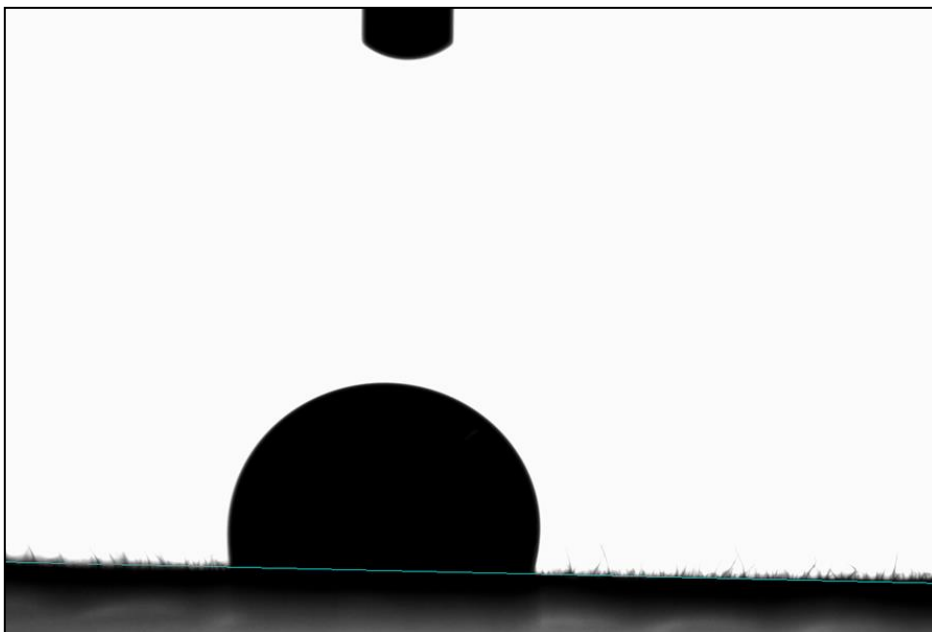


Figura 67: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Brio (0,375%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

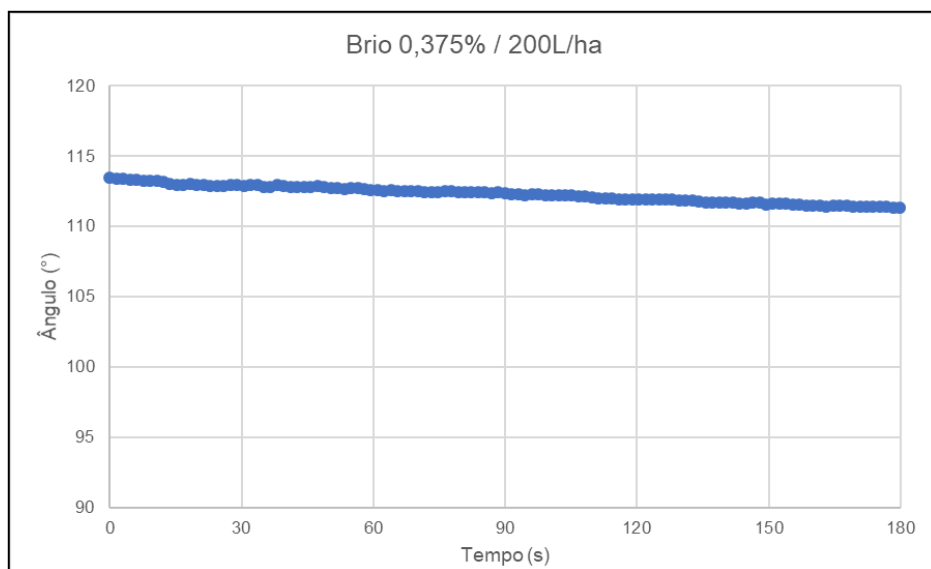


Figura 68: Gota da solução de Brio (0,375%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

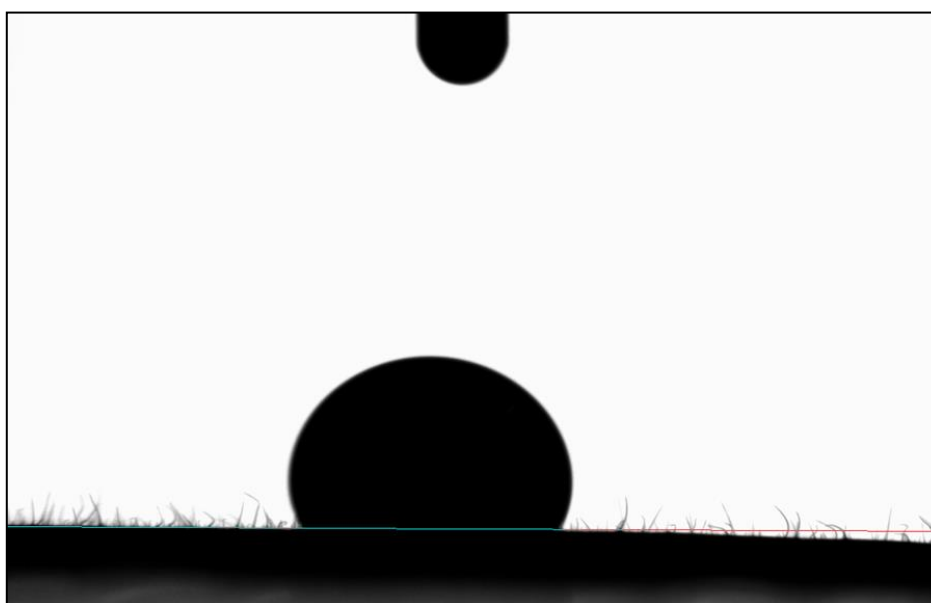


Figura 69: Gráfico referente ao ângulo de contato ( $^{\circ}$ ) da gota da solução de Brio (7,5%) + Aureo (0,25%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz.

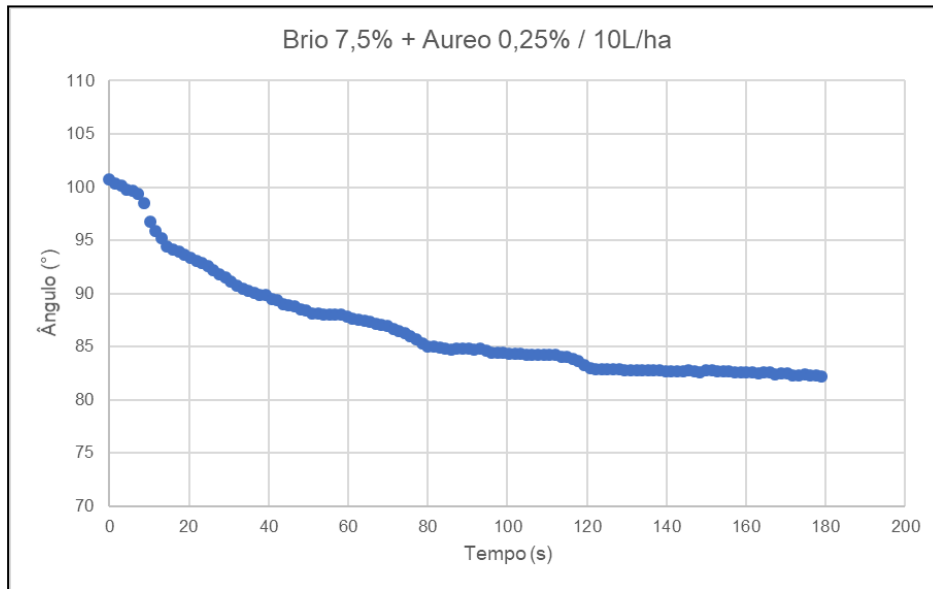


Figura 70: Gota da solução de Brio (7,5%) + Aureo (0,25%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

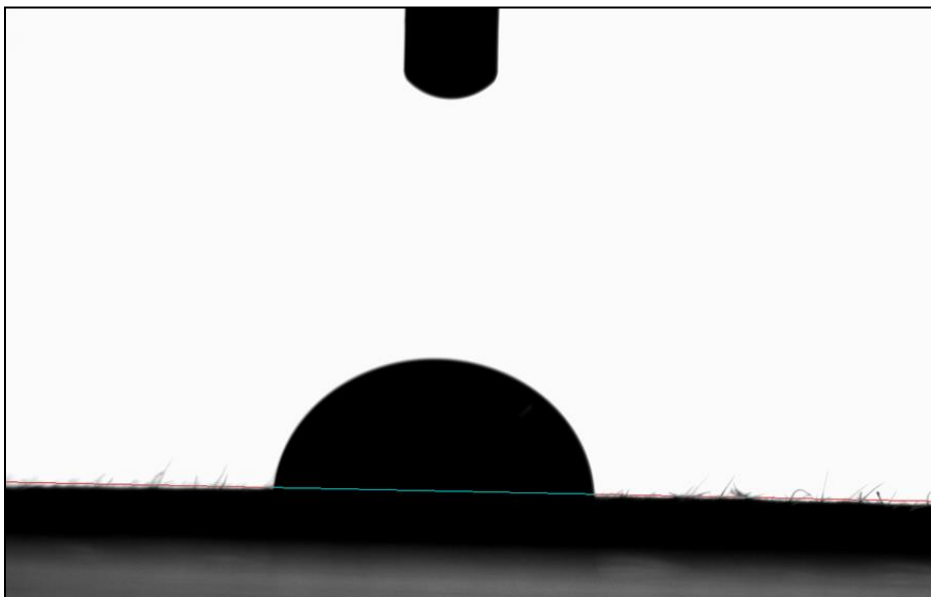


Figura 71: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Brio (0,75%) + Aureo (0,25%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

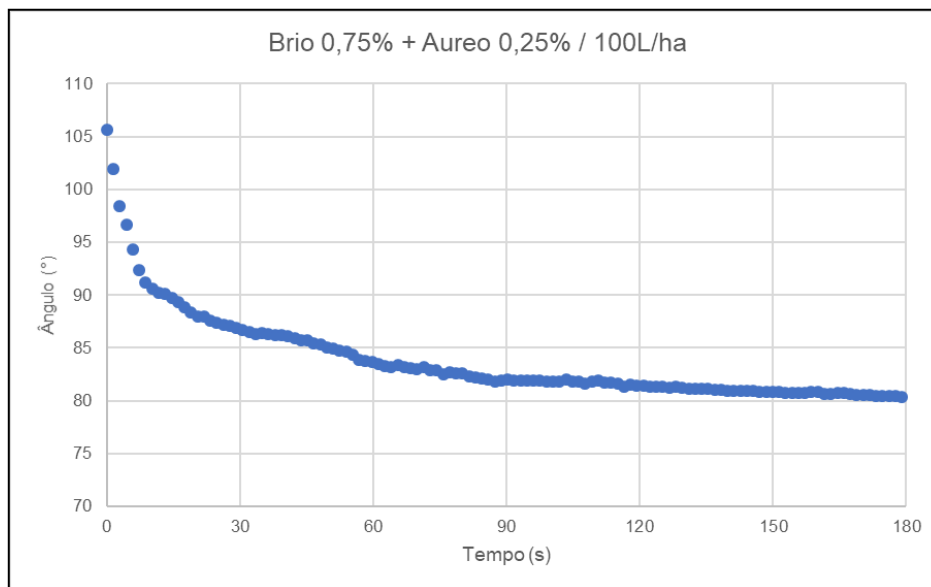


Figura 72: Gota da solução de Brio (0,75%) + Aureo (0,25%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

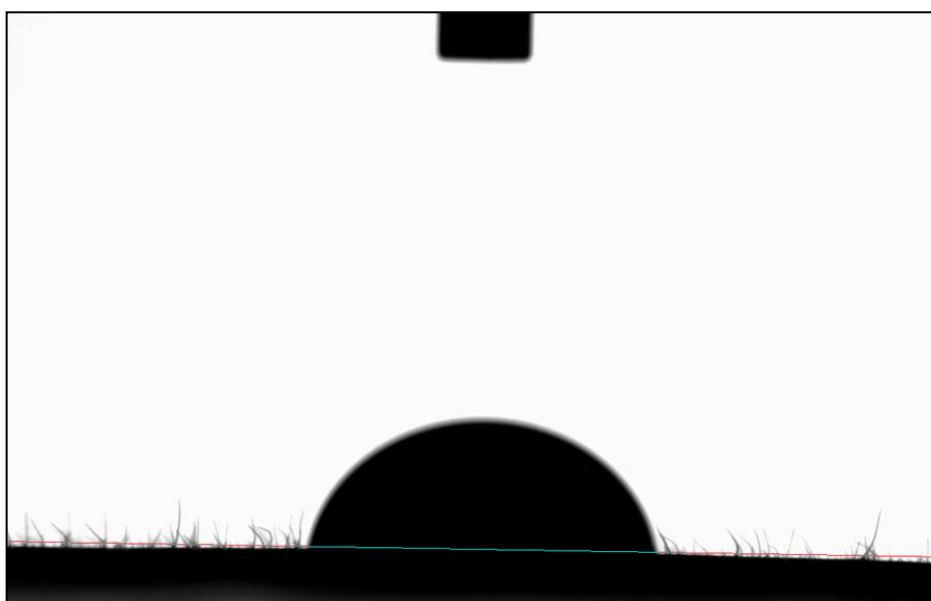


Figura 73: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Brio (0,375%) + Aureo (0,25%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

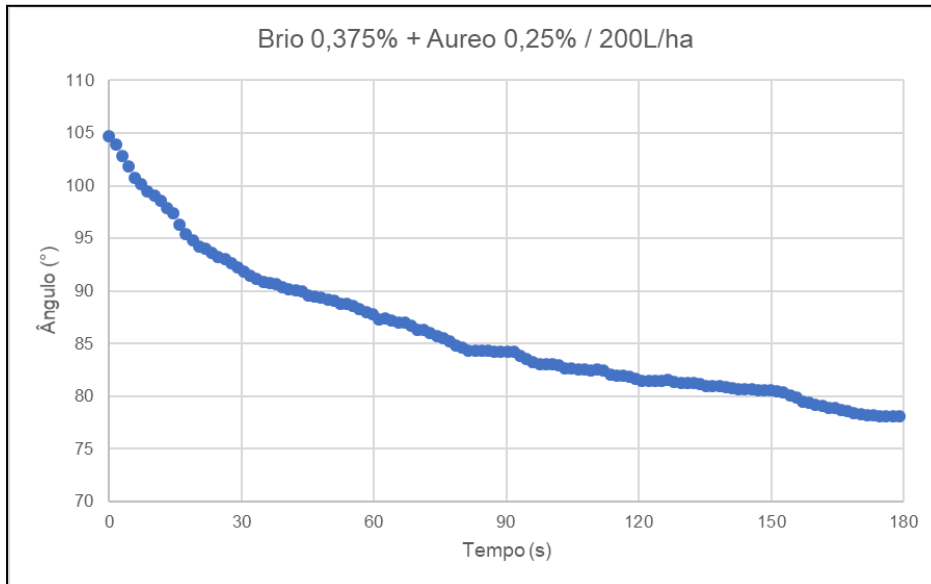


Figura 74: Gota da solução de Brio (0,375%) + Aureo (0,25%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

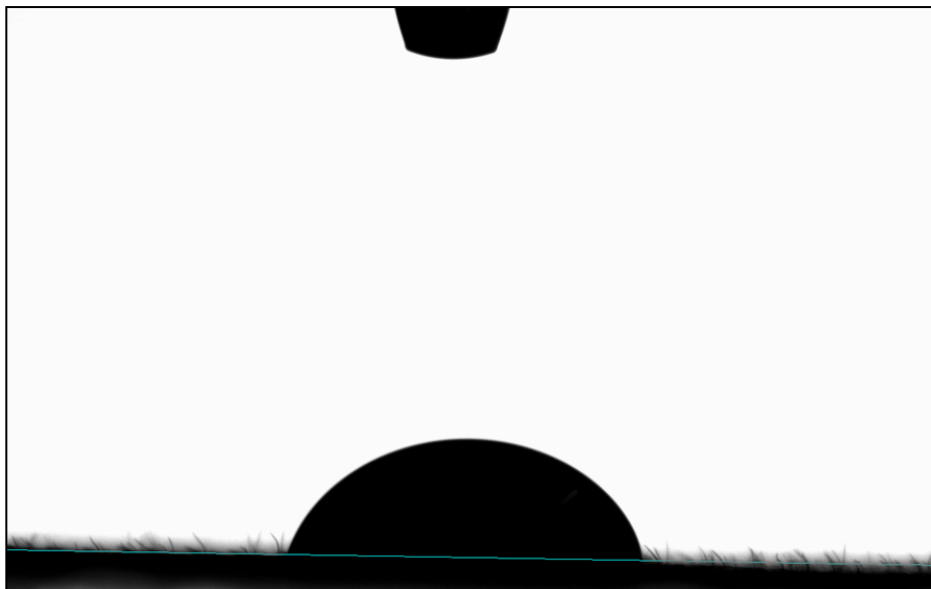


Figura 75: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Brio (7,5%) + Fighter (0,125%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

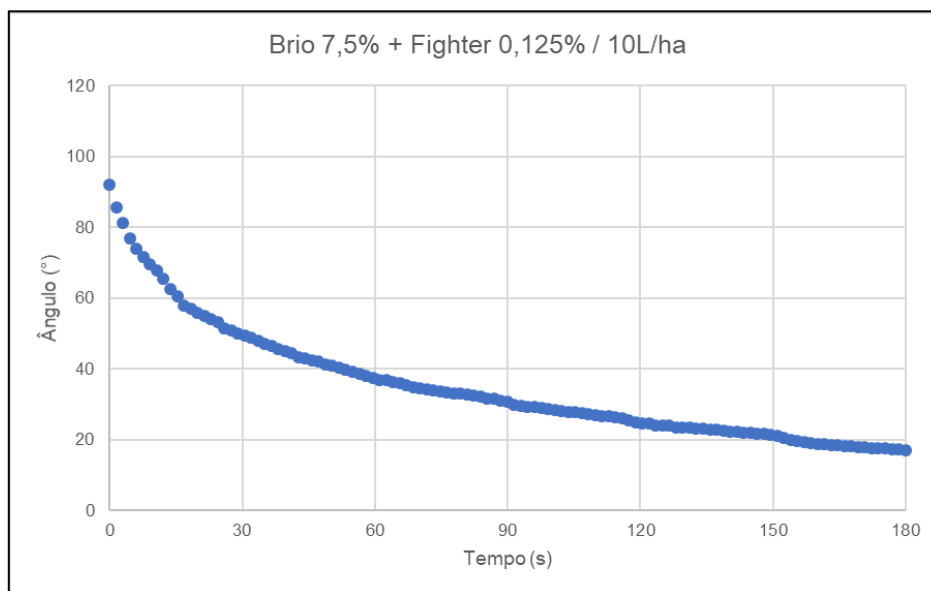


Figura 76: Gota da solução de Brio (7,5%) + Fighter (0,125%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

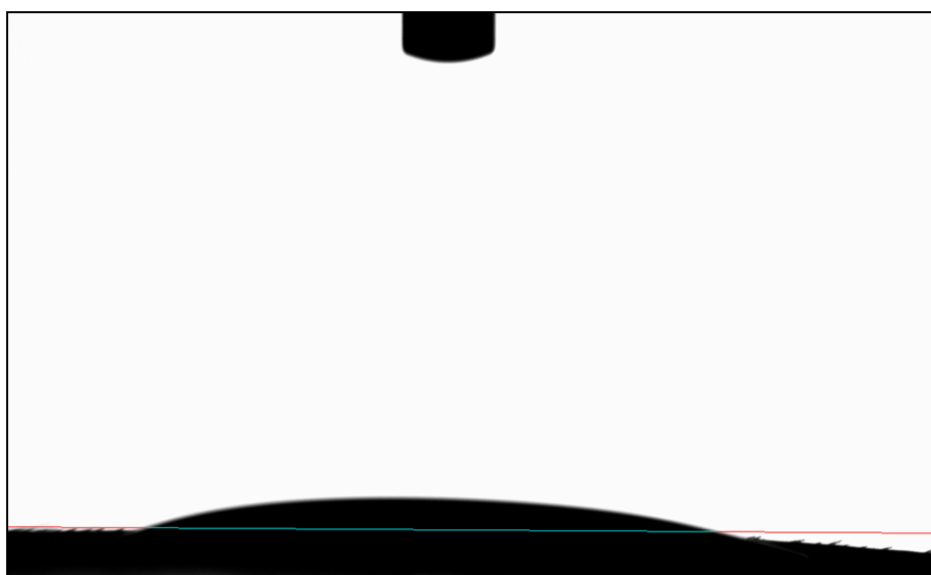


Figura 77: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Brio (0,75%) + Fighter (0,125%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

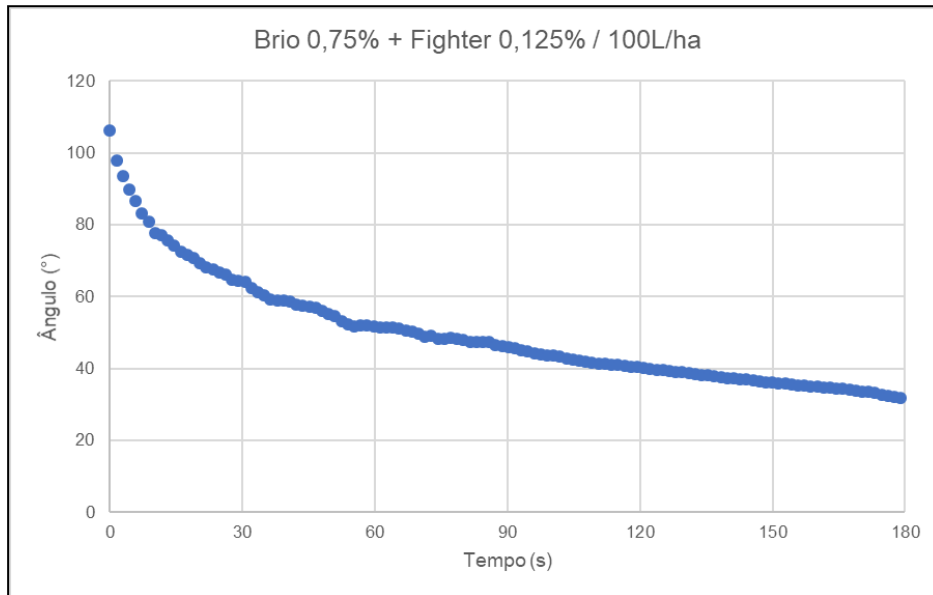


Figura 78: Gota da solução de Brio (0,75%) + Fighter (0,125%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

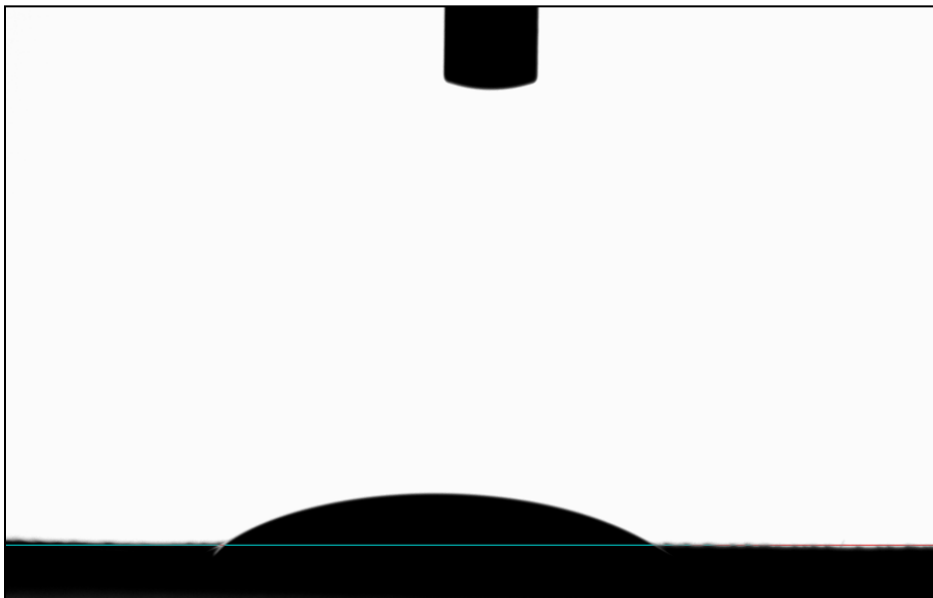


Figura 79: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Brio (0,375%) + Fighter (0,125%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

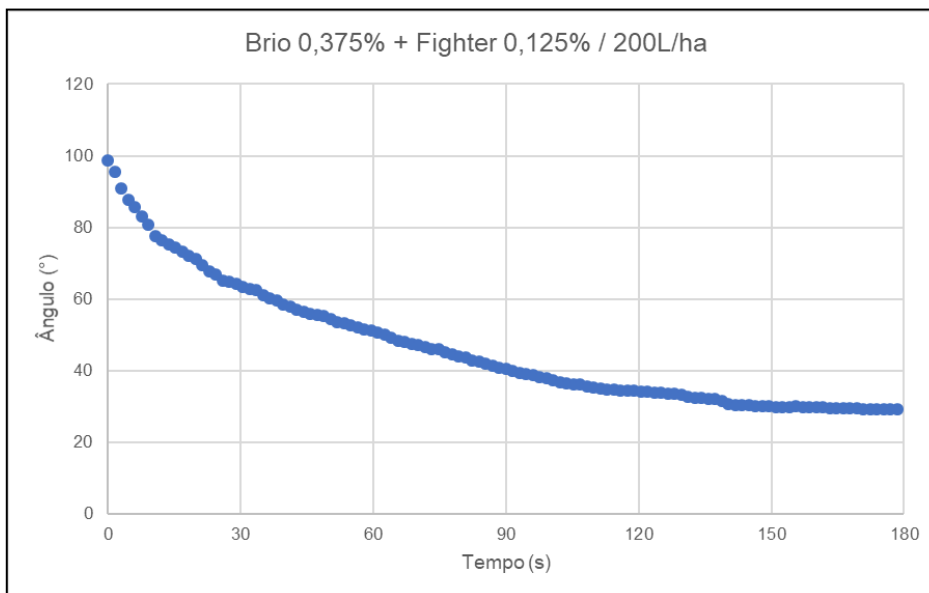


Figura 80: Gota da solução de Brio (0,375%) + Fighter (0,125%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

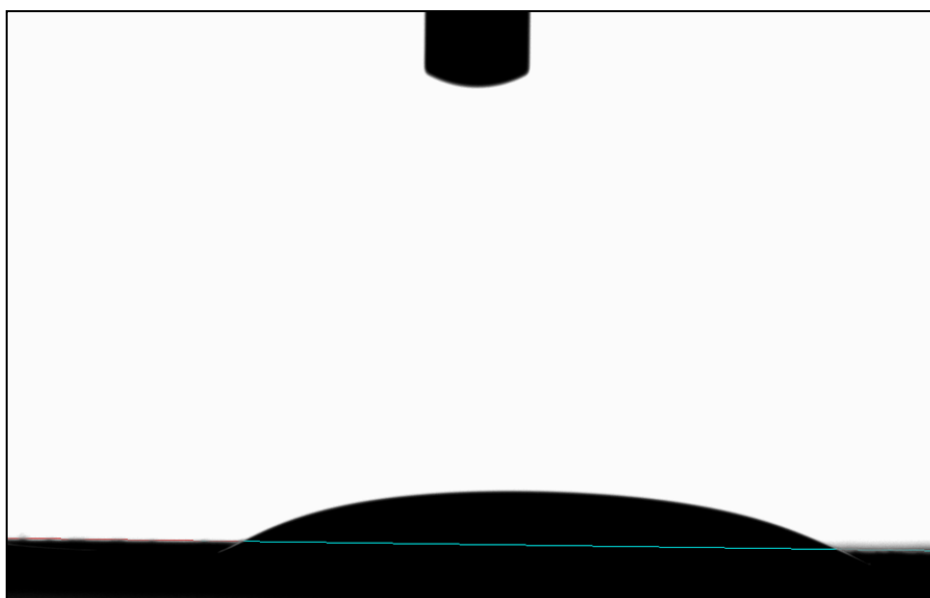


Figura 81: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Brio (7,5%) + Natur'l Óleo (1,0%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

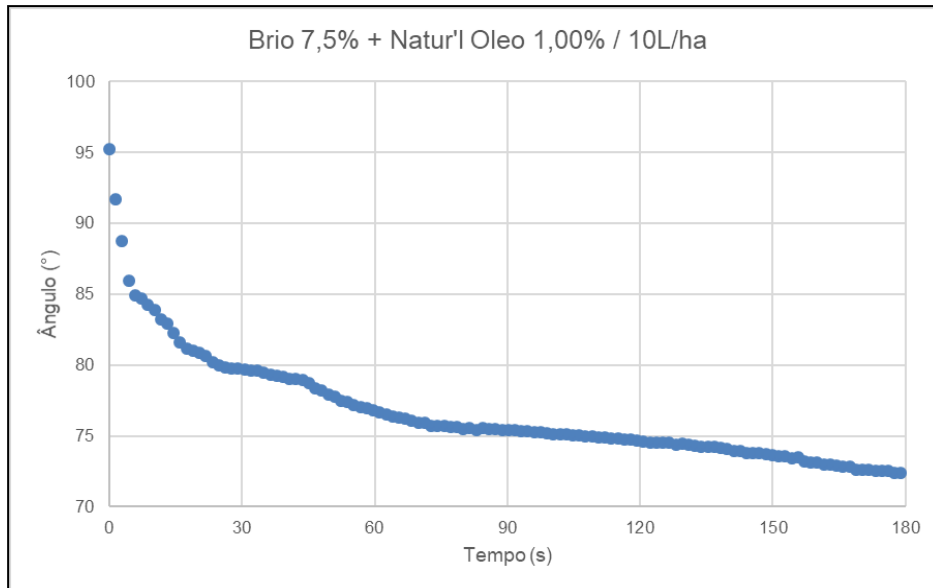


Figura 82: Gota da solução de Brio (7,5%) + Natur'l Óleo (1,0%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

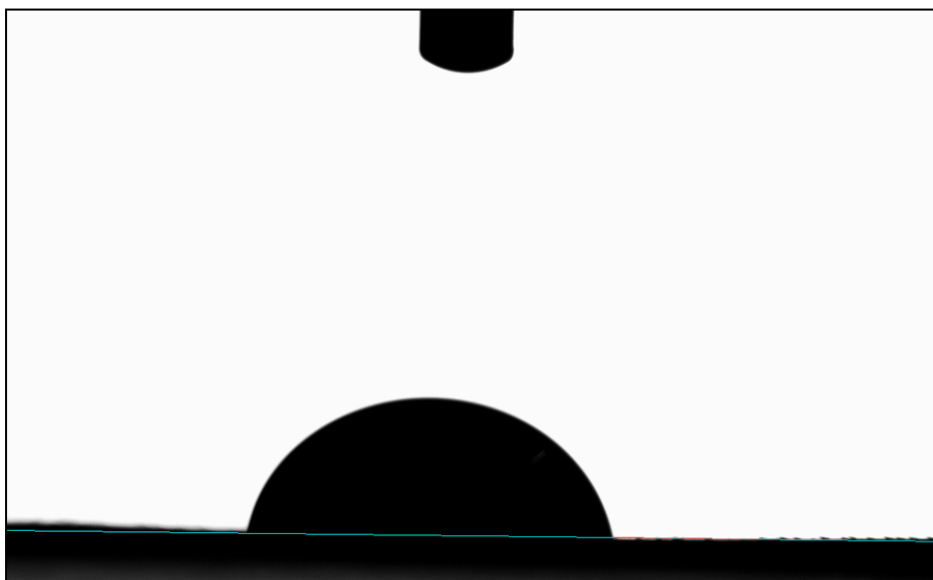


Figura 83: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Brio (0,75%) + Natur'l Óleo (0,25%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

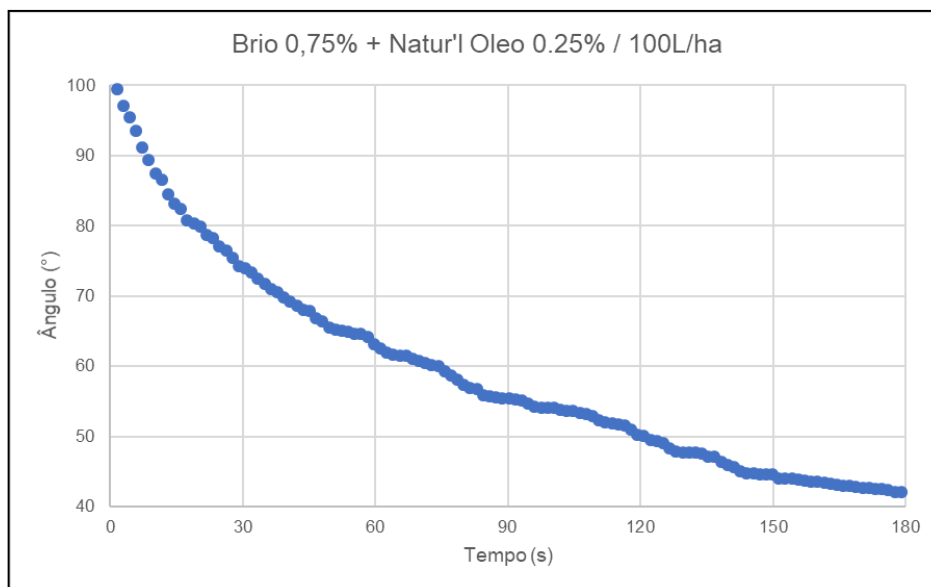


Figura 84: Gota da solução de Brio (0,75%) + Natur'l Óleo (0,25%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

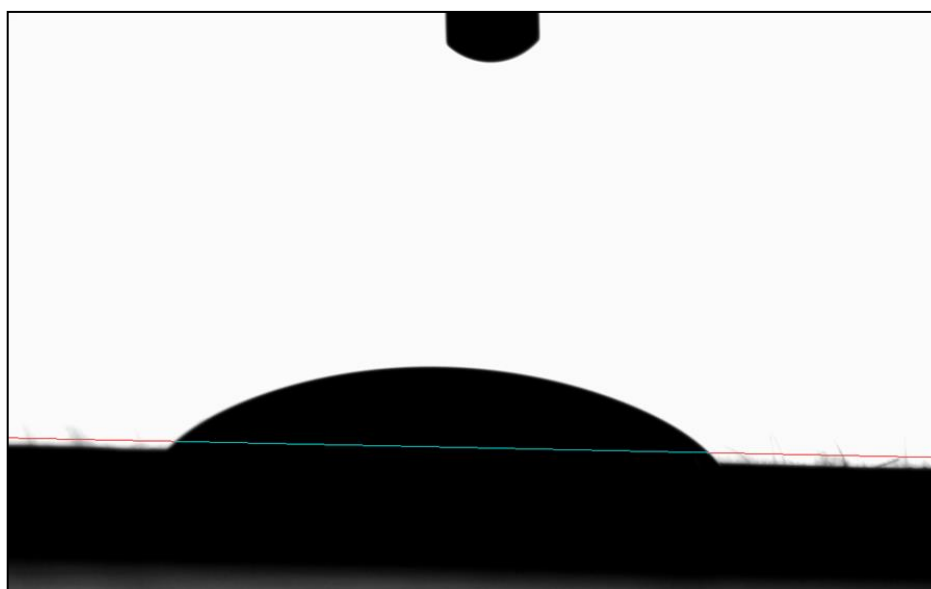


Figura 85: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Brio (0,375%) + Natur'l Óleo (0,25%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

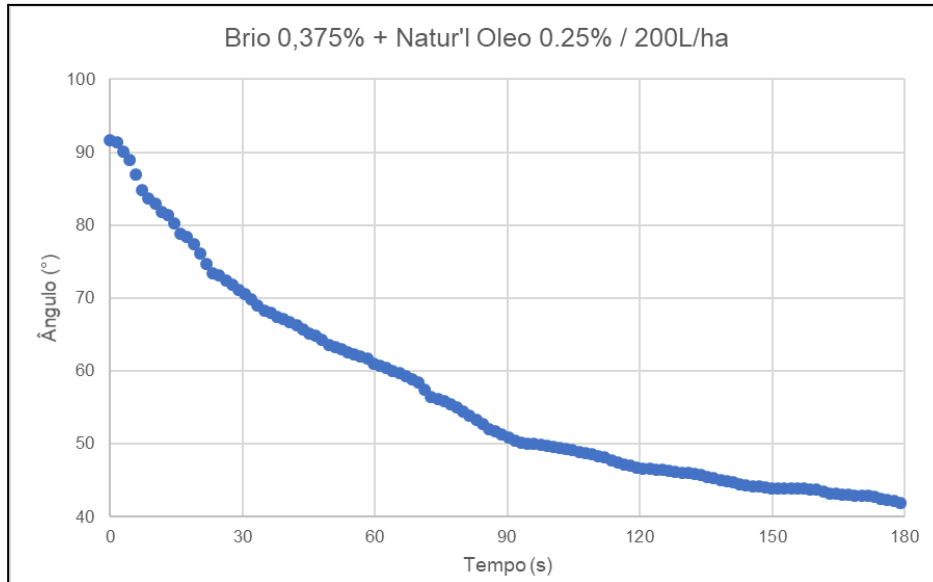


Figura 86: Gota da solução de Brio (0,375%) + Natur'l Óleo (0,25%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

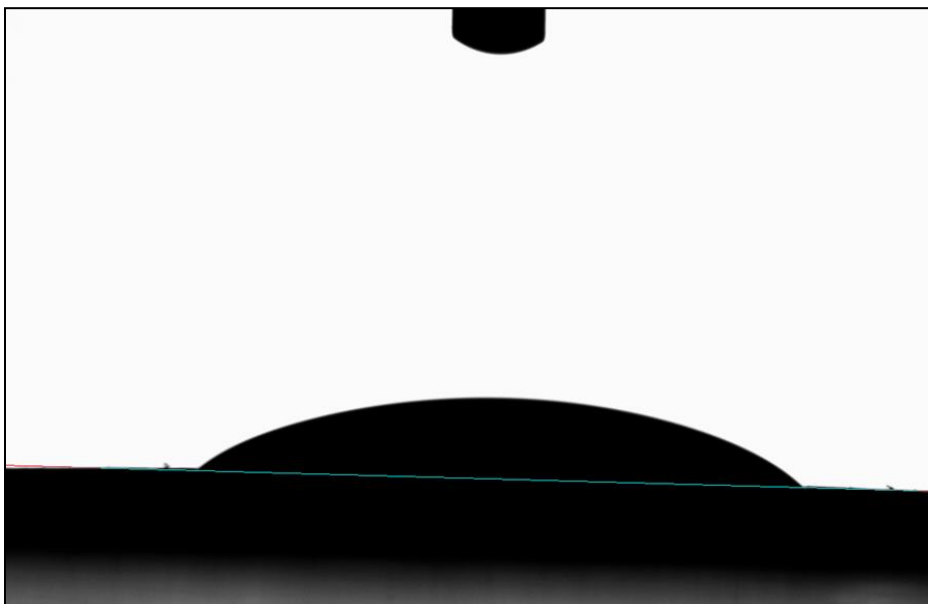


Figura 87: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Aureo (0,25%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

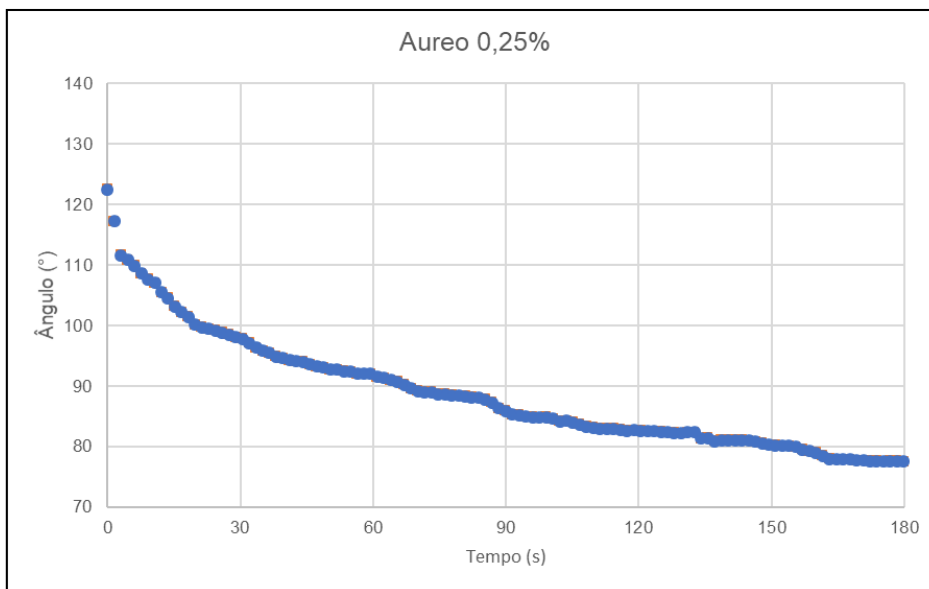


Figura 88: Gota da solução de Aureo (0,25%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

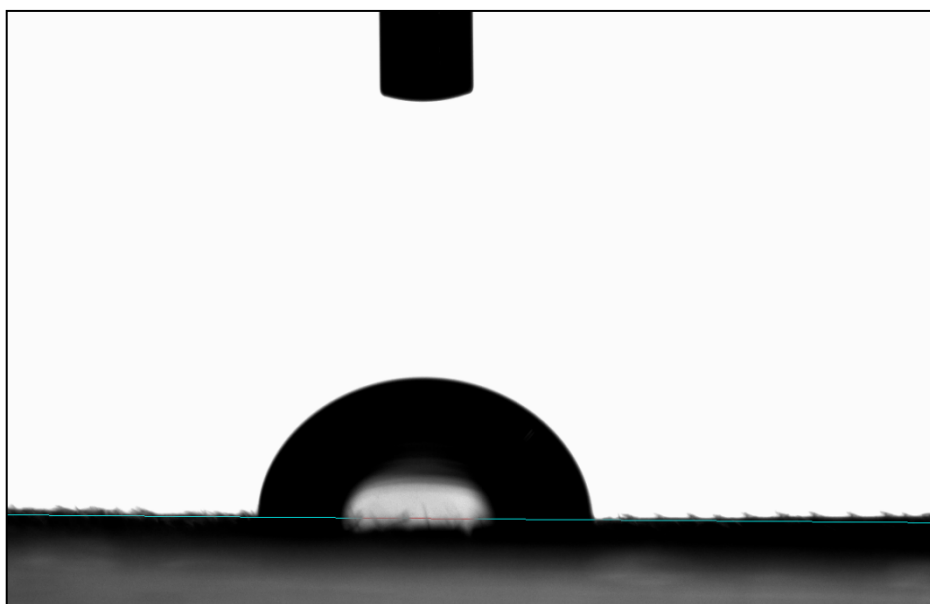


Figura 89: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Fighter (0,125%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

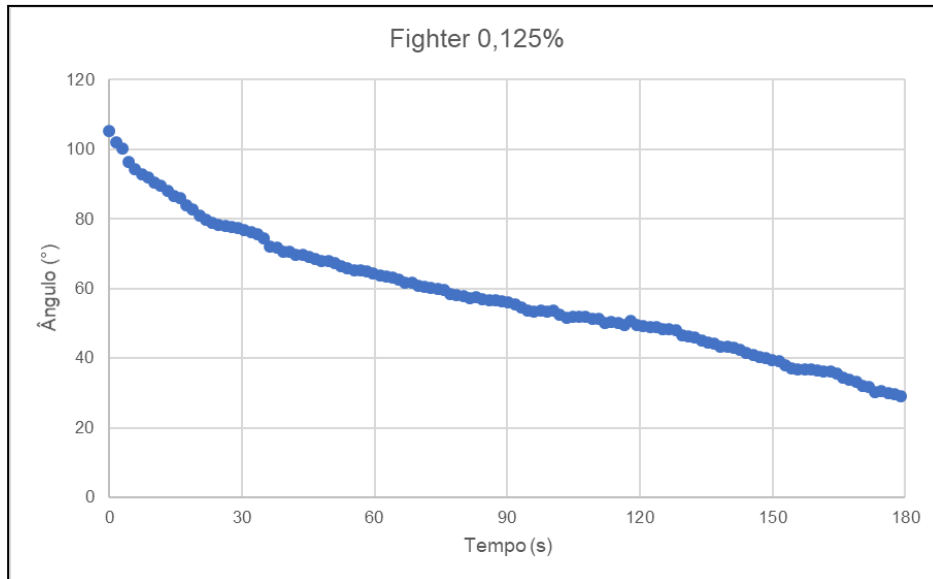


Figura 90: Gota da solução de Fighter (0,125%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

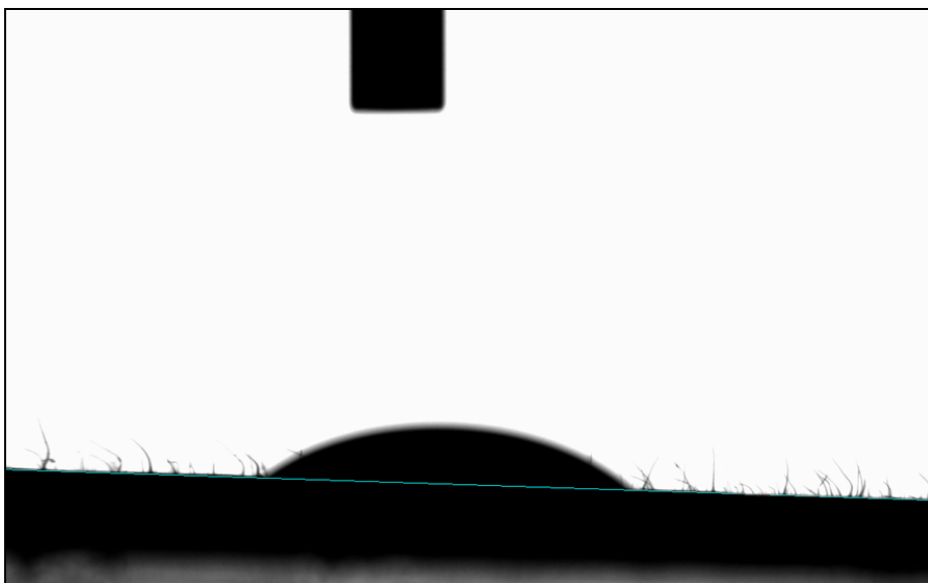


Figura 91: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Natur'l Óleo (1,00%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

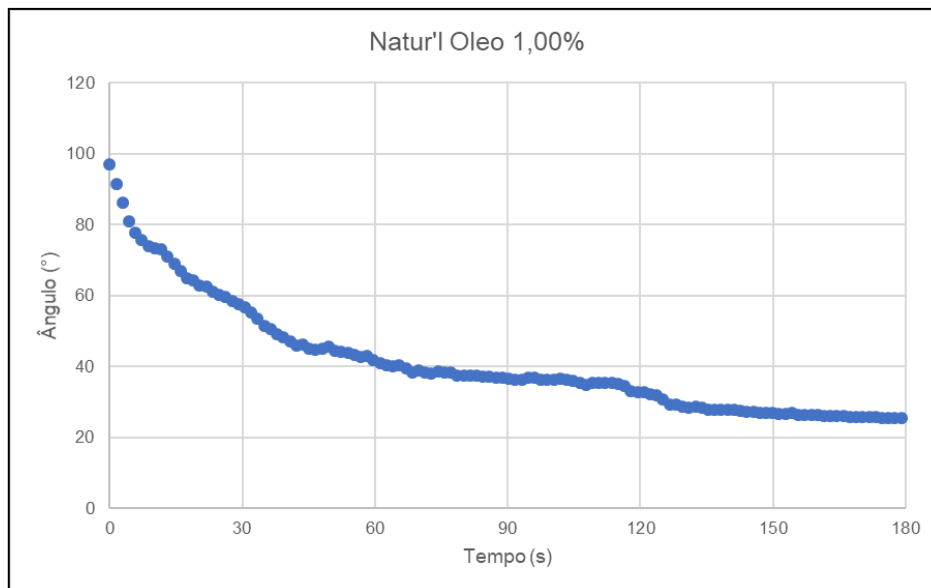


Figura 92: Gota da solução de Natur'l Óleo (1,00%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.

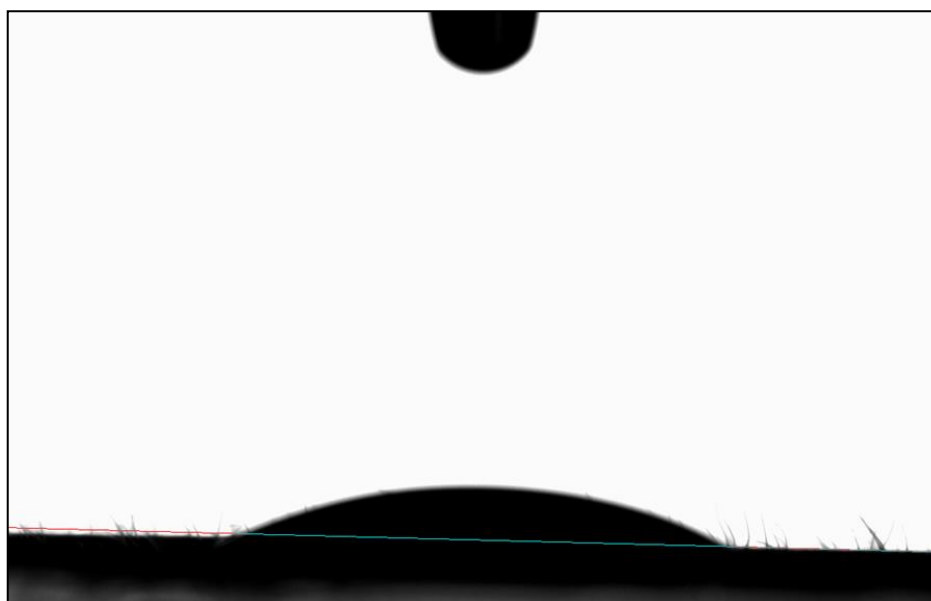


Figura 93: Variação do ângulo de contato ( $\theta$ ) da gota da solução de Natur'l Óleo (0,25%) em relação à superfície adaxial da folha de arroz até 180 s.

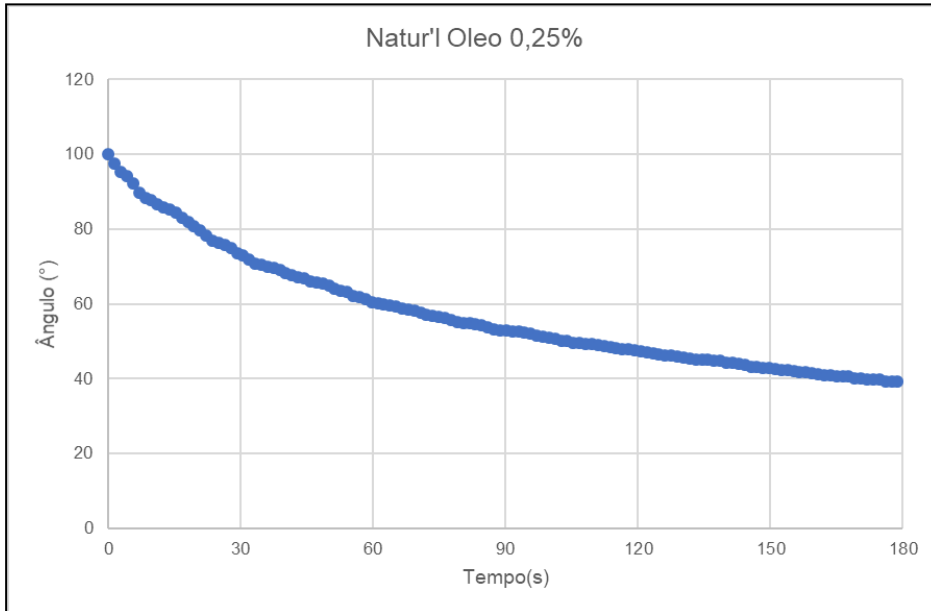
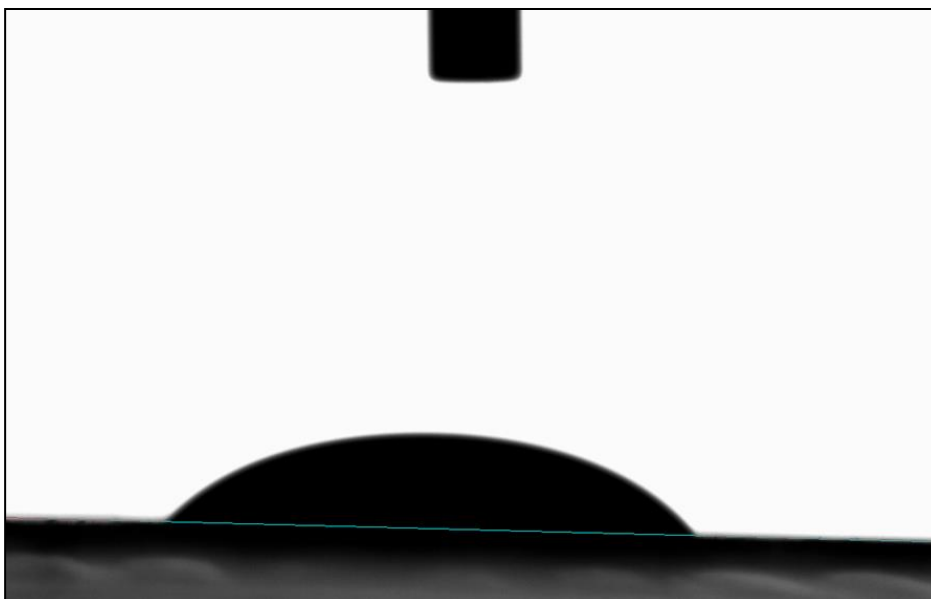


Figura 94: Gota da solução de Natur'l Óleo (0,25%) após 180 segundos em contato com a superfície adaxial da folha de arroz.



### 2.3.5 Cobertura da Pulverização

A influência do fungicida Brio e do uso de adjuvantes na porcentagem de cobertura da pulverização na folha de arroz pode ser visualizada na Tabela 16. Os tratamentos compostos somente pela aplicação de água como calda obtiveram as menores porcentagens de cobertura para os respectivos volumes de aplicação, seguidos pelos tratamentos com o fungicida Brio, sem a adição de adjuvantes.

Tabela 16: Porcentagem de cobertura dos tratamentos na superfície adaxial da folha de arroz.

<b>Tratamentos</b>	<b>Volume L ha<sup>-1</sup></b>	<b>Cobertura %</b>
1. Água	10	0,65
2. Brio	10	2,82
3. Brio + Aureo	10	3,06
4. Brio + Fighter	10	6,84
5. Brio + Natur'l Óleo	10	5,20
6. Água	100	1,34
7. Brio	100	4,36
8. Brio + Aureo	100	15,53
9. Brio + Fighter	100	31,54
10. Brio + Natur'l Óleo	100	11,28
11. Água	200	3,04
12. Brio	200	15,36
13. Brio + Aureo	200	28,14
14. Brio + Fighter	200	77,25
15. Brio + Natur'l Óleo	200	21,10

O adjuvante Fighter proporcionou maior espalhamento à calda e a porcentagem de cobertura das soluções com o fungicida Brio adicionado ao adjuvante Fighter, aplicados nos volumes de 100 e 200 L ha<sup>-1</sup> foi mais que o dobro daquela

obtida com as demais soluções (Tabela 16). A associação desse adjuvante ao fungicida incrementa a molhabilidade e caracteriza o espalhamento anisotrópico longitudinal na folha do arroz, ocorrido em razão da orientação das papilas. A disposição e a morfologia dessas estruturas foliares foram estudadas por Lee et al. (2013) e sua influência demonstrada por Kwon et al. (2014) em estudos relacionados à dispersão do orvalho nas folhas de arroz, ambos na Coréia do Sul.

Lin e Zhu (2018) citam que a escolha apropriada de adjuvantes pode influenciar significativamente o comportamento de depósitos das gotas nas folhas, levando a uma melhor eficiência de controle.

Os adjuvantes auxiliaram o espalhamento da solução nas plantas de arroz. Seguindo do Fighter, o Natur'l Óleo foi o que obteve os melhores resultados no volume de aplicação de 10 L ha<sup>-1</sup> e o Aureo nos volumes de 100 e 200 L ha<sup>-1</sup>. O provável motivo do Aureo proporcionar menor espalhamento em comparação ao Fighter no volume referente à aplicação aérea (10 L ha<sup>-1</sup>) é a produção de um maior número de gotas muito finas com o Aureo, já demonstrado no capítulo sobre deriva (3.4.2), dessa maneira parte das gotas evaporam e não entram em contato com o alvo, resultando em menor porcentagem de cobertura.

A caracterização da cobertura da pulverização com o pigmento fluorescente nos diferentes tratamentos sobre a superfície foliar das variedades de arroz BEAD 5 e IAC 102 pode ser visualizada pelas Figuras 95 a 109.

Figura 95: Tratamento 1 - água

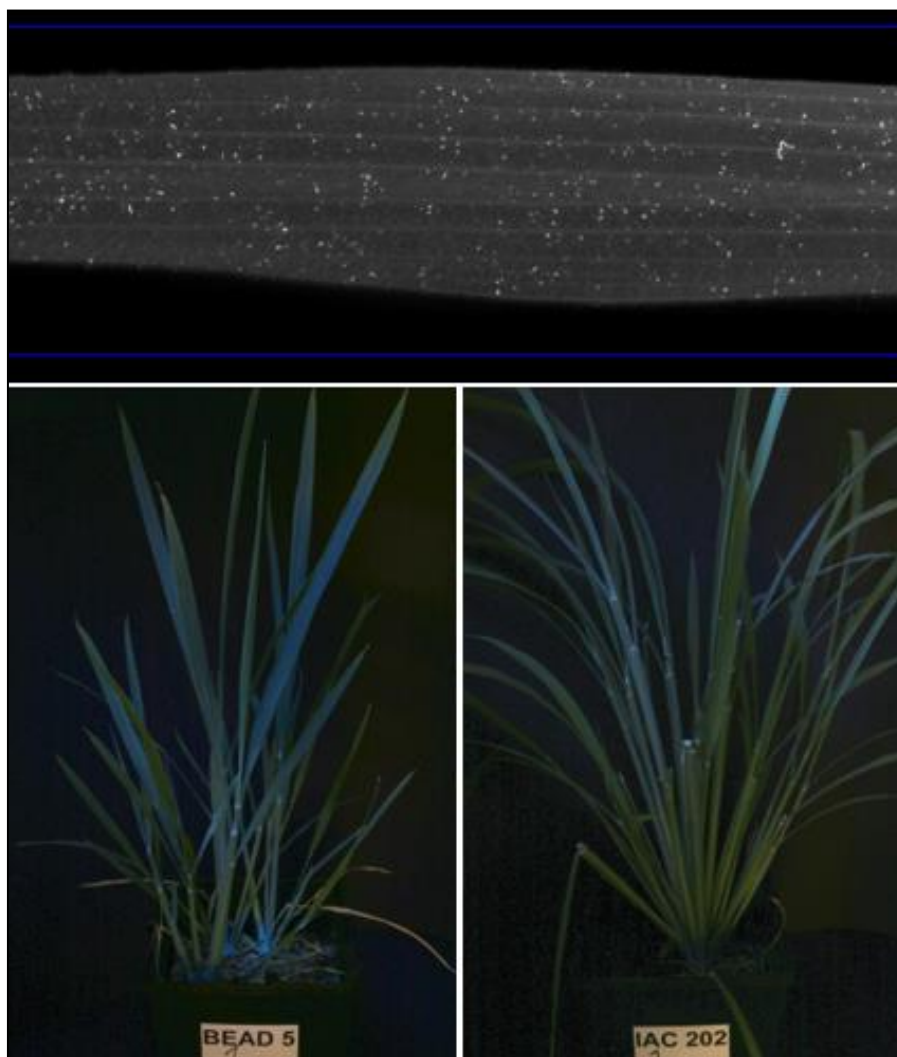


Figura 96: Tratamento 2 – Brio (10 L ha<sup>-1</sup>).

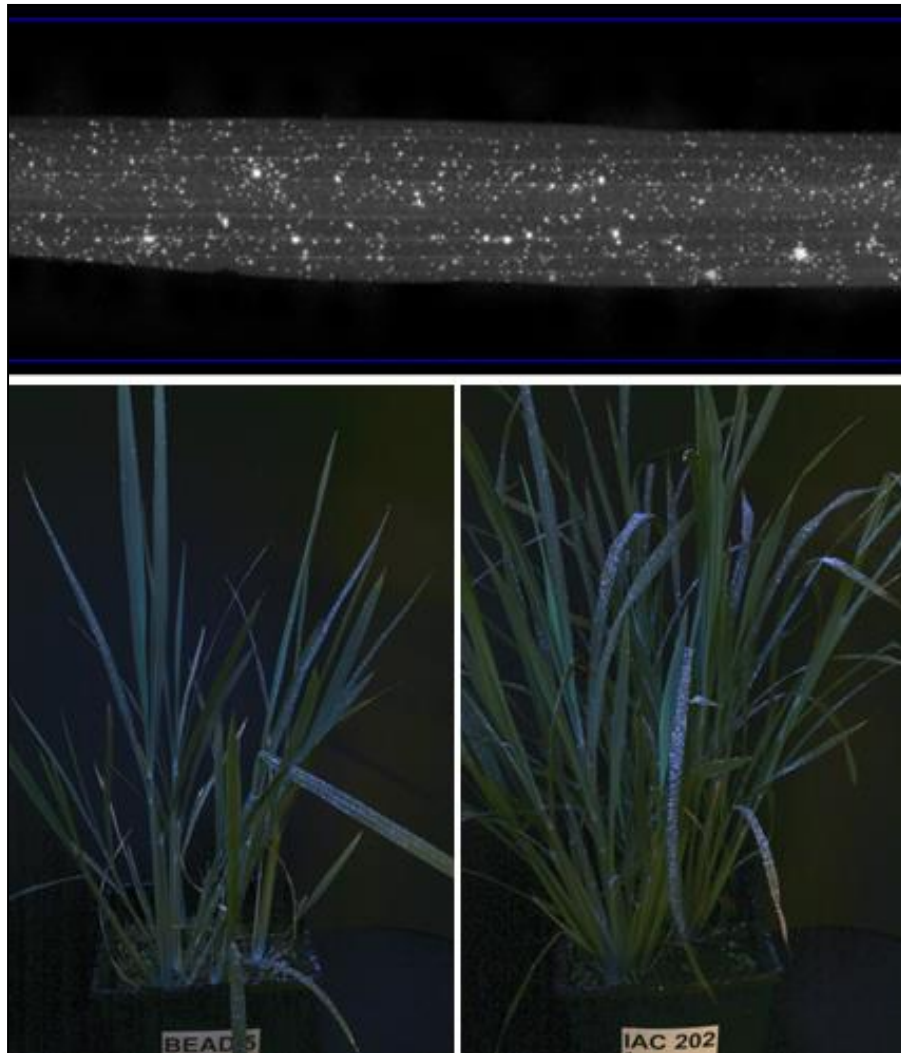


Figura 97: Tratamiento 3 – Brio + Aureo (10 L ha<sup>-1</sup>).

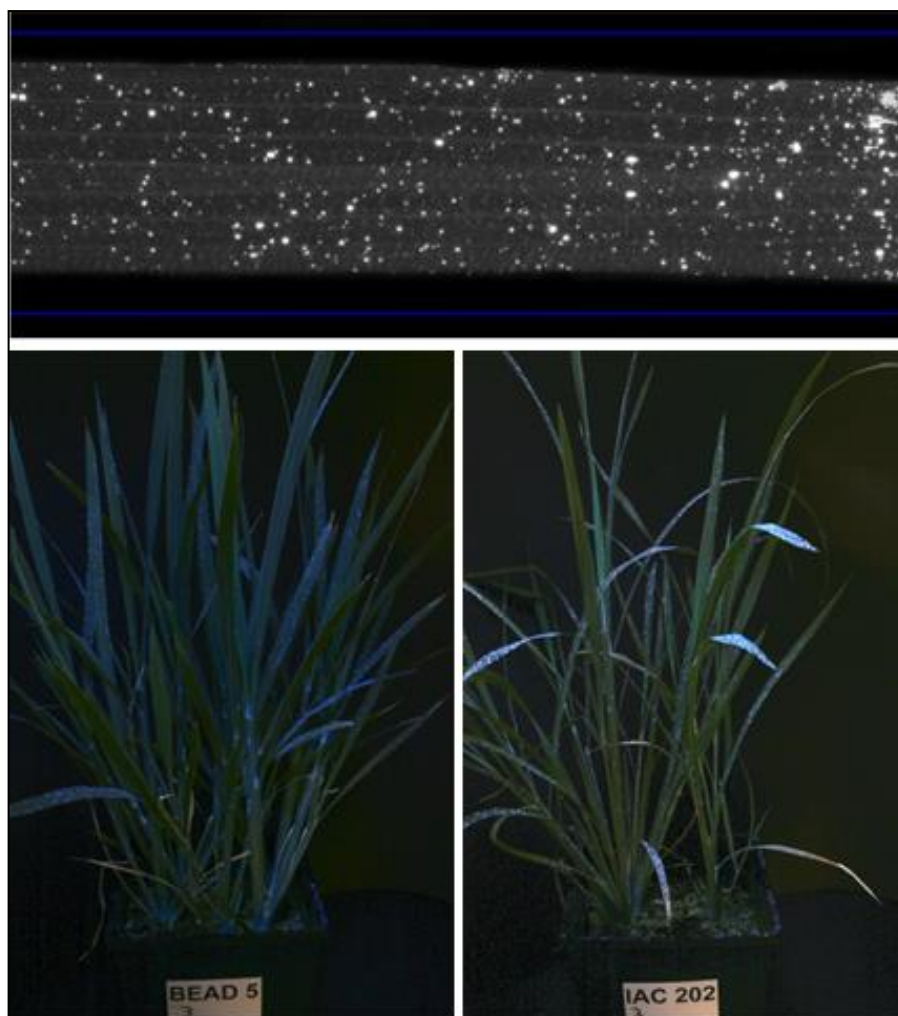


Figura 98: Tratamento 4 – Brio + Fighter (10 L ha<sup>-1</sup>).

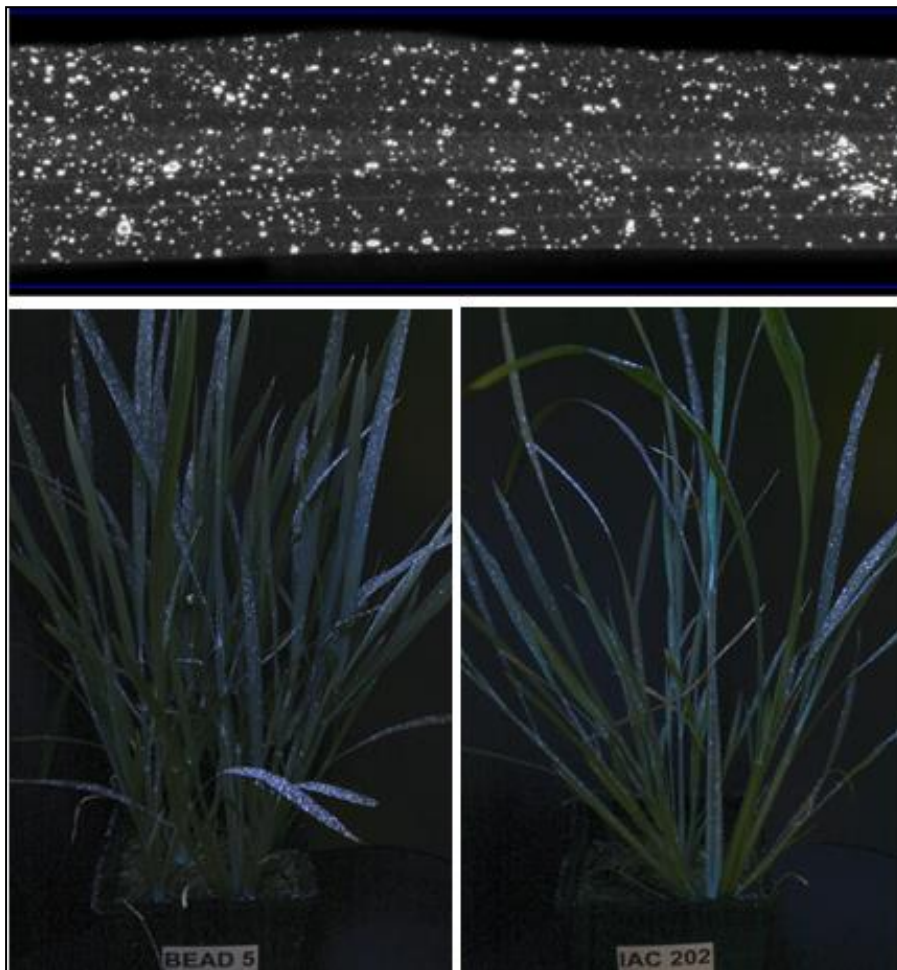


Figura 99: Tratamento 5 – Brio + Natur'l Óleo (10 L ha<sup>-1</sup>).

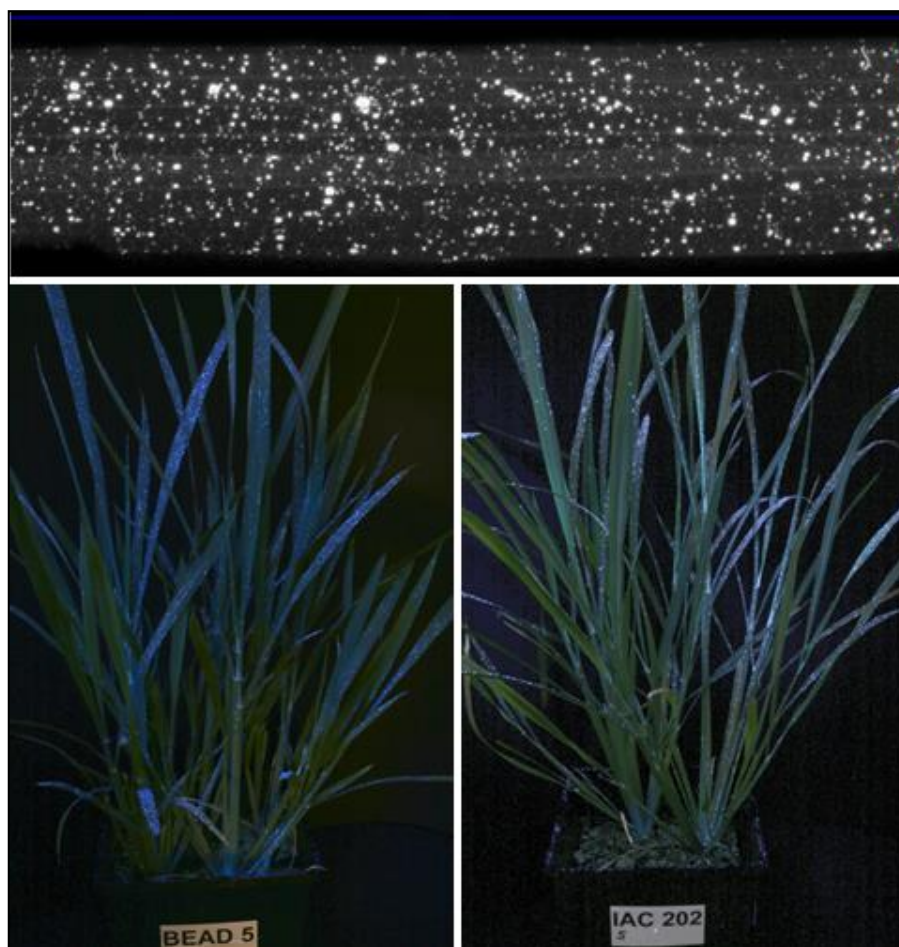


Figura 100: Tratamento 6 – Água (100 L ha<sup>-1</sup>).

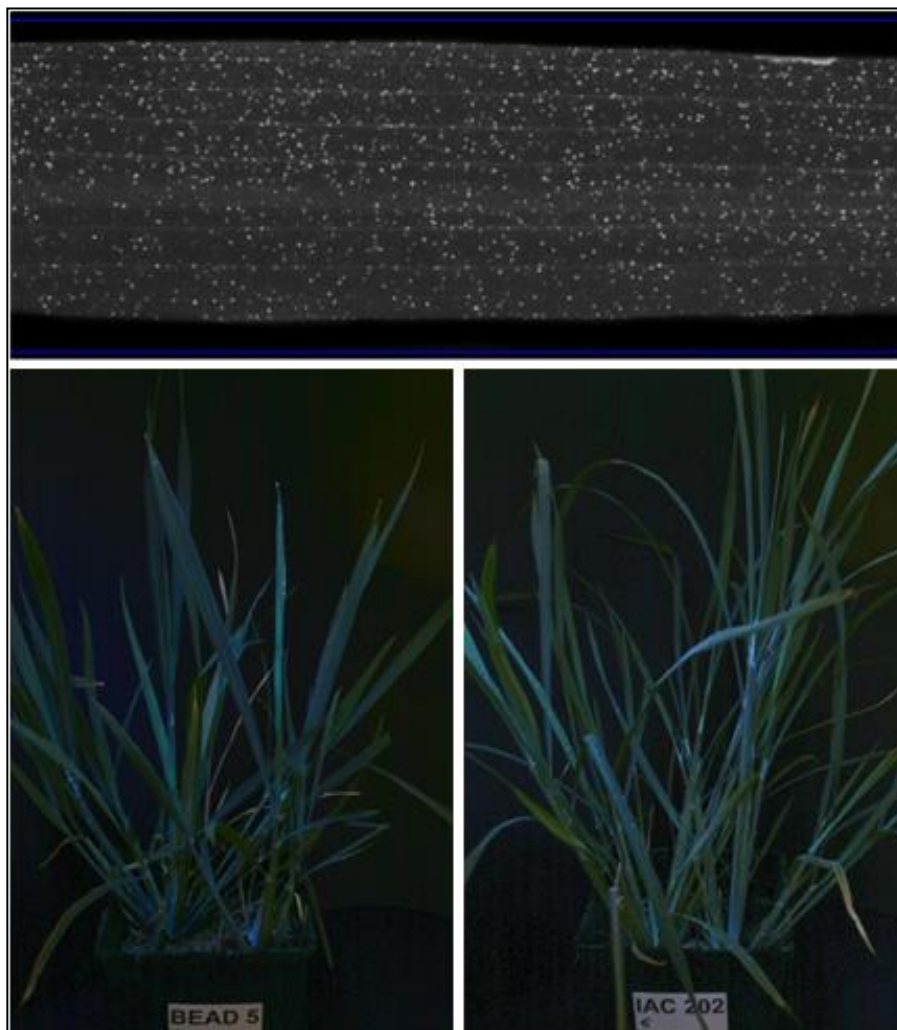


Figura 101: Tratamento 7 – Brio (100 L ha<sup>-1</sup>).

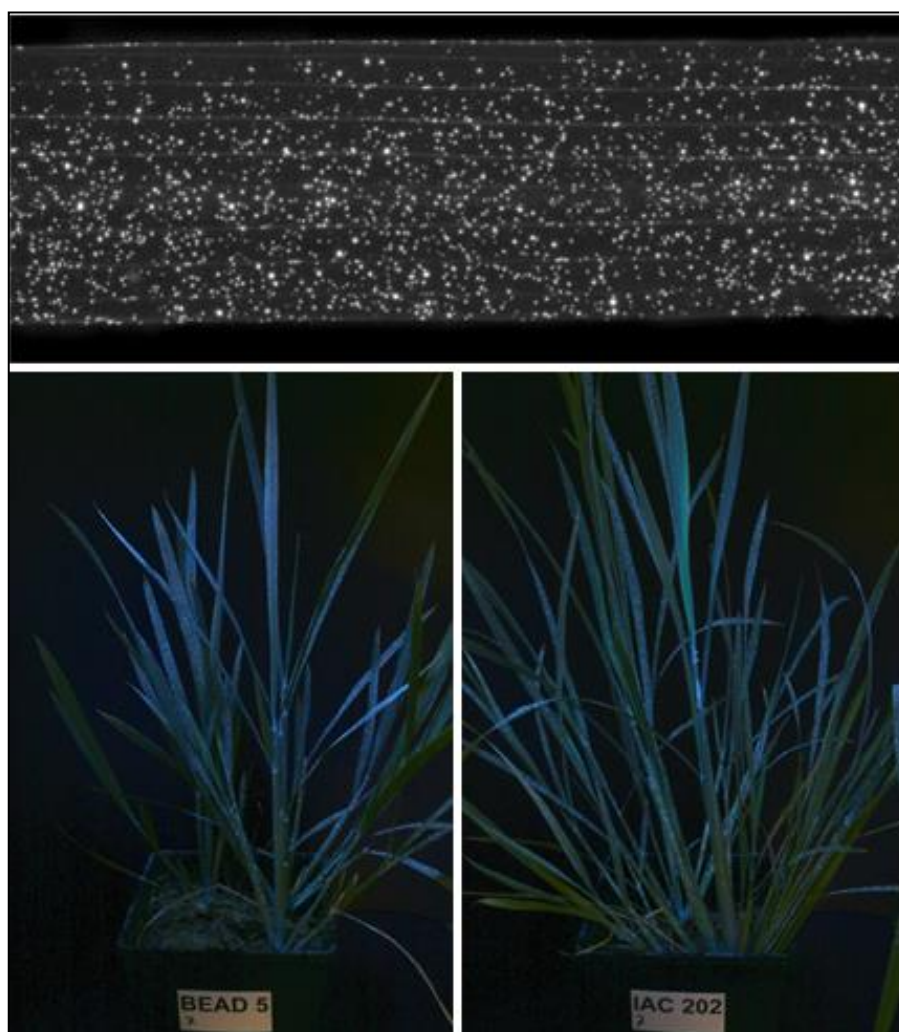


Figura 102: Tratamento 8 – Brio + Aureo (100 L ha<sup>-1</sup>).

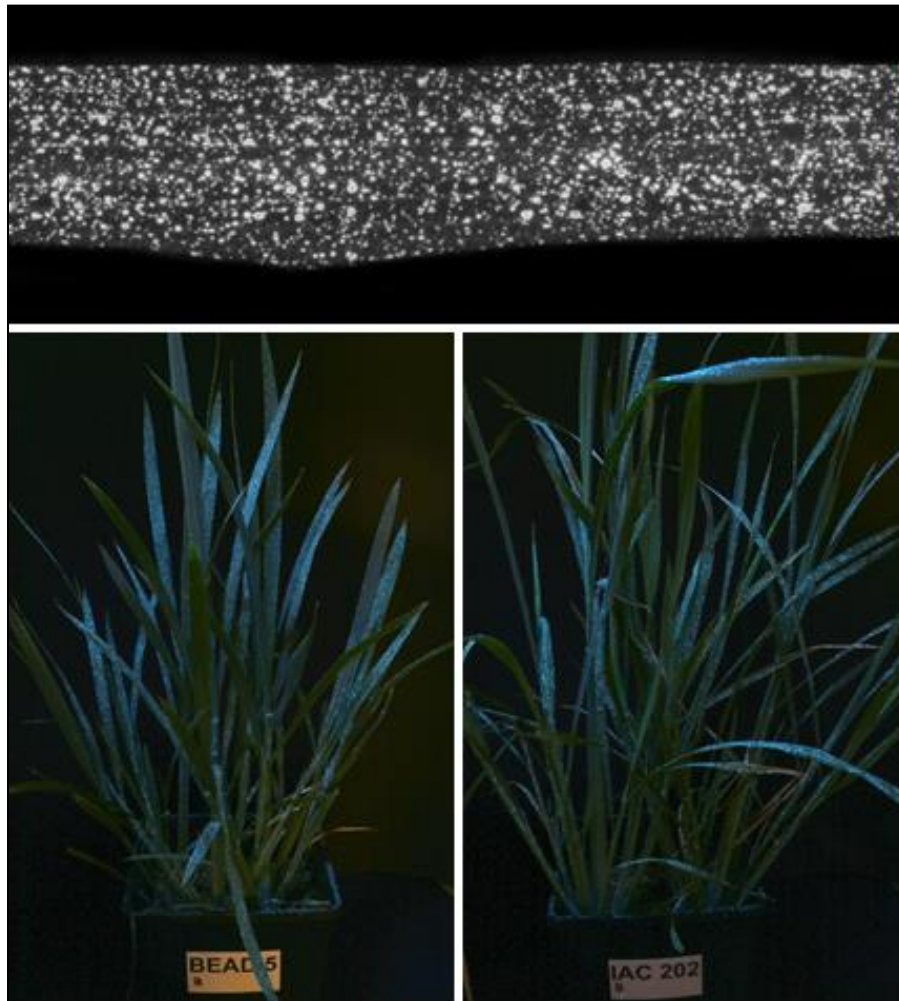


Figura 103: Tratamento 9 – Brio + Fighter (100 L ha<sup>-1</sup>).

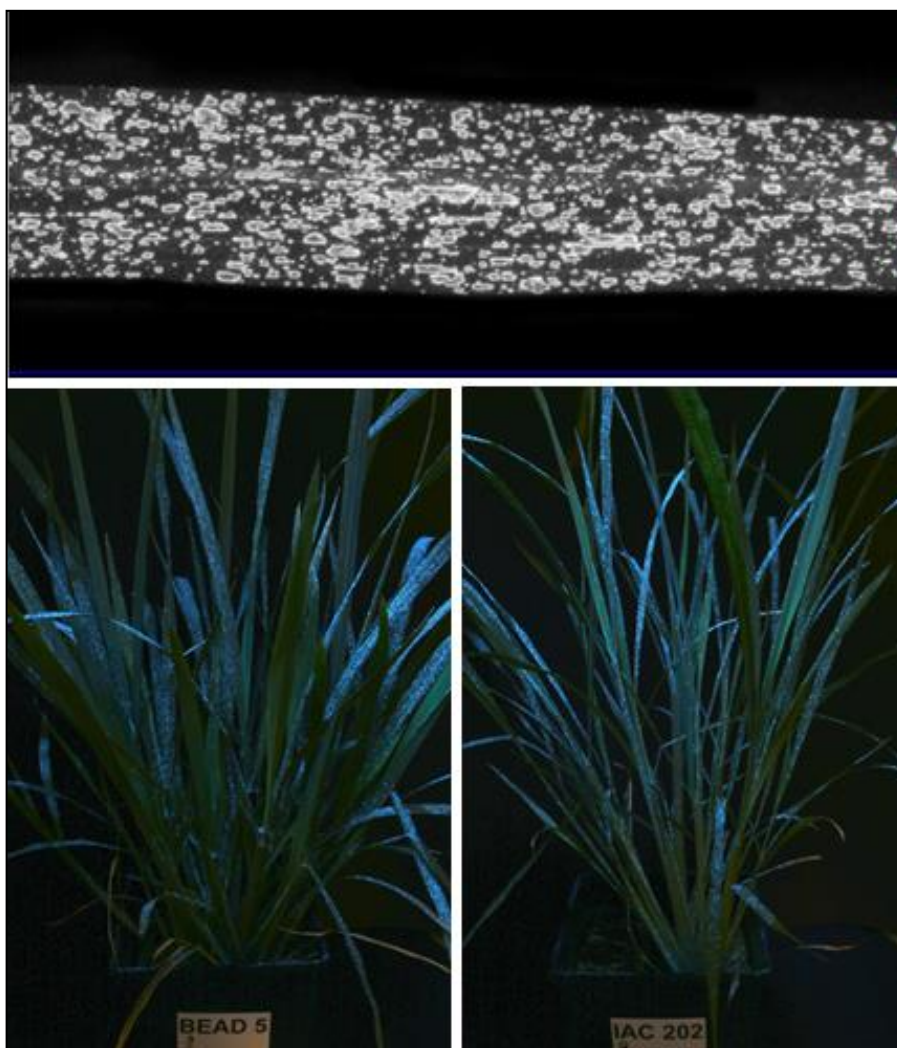


Figura 104: Tratamento 10 – Brio + Natur'l Óleo (100 L ha<sup>-1</sup>).

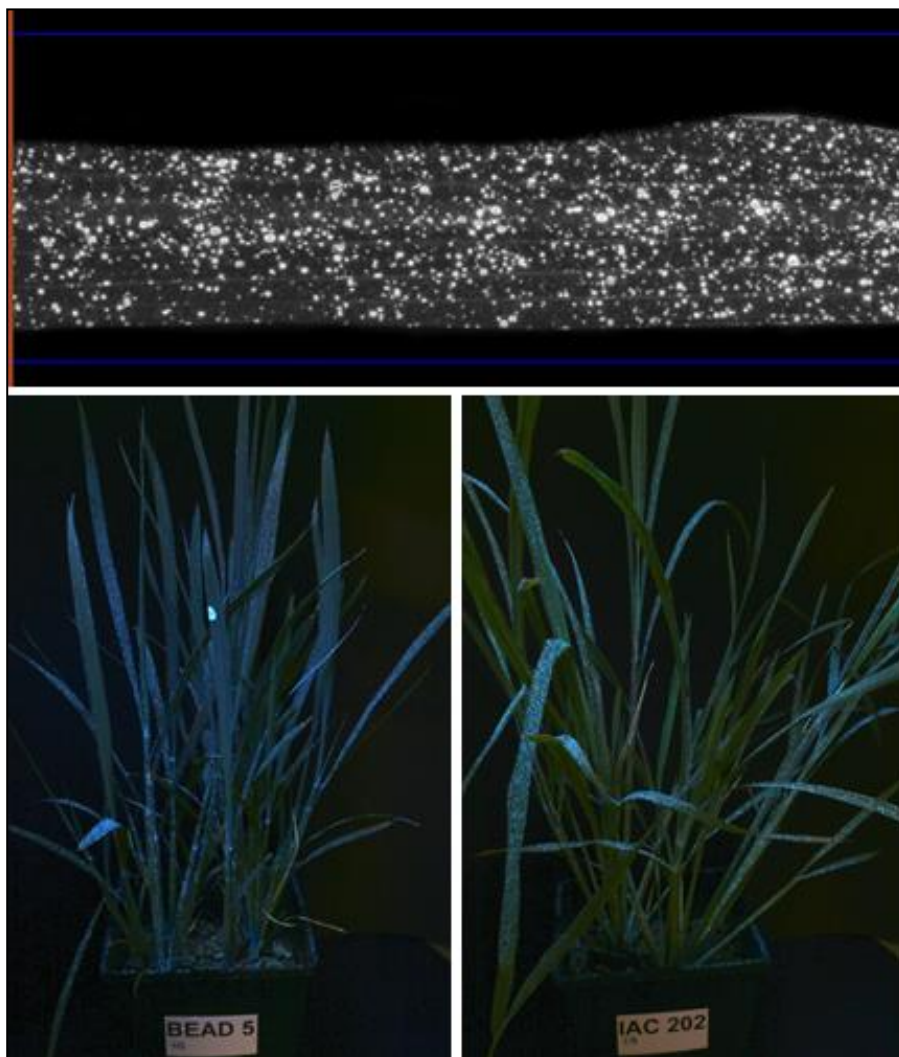


Figura 105: Tratamento 11 – Água (200 L ha<sup>-1</sup>).

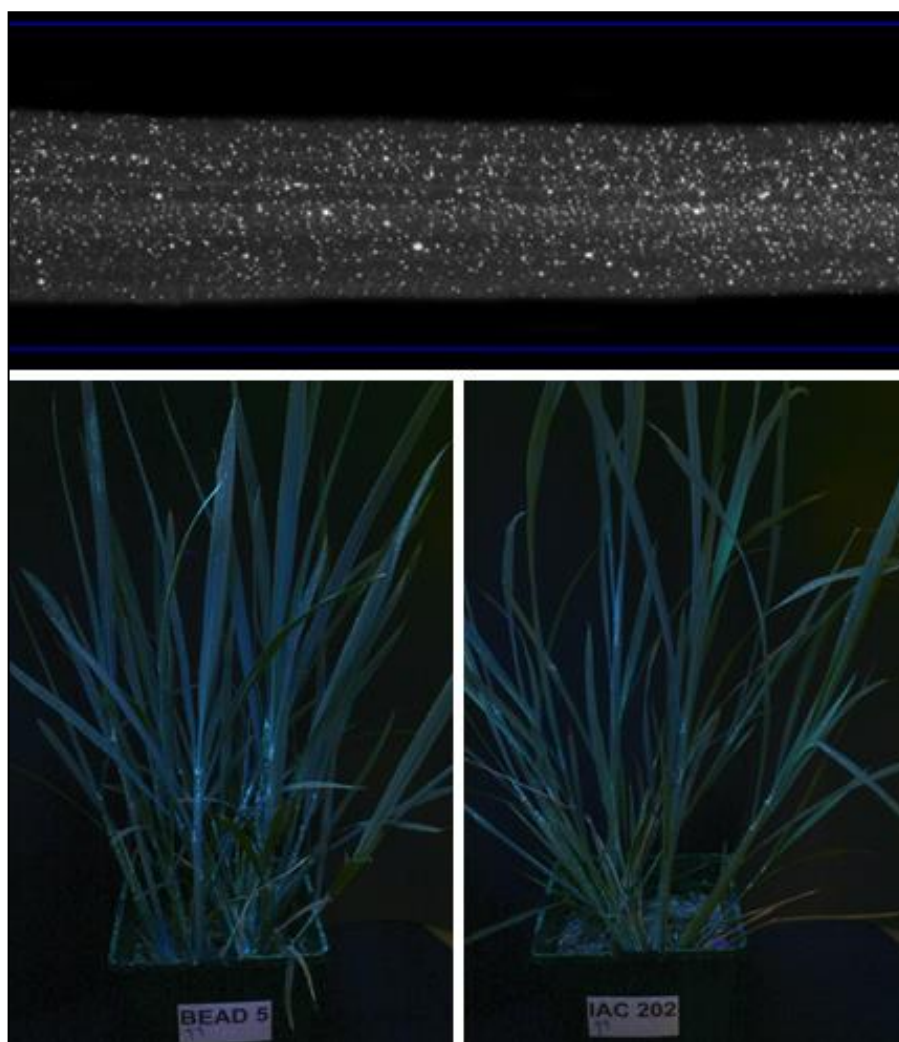


Figura 106: Tratamento 12 – Brio (200 L ha<sup>-1</sup>).

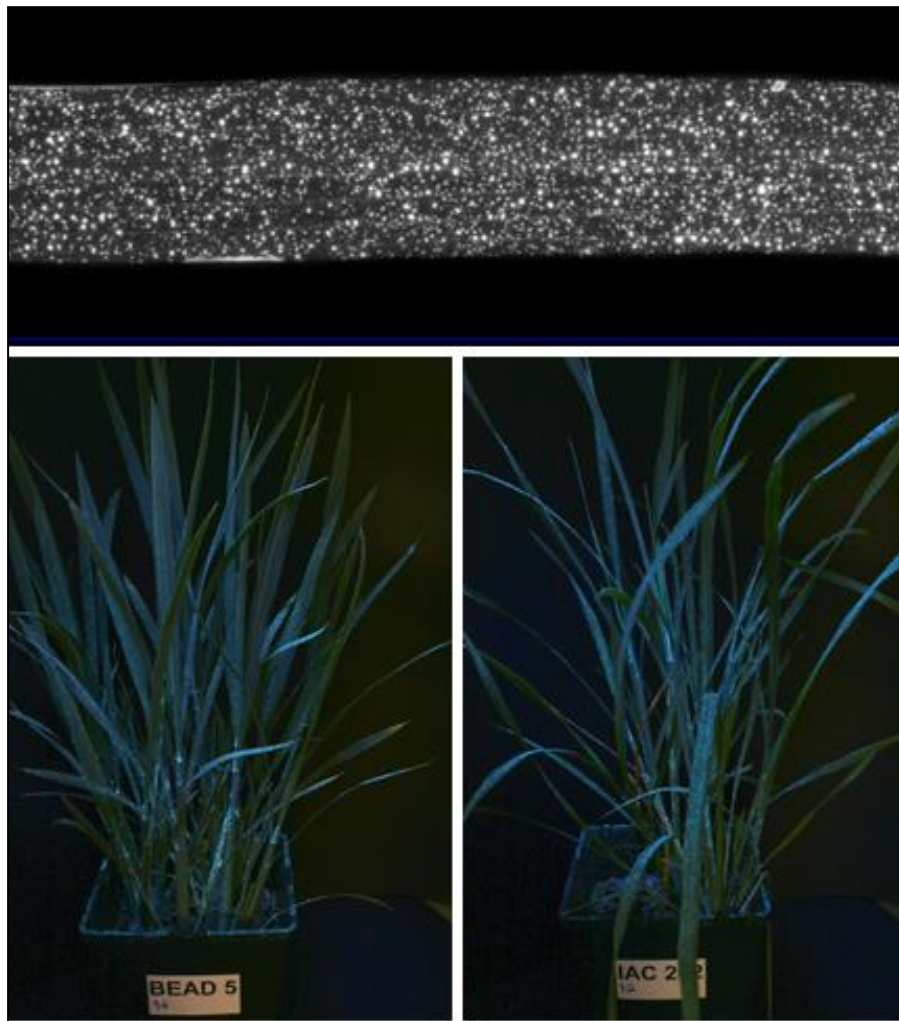


Figura 107: Tratamiento 13 – Brio + Aureo (200 L ha<sup>-1</sup>).

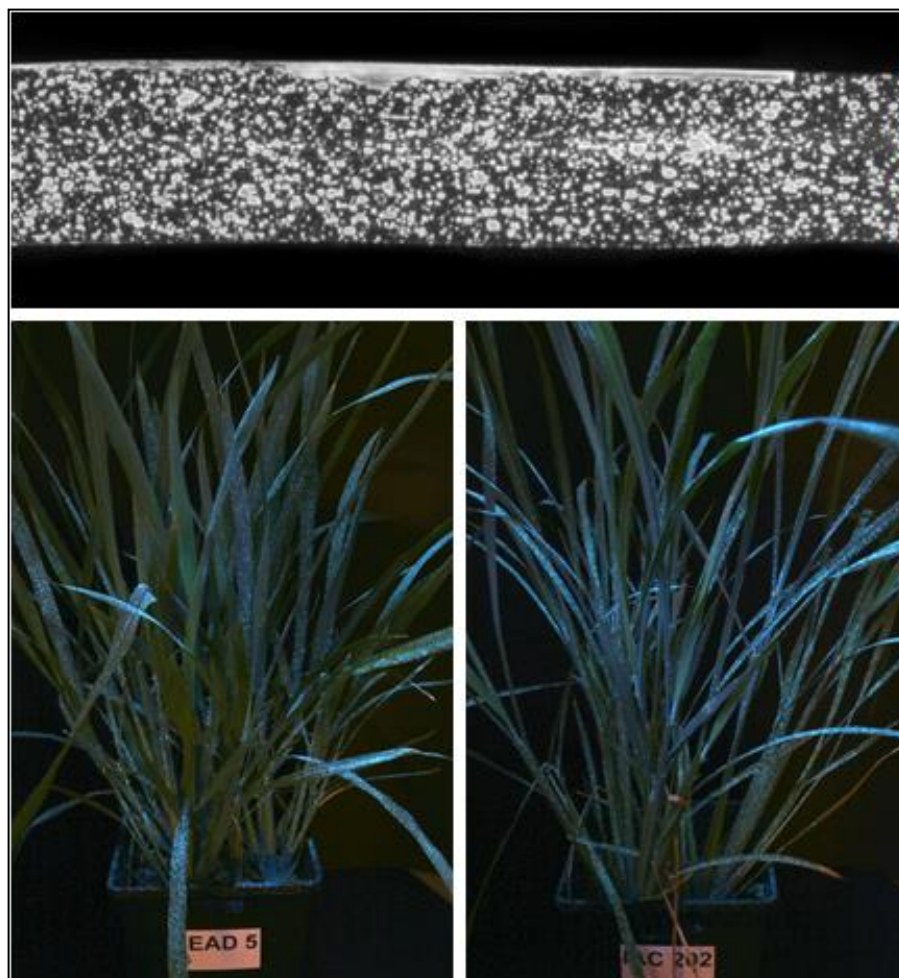


Figura 108: Tratamento 14 – Brio + Fighter (200 L ha<sup>-1</sup>).

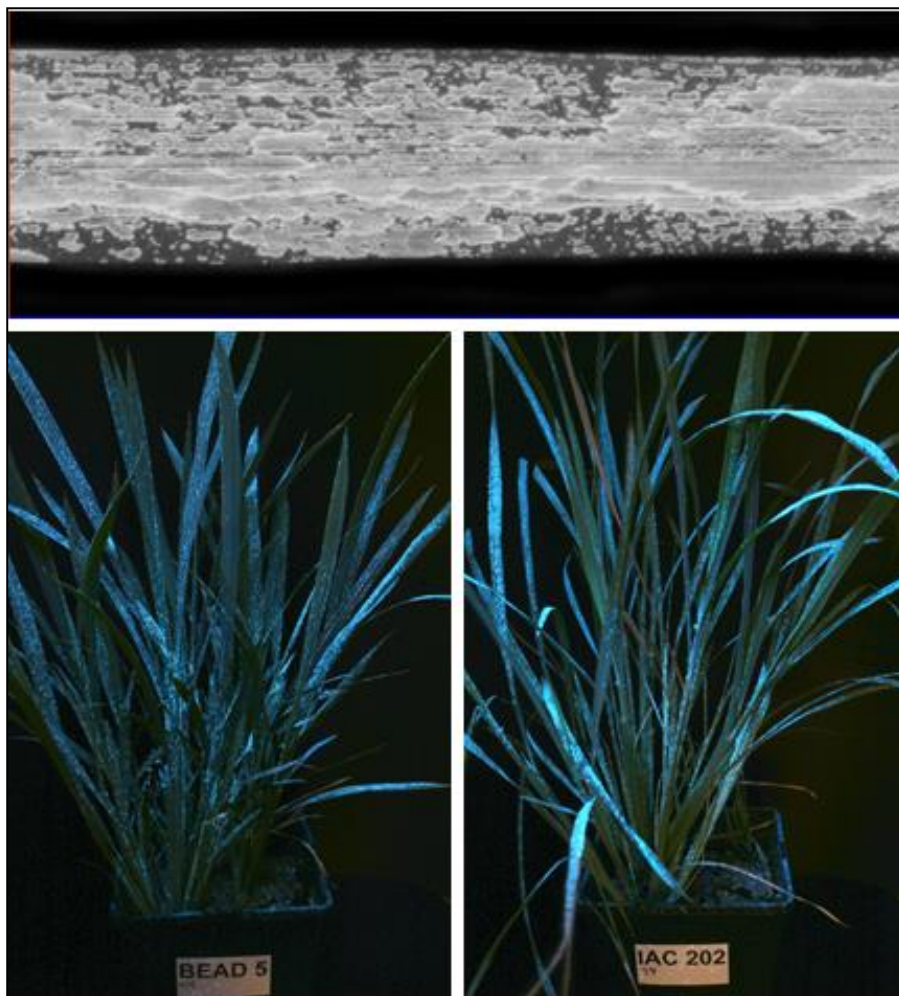
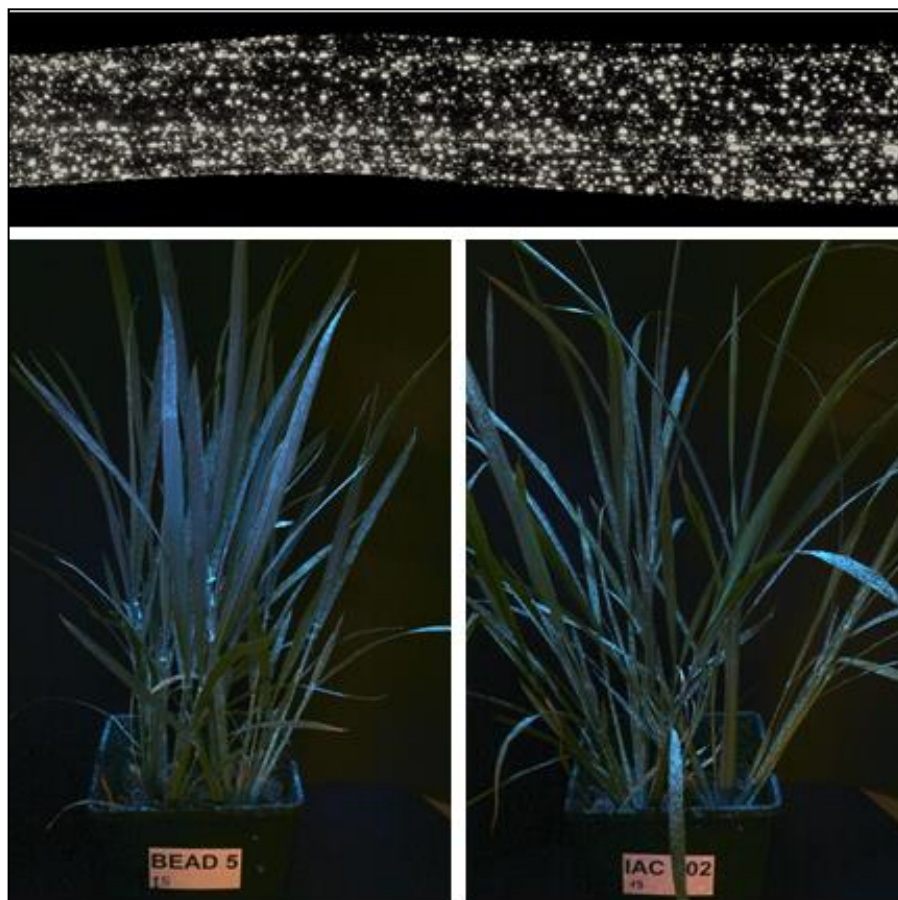


Figura 109: Tratamento 15 – Brio + Natur'l Óleo (200 L ha<sup>-1</sup>).



Os resultados de porcentagem de cobertura da pulverização no laboratório em papel hidrossensível (Tabela 17) são similares aos apresentados na Tabela 03, no estudo conduzido a campo, porém muito distintos dos resultados mostrados na Tabela 16, relativos à cobertura da pulverização na superfície foliar do arroz.

As diferenças na porcentagem de cobertura se devem ao fato de que no alvo artificial (papel hidrossensível) a deposição é predominantemente por sedimentação, sendo desconsiderada a morfologia e a arquitetura da planta, que têm grande influência no espalhamento da calda pulverizada na folha e na interceptação das gotas menores.

A porcentagem de cobertura em papel hidrossensível evidencia que as diferenças entre tratamentos estão relacionadas ao volume de aplicação (Tabela 17). Para o mesmo volume de aplicação os resultados são similares para os tratamentos, não tendo influência do fungicida e dos adjuvantes. Diferente do ocorrido nas avaliações sobre a folha de arroz, onde o principal fator de interferência no espalhamento e de cobertura da calda é a adição de adjuvantes e do fungicida.

Tabela 17: Cobertura da pulverização (%), diâmetro das gotas ( $\mu\text{m}$ ) e amplitude relativa (SPAN) referentes ao teste de deposição de gotas em papel hidrossensível, realizado em laboratório.

<b>Tratamentos</b>	<b>Volume l/ha</b>	<b>Cobertura %</b>	<b>DV<sub>0,1</sub> <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>DV<sub>0,5</sub> <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>DV<sub>0,9</sub> <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>SPAN</b>
1. Água	10	10,3	80	131	251	1,31
2. Brio	10	12,8	89	144	240	1,05
3. Brio + Aureo	10	12,7	78	120	206	1,07
4. Brio + Fighter	10	12,9	81	132	255	1,32
5. Brio + Natur'l Óleo	10	12,8	78	128	247	1,32
6. Água	100	33,6	108	209	339	1,11
7. Brio	100	33,1	107	208	326	1,05
8. Brio + Aureo	100	32,2	106	197	316	1,07
9. Brio + Fighter	100	33,5	117	225	365	1,10
10. Brio + Natur'l Óleo	100	33,6	116	224	348	1,04
11. Água	200	69,0	164	308	426	0,85
12. Brio	200	69,5	151	306	428	0,88
13. Brio + Aureo	200	68,5	141	314	411	0,86
14. Brio + Fighter	200	69,6	159	341	457	0,87
15. Brio + Natur'l Óleo	200	69,8	150	305	418	0,88

Referente ao espectro de gotas, verifica-se que a influência dos adjuvantes no diâmetro das gotas e amplitude relativa foi menor no teste de laboratório (Tabela 17) quando comparado ao observado no experimento de campo. Fato este

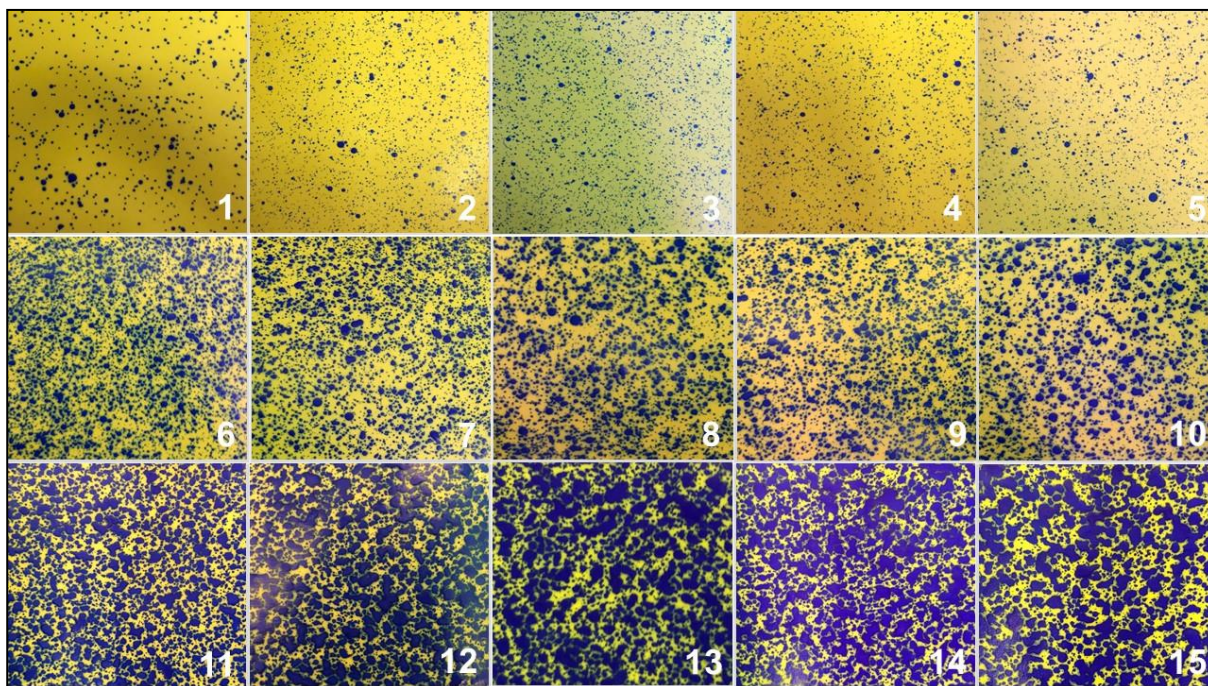
devido à aplicação ter sido realizada sob condições controladas do ambiente. Pode-se também observar que quanto maior o volume aplicado, maior é o diâmetro das gotas coletadas nos papeis hidrossensíveis e menor a amplitude relativa, caracterizando maior homogeneidade do espectro das gotas.

Pelos resultados apresentados nas Tabelas 16 e 17, pode-se verificar a importância de analisar a porcentagem de cobertura na superfície foliar da planta em estudo, pois fatores intrínsecos ao alvo podem alterar significativamente a cobertura da pulverização. Ao avaliar a cobertura da pulverização sobre as plantas de arroz no maior volume ( $200 \text{ L ha}^{-1}$ ), a associação do adjuvante Fighter ao fungicida Brio proporcionou uma taxa de cobertura três vezes maior quando comparado aos demais adjuvantes associados ao fungicida no mesmo volume aplicado (Tabela 16).

Para o mesmo volume de aplicação não houve interferência do adjuvante na taxa de cobertura quando foi avaliada em papel hidrossensível (Tabela 17).

Pelas imagens da cobertura da pulverização nos papeis hidrossensíveis fica evidenciado que o volume de aplicação demonstrou maior interferência sobre o nível de cobertura em relação a qualquer outro fator envolvido nesse estudo (Figura 110).

Figura 110: Depósito de gotas em papel hidrossensível, das caldas aplicadas com o fungicida Brio isolado e em mistura com diferentes adjuvantes. Tratamentos 1 a 15, de acordo com a Tabela 17.



## 2.4 Conclusão

Nas condições em que foram desenvolvidos os testes pode-se concluir que:

A adição dos adjuvantes Aureo e Fighter não causa problemas de incompatibilidade na calda fungicida;

O adjuvante Natur'l Óleo ao ser adicionado na calda fungicida forma uma suspensão líquida oleosa, nas três concentrações em teste;

Os adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo reduzem o número de gotas com alto potencial de deriva;

O fungicida Brio promove a redução da tensão superficial da calda, sendo seu efeito superior ao dos adjuvantes em teste;

A adição de adjuvantes na calda fungicida diminui os valores referentes à tensão superficial dinâmica;

O fungicida Brio tem pouca influência na redução do ângulo de contato da gota com a folha de arroz;

O adjuvante Fighter tem o maior efeito na redução do ângulo de contato da gota, seguido pelo Natur'l Óleo e pelo Aureo;

Somente os adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo, na maior concentração, assim como Fighter adicionado na calda fungicida na maior concentração de Brio, promovem resultados em que a relação da solução com a superfície foi considerada molhável ( $\theta < 30^\circ$ );

Os produtos em teste influenciam no espalhamento e na porcentagem de cobertura da calda aplicada nas folhas de arroz e o adjuvante Fighter é o que proporciona melhores resultados.

## 2.5 Referências

ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais.**

Ed. 1. Passo Fundo: FEPAF, 2011. 279 p.

ANTUNIASSI, U.R.; VILINI, E.D.; OLIVEIRA, R.B.; OLIVEIRA, M.A.P.; FIGUEIREDO, Z.N. **Systems of aerial spraying for soybean rust control.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.31, n.4, p.695-703, 2011.

BAUR, P.; BAUER, M.; STAIGER, S. **Use Of Etherified Lactate Esters For Reducing The Drift During The Application Of Plant-Treatment Agents**. US 2017/0223952 A1. Aug. 10, 2017.

CALORE, R.A.; FERREIRA, M.C.; RODRIGUES, N.E.L.; OTUKA, A.K. **Effect of herbicides associated with adjuvants in surface tension and contact angle in leaves of Ipomoea hederifolia**. Aspects of Applied Biology. 2014; 122: 425-30.

CBB. Centro Brasileiro de Bioaeronáutica. **Formulações para aplicações em BVO**. 2017. Disponível em: <<http://www.bioaeronautica.com.br/artigos-tecnicos/arquivos/bvoaereo/Como-trabalhar-BVO.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2018.

COUTINHO, M.P. Influência da morfologia da superfície na molhabilidade do titânio comercialmente puro. 2007. 84f. **Dissertação** (Mestrado em Mestrado em Ciências dos Materiais) – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro/RJ.

ELSIK, C.M.; STRIDDE, H.M.; SCHWEINER, T.M. **Spray drift reduction technology adjuvant evaluation**. Journal of ASTM International, 2010; 7(7): 1–19.

GAZZIERO, D.L.P. **Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil**. Planta daninha, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 83-92, mar. 2015.

HOFFMANN, W.C.; BRADLEY, F.; BAGLEY, W.E.; GEDNALSKE, J; ELSIK, C.E.; KRUGER, G.R. (2012). **Determination of selection criteria for spray drift reduction from atomization data**. ASTM Special Technical Publication. 1558. 65-79.

IOST, C.A.R.; RAETANO, C.G. **Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais.**

Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 670-680, Aug. 2010.

KOCH, K.; BHUSHAN, B.; BARTHLOTT, W. (2008) **Diversity of structure, morphology and wetting of plant surfaces.** Soft Matter 4(10): 1943–1963.

KWON, D.H.; HUH, H.K.; LEE, S.J. (2014). **Wettability and impact dynamics of water droplets on rice (*Oryza sativa* L.) leaves.** Experiments in Fluids, 55(3).

LAN, Y.; HOFFMANN, W.C.; FRITZ, B.K.; MARTIN, D.E.; LOPEZ, J.D. **Spray drift mitigation with spray mix adjuvants.** Applied Engineering in Agriculture, 2008; 24(1): 5–10.

LEE, S.G.; LIM, H.S.; LEE, D.Y.; KWAK, D.; CHO, K. (2012). **Tunable Anisotropic Wettability of Rice Leaf-Like Wavy Surfaces.** Advanced Functional Materials, 23(5).

LIN, J.L.; ZHU, H. **Fading Activities of Herbicidal Droplets Amended with Emulsifiable Spray Adjuvants on Cucurbitaceous Leaves** (2018). Transactions of the ASABE. 61(6): 1881-1888.

MACIEL, C.D.G.; GUERRA, N.; OLIVEIRA NETO, A.M.; POLETINE, J.P.; BASTOS, S.L.W; DIAS, N.M.S. (2010) **Tensão superficial estática de misturas em tanque de**

**glyphosate + chlorimuron-ethyl isoladas ou associadas com adjuvantes.** Planta Daninha, 28(3), 673-685.

MENG, Y.; LAN, Y.; MEI, G.; GUO, Y.; SONG, J.; WANG, Z. (2018). **Effect of aerial spray adjuvant applying on the efficiency of small unmanned aerial vehicle on wheat aphids control.** International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 11. 46-53.

PAZINI, J.B.; BOTTA, R.A.; BOCK, D.F.; GIACOMELI, R.; FIPKE, G.M.;SCHAEDLER, C.E.;SILVA, F.F.; RAMÃO, C.J. Compatibilidade Física da Mistura de Agrotóxicos. **VIII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado.** Anais. Santa Maria, 2013.

OLIVEIRA, RONE B. DE; ANTUNIASSI, ULISSES R.; GANDOLFO, MARCO A. **Spray adjuvant characteristics affecting agricultural spraying drift.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 109-116, Feb. 2015.

SILVA, J.F.; SILVA, J.F.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA: F.A. Herbicidas: absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.

TESKE, M. E.; HEWITT, A.J.; VALCORE, D.L. 2004. The role of small droplets in classifying drop size distribution. **ILASS Americas 17th Annual Conference on Liquid Atomization and Spray Systems.** Arlington, VA.

WANG, X.; HE, X.; SONG, J.; WANG, Z.; WANG, C.; WANG, S.; WU, R.; MENG, Y. (2018). **Drift potential of UAV with adjuvants in aerial applications**. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 11. 54-58.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, H.E.; BAGLEY, W.E.; KRAUSE, C.R. (2011). **Droplet evaporation and spread on waxy and hairy leaves associated with type and concentration of adjuvants**. Pest Management Science, 67(7), 842–851.

ZHU, Y.; YU, C.; LI, Y.; ZHU, Q.Q.; ZHOU, L; CAO, C.; YOU, T.T.; Du, F.P. (2013). **Research on the changes in wettability of rice (*Oryza sativa*.) leaf surfaces at different development stages using the OWRK method**. Pest Management Science, 70(3), 462–469.

### CAPÍTULO 3

## BIODISPONIBILIDADE: ESTRUTURAS FOLIARES, CARACTERIZAÇÃO DA GOTA, PH, PENETRAÇÃO CUTICULAR E FITOINTOXICAÇÃO

### Resumo

Adjuvantes podem modificar as características físico-químicas da calda de pulverização e a interação deles com a superfície vegetal afetar a biodisponibilidade ao alvo a ser atingido. Com a finalidade de avaliar a influência dos adjuvantes na aplicação de fungicida na cultura do arroz e suas interações biológicas foram conduzidos testes de laboratório no setor de Crop Solutions da Clariant Innovation Center em Frankfurt, Alemanha. Os adjuvantes utilizados no estudo foram: Aureo (éster metílico de soja), Fighter (mistura de surfactantes não iônicos) e Natur'l Óleo (óleo vegetal), e como fungicida foi utilizado o Brio (epoxiconazole + cresoxim-metílico), o delineamento estatístico foi inteiramente casualizado. Foram avaliados a morfologia e constituição das estruturas foliares do arroz em microscopia eletrônica de varredura, caracterização do depósito e da formação de cristais em lente comum e polarizada, pH das soluções, quantificação de penetração cuticular de epoxiconazol e cresoxim-metílico e da velocidade de penetração em membrana natural, através de HPLC, e a fitointoxicação. Para estes testes foram utilizados os cultivares IAC 202 e BEAD, já descritos. Nas condições em que foram desenvolvidos os testes pode-se concluir que: as estruturas foliares do arroz variam de acordo com a face da folha e das características dos cultivares; tricomas, papilas e células silicificadas contêm níveis mais elevados de sílica do que outras regiões de células epidérmicas; silício é o elemento mais abundante na epiderme das folhas de arroz; o fungicida Brio, nas

três concentrações, quando aplicado isolado, apresenta a formação de cristais por todo o depósito e de anel (“coffee ring”) na borda da gota; a adição de adjuvantes evita a formação de “coffee ring” na borda das gotas da solução fungicida; Brio não altera o pH da solução; a penetração foliar de epoxiconazole é duas vezes superior ao cresoxim-metílico; o aumento da concentração de Brio resulta na diminuição da taxa de penetração dos ingredientes ativos; a adição de adjuvantes à calda fungicida, com destaque ao Aureo e Natur’l Óleo, aumenta a porcentagem de penetração dos ingredientes ativos; a velocidade e a porcentagem de penetração têm influência direta na fitointoxicação; o aumento da penetração dos ingredientes ativos pelos adjuvantes promove sinais de fitointoxicação em *Euphorbia pulcherrima*, com destaque para Aureo e Natur’l Óleo em todas as concentrações de Brio, e Fighter adicionado à maior concentração de Brio.

**Palavras-chave:** arroz, fungicida, adjuvantes, penetração cuticular, depósito.

### 3.1 Introdução

As folhas das plantas superiores contêm múltiplos tipos de células e estruturas que as protegem em condições ambientais desfavoráveis. O desenvolvimento de células e estruturas epidérmicas especializadas desempenham papel fundamental na tolerância das plantas às tensões bióticas e abióticas (YOO et al., 2011).

O arroz apresenta grande quantidade de estruturas foliares que influenciam no molhamento e na penetração de agroquímicos na planta, com destaque aos tricomas, papilas e células silicificadas, além da presença de cristais cerosos.

Dentre as células especializadas que ocorrem na epiderme, além dos estômatos, se destacam os tricomas, apêndices epidérmicos que podem ser unicelulares ou pluricelulares e geralmente promovem a proteção do vegetal, e na cultura do arroz são divididos principalmente entre microtricomas, macrotricomas, espinhos e ganchos (APEZZATTO-DA-GLORIA & CARMELLO-GUERREIRO, 2012).

As papilas são protuberâncias de diversas formas e tamanhos que estão presentes nas paredes externas das células epidérmicas das superfícies adaxial e abaxial das folhas e ocorrem principalmente nas células longas e na zona intercostal (GOLAM & ARSHAD, 2002).

O arranjo anisotrópico das estruturas foliares do arroz em microescala, tal como as papilas, induzem diretamente a molhabilidade direcional numa superfície da folha (LEE et al., 2012). A distribuição espacial das papilas nas folhas de lótus é homogênea, enquanto que nas folhas de arroz é anisotrópico, como evidenciado por Kwon et al. (2014).

A distribuição anisotrópica das papilas em folhas de arroz causa molhabilidade anisotrópica, influenciando no molhamento das folhas, onde as gotículas de água rolam facilmente ao longo da direção longitudinal paralela à orientação principal do padrão das papilas (SUN et al. 2005).

A microscopia eletrônica de varredura é uma técnica que permite a observação e a caracterização de diferentes tipos de materiais a partir da emissão e interação de feixes de elétrons sobre uma amostra, sendo possível caracterizá-los do ponto de vista de sua morfologia e sua organização ultra estrutural, como por exemplo as estruturas anatômicas de uma planta (CASTRO, 2001).

Dentre os tipos de microscopia eletrônica de varredura, se destaca a criomicroscopia, na qual uma amostra biológica hidratada, mas fixada

criogenicamente, é visualizada em um estágio frio do microscópio eletrônico de varredura em uma câmara criogênica, sendo o resfriamento geralmente obtido com nitrogênio líquido e são visualizadas amostras que encontram-se no estado congelado (DOKLAND et al., 2007).

A técnica de EDX (Energia Dispersiva de Raios X) pode ser aliada à microscopia eletrônica de varredura, a fim de realizar a determinação qualitativa e a determinação quantitativa da composição elementar de uma amostra (SOARES & SARON, 2010).

Após a aplicação dos defensivos ocorre o contato das gotas com a superfície das plantas. As gotas formam depósitos que influenciam a absorção da solução aplicada. A estrutura dos depósitos dos defensivos nas folhas depende fortemente da interação complexa entre o agroquímico e a superfície da planta, e neste caso sendo impactado tanto pela metodologia de aplicação quanto pelos fatores ambientais (HUNSCHE et al., 2011). Assim, os adjuvantes, presentes na formulação ou adicionados na mistura em tanques, têm um forte impacto no espalhamento das gotas e formação de depósitos (BAUR & PONTZEN, 2007).

Os adjuvantes podem interferir no pH das soluções, e como consequência interferir na eficiência de um agroquímico, pois altas concentrações de íons  $H^+$  ou  $OH^-$  poderão reagir com o ingrediente ativo, diminuindo a sua concentração na calda (CONCEIÇÃO, 2003).

Prado et al. (2011) verificaram que produtos fitossanitários adicionados à calda de aplicação tendem a alterar os valores do potencial hidrogênico (pH) da solução, podendo ter ação direta na dissociação dos ingredientes ativos e na estabilidade física da calda. Aponte e Baur (2018), estudando as relações entre pH

das soluções e a absorção de agroquímicos, constataram que determinadas taxas de pH tem interferência direta na absorção dos ingredientes ativos.

As folhas estão revestidas por uma camada hidrofóbica que cobre as células epidérmicas e pode ser distinguida de todas as outras paredes celulares pela presença de uma camada contínua e fina predominante de material lipídico depositado em sua superfície externa (RIEDERER & SCHREIBER, 2001). Esta camada extracelular é a membrana cuticular ou cutícula, que serve como interface entre a planta e o ambiente, tornando-se assim protetora e controladora de perdas de água.

A cutícula também dificulta o transporte de água e substâncias orgânicas e inorgânicas da parte externa para a parte interna da planta, sendo também a primeira barreira à entrada de produtos químicos aplicados via foliar (ALBERT, 2000).

A cutícula é constituída quimicamente por quatro componentes essenciais: ceras, cutinas, pectinas e celulose (BAKER, 1982). Estes componentes estão dispostos nessa ordem descrita, da camada mais externa para a mais interna. As ceras e as cutinas são substância lipídicas e conferem à parte externa da membrana a característica lipofílica, que a torna mais hidrofílica em seu interior (WETTSTEIN-KNOWLES, 1993).

Os adjuvantes, presentes na formulação ou adicionados em tanque de pulverização, podem atuar como um facilitador de penetração foliar, pois aumentam a disponibilidade ativa no depósito e a mobilidade de ingredientes ativos na cutícula da planta (BAUR et al., 2014).

Baur et al. (1996) afirmam que a influência positiva dos adjuvantes na taxa de absorção foliar deve-se ao aumento da força de penetração e da difusão na cutícula. As alterações que os adjuvantes provocam no molhamento, retenção,

partição e estado físico dos ingredientes ativos na superfície das plantas modificam a concentração óleo-água ( $K_{ow}$ ), influenciando na força de penetração, assim como aumentam a mobilidade dos ingredientes ativos na cutícula, facilitando a difusão.

Após o início da penetração dos ingredientes ativos na cutícula das folhas o  $K_{ow}$  vai diminuindo devido também à evaporação de água na gota, resultando em constante queda na força de penetração. A diminuição da taxa de penetração ocorre devido também à saturação da cutícula, que consegue absorver somente de 5 a 10% de sua massa. A taxa de penetração, assim como a estrutura foliar, o aspecto do depósito e a característica dos adjuvantes e ingredientes ativos têm grande influência na fitointoxicação das plantas.

Portanto, os objetivos do estudo foram avaliar a influência dos adjuvantes na aplicação de fungicida na cultura do arroz e as interações: morfologia e constituição das estruturas foliares do arroz em microscopia eletrônica de varredura, caracterização do depósito e da formação de cristais em lente comum e polarizada, pH das soluções, quantificação de penetração cuticular de epoxiconazol e cresoxim-metílico e da velocidade de penetração em membrana natural, através de HPLC, e a fitointoxicação.

## **3.2 Material e Métodos**

### **3.2.1 Descrição dos produtos**

Foi utilizado o fungicida Brio (epoxiconazol + cresoxim-metílico) na concentração de 125 + 125 g L<sup>-1</sup>. Os ingredientes ativos pertencem aos grupos químicos Triazol e Estrobilurina. O produto comercial está formulado sob forma de

Suspensão Concentrada (SC) e sua classificação toxicológica é III (medianamente tóxico).

Os adjuvantes utilizados foram Aureo: éster metílico de óleo de soja adicionado de emulsificantes sintéticos, concentração de 720 g L<sup>-1</sup>, Concentrado Emulsionável (CE) e classificação toxicológica IV (pouco tóxico); Fighter: mistura de surfactantes não iônicos, concentração 100 g L<sup>-1</sup>, Concentrado Emulsionável (CE) e classificação toxicológica IV (pouco tóxico); Natur'l Óleo: o óleo vegetal adicionado de emulsificantes sintéticos, concentração 930 g L<sup>-1</sup>, Concentrado Emulsionável (CE) e classe toxicológica IV (pouco tóxico).

### **3.2.2 Estruturas Foliare**

As imagens das estruturas foliares foram realizadas no Laboratório de Imagens da Clariant através da técnica de Criomicroscopia Eletrônica de Varredura.

As amostras foram retiradas das plantas de arroz e cortadas em quadrados de 1 cm<sup>2</sup>, em seguida foram colocadas na Câmara Criogênica Gatan Auto 2100, sendo resfriadas com o uso de nitrogênio líquido. Após o congelamento, foi aplicada uma camada de ouro sobre as folhas e as amostras inseridas no Microscópio Eletrônico de Varredura JSM-5600LV (Figura 111).

As análises da quantificação de elementos nas estruturas foliares foram realizadas através da técnica de Espectrometria de Energia Dispersiva de Raio X (EDX). A fonte de excitação do feixe de raios X, o detector, o processador de pulsos e o equipamento de análise fazem parte do sistema do Microscópio Eletrônico de Varredura JSM-5600LV.

Figura 111: Microscópio Eletrônico de Varredura JSM-5600LV.



### 3.2.3 Caracterização da Gota

Para a realização dos testes de observação de depósito das soluções, os tratamentos foram preparados e dispostos em uma mesa magnética para agitação por 30 minutos. Em seguida foi aplicada uma gota (5  $\mu\text{L}$ ) da solução do tratamento em estudo sobre lâminas de vidro de laboratório, que ficaram por período de secagem de 1 hora.

Após a secagem das gotas, a estrutura de depósito foi observada em um Microscópio Leica DM 4000M, com amplitude de 400x, sendo as imagens feitas da maneira usual, para a visualização da formação de anéis, e com luz polarizada, que possibilita a visualização de cristais presentes na solução (Figura 112).

Figura 112: Microscópio Leica DM 4000M.



### 3.2.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Para a análise do pH foram utilizadas as mesmas soluções do teste de caracterização das gotas. O líquido dos tratamentos foi colocado em recipientes de vidro de 20 mL e após a agitação, o sensor do medidor de pH WTW 3310 (Figura 113) foi colocado dentro do recipiente, de maneira a realizar a medição até a estabilização do resultado.

Figura 113: Medidor de pH WTW 3310.



### 3.2.5 Penetração Cuticular

Para o teste de penetração cuticular foram utilizadas 120 membranas cuticulares naturais, gerando duzentos e quarenta valores para constantes de penetração foliar (mobilidade) de epoxiconazole e cresoxim-metilico.

As cutículas foram obtidas de uma população homogênea de folhas maduras de pêra (*Pyrus communis* L.). Após a coleta das folhas à campo e transporte ao laboratório, estas são recortadas em discos de 2 cm de diâmetro, isoladas enzimaticamente à temperatura ambiente com pectinase, separadas a superfície central, abaxial e adaxial, e armazenadas em recipientes de vidro com água destilada (Figuras 114 e 115). Somente as cutículas adaxiais foram utilizadas, pois a espécie apresenta folhas hipoestomáticas.

Figura 114: Frasco com cutículas extraídas das folhas de pêra.

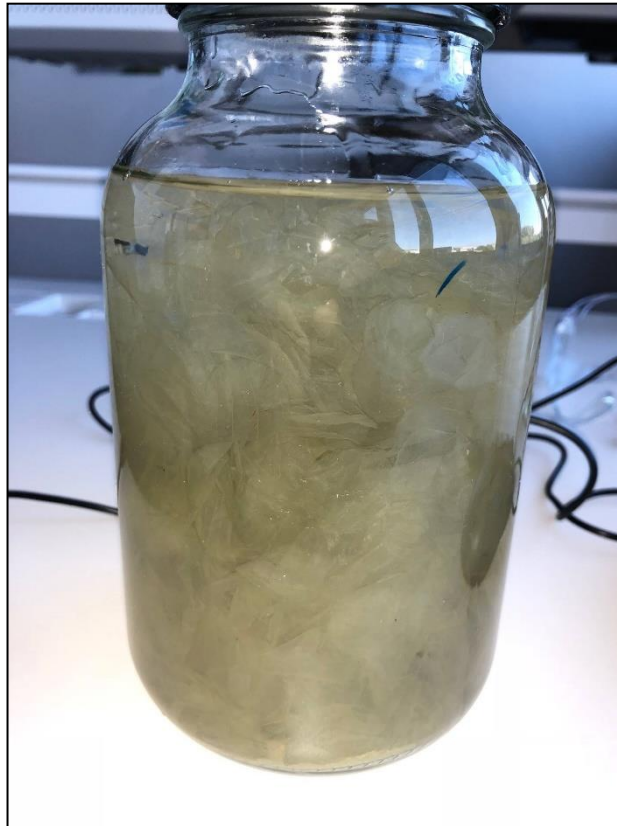


Figura 115: Cutículas extraídas das folhas de pêra.



No dia anterior ao início do teste, as cutículas foram colocadas para secagem sobre em placas de teflon. Para a instalação do teste, as membranas cuticulares foram fixadas em câmaras de aço inoxidável com a superfície externa original exposta ao ar, enquanto a superfície interna (em contato com a parede celular da epiderme da folha) foi orientada para a câmara interior. Os produtos foram aplicados na superfície exterior, no volume de 10 µL sobre a cutícula e após 1 hora de secagem, as câmaras foram colocadas sobre uma solução saturada de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  a 25 °C e umidade relativa constante de 56% (Figuras 116 e 117). Os tratamentos constaram de Brio isolado e adicionado de Aureo, Fighter e Natur'l Óleo, em 3 concentrações distintas, e cada tratamento apresentando 10 repetições.

Figura 116: Aplicação do teste de penetração cuticular na superfície adaxial das cutículas.



Figura 117: Cutículas após aplicação do teste de penetração cuticular.

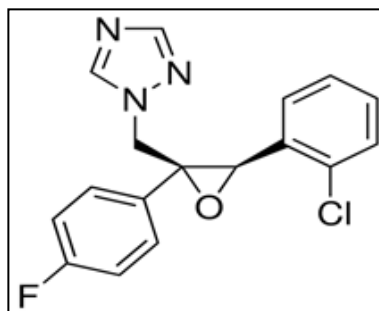


As avaliações de penetração cuticular foram realizadas 3, 12 e 24 horas após a aplicação. A determinação analítica foi realizada pelo equipamento HPLC (1290 Infinity, Agilent) e a separação por HPLC foi feita com a coluna Kinetex 30 x 2,1 mm 2,6  $\mu$  C18 100 A (Fenomenex) com alíquota de 10  $\mu$ L via injeção nos tempos indicados, descritos por Baur (1997), com os resultados expressos por gráficos de porcentagem de penetração no item 3.3.4.

### 3.2.5.1 Especificações do epoxiconazole

As características do ingrediente ativo epoxiconazole são: Massa molar 329,80 g/mol; Volume molar 230,86  $\text{cm}^3/\text{mol}$ ; Log P (coeficiente de partição) 3,44; Ponto de fusão 137°C; L  $\text{H}_2\text{O}$  (solubilidade) 7,1 mg/L e sua fórmula química estrutural representada na Figura 118.

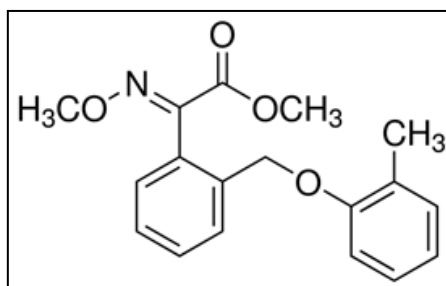
Figura 118: Fórmula estrutural plana do epoxiconazole.



### 3.2.5.2 Especificações do cresoxim-metílico

As características do ingrediente ativo cresoxim-metílico são: Massa molar 313,35 g/mol; Volume molar 219,35 cm<sup>3</sup>/mol; Log P (coeficiente de partição) 3,40; Ponto de fusão 102°C; L H<sub>2</sub>O (solubilidade): 2 mg/L e sua fórmula química estrutural representada na Figura 119.

Figura 119: Fórmula estrutural plana do cresoxim-metílico.



### 3.2.6 Fitointoxicação

O teste foi realizado em folhas de poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) com o objetivo de verificar a influência dos adjuvantes na fitointoxicação.

As plantas de poinsettia foram retiradas da estufa (Figura 120) e suas folhas superiores coletadas e dispostas sobre uma bandeja, com o pecíolo recoberto por papel umedecido, sob uma camada de papel alumínio (Figura 121). Após o preparo e mistura das soluções, estas foram aplicadas na superfície adaxial das folhas, duas gotas de 10 µL por tratamento (Figura 122).

Como solução padrão para a avaliação da fitointoxicação foi utilizado o adjuvante Genapol, nas concentrações de 0,3, 1,0 e 3,0%. Na parte superior direita de cada folha também foi aplicado uma gota de Genapol na concentração de 1,0%, para verificar a homogeneidade de resposta de cada folha. Após 24 horas as folhas foram analisadas e os resultados obtidos através da média da fitointoxicação causada pelas duas gotas das soluções em teste, utilizando a escala EWRC (1964), onde 1 = nenhuma fitointoxicação e 9 = severa.

Figura 120: Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*).



Figura 121: Disposição dos tratamentos após a aplicação.



Figura 122: Folha com a aplicação do tratamento fungicida.



### 3.3 Resultados e Discussão

#### 3.3.1 Estruturas Foliaves

As folhas do arroz são caracterizadas pelo grande número de tricomas e papilas, que podem ser observados através das Figuras 123, 124 e 125.

Figura 123: Estruturas foliares na zona intercostal da superfície abaxial da folha de arroz, cultivar BEAD (Magnitude 230x): a) ganchos; b) macrotricomas; c) microtricomas; d) células silicificadas; e) papilas.

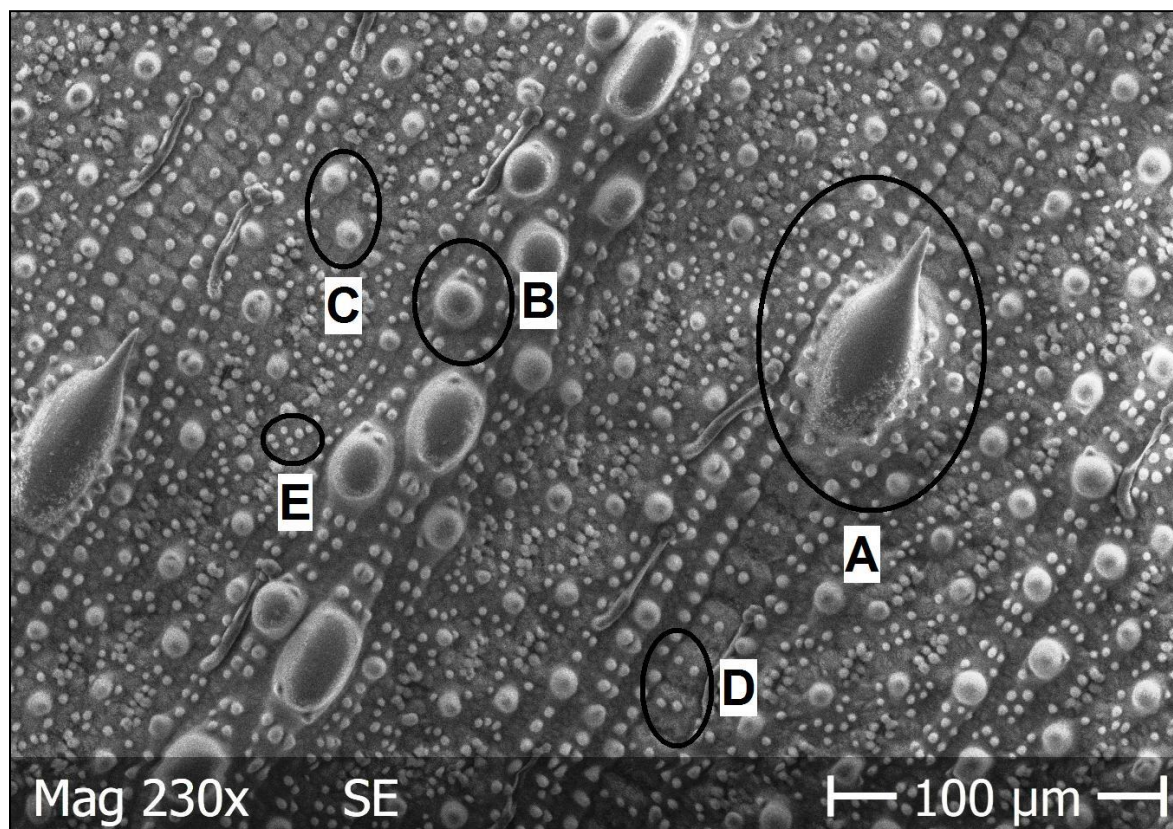
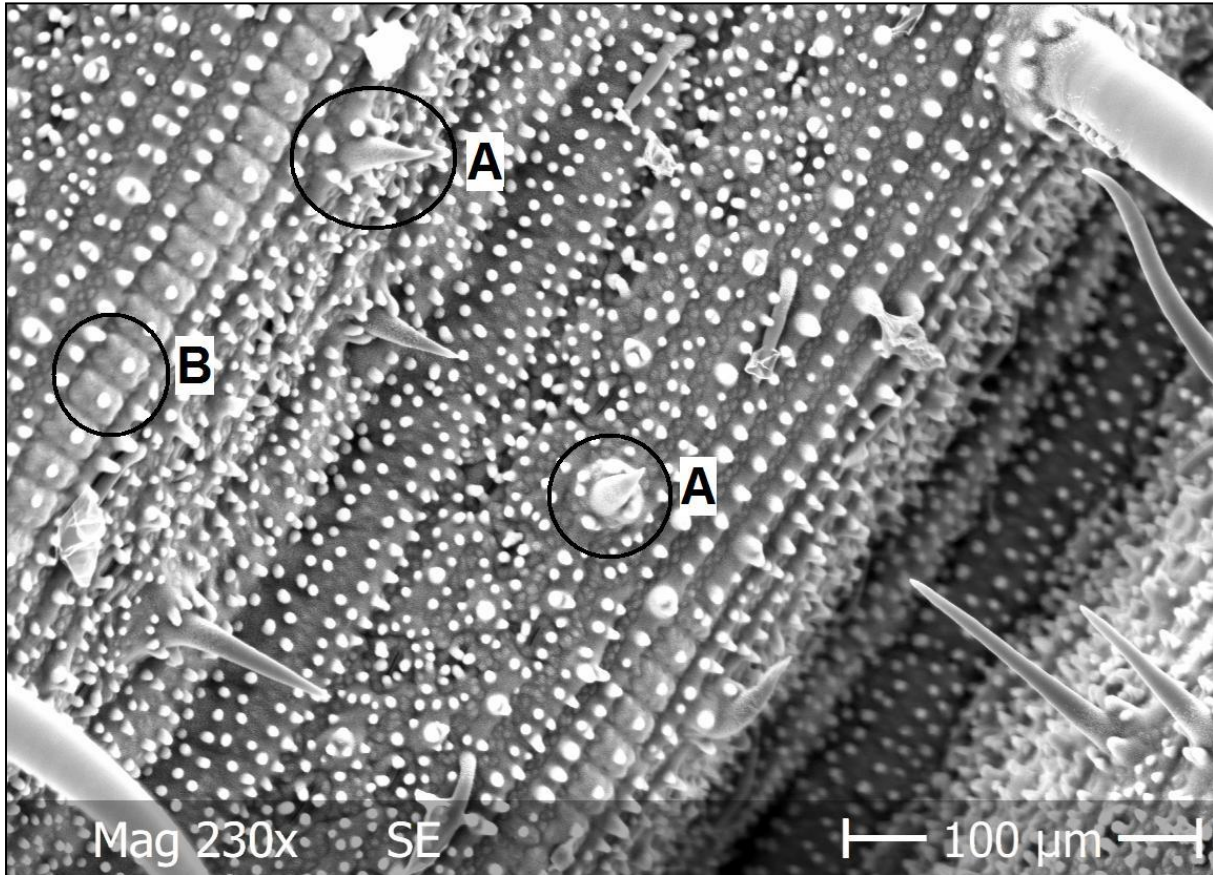


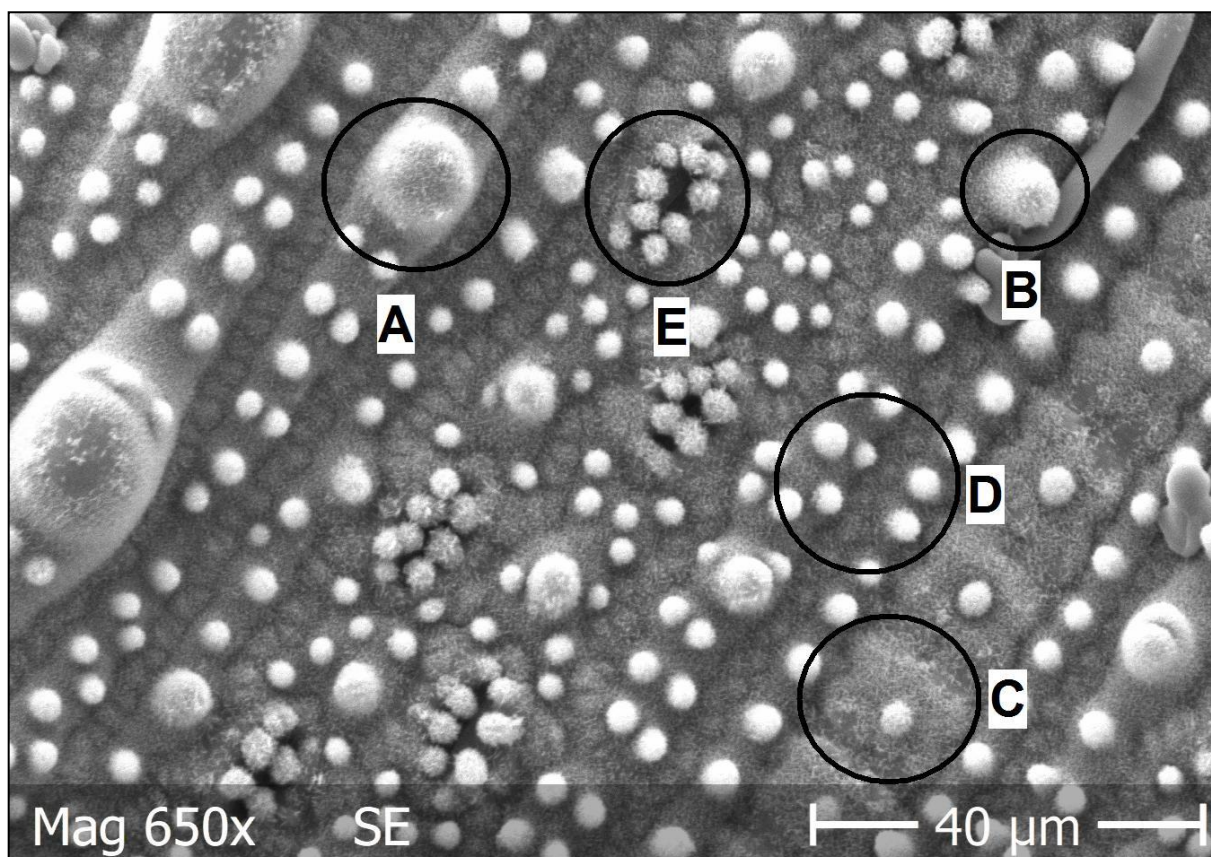
Figura 124: Estruturas foliares na zona intercostal da superfície adaxial da folha do arroz, cultivar IAC 202 (Magnitude 230x): a) espinhos; b) células silicificadas.



As estruturas foliares presentes no arroz variam de acordo com a superfície da folha e característica das cultivares, principalmente se compararmos cultivares utilizados no sistema irrigado com cultivares de terras altas.

Com exceção dos espinhos, presentes somente na superfície adaxial do cultivar IAC 202, as demais estruturas estão presentes nas superfícies adaxial e abaxial de ambos cultivares, sendo que o arranjo e a frequência de ocorrência dessas estruturas têm influência direta na fisiologia dos cultivares e na eficiência da distribuição e absorção dos defensivos agrícolas.

Figura 125: Estruturas foliares e cristais cerosos na zona intercostal da superfície abaxial da folha do arroz, cultivar BEAD (Magnitude 650x): a) macrotricomos; b) microtricomos; c) células silicificadas; d) papilas; e) estômatos e papilas recobrendo as células guarda.



Analisando-se os elementos absorvidos pela cultura do arroz, imprescindíveis à sua nutrição, verifica-se que o silício, apesar de não ser considerado um nutriente essencial às plantas, é o mais abundante na epiderme das superfícies adaxial e abaxial (Figuras 126, 127 e 128) das folhas de arroz.

Pela observação isolada do silício em uma magnitude de 220x, destaca-se a presença deste elemento nas células silicificadas, papilas e tricomas (Figura 129).

Kim et al. (2002), em estudos na Coréia do sul, avaliando a interferência do silício na resistência do arroz à mancha-parda, constataram que tricomas, papilas e células silicificadas contêm níveis mais elevados de sílica do que outras regiões de células epidérmicas.

Já Ning et al. (2014), pesquisando o mesmo tema na China, além de constatar a grande presença de silício nas papilas e células silicificadas, relataram que estas células de sílica tinham uma forma de haltere e estão distribuídas em fileiras ao longo das veias da folha, como podemos verificar com maior nitidez na Figura 127, com magnitude de 500. Na mesma imagem verifica-se que a menor presença do silício ocorre onde está localizada a abertura estomatal. Nos estômatos a presença de silício está relacionada às papilas presentes nas células subsidiária da célula guarda (Figura 125).

Ambos autores destacaram a importância do silício na resistência do arroz à mancha-parda, doença que é o alvo do estudo a campo, e afirmam que a aplicação de silício levou a uma silicificação celular mais pronunciada nas folhas de arroz, no aumento das células de sílica e papilas maiores. Porém, a aplicação deste elemento não tem efeitos consistentes em lavouras arrozeiras brasileiras, uma vez que os solos de várzeas são ricos em silício.

Dos elementos químicos presentes na folha do arroz, o silício é o elemento mais facilmente evidenciado pela técnica de MEV-EDX. Por esta técnica também foi possível a quantificação de outros elementos químicos presentes na folha do arroz (Figura 130).

Figura 126: Estruturas foliares e elementos presentes na superfície adaxial da folha de arroz observadas através de MEV-EDX (Magnitude 750x)

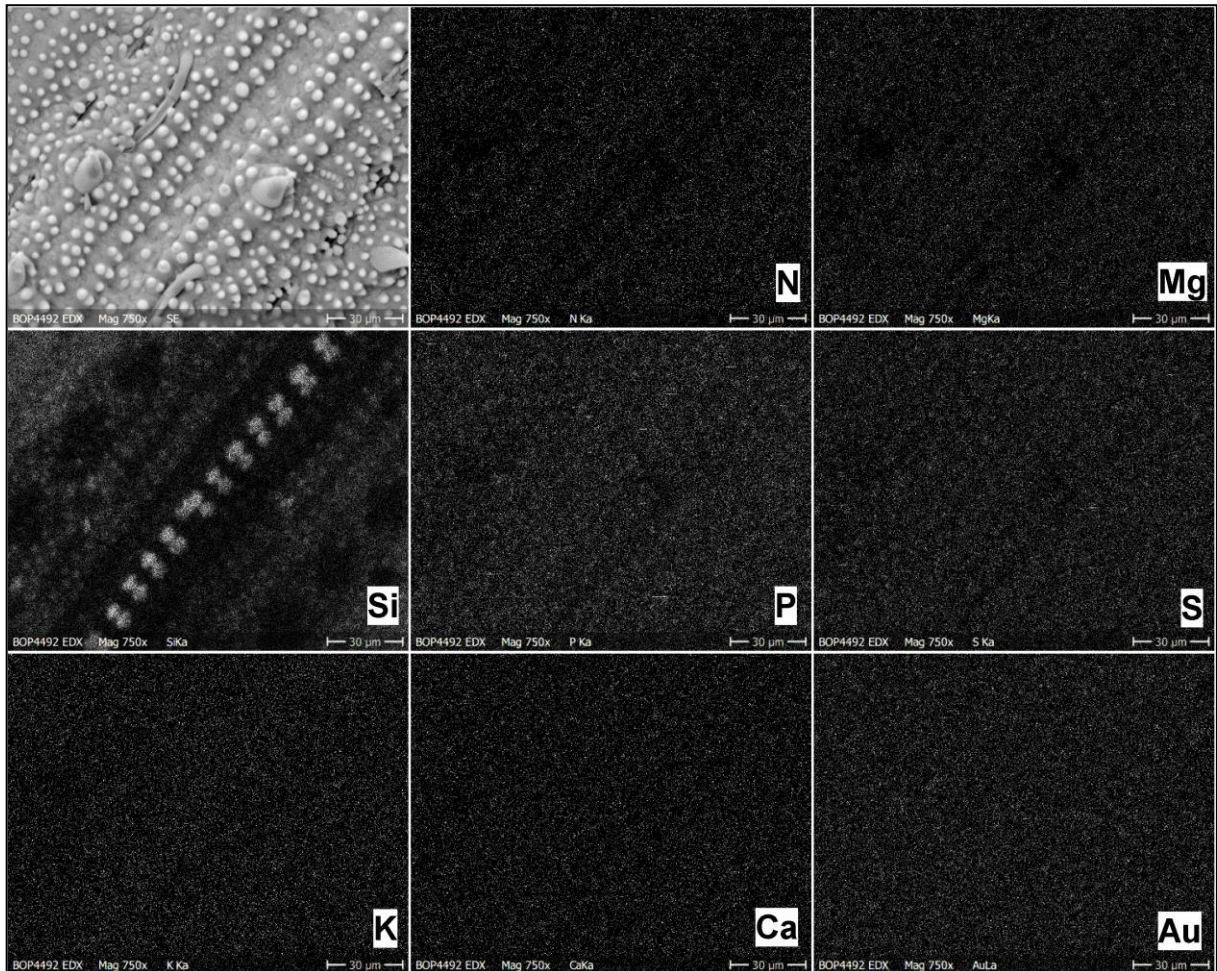


Figura 127: Silício presente na superfície adaxial da folha de arroz observadas através de MEV-EDX (Magnitude 500x)

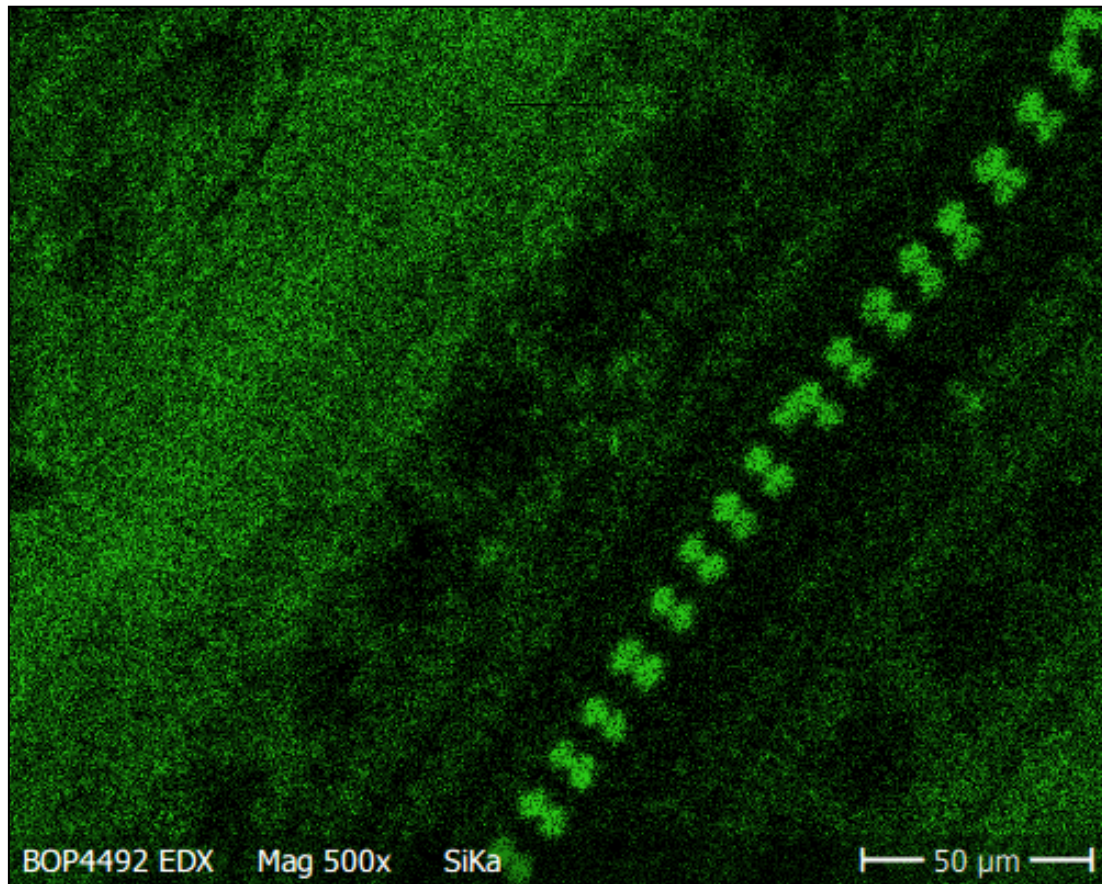


Figura 128: Estruturas foliares e elementos presentes na superfície abaxial da folha de arroz observadas através de MEV-EDX (Magnitude 220x)

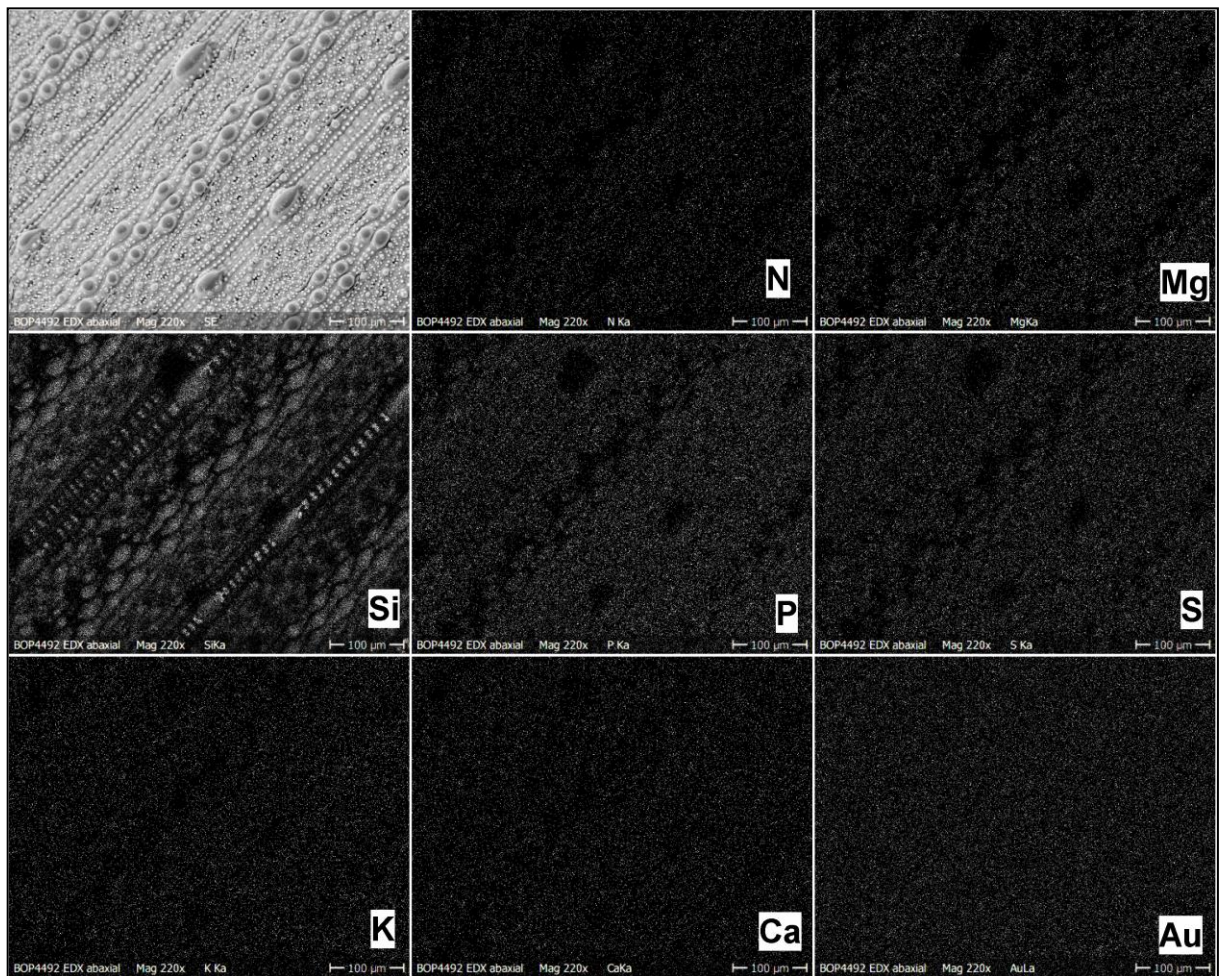


Figura 129: Silício presente na superfície abaxial da folha de arroz observadas através de MEV-EDX (Magnitude 220x)

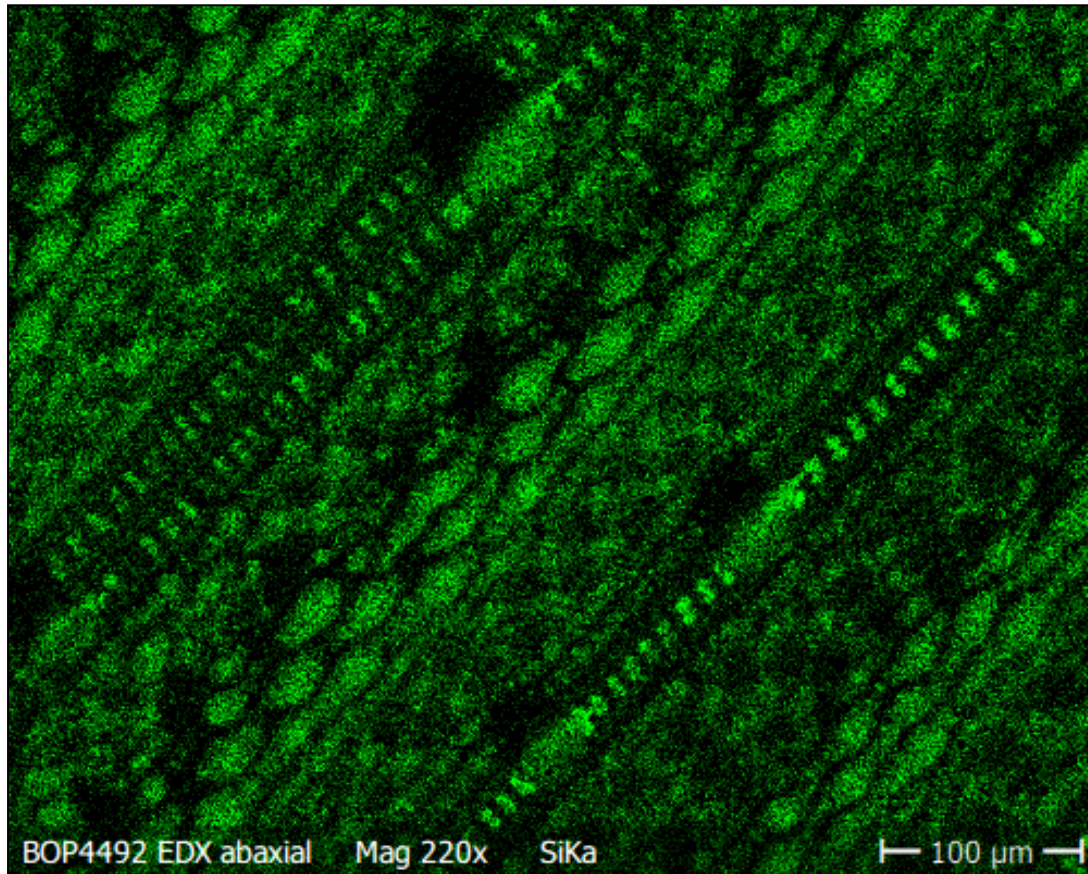
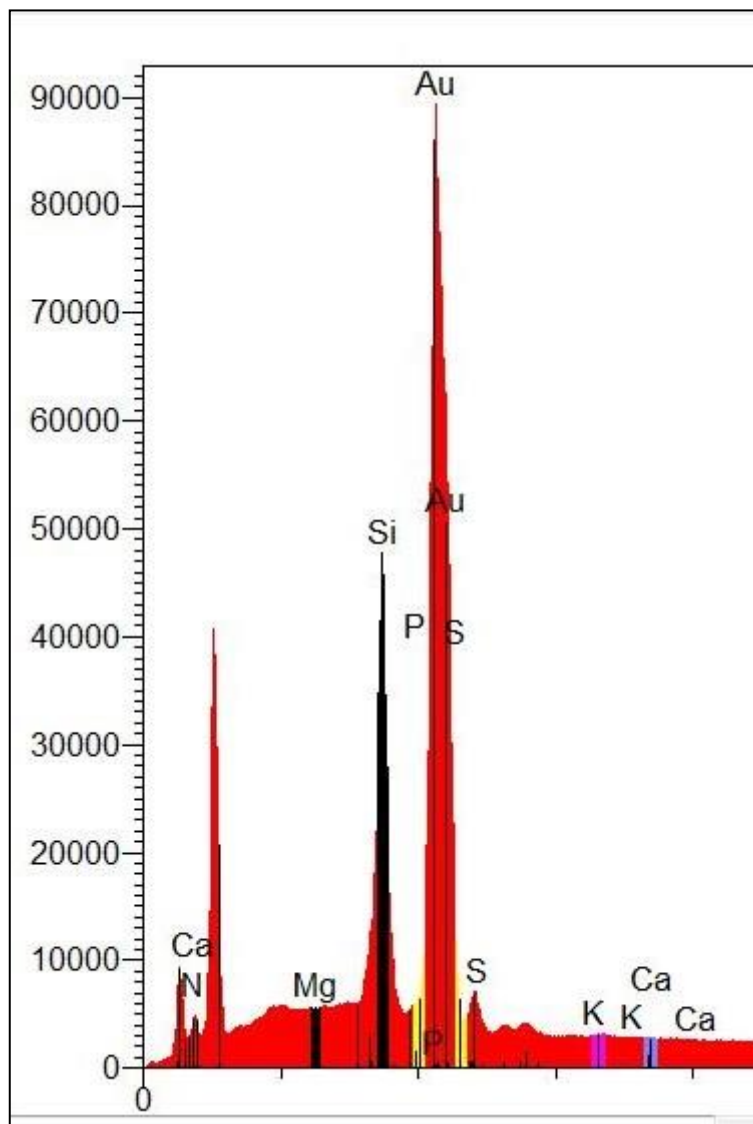


Figura 130: Quantificação dos elementos da superfície adaxial da folha de arroz através da análise de MEV-EDX.



Comparando a zona costal das superfícies adaxial e abaxial, pode-se verificar que as superfícies têm diferenças entre si e o que mais se destaca é a presença de espinhos e ganchos somente na superfície adaxial (Figura 131 e 132) da folha.

A superfície abaxial (Figuras 133 e 134) apresenta maior número de estômatos e de microtricomos, enquanto a adaxial é composta por mais papilas. O mesmo pode-se observar na zona intercostal da superfície abaxial.

A presença de espinhos e ganchos também ocorre na zona intercostal da superfície adaxial (Figuras 135 e 136). Esta superfície apresenta maior número de papilas que a superfície abaxial (Figuras 137 e 138) e que a zona costal.

Golam e Arshad (2002), em pesquisa na Índia com o objetivo de estudar as estruturas epidérmicas da folha de arroz, utilizando oito cultivares, demonstraram que as papilas estavam presentes em maior número e tamanho nas zonas intercostais e na epiderme adaxial. Os autores também verificaram que a forma, o tamanho e o arranjo das células epidérmicas, o número e a forma dos estômatos e a ocorrência e distribuição dos apêndices dérmicos dependem de cada cultivar.

As Figuras 131 e 133 exibem imagens com menor detalhamento das características morfo-anatômicas da superfície abaxial da folha de arroz (35 x). Isso enfatiza a importância do conhecimento da técnica de MEV para exploração e identificação dessas estruturas como forma de compreender as interações entre líquidos e estrutura foliar.

Figura 131: Zona Costal da superfície adaxial da folha de arroz, cultivar IAC 202  
(Magnitude 35x)

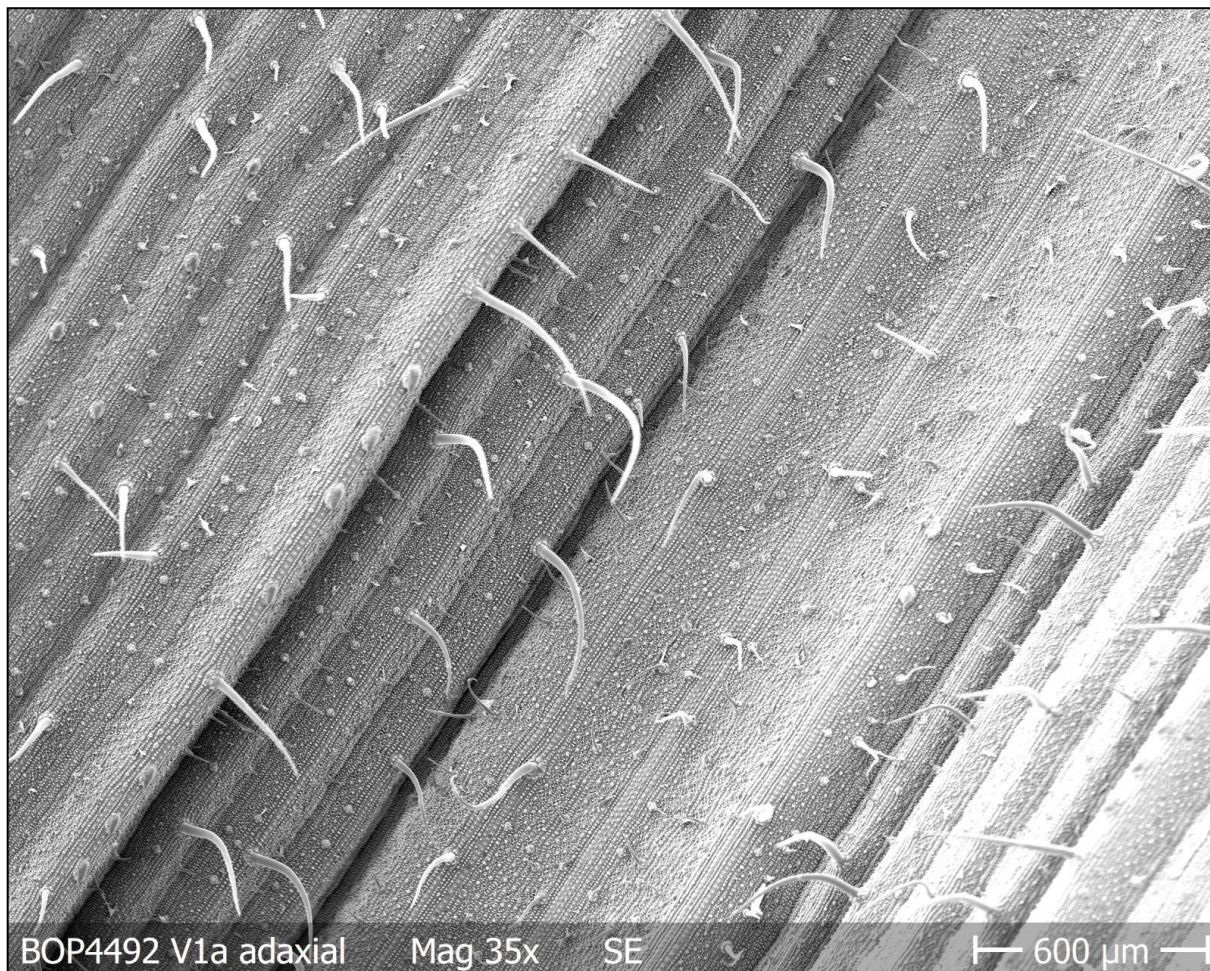


Figura 132: Zona Costal da superfície adaxial da folha de arroz, cultivar IAC 202  
(Magnitude 230x)



Figura 133: Zona Costal da superfície abaxial da folha de arroz, cultivar IAC 202  
(Magnitude 35x)

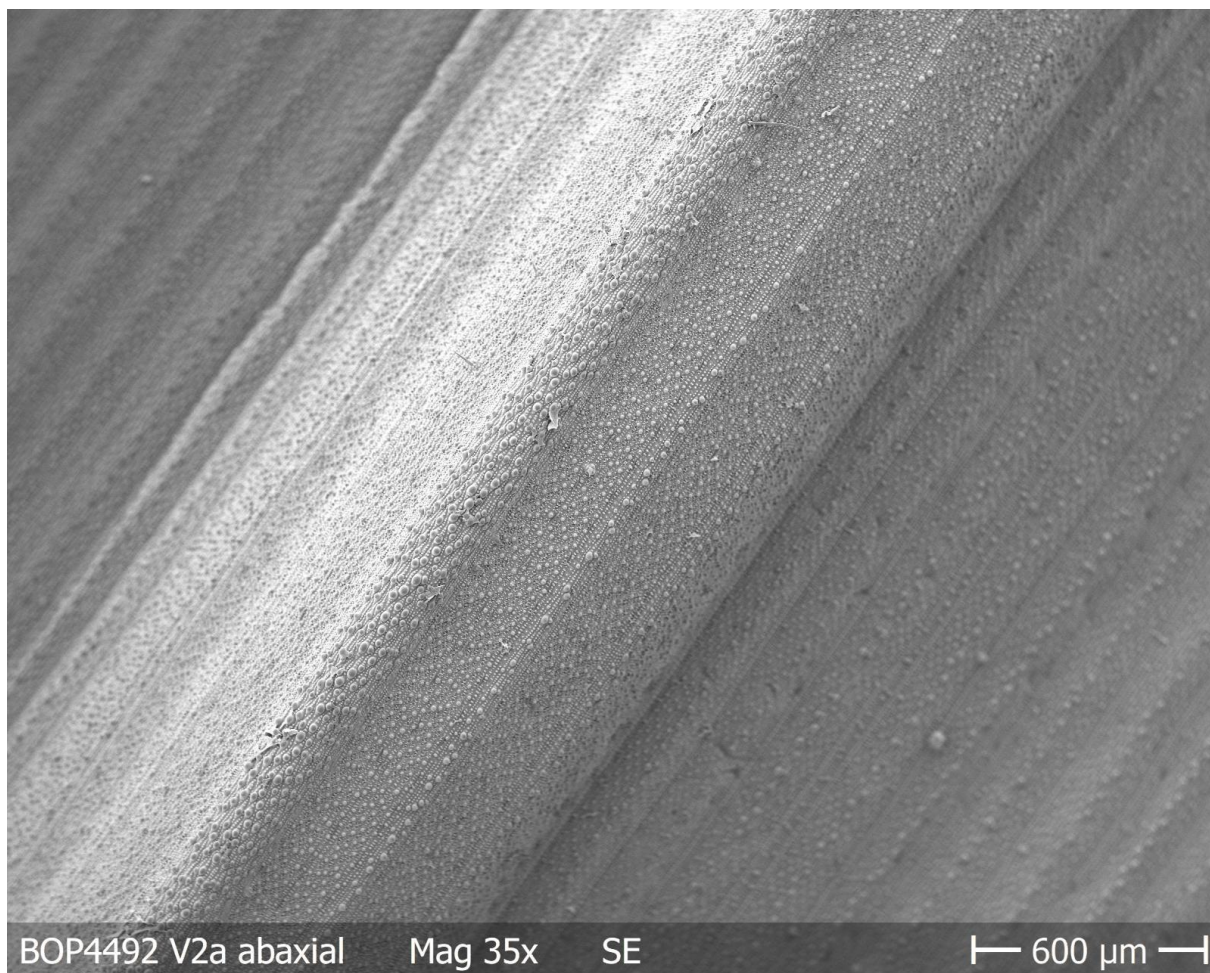


Figura 134: Zona Costal da superfície abaxial da folha de arroz, cultivar IAC 202  
(Magnitude 230x)

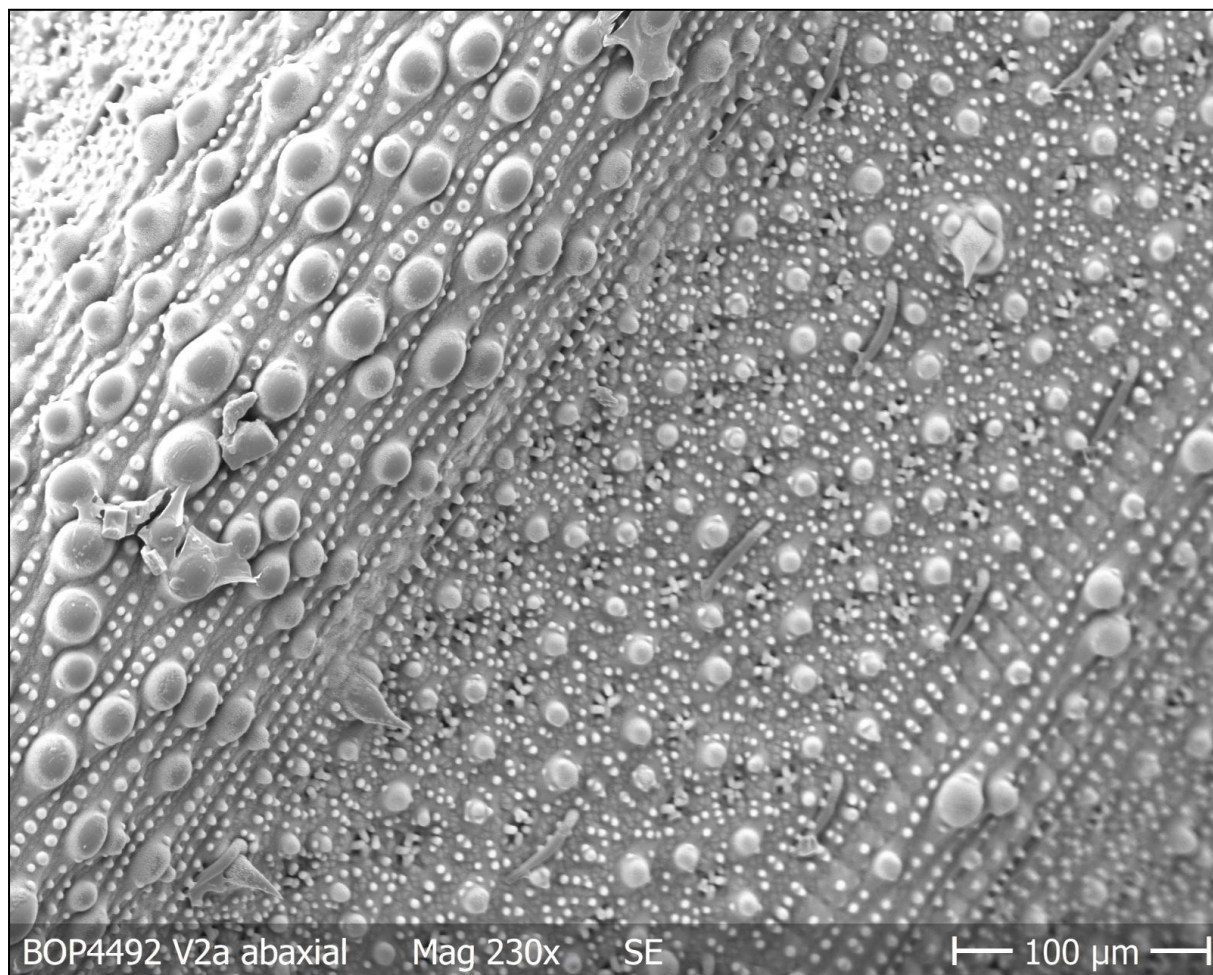


Figura 135: Zona Intercostal da superfície adaxial da folha de arroz, cultivar IAC 202  
(Magnitude 230x)



Figura 136: Zona Intercostal da superfície adaxial da folha de arroz, cultivar IAC 202  
(Magnitude 650x)

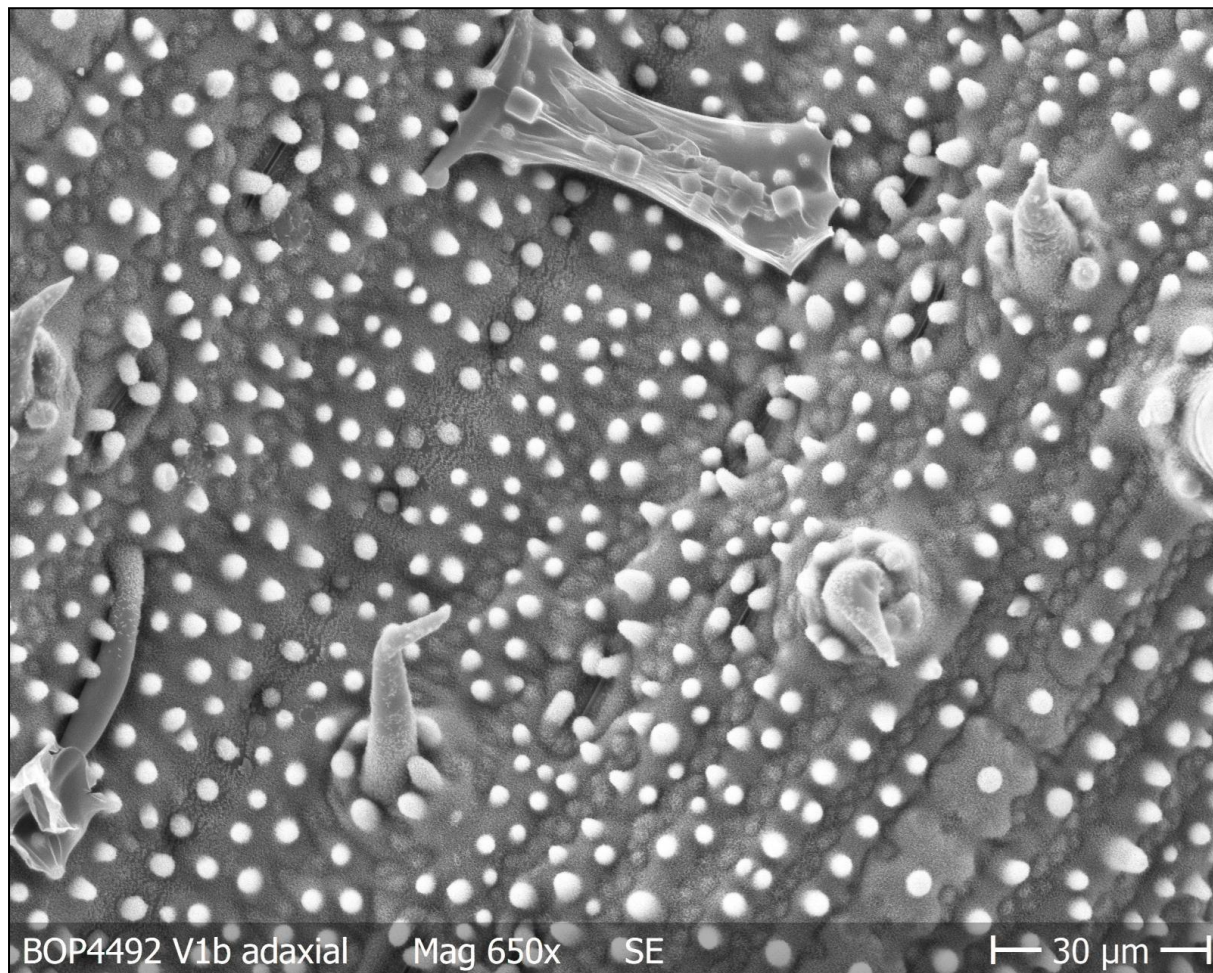


Figura 137: Zona Intercostal da superfície abaxial da folha de arroz, cultivar IAC 202  
(Magnitude 230x)

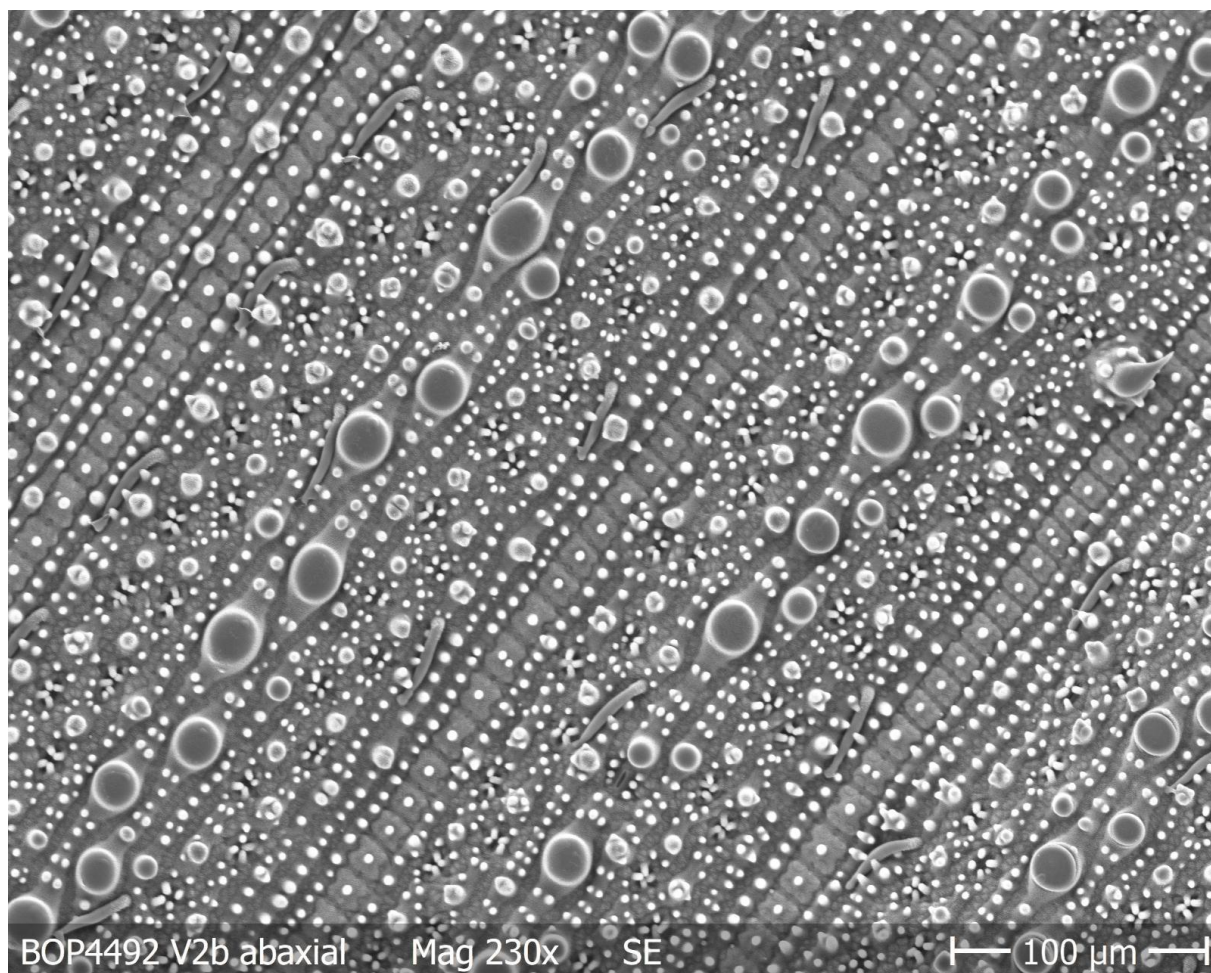
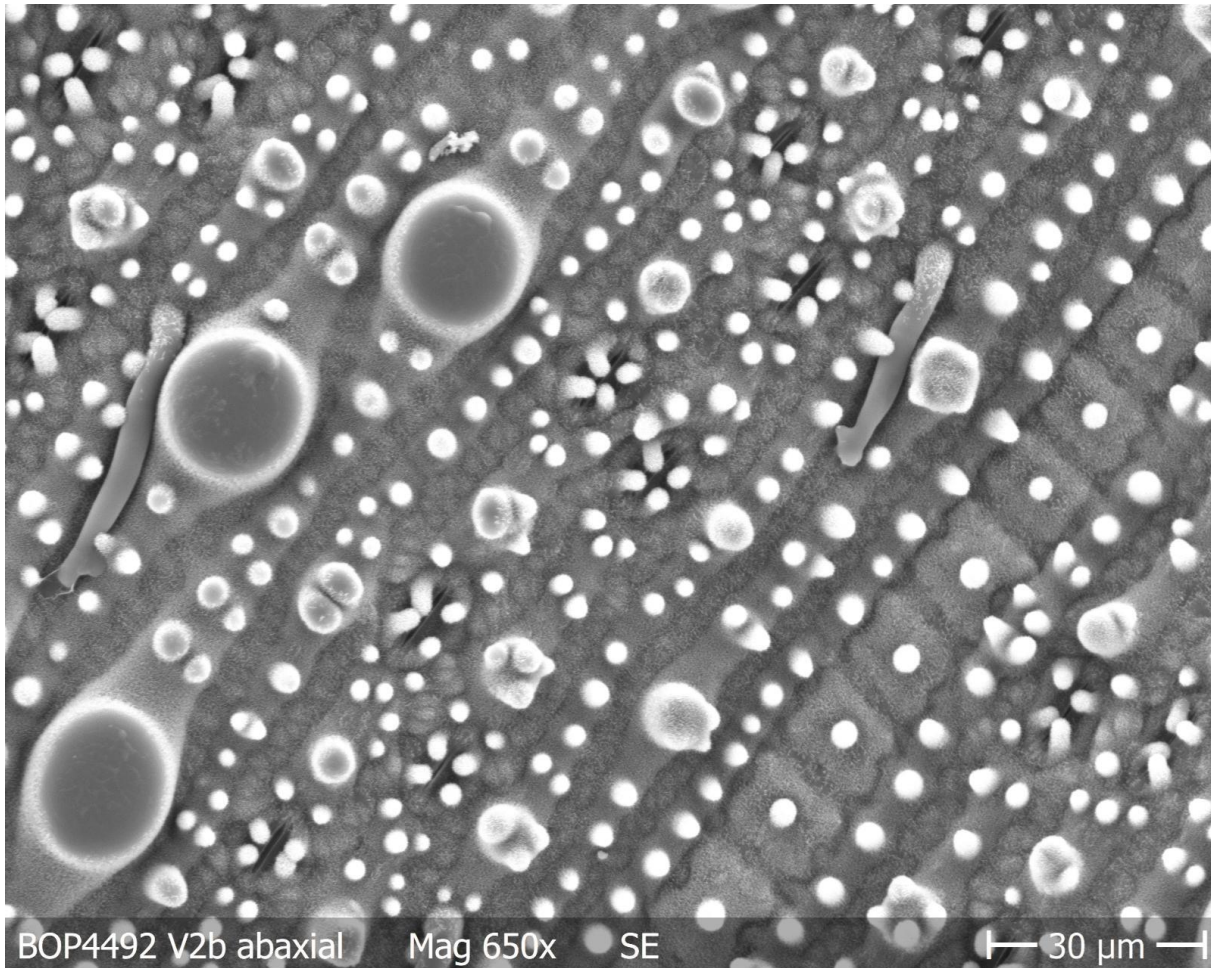


Figura 138: Zona Intercostal da superfície abaxial da folha de arroz, cultivar IAC 202  
(Magnitude 650x)



### 3.3.2 Caracterização da Gota

A observação das imagens referentes aos depósitos das gotas permite constatar a influência dos adjuvantes na formação dos depósitos de Brio (Figuras 139 a 162), sendo as imagens da esquerda realizadas com iluminação normal e as da direita com luz polarizada, para permitir a visualização de cristais.

O fungicida Brio, quando aplicado isolado, apresenta a formação de anel (“coffee ring”) na borda da gota, nas três concentrações analisadas (Figuras 139, 141 e 143) e também a presença de cristais. Estes aspectos interferem na taxa de penetração dos produtos fitossanitários, podendo também ter efeito na fitointoxicação.

Nos tratamentos em que os adjuvantes foram adicionados à calda fungicida não ocorreram problemas da formação de “coffee ring”. Em relação à formação de cristais os adjuvantes se comportaram de maneira distinta. A solução com o adjuvante Fighter foi a que apresentou o maior número de cristais (Figuras 151 a 156), seguida pelo Natur'l Óleo (Figuras 157 a 162), tanto na borda quanto no centro da gota.

Os adjuvantes favorecem a dissolução dos cristais, formando depósitos com caráter menos cristalino e mais amorfo, aumentando a biodisponibilidade e a difusão dos ingredientes ativos.

Faers e Potzen (2008), estudando a influência dos adjuvantes na distribuição e depósito dos ingredientes ativos, relataram que baixas concentrações de surfactante favoreceram a presença de partículas na borda da gota, porém o aumento da concentração de surfactante resulta em depósitos uniformes. No presente estudo, a aplicação na menor concentração do fungicida Brio (0,375%) também resultou na formação de cristais no centro da gota (Figuras 150, 156 e 162).

O adjuvante Aureo reduziu a formação de cristais da calda fungicida, e também foi o produto que proporcionou a maior taxa de penetração de epoxiconazol e cresoxim-metílico nos estudos de penetração cuticular, abordados no item 3.3.4.

Figura 139: Brio aplicado na concentração de 7,5% (10 L ha<sup>-1</sup>), borda da gota.

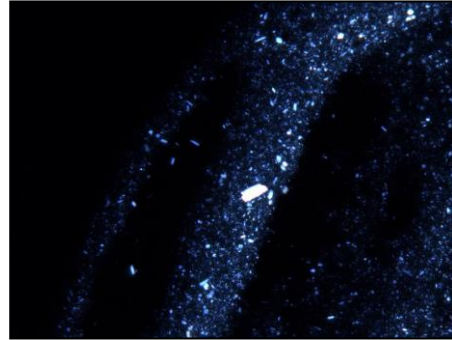


Figura 140: Brio aplicado na concentração de 7,5% (10 L ha<sup>-1</sup>), centro da gota.

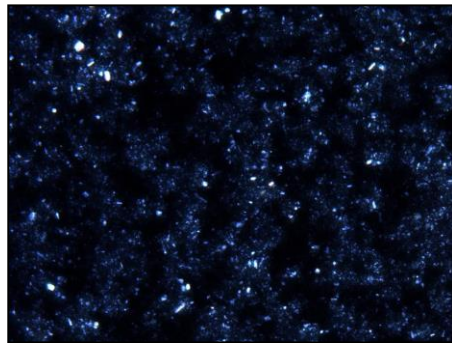
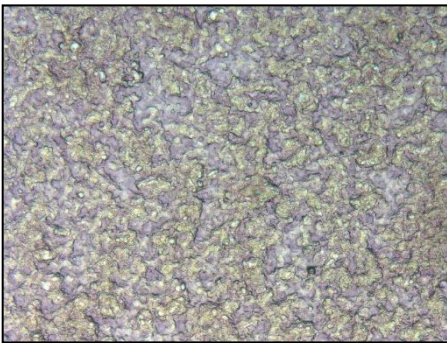


Figura 141: Brio aplicado na concentração de 0,75% (100 L ha<sup>-1</sup>), borda da gota.

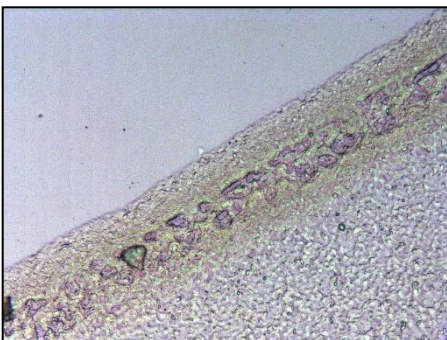


Figura 142: Brio aplicado na concentração de 0,75% (100 L ha<sup>-1</sup>), centro da gota.

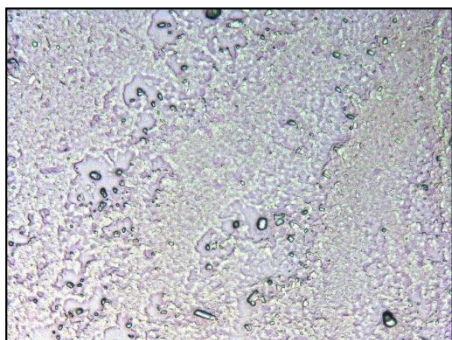


Figura 143: Brio aplicado na concentração de 0,375% (200 L ha<sup>-1</sup>), borda da gota.

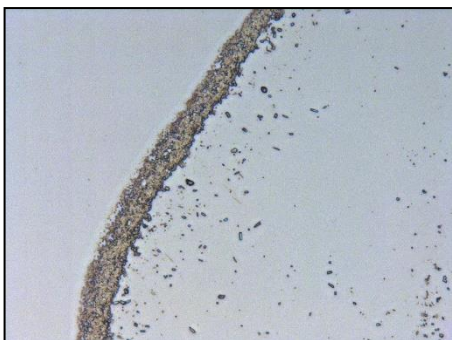


Figura 144: Brio aplicado na concentração de 0,375% (200 L ha<sup>-1</sup>), centro da gota.

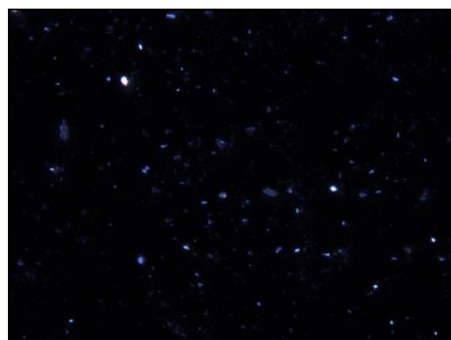
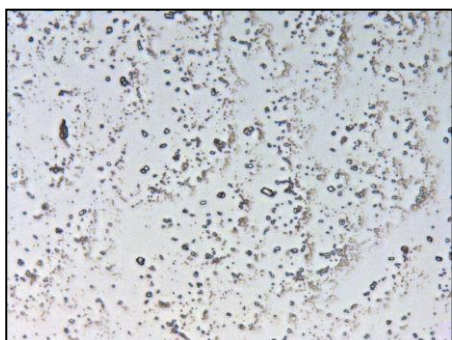


Figura 145: Brio + Aureo aplicado na concentração de 7,5% + 0,25% (10 L ha<sup>-1</sup>), borda da gota.

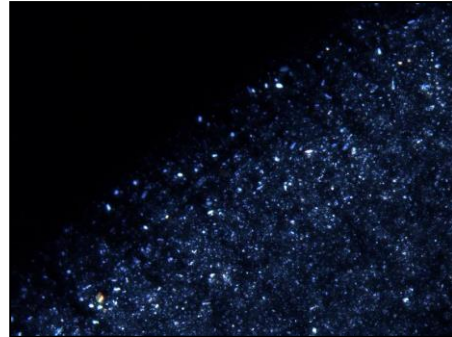
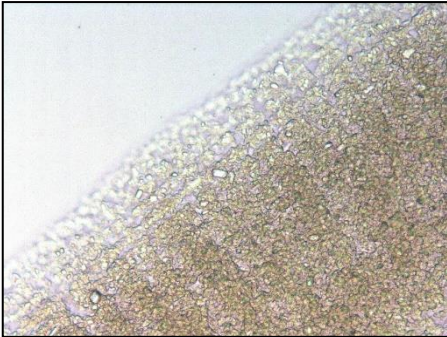


Figura 146: Brio + Aureo aplicado na concentração de 7,5% + 0,25% (10 L ha<sup>-1</sup>), centro da gota.

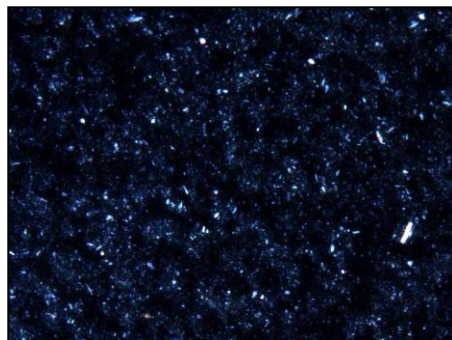
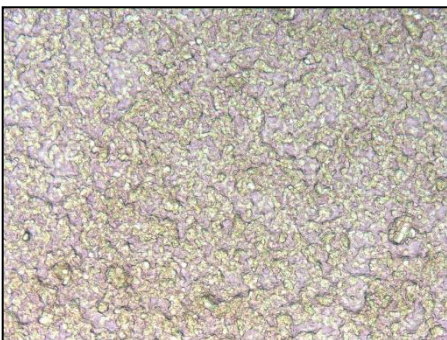


Figura 147: Brio + Aureo aplicado na concentração de 0,75% + 0,25% (100 L ha<sup>-1</sup>), borda da gota.

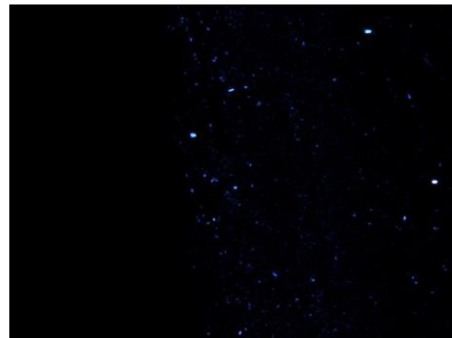
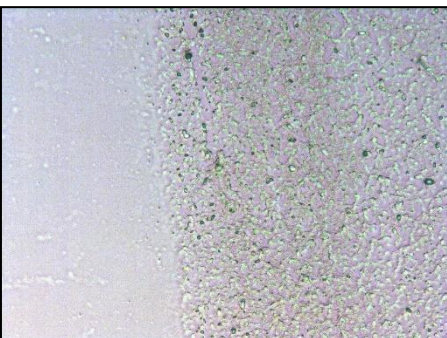


Figura 148: Brio + Aureo aplicado na concentração de 0,75% + 0,25% (100 L ha<sup>-1</sup>), centro da gota.

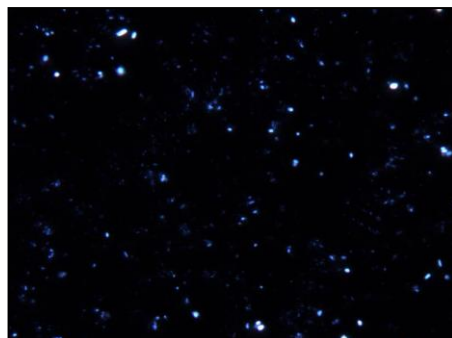
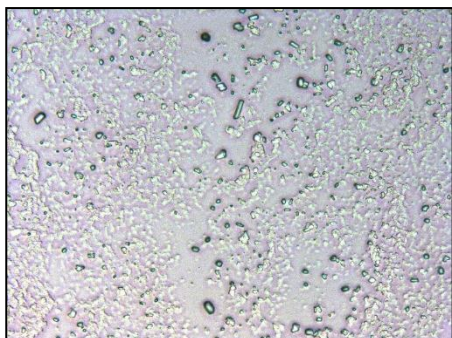


Figura 149: Brio + Aureo aplicado na concentração de 0,375% + 0,25% (200 L ha<sup>-1</sup>), borda da gota.

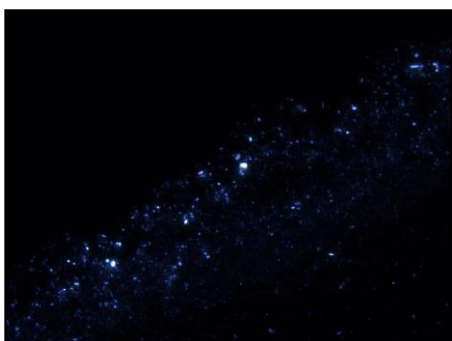


Figura 150: Brio + Aureo aplicado na concentração de 0,375% + 0,25% (200 L ha<sup>-1</sup>), centro da gota.

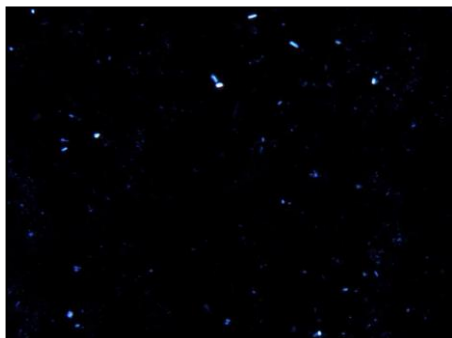
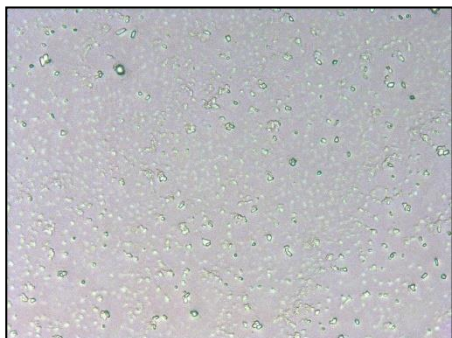


Figura 151: Brio + Fighter aplicado na concentração de 7,5% + 0,125% ( $10 \text{ L ha}^{-1}$ ),  
borda da gota.

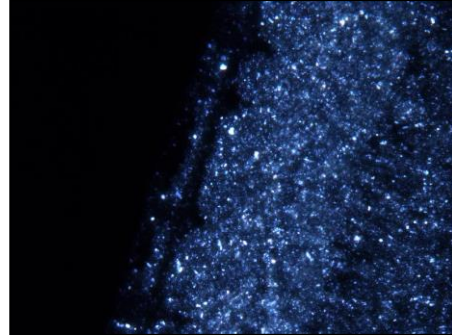
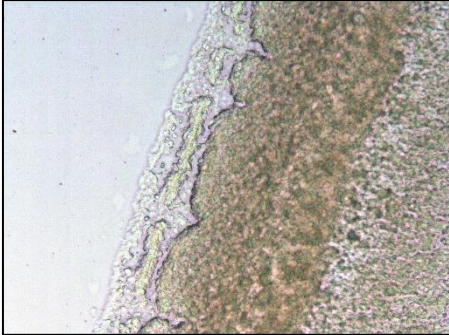


Figura 152: Brio + Fighter aplicado na concentração de 7,5% + 0,125% ( $10 \text{ L ha}^{-1}$ ),  
centro da gota.

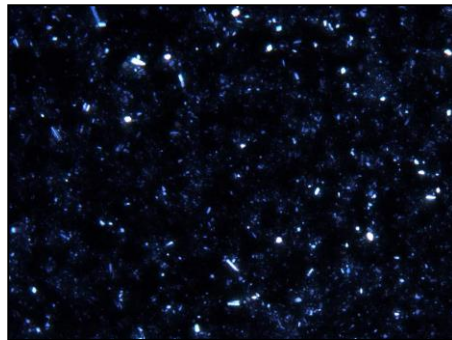


Figura 153: Brio + Fighter aplicado na concentração de 0,75% + 0,125% ( $100 \text{ L ha}^{-1}$ ),  
borda da gota.

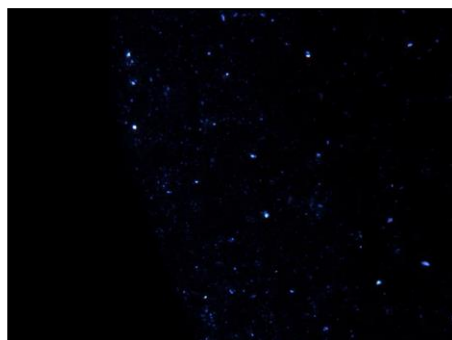
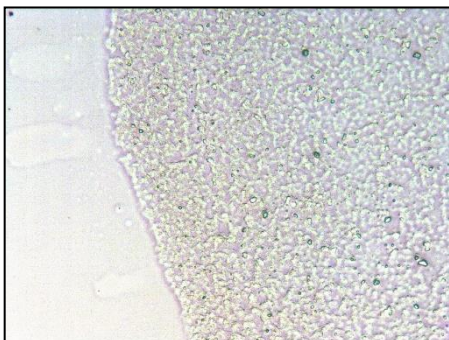


Figura 154: Brio + Fighter aplicado na concentração de 0,75% + 0,125% (100 L ha<sup>-1</sup>), centro da gota.

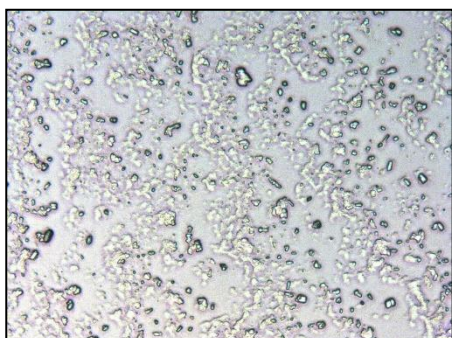


Figura 155: Brio + Fighter aplicado na concentração de 0,375% + 0,125% (200 L ha<sup>-1</sup>), borda da gota.

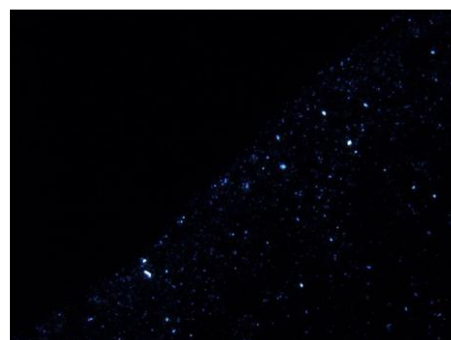
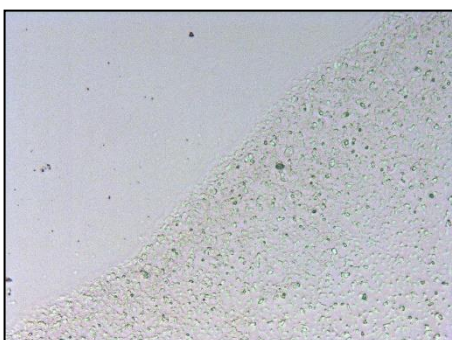


Figura 156: Brio + Fighter aplicado na concentração de 0,375% + 0,125% (200 L ha<sup>-1</sup>), centro da gota.

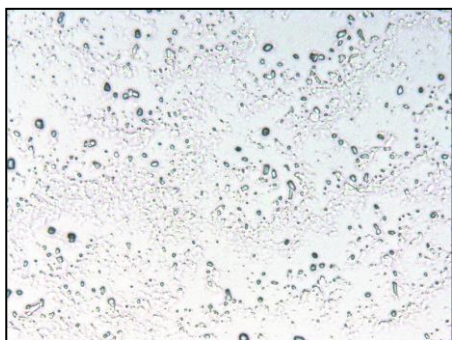


Figura 157: Brio + Natur'l Óleo aplicado na concentração de 7,5% + 1,00% (10 L ha<sup>-1</sup>), borda da gota.

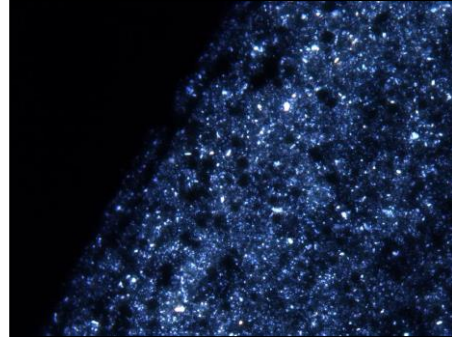
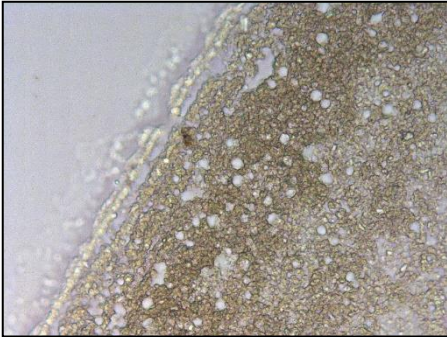


Figura 158: Brio + Natur'l Óleo aplicado na concentração de 7,5% + 1,00% (10 L ha<sup>-1</sup>), centro da gota.

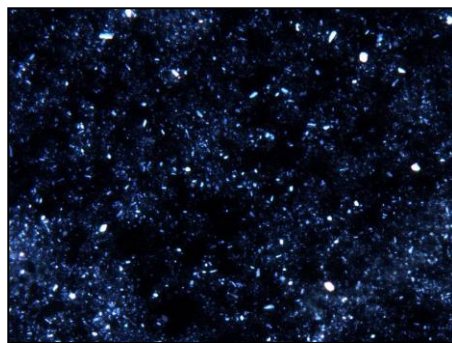
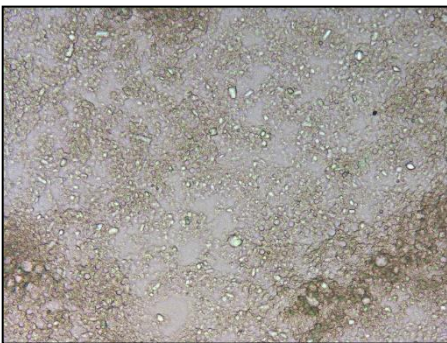


Figura 159: Brio + Natur'l Óleo aplicado na concentração de 0,75% + 0,25% (100 L ha<sup>-1</sup>), borda da gota.

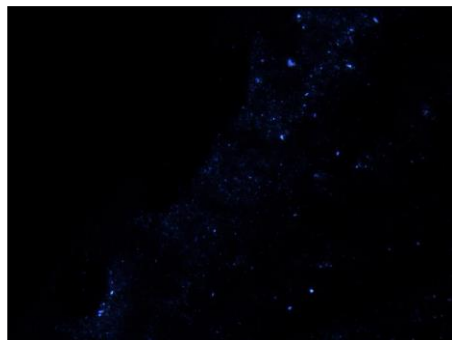
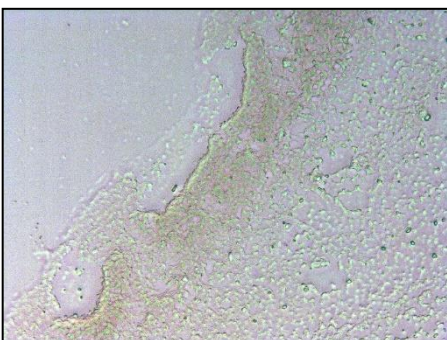


Figura 160: Brio + Natur'l Óleo aplicado na concentração de 0,75% + 0,25% (100 L ha<sup>-1</sup>), centro da gota.

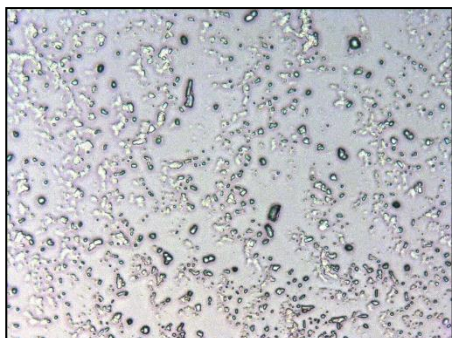


Figura 161: Brio + Natur'l Óleo aplicado na concentração de 0,375% + 0,25% (200 L ha<sup>-1</sup>), borda da gota.

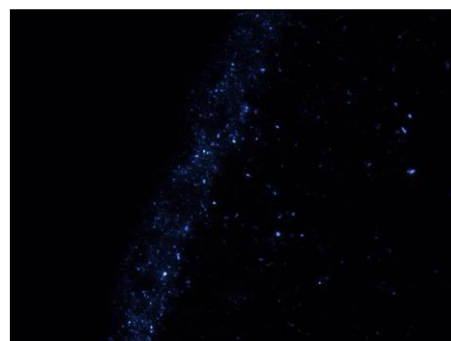
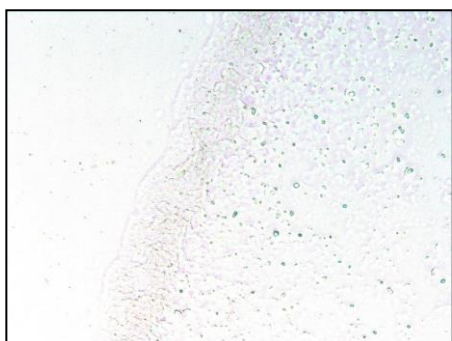
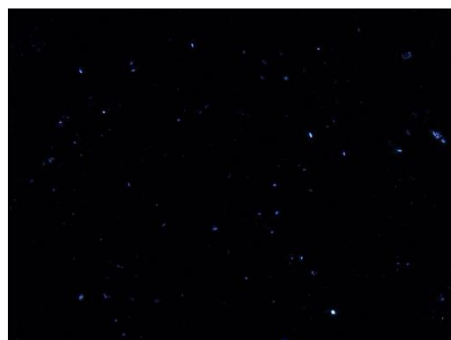
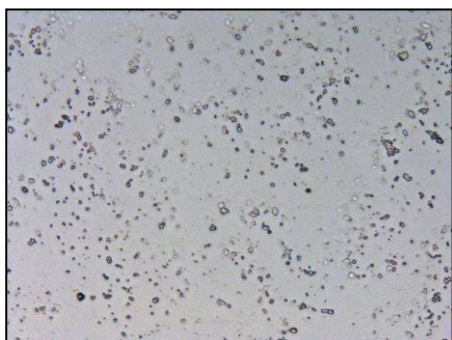


Figura 162: Brio + Natur'l Óleo aplicado na concentração de 0,375% + 0,25% (200 L ha<sup>-1</sup>), centro da gota.



### 3.3.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O fungicida Brio não alterou o pH das soluções, que mantiveram valores semelhantes após a adição dos adjuvantes à calda fungicida, em todas as concentrações avaliadas, assim como os adjuvantes analisados de maneira isolada (Tabela 18). Portanto, é possível relatar que a as misturas de Brio e os adjuvantes em estudo, em relação ao potencial hidrogeniônico (pH), não teve efeitos diretos na eficiência do fungicida.

Tabela 18: pH das soluções

Tratamento	pH
Água	7,68
Brio 7,5% / 10L/ha	7,67
Brio 0,75% / 100L/ha	7,70
Brio 0,375% / 200L/ha	7,77
Brio 7,5% + Aureo 0,25% / 10L/ha	7,73
Brio 0,75% + Aureo 0,25% / 100L/ha	7,67
Brio 0,375% + Aureo 0,25% / 200L/ha	7,82
Brio 7,5% + Fighter 0,125% / 10L/ha	7,73
Brio 0,75% + Fighter 0,125% / 100L/ha	7,64
Brio 0,375% + Fighter 0,125% / 200L/ha	7,65
Brio 7,5% + Natur'l Oleo 1,00% / 10L/ha	7,65
Brio 0,75% + Natur'l Oleo 0.25% / 100L/ha	7,62
Brio 0,375% + Natur'l Oleo 0.25% / 200L/ha	7,81
Aureo 0,25%	7,62
Fighter 0,125%	7,47
Natur'l Óleo 1,00%	7,40
Natur'l Óleo 0,25%	7,56

### 3.3.4 Penetração Cuticular

Pelas especificações dos ingredientes ativos em estudo e suas fórmulas químicas estruturais (Figuras 118 e 119), verifica-se que suas características físicas são semelhantes.

Baur (1998) afirma que a mobilidade do ingrediente ativo depende da espécie da planta, temperatura, umidade relativa do ar, volume molar, solubilidade e concentração, que a força de penetração é proporcional ao coeficiente de partição dos ingredientes ativos.

O epoxiconazole apresenta uma porcentagem de penetração duas vezes superior ao cresoxim-metílico (Figuras 163 e 172). Julgando que o volume molar, concentração e coeficiente de partição destes ingredientes ativos são semelhantes, a grande diferença na mobilidade das moléculas deve-se ao fato do epoxiconazole apresentar solubilidade em água muito superior à do cresoxim-metílico.

Há correlação entre a concentração do fungicida Brio e a porcentagem de penetração. Em todos os casos, quanto maior a concentração do fungicida menor a porcentagem de penetração.

Quanto à porcentagem de penetração de epoxiconazole, pode-se verificar relação direta do adjuvante no aumento da sua taxa de penetração (Figuras 163 a 171).

Pode-se observar também que todos os adjuvantes em estudo aumentaram a absorção do epoxiconazole, sendo que o adjuvante que exibiu maior efeito na mobilidade dessa molécula foi o Aureo, seguido de Natur'l Óleo e Fighter.

Os tratamentos representados pelos adjuvantes Aureo e Natur'l Óleo adicionados à calda fungicida obtiveram o dobro da penetração de ativos em relação

à solução somente com o fungicida Brio. Na concentração de 7,5%, relativa à aplicação foliar no volume de 200 L ha<sup>-1</sup>, a porcentagem de penetração de epoxiconazole foi superior a 80% (Figura 164).

Figura 163: Penetração cuticular de epoxiconazole

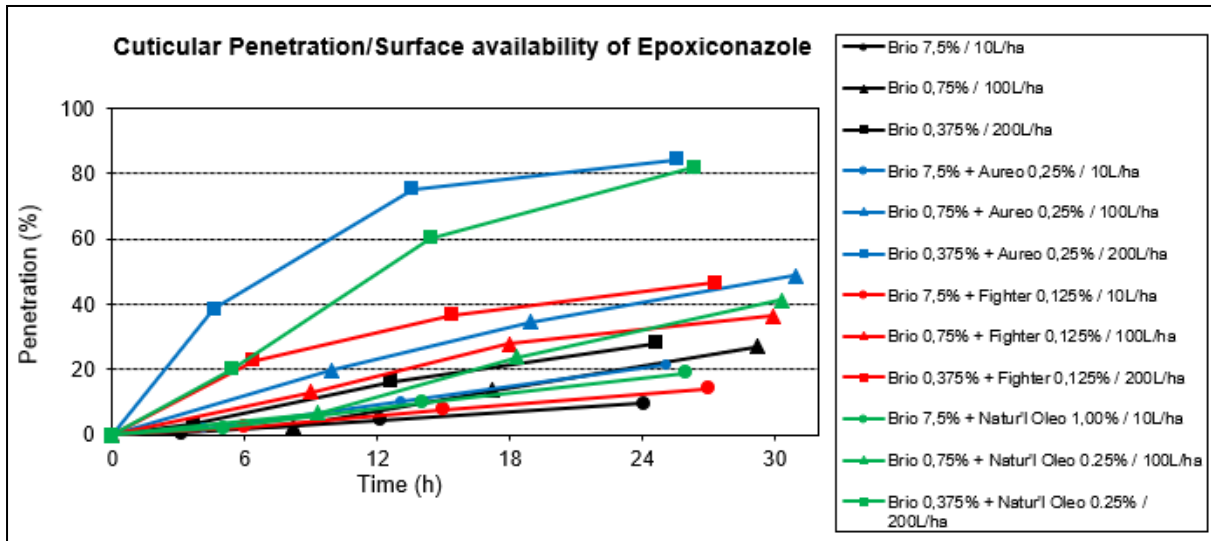


Figura 164: Diagrama da penetração cuticular de epoxiconazole

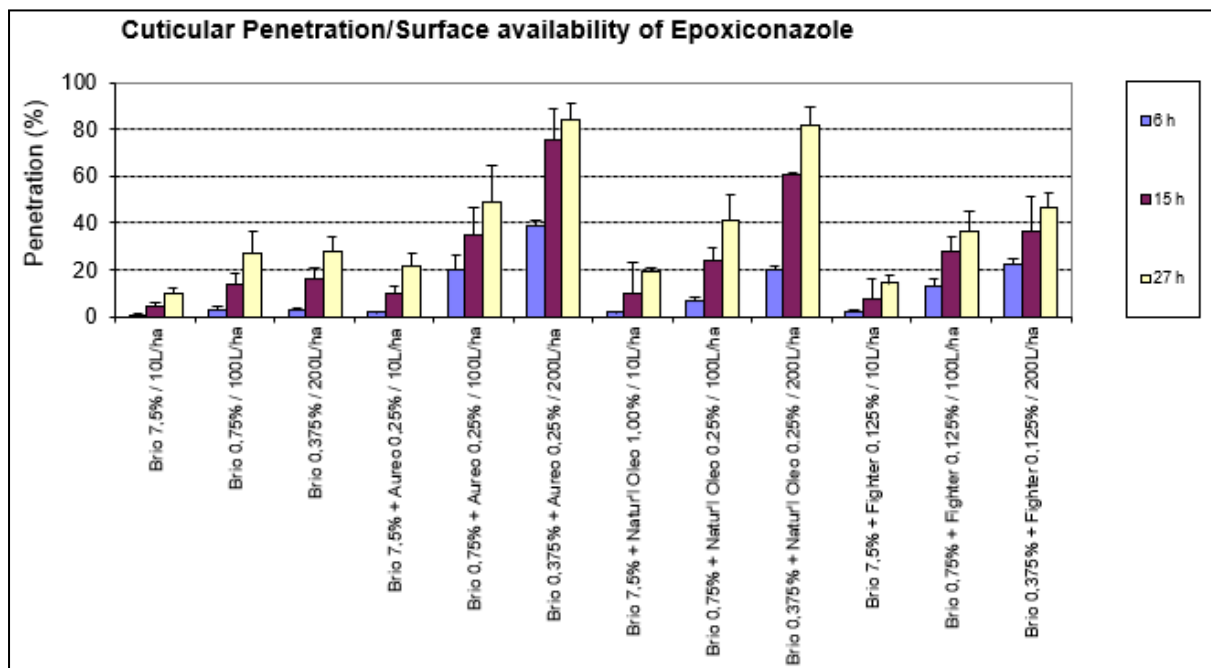


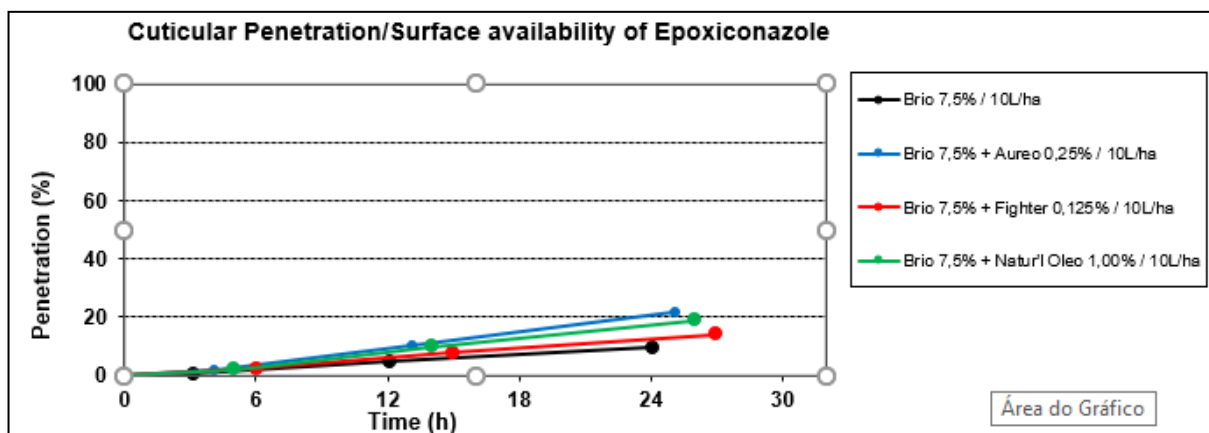
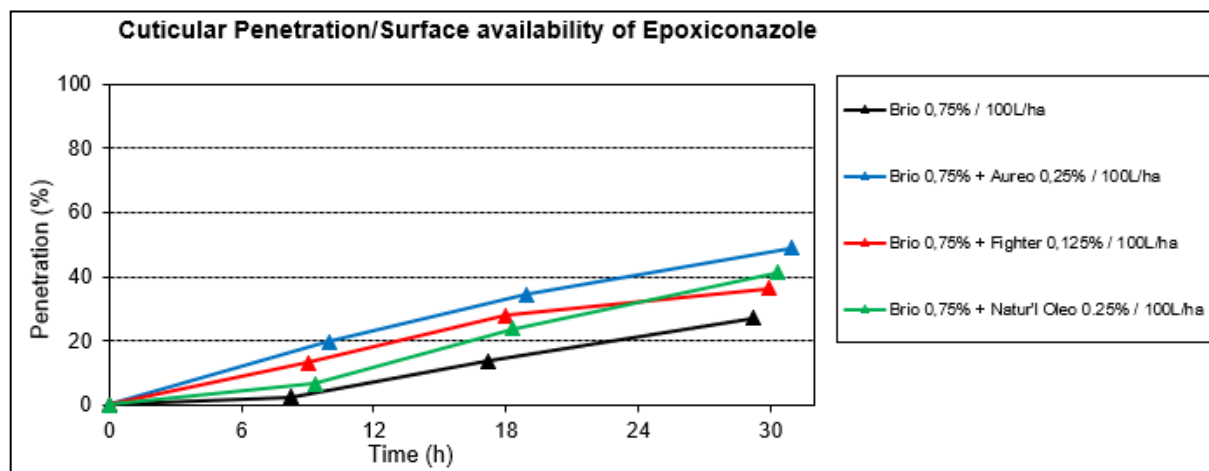
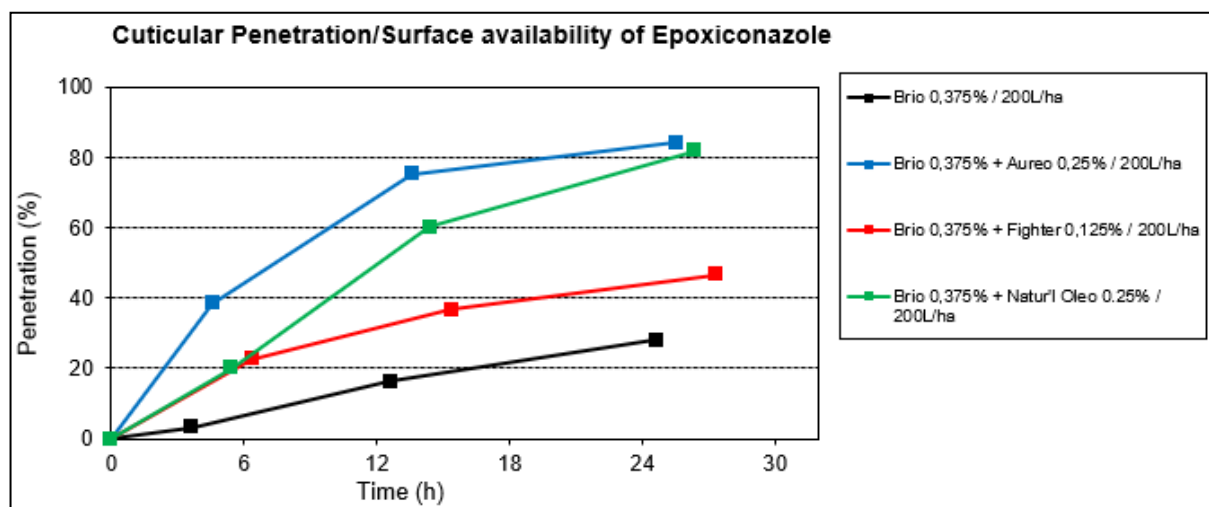
Figura 165: Penetração cuticular de epoxiconazole ( $10 \text{ L ha}^{-1}$ ).Figura 166: Penetração cuticular de epoxiconazole ( $100 \text{ L ha}^{-1}$ ).Figura 167: Penetração cuticular de epoxiconazole ( $200 \text{ L ha}^{-1}$ ).

Figura 168: Penetração cuticular de epoxiconazole (Brio).

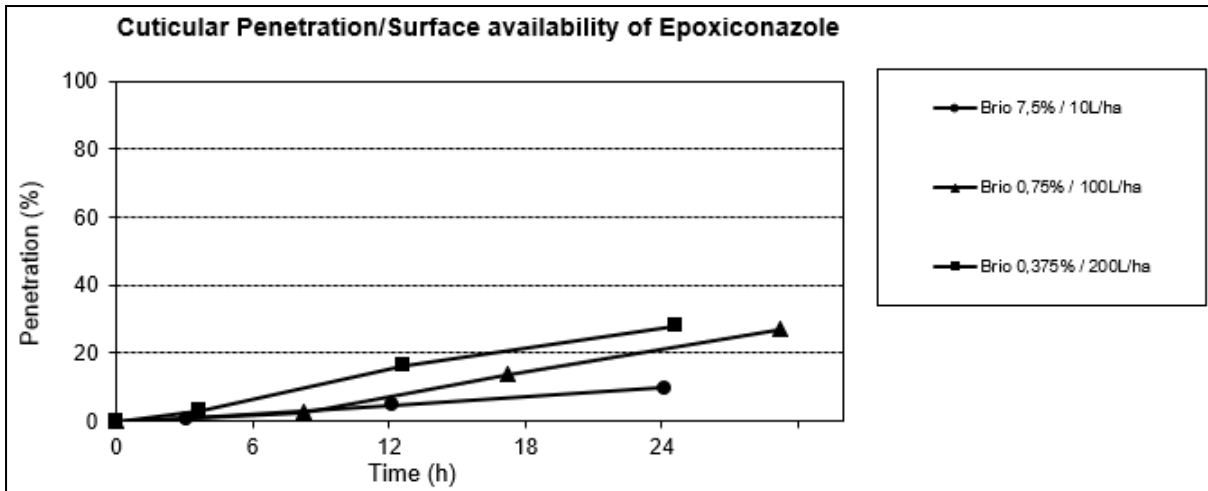


Figura 169: Penetração cuticular de epoxiconazole (Brio + Aureo).

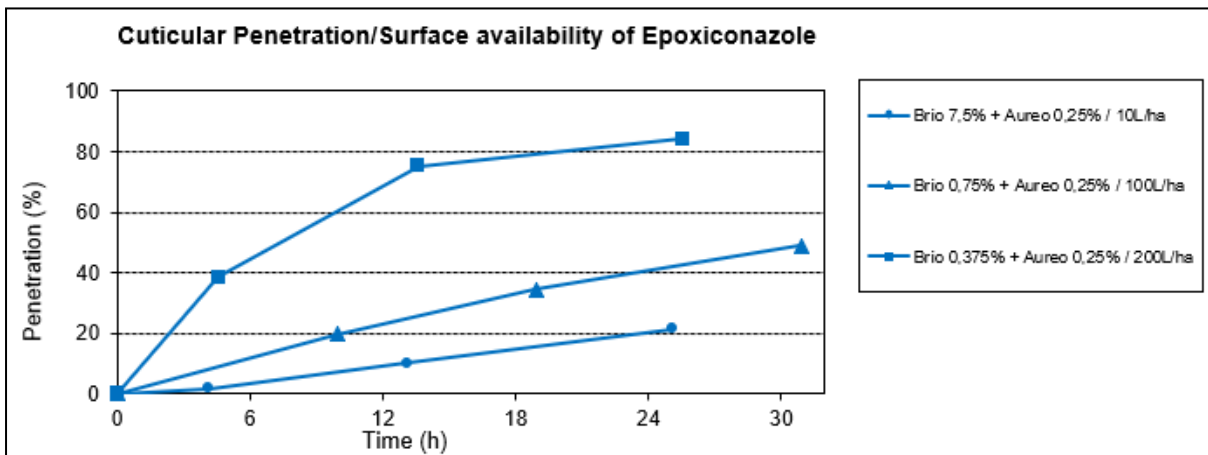


Figura 170: Penetração cuticular de epoxiconazole (Brio + Fighter).

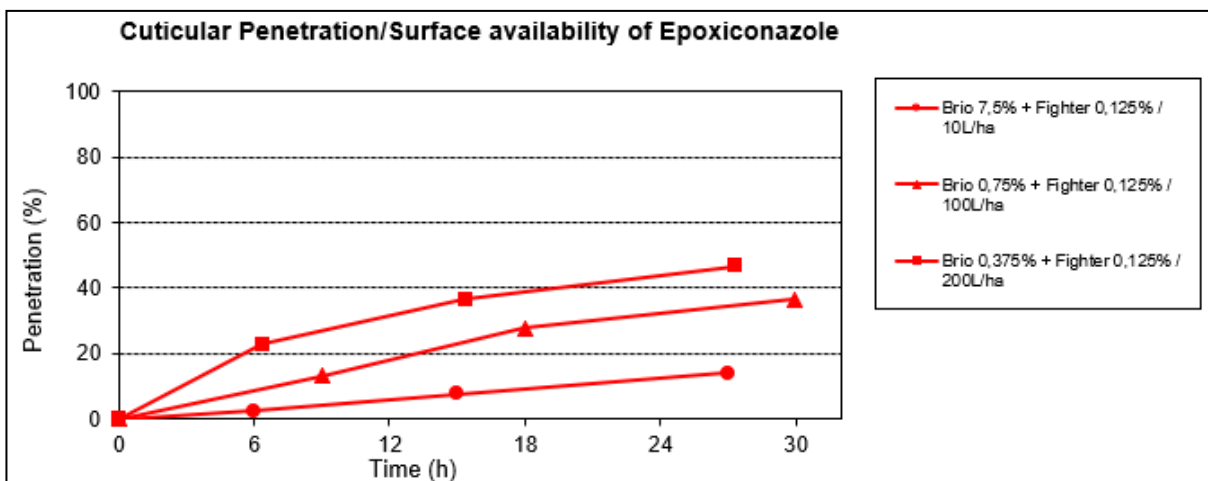
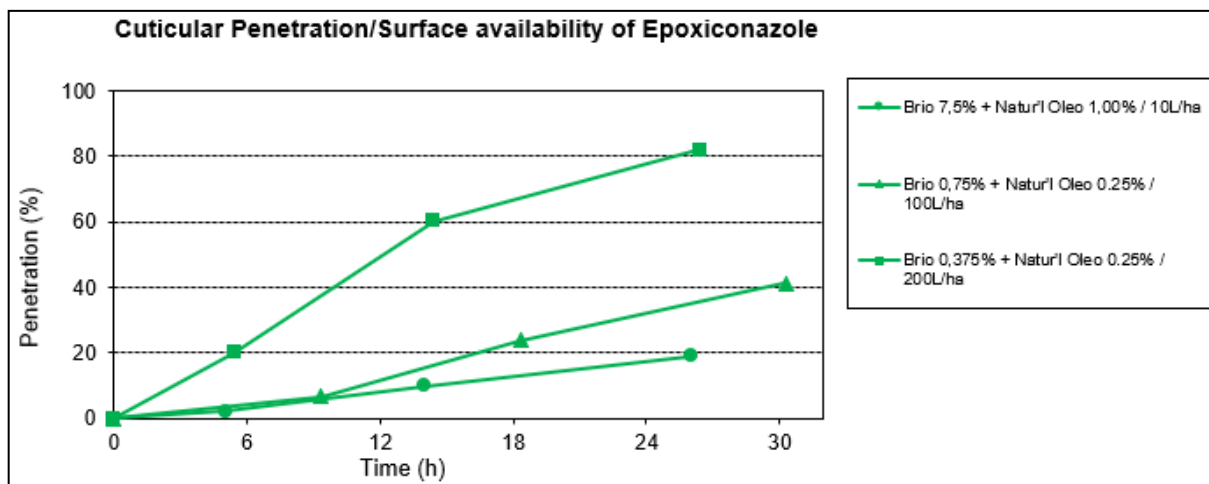


Figura 171: Penetração cuticular de epoxiconazole (Brio + Natur'l Óleo).



A porcentagem de penetração de cresoxim-metílico permite constatar que a sua taxa de penetração é muito inferior ao do epoxiconazole.

Ao comparar os gráficos representados nas Figuras 174, 175 e 176 verifica-se que na maior concentração de Brio (7,5%), referente ao volume de aplicação de 10 L ha<sup>-1</sup>, a penetração do cresoxim-metílico foi ínfima e os adjuvantes não conseguiram aumentar a mobilidade do ativo para uma taxa de penetração superior a 5%.

Nas concentrações de Brio a 0,75% e 0,375% os resultados de penetração na cutícula foram superiores, demonstrando a influência dos adjuvantes, com destaque para o Aureo adicionado ao fungicida Brio na menor concentração, que elevou porcentagem de absorção de cresoxim-metílico de 15% para 75%, em comparação ao tratamento representado pelo Brio isolado.

Estes resultados nos mostram a influência do volume de aplicação e a importância de se utilizar um adjuvante adequado para aumentar a penetração dos ingredientes ativos nas cutículas das plantas.

Figura 172: Penetração cuticular de cresoxim-metílico

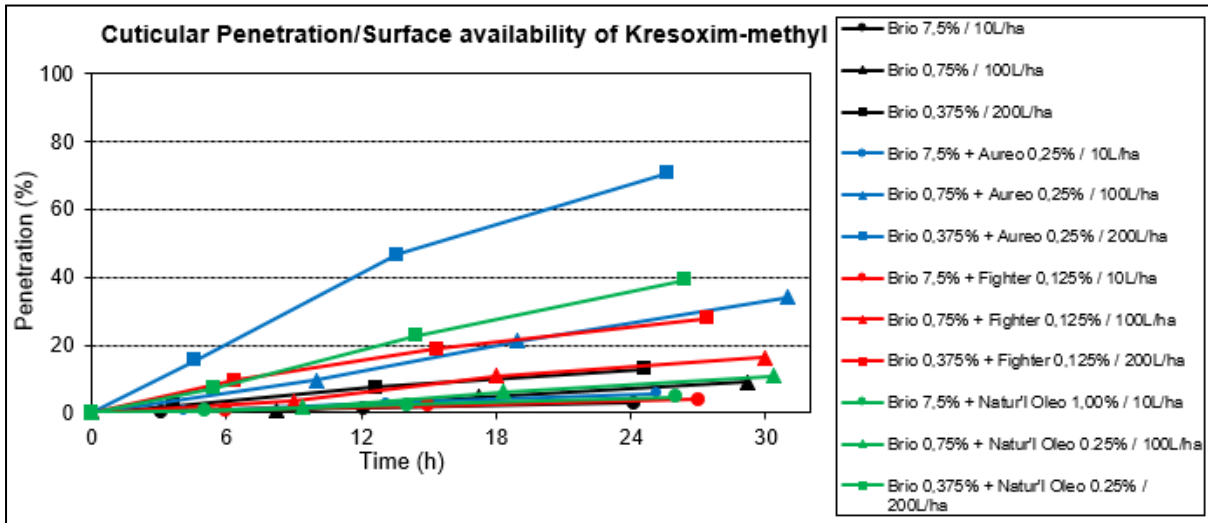


Figura 173: Diagrama referente à penetração cuticular de cresoxim-metílico

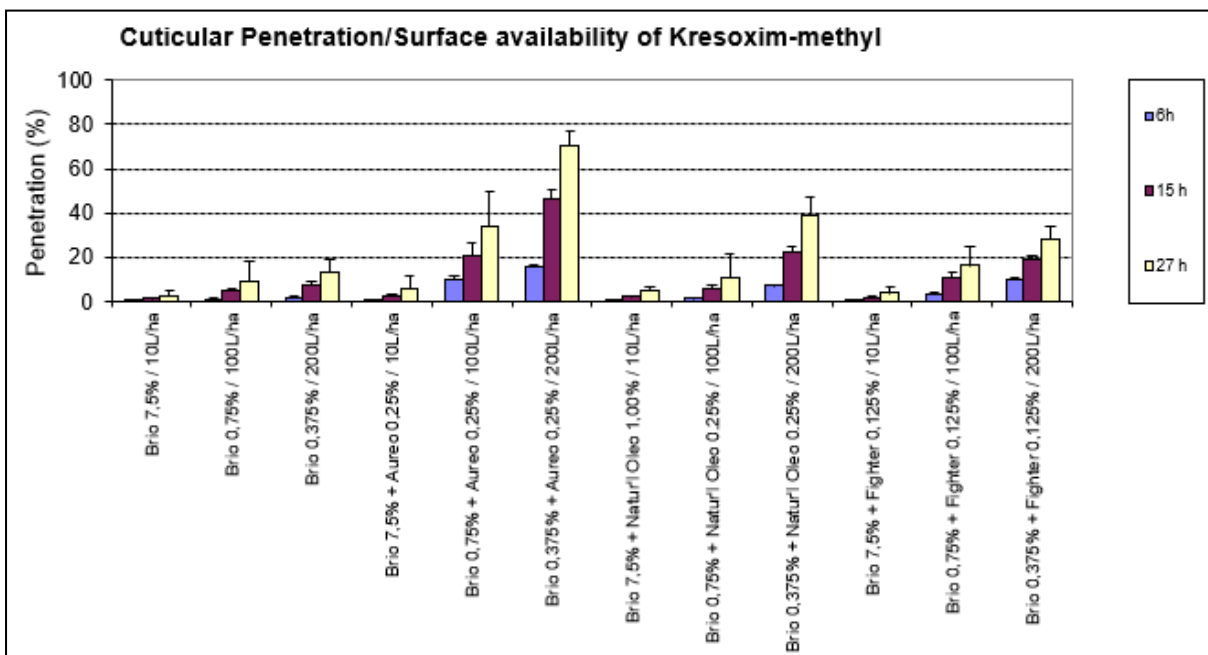


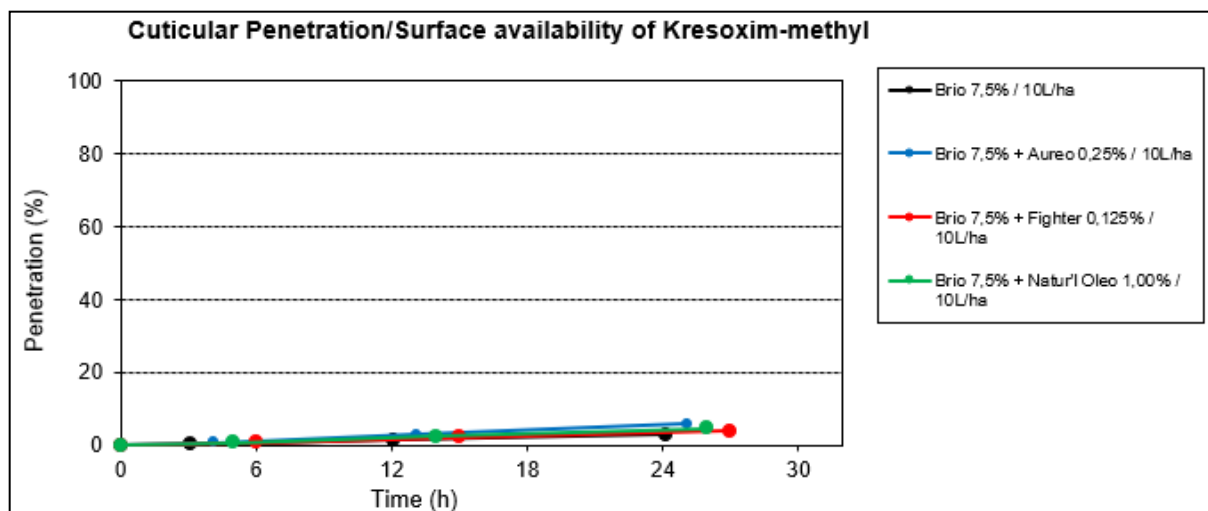
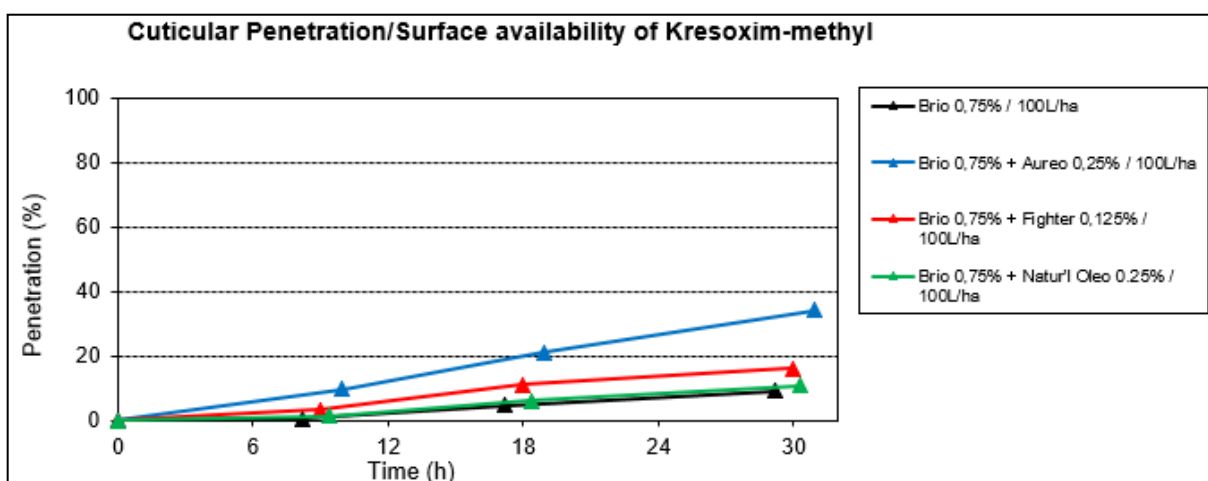
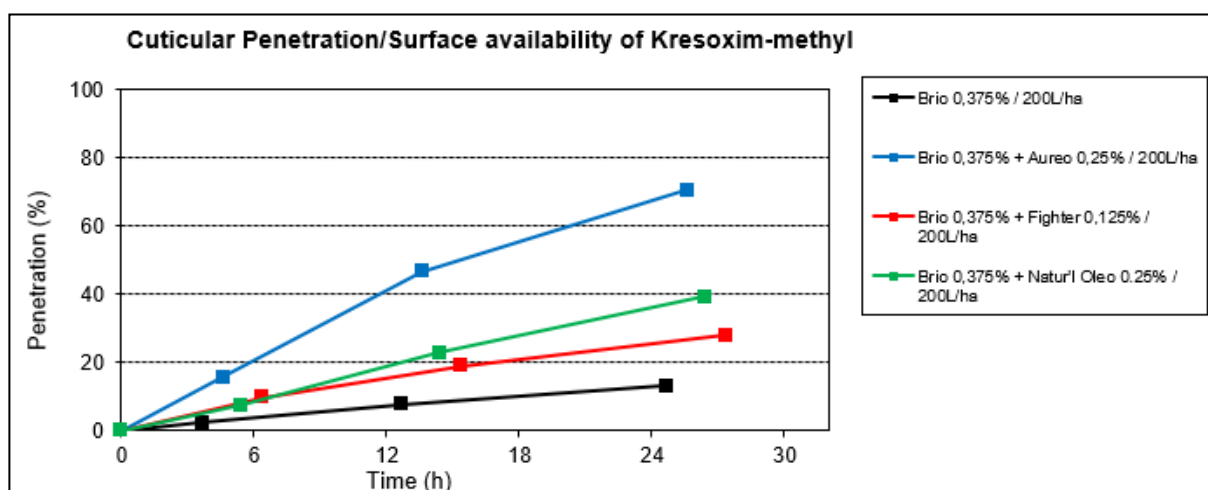
Figura 174: Penetração cuticular de cresoxim-metílico ( $10 \text{ L ha}^{-1}$ ).Figura 175: Penetração cuticular de cresoxim-metílico ( $100 \text{ L ha}^{-1}$ ).Figura 176: Penetração cuticular de cresoxim-metílico ( $200 \text{ L ha}^{-1}$ ).

Figura 177: Penetração cuticular de cresoxim-metílico (Brio).

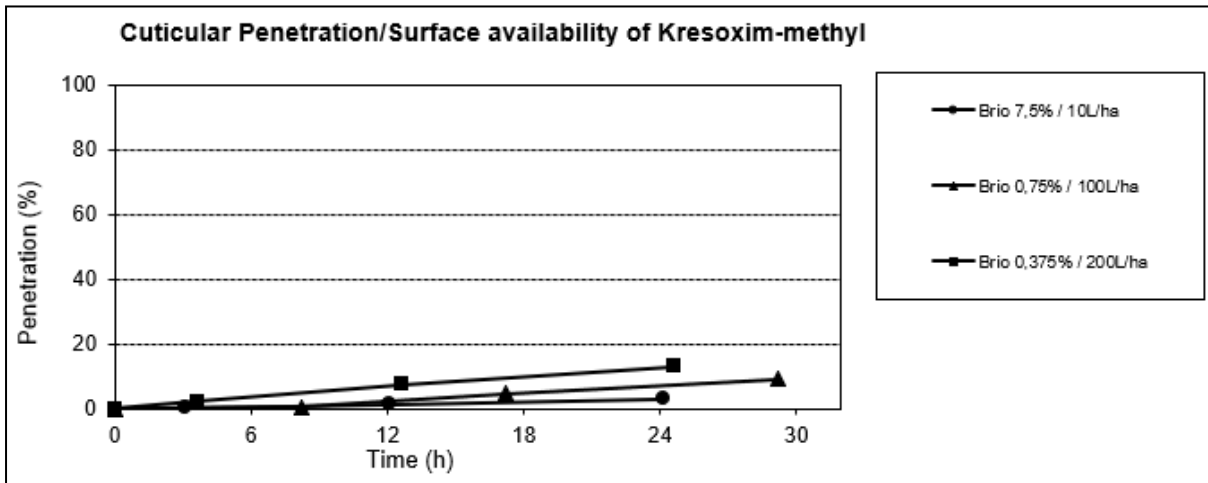


Figura 178: Penetração cuticular de cresoxim-metílico (Brio + Aureo).

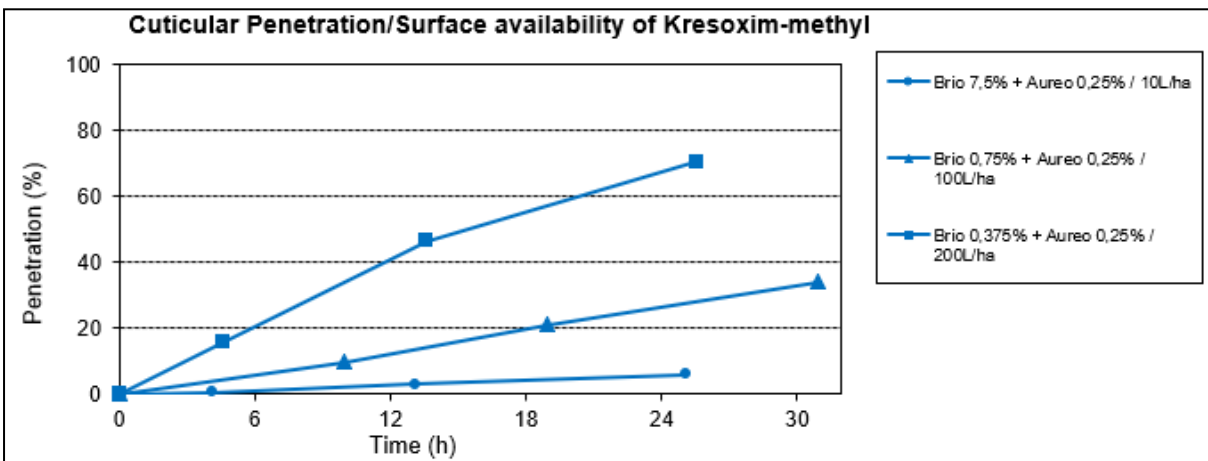


Figura 179: Penetração cuticular de cresoxim-metílico (Brio + Fighter).

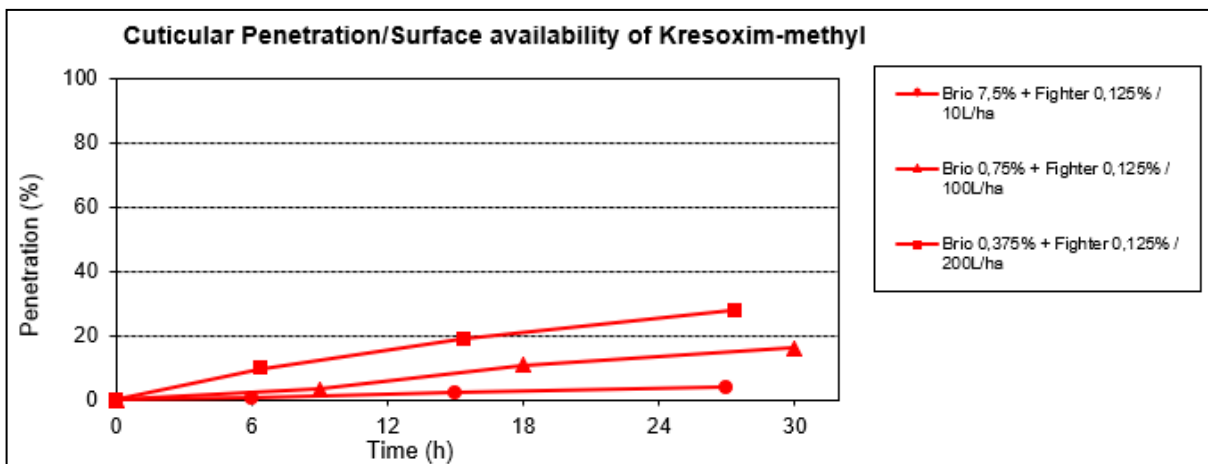
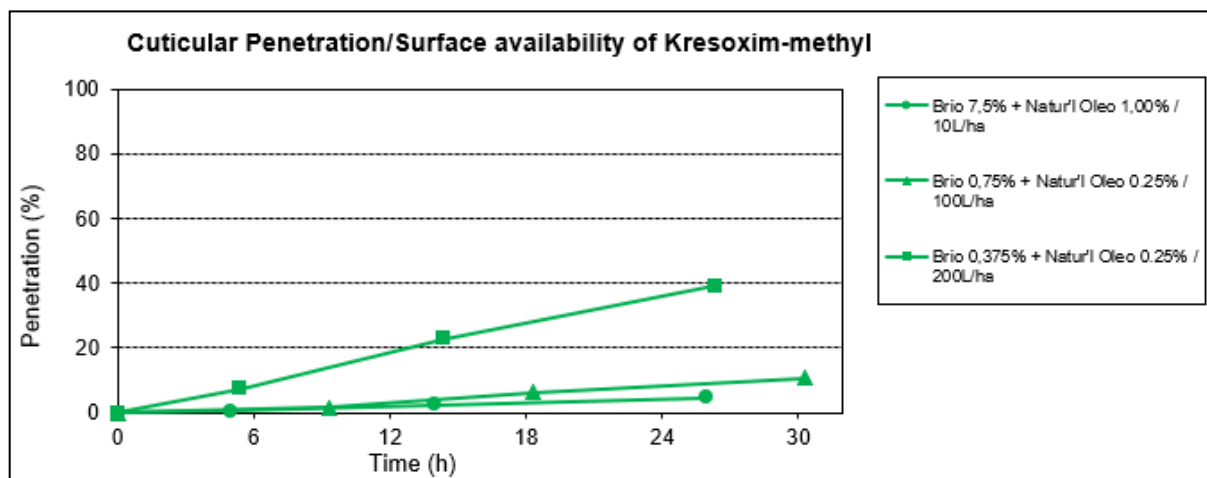


Figura 180: Penetração cuticular de cresoxim-metílico (Brio + Natur'l Óleo).



### 3.3.5 Fitointoxicação

Pode-se evidenciar que a velocidade e a porcentagem de absorção, estudados no item anterior, tem ação direta na fitointoxicação (Tabela 19).

Estes dados comprovam a importância de respeitar as recomendações nas aplicações dos produtos, pois os adjuvantes alteram a absorção de ingredientes ativos e as propriedades de espalhamento dos produtos de forma a aumentar ou reduzir a absorção, influenciando diretamente na fitointoxicação (BAUR, 1998).

Ao aumentar a penetração dos ingredientes ativos, os adjuvantes causaram fitointoxicação na planta-sinal *Euphorbia pulcherrima*.

Considerando que 1 é classificada como nulo, 2 a 4 como baixa fitointoxicação, 5 a 6 média, e igual ou superior a 7 é severa (EWRC, 1964), pode-se destacar que os adjuvantes Aureo e Natur'l Óleo apresentaram problemas acentuados neste parâmetro estudado. O fungicida Brio não apresentou problemas com fitointoxicação e os resultados referentes ao adjuvante Fighter variaram de acordo com a concentração do fungicida.

Mesmo os sintomas sendo severos nesta planta-sinal, no experimento a campo não foi verificada fitointoxicação em nenhum tratamento, pois o arroz é uma cultura mais rústica e sua anatomia é diferente da *Euphorbia pulcherrima*, que é uma muito planta sensível.

Tabela 19: Fitointoxicação em *Euphorbia pulcherrima*. Classificação da fitointoxicação: 1 = nula; 2 - 4 = leve; 5 - 6 = média; 7 - 9 = severa.

Código	Tratamento	Fito
0	Padrão - Genapol [0,3]	3
0	Padrão - Genapol [1,0]	9
0	Padrão - Genapol [3,0]	9
1*	Brio 7,5% / 10L/ha	2
7	Brio 0,75% / 100L/ha	1
2*	Brio 0,375% / 200L/ha	1
3*	Brio 7,5% + Aureo 0,25% / 10L/ha	9
11	Brio 0,75% + Aureo 0,25% / 100L/ha	9
4*	Brio 0,375% + Aureo 0,25% / 200L/ha	9
7*	Brio 7,5% + Fighter 0,125% / 10L/ha	9
9	Brio 0,75% + Fighter 0,125% / 100L/ha	6
8*	Brio 0,375% + Fighter 0,125% / 200L/ha	4
5*	Brio 7,5% + Natur'l Oleo 1,00% / 10L/ha	9
10	Brio 0,75% + Natur'l Oleo 0.25% / 100L/ha	9
6*	Brio 0,375% + Natur'l Oleo 0.25% / 200L/ha	9

Figura 181: Genapol aplicado nas concentrações de 0,3, 1,0 e 3,0%.

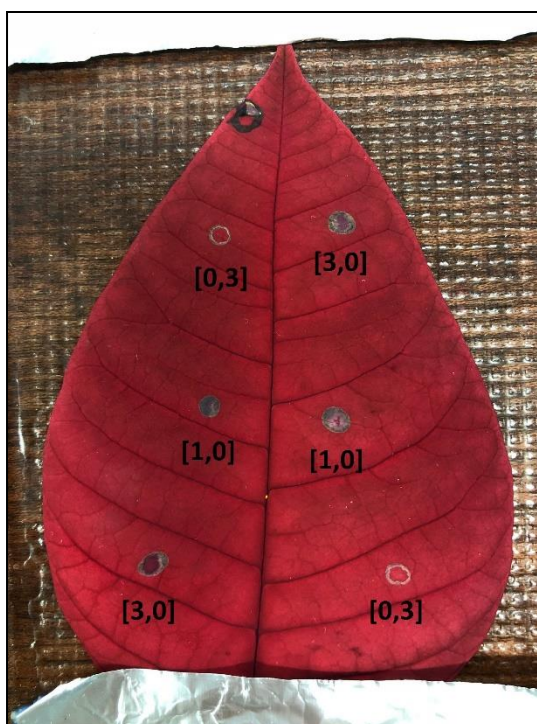


Figura 182: Brio aplicado na concentração de 7,5% (10 L ha<sup>-1</sup>).



Figura 183: Brio aplicado na concentração de 0,75% (100 L ha<sup>-1</sup>).



Figura 184: Brio aplicado na concentração de 0,375% (200 L ha<sup>-1</sup>).



Figura 185: Brio + Aureo aplicado na concentração de 7,5% + 0,25% (10 L ha<sup>-1</sup>).



Figura 186: Brio + Aureo aplicado na concentração de 0,75% + 0,25% (100 L ha<sup>-1</sup>).



Figura 187: Brio + Aureo aplicado na concentração de 0,375% + 0,25% (200 L ha<sup>-1</sup>).



Figura 188: Brio + Fighter aplicado na concentração de 7,5% + 0,125% (10 L ha<sup>-1</sup>).



Figura 189: Brio + Fighter aplicado na concentração de 0,75% + 0,125% (100 L ha<sup>-1</sup>).



Figura 190: Brio + Fighter aplicado na concentração de 0,375% + 0,125% (200 L ha<sup>-1</sup>).



Figura 191: Brio + Natur'l Óleo aplicado na concentração de 7,5% + 1,00% (10 L ha<sup>-1</sup>).



Figura 192: Brio + Natur'l Óleo aplicado na concentração de 0,75% + 0,25% (100 L ha<sup>-1</sup>).



Figura 193: Brio + Natur'l Óleo aplicado na concentração de 0,375% + 0,25% (200 L ha<sup>-1</sup>).



### 3.4 Conclusão

Nas condições em que foram desenvolvidos os testes pode-se concluir que:

As estruturas foliares presentes no arroz variam de acordo com a face da folha e das características dos cultivares;

Tricomas, papilas e células silicificadas contêm níveis mais elevados de sílica do que outras regiões de células epidérmicas;

Silício é o elemento mais abundante na epiderme das folhas de arroz;

O fungicida Brio, nas três concentrações, quando aplicado isolado, apresenta a formação de cristais por todo o depósito e de anel (“coffee ring”) na borda da gota;

A adição de adjuvantes evita a formação de “coffee ring” na borda das gotas da solução fungicida;

Brio não altera o pH da solução;

A penetração foliar de epoxiconazole é duas vezes superior ao cresoxim-metílico;

O aumento da concentração de Brio resulta na diminuição da taxa de penetração dos ingredientes ativos;

A adição de adjuvantes à calda fungicida aumenta a porcentagem de penetração dos ingredientes ativos;

A velocidade e a porcentagem de penetração têm influência direta na fitointoxicação;

O aumento da penetração dos ingredientes ativos pelos adjuvantes promove sinais de fitointoxicação em *Euphorbia pulcherrima*, com destaque para Aureo e Natur'l Óleo em todas as concentrações de Brio, e Fighter adicionado à maior concentração de Brio.

### 3.5 Referências

ALBERT, L.H.B. **Características morfológicas da cutícula foliar e efeitos de adjuvantes no controle químico de três espécies de guanxumas**. 2000. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2000.

APONTE, J.; BAUR, P. (2018). **The role of pH for ionic solute uptake by the non-aerial hypocotyl of mung bean plants**. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 125(4), 433–442.

APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (2012). **Anatomia Vegetal**. Editora UFV. Viçosa. 3ª Ed. 438 p.

BAKER, E.A. **Chemistry and morphology of plant epicuticular waxes**. In: CUTLER, D.F.; ALVIN, K.L.; PRICE, C.E. (Ed.) *The plant cuticle*. London: Academic Press, 1982. P. 139-165.

BAUR, P. (1997) **Lognormal distribution of water permeability and organic solute mobility in plant cuticles**. *Plant Cell Environment* 20, 167-177

BAUR, P. (1998) **Mechanistic aspects of foliar penetration of agrochemicals and the effects of adjuvants**. *Recent Res Dev Agric Food Chem* 2:809–837

BAUR, P.; BODELON, L; LOWE, B. (2014). **A novel adjuvant blend for in-can and tank-mix application potential combining sustainability and performance as versatile penetration enhancer**. In: Carmine, S. ed. *Pesticide Formulations and Application Systems*. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, ASTM STP 1569.

BAUR, P.; GRAYSON, B.T.; SCHONHERR, J. (1996). **Concentration-Dependent Mobility of Chlorfenvinphos in Isolated Plant Cuticles**. Pesticide Science. 47. 171 - 180.

BAUR, P.; PONTZEN, R. 2007. **Basic features of plant surface wettability and deposit formation and the impact of adjuvants**. In: Gaskin, R. (Ed.), Proceedings of the Eighth International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals. International Society for Agrochemical Adjuvants, Columbus, OH, p. 21.

CASTRO, L.A.S. **Processamento de mostras para microscopia eletrônica de varredura**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 37p.

CONCEIÇÃO, M.Z. **Defesa vegetal: legislação, normas e produtos fitossanitários**. In: ZAMBOLIN, L.; CONCEIÇÃO, M.Z.; SANTIAGO, T. (Ed.). O que os Engenheiros Agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários. 2.ed. Viçosa: UFV, 2003. p.53-57.

DORKLAND, T.; HUTMACHER, D.W.; NG, M.M.L.; SCHANTZ, J.T. (2007). **Techniques in Microscopy for Biomedical Applications**. World Scientific Publishing Co Pte Ltd. p. 406.

FAERS, M.A.; PONTZEN, R., 2008. **Factors influencing the association between active ingredient and adjuvant in the leaf deposit of adjuvant-containing suspoemulsion formulations**. Pest Management Science. 64, 820e833.

GOLAM, S.A.K.M., Arshad, A.M. (2002) **Studies on the leaf epidermis of rice (*Oryza sativa* L.)**. Indian Journal of Agricultural Research. 36:24–28.

HUNSCHE, M.; ALEXEENKO, A.; DAMEROW, L.; NOGA, G. (2011). **Rain-induced removal of copper from apple leaves: Influence of rain properties and tank-mix adjuvants on deposit characteristics at the micro scale**. Crop Protection, 30(4), 495–501.

KIM, S.G.; KIM K.W.; PARK, E.W.; CHOI, D. (2002) **Silicon-induced cell wall fortification of rice leaves: a possible cellular mechanism of enhanced host resistance to blast**. Phytopathology 92:1095–1103.

KWON, D.H.; HUH, H.K.; LEE, S.J. (2014). **Wettability and impact dynamics of water droplets on rice (*Oryza sativa* L.) leaves**. Experiments in Fluids, 55(3).

LEE, S.G.; LIM, H.S.; LEE, D.Y.; KWAK, D.; CHO, K. (2012). **Tunable Anisotropic Wettability of Rice Leaf-Like Wavy Surfaces**. Advanced Functional Materials, 23(5).

NING, D.; SONG, A.; FAN, F.; LI, Z.; LIANG, Y. (2014). **Effects of Slag-Based Silicon Fertilizer on Rice Growth and Brown-Spot Resistance**. Plos One, 9(7), e102681.

PRADO, E.P.; ARAUJO, D.; RAETANO, C.G.; POGETTO, M.H.F.A.D.; AGUIAR JUNIOR, H.O.; CHRISTOVAM, R.S. (2011). **Influência da dureza e potencial**

**hidrogeniônico da calda de pulverização sobre o controle do ácaro-da-leprose em frutos de laranja doce.** *Bragantia*, 70(2), 389-396.

RIEDERER, M.; SCHREIBER, L. (2001). **Protecting against water loss: Analysis of the barrier properties of plant cuticles.** *Journal of experimental botany*. 52. 2023-32.

SOARES, B.; SARON, E.S. (2010). **Microanálise elementar de materiais: aplicações do sistema MEV-EDX.** *Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos*. Vol 22. Nº1.

SUN, T.L.; FENG, L.; GAO, X.F.; JIANG, L. (2005) **Bioinspired surfaces with special wettability.** *Acc Chem Res* 38(8):644–652

WETTSTEIN-KNOWLES, P. (1993). **Waxes, cutin, and suberin.** In: *Lipid Metabolism in Plants*; MOORE, T.S.

YOO, J.H., PARK, J.H., CHI, S.H., YOO, S.C., LI, J., ZHANG, H., KIM, K.S; KOO, H.J.; PAEK, N.C. (2011). **The rice bright green leaf (bgl) locus encodes OsRopGEF10, which activates the development of small cuticular papillae on leaf surfaces.** *Plant Molecular Biology*, 77(6), 631–641.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a conclusão dos estudos desenvolvidos no Brasil, em condições de campo, em várzea irrigada no Vale do Paraíba - SP e nos laboratórios da Clariant em Frankfurt, Alemanha, é possível concluir que a mistura fungicida epoxiconazole e cresoxim-metílico (Brio) é eficiente no controle da mancha-parda ocorrente na cultura do arroz irrigado e reduz sua incidência nas sementes; os adjuvantes Fighter e Natur'l Óleo reduzem o número de gotas com alto potencial de deriva, possibilitando a diminuição do volume de aplicação terrestre de 200 para 100 L ha<sup>-1</sup> sem afetar a eficiência de controle do fungicida e promovendo aumento na produção e na qualidade do arroz; a aplicação aérea a 10 L ha<sup>-1</sup> gera o maior número de gotas com alto potencial de deriva e espectro de gotas menos uniforme, afetando negativamente a eficiência no controle da mancha-parda na cultura do arroz irrigado; o fungicida Brio promove a redução da tensão superficial da calda e os adjuvantes auxiliam na redução; o fungicida Brio tem pouca influência na redução do ângulo de contato da gota com a folha de arroz, porém a adição de adjuvantes promove a redução do ângulo de contato da mistura, sendo que o adjuvante Fighter tem o maior efeito, seguido pelo Natur'l Óleo e pelo Aureo, influenciando no espalhamento e na porcentagem de cobertura da calda aplicada nas folhas de arroz, de modo que o adjuvante Fighter é o que proporciona melhores resultados; as estruturas foliares do arroz variam de acordo com a face da folha e das características dos cultivares; tricomas, papilas e células silicificadas contêm níveis mais elevados de sílica do que outras regiões de células epidérmicas, sendo silício o elemento mais abundante na epiderme das folhas de arroz; a adição de adjuvantes evita a formação de "coffee ring" na borda das gotas da solução fungicida; a penetração foliar de epoxiconazole é duas

vezes superior ao cresoxim-metílico, e enquanto o aumento da concentração de Brio resulta na diminuição da taxa de penetração dos ingredientes ativos, a adição de adjuvantes à calda fungicida aumenta a penetração; a velocidade e a porcentagem de penetração têm influência direta na fitointoxicação.

## REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Coordenação-Geral de Agrotóxicos. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em 18 nov. 2014.

AHMADOPOUR, A.; CASTELL-MILLER, C.; JAVAN-NIKKHAN, M.; NAGHAVI, M.R.; DEHKAEI, F.P.; LENG, Y.; PURI, D.; ZHONG, S. (2017). Population structure, genetic diversity, and sexual state of the rice brown spot pathogen *Bipolaris oryzae* from three Asian countries. **Plant Pathology**, 67(1), 181–192.

AMARAL, A.S.; GONÇALO, J.F.P. Sementes. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado. **Fundamentos para a cultura do arroz**. Campinas: Fundação Cargill, p.113-127, 1985.

AMARAL, H.M. do; RIBEIRO, A.S.; LUCCA FILHO, O.A. Diagnóstico da Patologia de Sementes de Arroz no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 7, n. 1, p. 183-188, 1985.

AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigour testing handbook**. Lincoln: East Lansing, 1983. 88p.

BARBA, J.T.; REIS, E.M.; FORCELINI, C.A. Efeito da temperatura e de fungicida na transmissão de *Bipolaris sorokiniana* da semente para plântulas de cevada. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 5. Brasília. 2002.

BORDIN, L.C.; CASA, R.T.; MARCUZZO, L.L.; BOGO, A.; ZANCAN, R.L. Efeito da aplicação de fungicidas no controle de doenças foliares de arroz irrigado e sua relação com o rendimento industrial. **Summa Phytopathologica**, v.42, n.1, p.85-88, 2016.

BOLLER, W.; HOFFMANN, L.L.; FORCELINI, C.A.; CASA, R.T. Tecnologia de aplicação de fungicidas – Parte II. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.16, p.85-132, 2008.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: 2009. 395 p.

CARVALHO, M.L.M., VILLELA, F.A. Armazenamento de Sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 232, p. 70-75, 2006.

CASTRO, E.M. de; VIEIRA, N.R.A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. da. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34).

CELMER, A.; MADALOSSO, M.G.; DEBORTOLI, M.P.; NAVARINI, L.; BALARDIN, R.S. Controle químico de doenças foliares na cultura do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 42, n. 6, p. 901-904, jun. 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. Brasília, 2014. 103 p. (Safra 2014/15 – segundo levantamento, Novembro 2014). Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_11\\_13\\_09\\_19\\_35\\_boletim\\_graos\\_novembro\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_11_13_09_19_35_boletim_graos_novembro_2014.pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2014.

CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; VIEIRA, R.F.; FERNANDES, H.C.; COURY, J.R. 2004. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.10, p.977-985, out. 2004.

DALLAGNOL, L.J.; RODRIGUES, F.A.; MIELLIM, M.V.B.; MA, J.F.; DARNOFF, L.E. Defective active silicone uptake affects some components of rice resistance to brown spot, **Phytopathology** **99** (2009) 116–121.

ECHEVERRÍA, A.L.; CARMONA, M.A.; GUTIÉRREZ, S.A. Transmisión de *Trichoconiella padwickii* a coleóptilos de arroz. **Tropical Plant Pathology**. v. 38, n. 4, Brasília, 2013.

ELIAS, M.C. Pós-colheita e industrialização de arroz. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.745-798.

FAIAD, M.G.R.; MACHADO, J.C.; VIEIRA, M.G.G.C.; CORNÉLIO, V.M.O. Efeitos e Transmissibilidade de *Pyricularia oryzae* CAV. em Sementes de Arroz (*Oryza sativa* L.) Sob Condições Controladas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 16, n. 1, p. 45-49, 1994.

FAO. **FAOSTAT: Food and Agriculture data**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em 15 jan. 2019.

FARIAS, C.R.J.; AFONSO, A.P.S.; BRANCÃO, M.F.; PIEROBOM, C.R. Ocorrência de *Alternaria padwickii* (Ganguly) em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) (Poacea) produzidas em quatro regiões orizícolas do Rio Grande do Sul e seu efeito sobre plântulas. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 74, n. 3, p. 245-249, 2007.

FERREIRA, M.C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Prol – Editora Gráfica, 2006. v.1, p. 293 - 303.

GARCIA, L.C.; MACHADO JUNIOR, C. R.; BOCHNIA, G. P.; WIERICH NETO, P. H.; RAETANO, C. G. ADJUVANTS IN FUNGICIDE SPRAYING IN WHEAT AND SOYBEAN CROPS. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 6, p. 1110-1117, Dec. 2016.

HABIB, A.; JAVED, N.; SAHI, S.T.; WAHEED, M. Detection of seed borne mycoflora of differen coarse and fine rice varities and their management through seed treatments. **Pakistan Journal of Phytopathology**, v. 24, n. 2, p. 133-136, 2012.

HENNING, A.A. Patologia e tratamento de sementes: noções gerais. **Documento 264**. 2.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 52p.

HOFFMANN, W.C.; BRADLEY, F.; BAGLEY, W.E.; GEDNALSKE, J; ELSIK, C.E.; KRUGER, G.R. (2012). **Determination of Selection Criteria for Spray Drift Reduction from Atomization Data**. ASTM Special Technical Publication. 1558. 65-79.

International Rice Research Institute (IRRI). **Rice Knowledge Bank**. Disponível em: <<http://www.knowledgebank.irri.org/step-by-step-rodution/postharvest/storage#safe-storage>>. Acesso em 11 nov. 2017.

KIMATI, H. **Manual de Fitopatologia**: Doenças das Plantas Cultivadas. 4ª ed., v. 2. São Paulo, Agronômica Ceres, 2005.

LOBO, V.L.S. Tratamento de sementes para o controle da brusone nas folhas em arroz. **Comunicado Técnico 77**. Embrapa, Santo Antônio de Goiás, GO, Dezembro, 2004.

LUZZARDI, R.L.G.; RIBEIRO, A.S.; BONATTO, G. Tratamento de sementes de arroz irrigado com fungicidas e microorganismos antagônicos. In: **REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO**, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: IRGA, 1989. p. 410-417.

MACHADO, J. da C. **Patologia de sementes**: fundamentos e aplicações. Brasília: MEC/ESAL/FAEPE, 1988. 106p.

MALAVOLTA, V.M.A.; SOLIGO, E.A.; DIAS, D.D.; AZZINI, L.E.; BASTOS, C.R. Incidência de fungos e quantificação de danos em sementes de genótipos de arroz. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 3, p.280-286, 2007.

MARQUES, E.R.; ARAÚJO, E.F.; ARAÚJO, R.F.; MARTINS FILHO, S.; SOARES, P.C. Seed quality of rice cultivars stored in different environments. **Journal of Seed Science**. v. 36, n. 1, Londrina, 2014.

MEDINA, P.F.; TANAKA, M.; PARISI, J.J.D. Sobrevivência de fungos associados ao potencial fisiológico de sementes de triticale (*X. tritico-secale* Wittmack) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 4, p. 17-026, 2009.

MIGUEL, M.H.; CÍCERO, S.M. Teste de frio na avaliação do vigor de sementes de feijão. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1233-1243, 1999.

MILLER, P.C.H. 2004. Reducing the risk of drift from boom sprayers. In: Raetano, C.G., Antuniassi, U.R. **Qualidade em Tecnologia de Aplicação**. Fepaf, Botucatu. Pp. 110-124.

MIURA, L. Doenças. In: EPAGRI **Arroz irrigado: sistema pré-germinado**. Florianópolis: Epagri/ GMC, 2002, p. 203-227.

MWENDO, M.M.; OCWO-SSEMAKULA, M.; LAMO, J.; GIBSON, P.; EDEMA, E. 2017. Reaction of upland rice genotypes to the brown spot disease pathogen *Bipolaris oryzae*. **African Journal of Rural Development (AFJRD)**, vol. 2(1), March.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.

NAKAMURA, A.M.; SADER, R. Efeito da Infecção por Fungos na Germinação e Vigor de Sementes de Arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 8, n. 1, p. 101-111, 1986.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. London: MacMillan Press, 1977. v. 2, 1191 p.

NGHIEP, H.V.; GAUR A. Efficacy of seed treatment in improving seed quality in rice (*Oryza sativa* L.). *Omonrice*, v. 13, n. 1, p. 42-51, 2005.

NUNES, C.D.M.; RIBEIRO, A.S.; TERRES, A.L.S. Principais doenças em arroz irrigado e seu controle. In: GOMES, A. da S., MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de (Ed.). **Arroz Irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 579-621.

PEREIRA, U.J. O arroz no mundo. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 26, n. 273, p. 4-13, 1973.

PRABHU, A.S.; FILIPPI, M.C.; RIBEIRO, A.S. Doenças e seu controle. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 262-307.

PHABHU, A.S.; FILLIPI, M.C.C.; RIBEIRO, A.S. Doenças e seu controle. In: SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R.A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil. 2.ed.** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA/CNPAF, 2006. p.561-590.

QIN, K., TANK; H., WILSON, S. A.; DOWNER, B.; LIU, L. Controlling droplet-size distribution using oil emulsions in agricultural sprays. **Atomization and Sprays**. 2010, v. 20, n. 3, p. 227 – 239.

RIBEIRO, A.S.; NUNES, C.D.M.; LUZZARDI, R.L.G. Tratamentos de sementes de arroz irrigado com fungicidas. In: **REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO**, Balneário Camboriú. Anais. Florianópolis: EMPASC, 1987. p. 341-347.

SARTORATO, A.; PENTEADO, M.F.; MENTEN, J.O.M. Controle Químico de *Phoma sorghina* em Sementes de Arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 12, n. 2, p. 59-65, 1990.

SCHRÖDER, E.P. **Avaliação de sistemas aeroagrícolas visando à minimização de contaminação ambiental**. 2003. 73p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SCHODER, E. P.; MARTINI, A. T.; ANDRADE, G. P. D. (2011). Aplicação aérea de Glifosato com diferentes equipamentos e volumes de calda na dessecação de cobertura vegetal antes da semeadura do arroz. Disponível em: <<http://www.schroderconsultoria.com.br/arquivos/aplicacao.pdf>>. Acesso em 15 out. 2018.

SCHUCH, J.Z.; LUCCA FILHO, O.A.; PESKE, S.T.; DUTRA, L.M.C.; BRANCÃO, M.F.; ROSENTHAL, M.D. Qualidade Fisiológica e Sanitária de Sementes de Arroz com Diferentes Graus de Umidade e Tratadas com Fungicidas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 45-53, 2006.

SILVA, C.S.; LUCCA FILHO, O.A.; ZIMMER, P.D.; BONINI FILHO, R.M. Efeito do tratamento químico sobre a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de arroz com diferentes graus de umidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 426-434, 2011.

SILVA, T.M.B. da. **Tecnologia de aplicação aérea de fungicidas na cultura do arroz irrigado**. 2012. 64p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SOFIATTI, V.; SCHUCH, L. Efeitos de Regulador de Crescimento e Controle Químico de Doenças na Qualidade Fisiológica e Sanitária de Sementes de Arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p.102-110, 2005.

SOUZA, J.T., MENEZES, W. M., HASELEIN, C.R., BALDIN, T., AZAMBUJA, R.R., MARAIS, W.W.C. Avaliação das Propriedades Físico-Mecânicas de Painéis de Casca de Arroz e Adesivo Tanino-Formaldeído. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 1003-1015, jul.-set., 2017.

TESKE, M. E.; HEWITT, A.J.; A. J.; VALCORE, D.L.. 2004. The role of small droplets in classifying drop size distribution. **ILASS Americas 17th Annual Conference on Liquid Atomization and Spray Systems**. Arlington, VA.

VIGANO, L.S.; RAETANO, C.G.. Assistência de ar e volumes de aplicação na deposição de calda e no controle do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.). **Engenharia Agrícola**. 2007, vol.27, n.3, pp.734-741.

WANG, X.; HE, X.; SONG, J.; WANG, Z.; WANG, C.; WANG, S.; WU, R.; MENG, Y. (2018). **Drift potential of UAV with adjuvants in aerial applications**. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 11. 54-58.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of Rice Crop Science**. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 1981.