

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**AVALIAÇÃO DO USO E DA ESTABILIDADE
FÍSICO-QUÍMICA DE MISTURAS DE
HERBICIDAS EM TANQUE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Shirlei Pezzi Fehndrich

Itaqui, RS, Brasil

2021

SHIRLEI PEZZI FEHNDRICH

**AVALIAÇÃO DO USO E DA ESTABILIDADE
FÍSICO-QUÍMICA DE MISTURAS DE
HERBICIDAS EM TANQUE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Prof. Dr. Glauber Monçon Fipke

Itaqui, RS, Brasil

2021

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pela autora através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

F296a Fehndrich, Shirlei Pezzi

Avaliação do uso e da estabilidade físico-química de misturas de herbicidas em tanque / Shirlei Pezzi Fehndrich.
60 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2021.

"Orientação: Glauber Monçon Fipke".

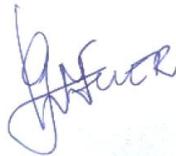
1. Arroz irrigado. 2. Compatibilidade. 3. Associação. I. Título.

SHIRLEI PEZZI FEHNDRICH

**AVALIAÇÃO DO USO E DA ESTABILIDADE
FÍSICO-QUÍMICA DE MISTURAS DE
HERBICIDAS EM TANQUE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheira Agrônoma**.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 21 de setembro de 2021.
Banca examinadora:



Prof. Dr. Glauber Monçon Fipke

Orientador

Curso de Agronomia - UNIPAMPA



Prof. Dr. Carlos Eduardo Schaedler

Cursos Técnico em Agropecuária e Engenharia Agrônômica - IFSUL



Profª. Drª. Thais Fernanda Stella de Freitas

Curso de Agronomia - UNIPAMPA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Evanir e Marli, minha irmã Isley e minha sobrinha Gabrieli, maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão.

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus pela vida e a Nossa Senhora Aparecida, minha protetora, por todas bênçãos, oportunidades e graças concedidas.

Aos meus pais, Evanir e Marli, à minha irmã Isley e minha sobrinha Gabrieli, os quais nunca mediram esforços para me proporcionar o melhor que podiam, que sempre me apoiaram, auxiliaram, aconselharam, incentivaram e me deram todo amor e carinho em todos momentos.

Ao Prof. Dr. Glauber Monçon Fipke meu muito obrigada pela orientação, por todos ensinamentos transmitidos, pelo apoio nas atividades e a disponibilidade em todas etapas do trabalho. Agradeço também a todos integrantes do Grupo de Pesquisa em Manejo Agropecuário Integrado e Sustentável em Áreas de Terras Baixas (MAIS Várzea) que auxiliaram no trabalho e pela troca de conhecimentos neste tempo de convívio.

Aos professores integrantes da banca avaliadora, Prof. Carlos Eduardo Schaedler e Prof.^a Thais Fernanda Stella de Freitas, por aceitarem o convite e por todos conhecimentos transmitidos durante minha formação e neste momento.

Aos demais professores e funcionários da Unipampa, em especial aos do curso de Agronomia, que fizeram parte de minha formação profissional e pessoal.

A todos os colegas de curso e amigos pelo convívio e pelos momentos de amizade, principalmente à Carine, Letícia, Erick e Andressa aos quais sou muito grata pela amizade que criamos durante este período.

Ao João pelos conselhos, incentivos, apoio e auxílio em todas etapas do curso e na realização deste trabalho.

Ao PET Agronomia, por todas experiências, convívios, aprendizados, lições e amizades que me proporcionou durante este tempo que pude compartilhar com o grupo.

E a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para que fosse possível realizar este trabalho.

EPÍGRAFE

A rentabilidade é proporcional à
quantidade de conhecimento por hectare.

Dirceu Gassen

RESUMO

AVALIAÇÃO DO USO E DA ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE MISTURAS DE HERBICIDAS EM TANQUE

Autor: Shirlei Pezzi Fehndrich

Orientador: Glauber Monçon Fipke

Local e data: Itaqui, 21 de setembro de 2021.

Mistura em tanque é a utilização de dois ou mais produtos em tanque de pulverização, imediatamente antes da aplicação. O objetivo do trabalho foi realizar levantamento sobre uso de misturas de agrotóxicos em tanque e avaliar a compatibilidade física de misturas de herbicidas registrados para a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. O trabalho foi executado em duas etapas, sendo primeiramente realizada uma pesquisa com profissionais da área agrônômica por meio de um formulário online; posteriormente foi realizado um experimento em condições controladas para testar compatibilidade física das principais misturas. O método de preparo de calda para avaliação de compatibilidade físico-química adotado foi o descrito ABNT NBR 13875: Agrotóxicos e afins – Avaliação de compatibilidade físico-química, com adoção da técnica estática, avaliando dois volumes de calda, 100 e 25 L ha⁻¹. As avaliações foram imediatamente após a mistura e nos tempos 1, 5, 10, 30 minutos e 2, 6 e 24 horas após preparo da calda. A pesquisa realizada com profissionais da área pode caracterizar a realidade sobre o uso de misturas de agrotóxicos em tanque, principalmente na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. Foi constatado que há grande extensão de área e diversidade de culturas onde esta prática é aplicada e que nestas aplicações são utilizados, em sua maioria, até quatro produtos por operação. A mistura de glifosato + imazetapir apresenta estabilidade perfeita em todos tempos avaliados e nos dois volumes de calda testados, sendo recomendada para uso sem nenhuma restrição. Para o volume de 100 L ha⁻¹ as misturas de glifosato + clomazona e glifosato + clomazona + imazapir + imazapique não são recomendadas nestas condições. O mesmo cabe para as misturas de glifosato + clomazona, glifosato + clomazona + imazapir + imazapique, imazapir + imazapique + bentazona, imazapir + imazapique + quincloraque e imazapir + imazapique + pirazossulfurom-etílico para o volume de 25 L ha⁻¹. Para o volume de 100 L ha⁻¹ a utilização das misturas de imazapir +

imazapique + quincloraque, glifosato + imazapir + imazapique, imazapir + imazapique + penoxsulam, imazapir + imazapique + propanil + triclopir, imazapir + imazapique + fenoxaprope-p-etílico, imazapir + imazapique + imazetapir e imazapir + imazapique + bentazona fica condicionada a um sistema de agitação contínua para que os efeitos de incompatibilidade sejam minimizados. O mesmo se aplica para o volume de 25 L ha⁻¹ para as misturas de imazapir + imazapique + imazetapir, imazapir + imazapique + propanil + triclopir, imazapir + imazapique + fenoxaprope-p-etílico e imazapir + imazapique + cialofope butílico. As misturas com os herbicidas penoxsulam, quincloraque e profoxidim apresentam valores de pH menores que o pKa dos mesmos, evidenciando que nestes casos a maioria das moléculas dos herbicidas se encontra na forma não dissociada.

Palavras-chave: Arroz irrigado, compatibilidade, associação.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE USE AND PHYSICAL-CHEMICAL STABILITY OF HERBICIDES MIXTURES IN TANK

Author: Shirlei Pezzi Fehndrich

Advisor: Glauber Monçon Fipke

Data: Itaqui, September 21, 2021.

Tank mixing is the use of two or more products in a spray tank, immediately before application. The aim of this work was to survey the use of pesticide mixtures in tanks and evaluate the physical compatibility of herbicide mixtures registered for irrigated rice (*Oryza sativa* L.) crops. The work was carried out in two stages, firstly a survey was carried out with professionals in the agronomic area through an online form; later an experiment was carried out under controlled conditions to test the physical compatibility of the main mixtures. The mixture preparation method for the physicochemical compatibility evaluation adopted was the one described in ABNT NBR 13875: Pesticides and other chemical products - Physicochemical compatibility evaluation, adopting the static technique, evaluating two volumes of spray mix, 100 and 25 L ha⁻¹. The evaluations were made immediately after mixing and at times 1, 5, 10, 30 minutes and 2, 6 and 24 hours after preparation of the mixture. The research carried out with professionals in the area can characterize the reality of the use of pesticide mixtures in tanks, mainly on the Western Border of Rio Grande do Sul. It was found that there is a large area and diversity of cultures where this practice is applied and that in these applications, most of up to four products are used per operation. The mixture of glyphosate + imazethapyr presents perfect stability at all times evaluated and in the two volumes of spray mix tested, being recommended for use without any restrictions. For the volume of 100 L ha⁻¹ the mixtures of glyphosate + clomazone and glyphosate + clomazone + imazapyr + imazapic are not recommended under these conditions. The same applies to the mixtures of glyphosate + clomazone, glyphosate + clomazone + imazapyr + imazapic, imazapyr + imazapic + bentazone, imazapyr + imazapic + quinclorac and imazapyr + imazapic + pyrazosulfuron-ethyl for the volume of 25 ha⁻¹. For the volume of 100 L ha⁻¹ the use of mixtures of imazapyr + imazapic + quinclorac, glyphosate + imazapyr + imazapic,

imazapyr + imazapic + penoxsulam, imazapyr + imazapic + propanil + triclopyr, imazapyr + imazapic + fenoxaprop-p-ethyl, imazapyr + imazapic + imazethapyr and imazapyr + imazapic + bentazone is subject to a continuous stirring system so that incompatibility effects are minimized. The same applies for the volume of 25 L ha⁻¹ for the mixtures of imazapyr + imazapic + imazethapyr, imazapyr + imazapic + propanil + triclopyr, imazapyr + imazapic + fenoxaprop-p-ethyl and imazapyr + imazapic + cyhalofop butyl. Mixtures with the herbicides penoxsulam, quinchlorac and profoxydim have pH values lower than their pKa, showing that in these cases most of the herbicide molecules are in un-dissociated form.

Keywords: Irrigated rice, compatibility, association.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cidades de atuação dos entrevistados.	27
Figura 2 - Distribuição percentual da formação profissional dos participantes da pesquisa.	28
Figura 3 - Porcentagem de uso de misturas de agrotóxicos em tanque.	29
Figura 4 - Tamanho das áreas atendidas ou trabalhadas em que são realizadas aplicações com mistura de agrotóxicos em tanque.	30
Figura 5 - Culturas em que são aplicadas misturas de agrotóxicos em tanque.	30
Figura 6 - Quantidade de produtos que costumam ser utilizados em uma única mistura de tanque.	31
Figura 7 - Frequência de ocorrência de problemas quando utilizada mistura de agrotóxicos em tanque.	33
Figura 8 - Formação de espuma na calda de imazapir + imazapique + fenoxaprope-p-etílico 30 minutos após preparo de calda (APC) com simulação de volume de calda de 100 L ha ⁻¹	36
Figura 9 - (A) Avaliação do ensaio individual com o herbicida clomazona 6 horas após preparo de calda (APC); (B) Avaliação do ensaio de mistura com glifosato + clomazona 6 horas APC; (C) Avaliação do ensaio de mistura com glifosato + clomazona + imazapir + imazapique, com simulação de volume de calda de 100 L ha ⁻¹	37
Figura 10 - (A) Ocorrência de espuma e sedimentação na mistura de imazapir + imazapique + bentazona 30 minutos após preparo de calda (APC); (B) Ocorrência de espuma e sedimentação na mistura de imazapir + imazapique + imazetapir 2 horas APC; (C) Ocorrência de espuma e sedimentação na mistura de imazapir + imazapique + fenoxaprope-p-etílico 2 horas APC, com simulação de volume de calda de 25 L ha ⁻¹	40
Figura 11 - (A) Ocorrência de separação de fases e sedimentação na mistura de glifosato + clomazona + imazapir + imazapique depois de 2h após preparo de calda (APC) sem agitação; (B) Ocorrência de separação de sedimentação na mistura de glifosato + clomazona + imazapir + imazapique depois de 2h APC e 10 minutos após agitação, com simulação de volume de calda de 25 L ha ⁻¹	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nome comercial, ingrediente ativo, concentração, formulação e faixa de dose dos herbicidas registrados para cultura do arroz ou arroz irrigado utilizados para avaliação de compatibilidade físico-química de misturas.....	22
Tabela 2 - Constante de dissociação eletrolítica (pKa), coeficiente octanol/água (Kow), solubilidade (S) e pressão de vapor (PV) dos herbicidas utilizados.....	23
Tabela 3 - Grau de estabilidade de misturas entre agrotóxicos.	25
Tabela 4 - Ensaio de características dos herbicidas individualmente com volume de aplicação de 100 L ha ⁻¹	25
Tabela 5 - Ensaio de características dos herbicidas individualmente com volume de aplicação de 25 L ha ⁻¹	26
Tabela 6 - Interações de misturas de herbicidas com volume de aplicação de 100 L ha ⁻¹	34
Tabela 7 - Interações de misturas de herbicidas com volume de aplicação de 25 L ha ⁻¹	39
Tabela 8 - Valores de pH das caldas em mistura para os volumes de calda para simulação de aplicação terrestre (100 L ha ⁻¹) e aérea (25 L ha ⁻¹).	43
Tabela 9 - Valores de pH das caldas dos herbicidas ensaiados individualmente para os volumes de calda para simulação de aplicação terrestre (100 L ha ⁻¹) e aérea (25 L ha ⁻¹).	44

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ALS – Acetolactato sintase

ANDEF – Associação Nacional de Defensivos Agrícolas

APC – Após preparo da calda

CS – Suspensão de cápsulas

DC – Concentrado dispersível

DIPROF – Divisão de produtos fitossanitários

EC – Concentrado emulsionável

IFSUL – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense

PIB – Produto Interno Bruto

ROM – Roundup Original® Mais

RS – Rio Grande do Sul

SC – Suspensão concentrada

SDSV – Secretaria de Defesa Sanitária Vegetal

SL – Concentrado solúvel

UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa

WG – Grânulos dispersíveis em água

WP – Pó molhável

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo geral	14
1.2	Objetivos específicos	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	Histórico da regulamentação legal da prática de mistura de agrotóxicos em tanque.....	15
2.2	Interações físico-químicas	16
2.3	Formulações de agrotóxicos	17
2.4	Uso de misturas envolvendo herbicidas na cultura do arroz na Metade Sul do RS.....	19
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1	Levantamento de dados sobre misturas de agrotóxicos	21
3.2	Avaliação de compatibilidade de misturas de herbicidas para a cultura do arroz irrigado	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1	Levantamento de dados sobre o uso de misturas agrotóxicos em tanque.....	27
4.1.1	Caracterização dos entrevistados.....	27
4.1.2	Dos que responderam que realizam/prescrevem misturas de agrotóxicos em tanque	29
4.1.3	Dos que responderam que não realizam misturas de agrotóxicos em tanque.	33
4.2	Resultados da avaliação de compatibilidade de misturas de herbicidas para a cultura do arroz irrigado.....	34
4.2.1	Misturas com simulação de volume de calda de 100 L ha ⁻¹	34
4.2.2	Misturas com simulação de volume de calda de 25 L ha ⁻¹	38
4.3	Potencial hidrogeniônico das caldas (pH) e constante de dissociação eletrolítica (pKa) dos herbicidas	42
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
	REFERÊNCIAS.....	47
	APÊNDICE.....	51

1 INTRODUÇÃO

A agropecuária é um importante setor da economia brasileira, atuando com 24,31% no PIB do país (CEPEA, 2020). Culturas de grãos como soja, milho, arroz e trigo apresentam elevadas produtividades e atuam diretamente na economia nacional, participando significativamente das exportações realizadas (CONAB, 2021). Porém o desenvolvimento e a produtividade destas culturas, assim como das demais cultivadas, são influenciados por diversos fatores, entre as quais podemos destacar as plantas daninhas, pragas e doenças, por isso torna-se imprescindível o uso de recursos tecnológicos disponíveis para manter a competitividade do Brasil no cenário mundial de produção de *commodities* agrícolas (AZEVEDO, 2015).

As regiões de produção agrícola do país são em sua maioria de clima Tropical e Subtropical e apresentam variabilidade de solos e diversidade de plantas daninhas (OLIVEIRA et al., 2021), sendo comum a ocorrência concomitante de diferentes espécies de plantas infestantes, doenças e pragas no mesmo estágio fenológico da cultura em uma mesma área. Dentre os métodos de controle o químico é amplamente utilizado para realizar o controle destas, por ser de baixo custo, controle rápido e pela praticidade, porém um único agrotóxico aplicado de forma isolada não apresenta espectro de ação capaz de controlar todos problemas, sendo comumente empregada a prática de uso de produtos fitossanitários misturados em um mesmo tanque de aplicação (GAZZIERO, 2015).

Por definição legal, Decreto nº 4.074/2002, a mistura em tanque é a associação de agrotóxicos e afins no tanque do equipamento aplicador, imediatamente antes da aplicação. Esta prática tem como finalidade diminuir o uso de combustíveis e máquinas, conseqüentemente reduzindo os custos de produção e minimizando os problemas de compactação do solo, além de reduzir o volume de água utilizado, tempo de exposição do trabalhador rural ao agrotóxico e auxiliar no manejo e prevenção de resistência de pragas (OLIVEIRA et al., 2021; GAZZIERO, 2015).

O uso da estratégia de misturas em tanque para controle de alvos biológicos é uma das ferramentas mais eficientes disponíveis para uso imediato pela cadeia produtiva, principalmente em cultivos em grandes extensões de terra (AZEVEDO, 2015). Contudo, alguns produtos quando utilizados em misturas podem interagir

física ou quimicamente na solução de pulverização (calda) ou biologicamente na planta (ZHANG; HAMILL; WEAVER, 1995), onde estas interações podem ocorrer antes, durante ou após a aplicação. Quando ocorre a interação física pode-se observar a incompatibilidade dos produtos pela separação de fases, formação de grumos, floculação, sedimentação e formação de cristais e creme. Já de forma biológica, na planta, podem ocorrer efeitos sinérgico, aditivo ou antagônico (COLBY, 1967). Quando ocorre o efeito sinérgico a ação da mistura é superior à soma das qualidades individuais de cada formulação, no efeito aditivo a ação da mistura é a soma das qualidades individuais de cada formulação e no efeito antagônico o efeito da aplicação da mistura será inferior ao da aplicação dos produtos individualmente (RAMOS e ARAÚJO, 2006).

Por isso, a prática de mistura em tanque gera algumas inseguranças devido a carência de publicações científicas, alta possibilidade de combinações existentes entre os produtos (FERREIRA, 2019) e pela falta de divulgação de informações que não são disponibilizadas para realização de capacitação, por falta de legislação apropriada (GAZZIERO et al., 2021). Visto a grande importância e demanda de informações sobre o assunto, bem como as implicações destas informações nas aplicações, novos estudos devem ser realizados com objetivo de evitar prejuízos, tanto financeiros como ambientais.

1.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho foi realizar levantamento sobre uso de misturas de agrotóxicos em tanque e avaliar a compatibilidade física de misturas de herbicidas.

1.2 Objetivos específicos

Obter levantamento sobre a prática de mistura de agrotóxicos em tanque em áreas de produção no Rio Grande do Sul, por meio de pesquisa com profissionais da área que realizam/prescrevem aplicações de produtos fitossanitários.

Analisar as interações na realização de misturas de herbicidas registrados para a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado, avaliando a compatibilidade físico-química da mistura em dois volumes de calda e diferentes intervalos de tempo, a fim

de gerar dados sobre o assunto que possam orientar profissionais em futuras tomadas de decisões.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico da regulamentação legal da prática de mistura de agrotóxicos em tanque

A regulamentação da prática de mistura de agrotóxicos em tanque no Brasil sofreu alterações no decorrer do tempo, causando muitas vezes polêmicas sobre o assunto. Até meados dos anos de 1980 as indicações técnicas traziam as recomendações sobre as misturas de produtos em tanque (GAZZIERO, 2015), porém a partir de abril de 1985 por orientação do ofício DIPROF/SDSV 198/85 encaminhado pelo Ministério da Agricultura à ANDEF, estas recomendações foram excluídas das instruções de uso, ficando entendido que as misturas em tanque estariam proibidas (LIMA, 1997).

Após diversas ações serem realizadas com objetivo de legalizar a prática, em 30 de maio de 1995 a portaria 67 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, aprovou a realização desta prática no Brasil e criou a possibilidade de as empresas incluírem nos registros as recomendações sobre as misturas em tanque, com o argumento de ser uma técnica agrônômica mundialmente utilizada (BRASIL, 1995). Entretanto, esta portaria acabou sendo revogada em 2002 pela Instrução Normativa nº 46 que determinou que as empresas detentoras de registros de agrotóxicos retirassem as indicações das misturas em tanque dos rótulos e bulas dos produtos (BRASIL, 2002).

Atualmente a Instrução Normativa nº 40, de 11 de outubro de 2018, determina o que se tem de mais atual sobre as misturas em tanque e a partir de então regulamenta a prática, desde que, o receituário agrônômico seja feito e assinado por um(a) Engenheiro(a) Agrônomo(a) e que possua, além de todas informações já pré-estabelecidas em consonância com as boas práticas agrícolas, informações sobre incompatibilidade dos agrotóxicos (BRASIL, 2018).

2.2 Interações físico-químicas

Ao misturar dois ou mais produtos diferentes em um mesmo tanque de aplicação, reações de incompatibilidade podem ser eventualmente observadas, como a separação de fases e complexação com possível formação e aglomerados e precipitados, essas alterações podem influenciar no pH, condutividade elétrica e na tensão superficial da calda (PETTER et al., 2013).

Pesquisas demonstram que os principais problemas associados à incompatibilidade físico-química de agrotóxicos e afins, relatados por produtores e profissionais da área, são referentes a dificuldade em dissolver os produtos misturados, excesso de formação de espuma, formação de precipitados no tanque (GAZZIERO, 2015) e separação de fases em geral (SILVA; FERREIRA; FERREIRA, 2007) que podem ser resultantes de uma agitação inadequada, da realização da adição dos produtos na ordem incorreta ou pela ausência de emulsificantes em formulações e concentração dos produtos, entre outros (GAZZEIRO et al., 2021)

Estas alterações físico-químicas podem levar a prejuízos e problemas como entupimento de bicos de pulverizadores e filtros que causam perdas na eficácia dos produtos fitossanitários pela redução da quantidade de ingrediente ativo que não é aplicada junto com as gotas pulverizadas resultantes de reações dentro do tanque (GAZZIERO, 2015), além de interferir na questão operacional com excessivas paradas para realizar o desentupimento no momento da aplicação.

As interações entre os defensivos se dão, em sua maioria, primeiramente de maneira física, governada pelas características físico-químicas como solubilidade, constante de dissociação eletrolítica (pKa) e coeficiente octanol/água (Kow) dos defensivos, levando-os, por conseguinte, às interações químicas. Sendo assim, a compatibilidade física dos produtos é tida como o primeiro dos eventos que governam a estabilidade de calda e, conseqüentemente, os efeitos no alvo biológico (PETTER et al., 2012).

Podemos associar as interações físicas aos ingredientes inertes contidos nos agrotóxicos (formulações, solventes) e as interações químicas as moléculas dos mesmos, sendo de grande importância o conhecimento prévio de possíveis interações entre as misturas com produtos de diferentes formulações e ingredientes ativos (PETTER et al., 2013).

O pH da água também é frequentemente associado aos problemas de incompatibilidade entre produtos na ocasião do preparo da calda (QUEIROZ et al., 2008), pois a degradação das moléculas por hidrólise alcalina é acelerada quando o pH da água está elevado (KISSMANN, 1997). Ainda, a água utilizada no preparo da calda com altos valores de dureza favorece as reações entre os ingredientes ativos e inertes dos agrotóxicos com os íons livres em solução, como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} e Al^{3+} (STUMM e MORGAN, 1996).

Outro fator que pode vir interferir na compatibilidade de produtos é a adição de adjuvantes à calda, podendo resultar em problemas de compatibilidade físico-química, redução da eficiência dos produtos (QUEIROZ et al., 2008), bem como casos de fitotoxicidade e eliminação da seletividade para algumas culturas (BOLLER; FORCELINE; HOFFMANN., 2007).

2.3 Formulações de agrotóxicos

A formulação de um agrotóxico está relacionada a forma física onde o ingrediente ativo é comercializado, objetivando deixar o produto mais adequado para o uso agrícola. São características desejáveis das formulações: serem seguras para as culturas, de fácil manuseio, compatíveis com grande número de produtos, fáceis de serem aplicadas, estarem de acordo com os órgãos regulatórios de registro e passíveis de comercialização em larga escala (HEWITT, 1998; LYR, 1995).

As formulações químicas apresentam ingredientes ativos e componentes inertes. Na legislação federal sobre produtos fitossanitários, o ingrediente ativo, que pode ser líquido ou sólido, é o agente químico que tem ação herbicida, fungicida ou inseticida, garantindo a eficácia agrônômica. Já os ingredientes inertes são os adjuvantes como surfactantes, solventes, emulsificantes, antiespumantes, estabilizadores, antimicrobianos, anticongelantes, pigmentos/corantes e reguladores de pH (GOUGE, 2010).

O mesmo ingrediente ativo pode ser comercializado em diferentes formulações, as quais podem alterar as formas de absorção e a translocação deste ingrediente pelo alvo, influenciando a eficácia de controle (OZKAN, 1995). A escolha da formulação deve levar em consideração os seguintes fatores: características físicas e biológicas da planta daninha-alvo, equipamentos de aplicação disponíveis, perigo

de deriva e lixiviação, possível toxicidade na cultura, custos, necessidade de armazenagem e tipo de ambiente em que a aplicação é feita (OZKAN, 1995).

No caso dos herbicidas, as formulações podem ser consideradas de boa qualidade se atenderem aos seguintes requisitos: apresentar letalidade à planta daninha; não causar danos aos microrganismos benéficos e a cultura, caso esta já esteja instalada; apresentar bom espalhamento, boa retenção na superfície da folha, e penetração foliar eficiente; permitir a associação de produtos, sendo compatível, de forma física e química ou biologicamente; e ser estável (SILVA; FERREIRA; FERREIRA, 2007).

Os ingredientes que fazem parte das formulações estão sujeitos a causar alterações físicas das caldas devido as altas concentrações de ativos que estão presentes e que podem vir a interferir na compatibilidade dos produtos e na estabilidade no tanque do pulverizador, onde estas alterações podem ser reversíveis por ações mecânicas (SPADONI, 2019).

Algumas formulações quando utilizadas em misturas apresentam elevada tendência a resultar em incompatibilidade física como, por exemplo, herbicidas formulados como pó-molhável em mistura com outro formulado como concentrado emulsionável, podendo resultar em rápida sedimentação dos componentes (SILVA; FERREIRA; FERREIRA, 2007).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento existem 27 formulações diferentes para produtos com diluição em água, que são os mais utilizados pela praticidade de aplicação. No caso dos herbicidas, dentre as principais formulações sólidas podemos destacar o WG (grânulos dispersíveis em água) e o WP (pó molhável), já para as formulações líquidas destacam-se os SL (concentrado solúvel), EC (concentrado emulsionável), SC (suspensão concentrada), CS (suspensão de cápsulas) e DC (concentrado dispersível).

As terminologias das seguintes formulações estão presentes na norma da ABNT NBR 12679 – Agrotóxicos e Afins – Produtos técnicos, concentrados técnicos e formulações – Terminologia: a) Grânulos dispersíveis em água (WG): formulação sólida constituída de grânulos, para aplicação, após desintegração e dispersão em água; b) Pó molhável (WP): formulação sólida, na forma de pó, para aplicação sob a forma de suspensão, após a dispersão em água; c) Concentrado solúvel (SL): formulação líquida límpida a opaca para aplicação sob a forma de solução de ingrediente ativo, após a diluição em água; d) Concentrado emulsionável (EC):

formulação líquida e homogênea para aplicação sob a forma de emulsão, após a diluição em água; e) Suspensão concentrada (SC): formulação constituída por uma suspensão estável de ingrediente(s) ativo(s) em água, a ser aplicada após a diluição em água; f) Suspensão de cápsulas (CS): suspensão estável de cápsulas em fluido, normalmente utilizada para diluição em água antes do uso; g) Concentrado dispersível (DC): formulação homogênea líquida para aplicação como dispersão sólida, após diluição em água.

2.4 Uso de misturas envolvendo herbicidas na cultura do arroz na Metade Sul do RS

De acordo com os dados de custo de produção médio para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul na safra 2020/21 divulgados pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), os agrotóxicos tiveram participação de 9,94% das despesas de custeio (R\$ 1.149,56/ha), já a aviação de 1,86% (R\$ 214,69/ha). Estes dados demonstram a importância econômica da realização de aplicações cada vez mais assertivas, que resultem no máximo controle do alvo com menor custo possível. Um dos principais objetivos práticos da utilização de misturas é a redução de custos, porém quando realizada de maneira incorreta esta prática pode vir a causar prejuízo maior comparado a realização de aplicações de produtos separados, resultando em aumento dos custos que podem ser decisivos para a produção, visto que a margem de lucro do produtor está cada vez menor.

O uso de misturas com glifosato e herbicidas do grupo químico das imidazolinonas no período pré-semeadura e emergência até o estágio fenológico S₃ é empregado pois favorece no manejo de arroz daninho no Sistema Clearfield® pela ação dessecante e residual mais prolongada, pelo controle prévio das plantas daninhas facilitando as ações pós-emergência do arroz e por retardar o surgimento de biótipos resistentes por combinar dois mecanismos de ação (ROSO et al., 2010).

Entretanto, a inserção do Sistema Clearfield® levou ao uso frequente de herbicidas inibidores da ALS (acetolactato sintase) na cultura do arroz, principalmente no Sul do Brasil, resultando em aumento de casos de biótipos de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) (MATZENBACHER et al., 2015) e arroz daninho (*Oryza sativa*) (ULGUIM et al., 2021) resistentes a este grupo de herbicidas, causada pelo uso de produtos com mesmo sítio de ação que gera alta pressão de seleção de

biótipos resistentes. Por isso, a associação destes herbicidas com outros que apresentam mecanismos de ação diferentes se torna essencial para o manejo de plantas daninhas na cultura, aumentando o espectro de controle e em conjunto com os demais manejos evitando o surgimento de novas biótipos resistentes.

Com relação ao volume de aplicação, 100 L ha^{-1} de calda é considerado adequado para a maioria dos casos de aplicações (GAZZIERO, 2021), refletindo em volume usualmente utilizado na prática a campo onde é cada vez mais constante nas propriedades a redução deste volume, principalmente por questões de operacionalidade reduzindo o número de paradas para reabastecimento em aplicações terrestres e também por reduzir o consumo de água. Porém na cultura do arroz aplicações aéreas são realizadas rotineiramente, volumes de aplicação menores, como 25 L ha^{-1} são utilizados nestes casos, que demandam cada vez mais de otimização de operações. Além disso, o uso de drones em aplicações aéreas tem se tornado grande aliado no manejo de culturas, inclusive no arroz irrigado, e por isso estudos com volumes de aplicação menores que favoreçam neste tipo de operação são cada vez mais justificados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi executado em duas etapas, sendo primeiramente realizada uma pesquisa com profissionais da área e posteriormente realizado um experimento em laboratório.

3.1 Levantamento de dados sobre misturas de agrotóxicos

A pesquisa foi elaborada através de formulário online via Google Forms, sendo direcionada aos profissionais da agronomia que em sua área de atuação trabalham com a realização de aplicações de agrotóxicos, buscando fazer levantamento sobre o uso desta prática.

O formulário foi dividido em duas seções, sendo a primeira referente a identificação do entrevistado (formação, área e cidade de atuação) e a segunda seção contendo as questões sobre a realização e prescrição da prática como: tamanho da área; quantidade de produtos utilizados em mistura por aplicação; ordem de adição dos produtos na calda; utilização de pré-misturador ou não; frequência da observação de dificuldade de dissolução dos produtos, do aumento de fitotoxicidade, do excesso de espuma, do entupimento de equipamentos e da decantação do material; culturas trabalhadas; os produtos e misturas que são utilizadas; ou no caso de não realização/prescrição, o por que é adotada a prática de mistura em tanque.

Parte das perguntas eram de resposta objetiva, parte permitia a indicação de múltiplas respostas e algumas necessitavam de respostas descritivas. Os dados obtidos foram compilados e organizados de acordo com a porcentagem de respostas e as descritivas agrupadas de acordo com as semelhanças das respostas sobre os temas abordados, seguindo a metodologia de Gazziero (2015).

3.2 Avaliação de compatibilidade de misturas de herbicidas para a cultura do arroz irrigado

O experimento foi conduzido no laboratório de Entomologia e Plantas Daninhas da Universidade Federal do Pampa – Campus Itaqui – Rio Grande do Sul em agosto de 2021.

O método de preparo de calda para avaliação de compatibilidade físico-química adotado foi o descrito na norma da ABNT NBR 13875: Agrotóxicos e afins – Avaliação de compatibilidade físico-química, com adoção da técnica estática.

Os herbicidas e as misturas utilizadas foram ensaiadas a fim de simular aplicações em duas fases do ciclo da cultura do arroz irrigado. A primeira para aplicações em um período máximo até o início do estágio fenológico S₃ (emergência do perfil do coleóptilo da plântula de arroz), popularmente denominado de “ponto de agulha”, com utilização de misturas com dessecante. E a segunda simulando aplicações em pós-emergência em qualquer estágio fenológico utilizando de misturas que envolvam pelo menos um herbicida do grupo químico das imidazolinonas com ênfase em cultivares com tecnologia Clearfield®.

As características dos herbicidas utilizados, como nome comercial, ingrediente ativo, concentração, formulação e faixa de dose recomendada estão descritas na Tabela 1, bem como suas principais propriedades físico-químicas (Tabela 2).

Tabela 1 - Nome comercial, ingrediente ativo, concentração, formulação e faixa de dose dos herbicidas registrados para cultura do arroz ou arroz irrigado utilizados para avaliação de compatibilidade físico-química de misturas.

Nome comercial	Ingrediente ativo	Formulação e concentração (g/L ou g/Kg)*	Faixa de dose de registro do p. c. (ha⁻¹)**
Aura® 200	Profoxidim	DC 200	0,600 - 0,850 ¹
Basagran® 600	Bentazona	SL 600	1,2 - 1,6 ²
Clincher®	Cialofope butílico	EC 180	1,00 - 1,75 ³
Facet	Quincloraque	WP 500	0,75 ⁴
Gamit® 360	Clomazona	CS 360	1,1 - 1,7
Imazetapir Nortox	Imazetapir	SL 212	0,5 ⁵
Kifix®	Imazapir + Imazapique	WG 525 + 175	0,14 ⁶
Ricer®	Penoxsulam	SC 240	0,125 - 0,25 ⁷
Roundup	Glifosato	SL 577	1,0 - 4,5
Original® Mais			

Sirius 250	Pirazossulfurom-etílico	SC 250	0,06 - 0,08
Stampir BR	Propanil + Triclopir	EC 380 + 55,6	6 – 10
Starice®	Fenoxaprope-p-etílico	EC 69	0,8 - 1,0

* g/L ou g/Kg de i.a. = gramas por litro ou gramas por quilogramas de ingrediente ativo; **L ou Kg de p. c./ha = Litros ou quilogramas de produto comercial por hectare; ¹ Recomenda-se acrescentar sempre um adjuvante não iônico nas caldas; ² Recomenda-se o acréscimo de adjuvante não iônico; ³ Recomenda-se a adição de adjuvante óleo mineral à calda para o controle de gramíneas; ⁴ Recomenda-se adicionar adjuvante na dose de 1 L ha⁻¹; ⁵ Recomenda-se a adição de óleo mineral na proporção de 0,5% v/v; ⁶ Recomenda-se adicionar adjuvante 0,5% v/v à calda utilizada nas aplicações; ⁷ Recomenda-se adicionar óleo vegetal ou Alquil ester etoxilado de ácido fosfórico na dose de 1 L ha⁻¹.

Tabela 2 - Constante de dissociação eletrolítica (pKa), coeficiente octanol/água (Kow), solubilidade (S) e pressão de vapor (PV) dos herbicidas utilizados.

HERBICIDA	pKa ⁽¹⁾	log Kow ⁽²⁾	S (mg/L) ⁽³⁾	PV (Pa) ⁽⁴⁾
Profoxidim	5,91	3,9 ^(5/8)	27,8 ⁽⁶⁾	1,7 x 10 ⁵ ⁽⁵⁾
Bentazona	3,51	-0,45	500 ⁽⁵⁾	9,0 x 10 ⁻⁶ ⁽⁵⁾
Cialofope butílico	-	3,32 ⁽⁶⁾	0,44	5,3 x 10 ⁻⁵ ⁽⁶⁾
Quincloraque	4,34	-1,15 ⁽⁸⁾	62 ⁽⁵⁾	< 1,33 x 10 ⁻⁵
Clomazona	0	2,54	1.100 ⁽⁶⁾	1,92 x 10 ⁻² ⁽⁶⁾
Imazetapir	2,1	1,49 ⁽⁸⁾	1.400 ^(6/8)	1,3 x 10 ⁻⁵
Imazapique	2,0	-2 ⁽⁸⁾	2.200 ⁽⁶⁾	1,0 x 10 ⁴ ⁽⁵⁾
Imazapir	1,9	0,11 ^(5/8)	11.272 ^(6/8)	<1,3 x10 ⁻⁵ ⁽¹¹⁾
Penoxsulam	5,1	-0,354	410 ⁽¹³⁾	2,49 x 10 ⁻¹⁴ ⁽⁵⁾
Glifosato	2,34	-3,2 / -2,77	15.700 ^(6/8)	2,45 x 10 ⁻⁸ ⁽⁷⁾
Pirazossulfurom-etílico	3,7	1,3	14,7 ⁽⁵⁾	14,7 ⁽⁵⁾
Propanil	0	2,28 ⁽⁵⁾	500 ⁽⁶⁾	5,0 x 10 ⁻³ ⁽⁵⁾
Triclopir	3,97	-0,44 ⁽⁸⁾	430 ⁽⁶⁾	1,6 x 10 ⁻⁴ ⁽⁶⁾
Fenoxaprope-p-etílico	0,18	4,12	0,5 - 1,0 ⁽⁵⁾	1,9 x 10 ⁻⁵ ⁽⁵⁾

Fonte: Pesticide Properties DataBase (2021); Rodrigues e Almeida (2018).⁽¹⁾ Constante de dissociação eletrolítica a 25 °C; ⁽²⁾ Coeficiente de partição octanol/água; ⁽³⁾ Solubilidade em água em miligramas por litro; ⁽⁴⁾ Pressão de vapor em pascal; ⁽⁵⁾ 20 °C; ⁽⁶⁾ 25 °C; ⁽⁷⁾ 45 °C; ⁽⁸⁾ pH 7.

As doses utilizadas foram as máximas indicadas na bula de cada produto para a cultura do arroz irrigado, sem a adição de adjuvantes. Produtos líquidos foram dosados com seringas, pipetas e provetas graduadas e os produtos sólidos foram pesados em balança analítica com precisão de 0,001 g.

A temperatura média do ambiente registrada durante a preparação e avaliação das caldas para simulação de aplicação terrestre foi de 15,6 °C e para simulação de aplicação aérea de 19,8 °C.

Foram adotados dois volumes de calda para simulação de condição de campo, sendo 100 L ha⁻¹ para simulação de aplicação terrestre e 25 L ha⁻¹ para simulação de aplicação aérea. Para o preparo das caldas foi primeiramente adicionada água destilada aos frascos reagentes graduados de um litro, devidamente limpos, na proporção de 2/3 do volume total de calda preparada (500 mL), para cada adição de produto foram realizadas dez inversões do recipiente, uma a cada 2 segundos, para obter homogeneização, após a última adição de produto foi completado com água destilada até o volume total da calda e novamente realizadas dez inversões.

A ordem adotada para a adição dos herbicidas a calda foi de acordo com a norma descrita acima, produtos com formulação WG foram adicionados primeiramente a calda seguidos dos de formulação WP, sendo ambos previamente diluídos em água conforme recomendações da bula dos respectivos herbicidas. Produtos com formulações SL foram adicionados por último à calda.

As avaliações foram feitas imediatamente após a mistura e nos tempos 1, 5, 10, 30 minutos e 2, 6 e 24 horas após o preparo da calda (APC). Para aferição do pH foi utilizado um pHmetro da marca AKSO® - modelo AK90 e as aferições foram realizadas aos 0 minutos, 2, 6 e 24 horas.

Para as avaliações imediatamente após a mistura até os 30 minutos após o preparo da calda foi adotado o critério de avaliação utilizado por Petter (2012), onde através da observação de interações da calda foram atribuídas notas de 1 a 5 de acordo com o especificado na Tabela 3.

Para as avaliações após 2, 6 e 24 horas do preparo da calda foram adotados os critérios de avaliação propostos pela norma da ABNT NBR 13875 citada acima. Primeiramente a calda foi avaliada sobre seu aspecto visualmente, logo realizada dez inversões para ensaiar a capacidade de redispersão da calda e posteriormente avaliado novamente após 10 minutos de repouso.

Foram obtidas as estatísticas descritivas para as notas deferidas de acordo com a Tabela 3 para as avaliações de 0, 1, 5 e 10 minutos, adotando nota 5 para caldas com estabilidade perfeita. Para as avaliações de 30 minutos e 2, 6 e 24 horas foram destacadas as interações observadas e para caldas homogêneas atribuído

Roundup Original® Mais	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Sirius 250	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Stampir BR	5 ^E	5 ^E	5 ^E	4 ^{E/D}	E/D	E/D	E	E/D	E	E/D	E
Starice®	5	5	5	5	5	5	E	5	E	5	E

^E Formação de espuma; ^D Ocorrência de sedimentação; ^S Ocorrência de separação de fases; R: avaliado antes de agitação; A: avaliado após 10 minutos de repouso após agitação.

Tabela 5 - Ensaio de características dos herbicidas individualmente com volume de aplicação de 25 L ha⁻¹.

TRATAMENTO	Interações na calda no tempo (minutos)					2 h		6 h		24 h	
	0	1	5	10	30	R	A	R	A	R	A
Aura® 200	5	5	5	5	S	S	S	S	S	S	S
Basagran® 600	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Clincher®	5 ^E	5 ^E	5 ^E	5 ^E	5 ^E	5	5 ^E	5	5 ^E	5	5 ^E
Facet	5	5	5	5	5	5	5	S/D	5	S	D
Gamit® 360	5	5	5	5	S	S/D	S	S/D	S	S/D	S
Imazetapir Nortox	5	5	5	5	5	5	E	5	5	5	5
Kifix®	5	5	5	5	D	D	5	D	5	S/D	5
Ricer®	5	5	5	5	5	S	5	S	5	S	5
Roundup Original® Mais	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Sirius 250	5	5	5	5	5	5	5	5	5	S	5
Stampir BR	5 ^E	5 ^E	5 ^E	5 ^E	S	S	E	S	E	S	E
Starice®	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

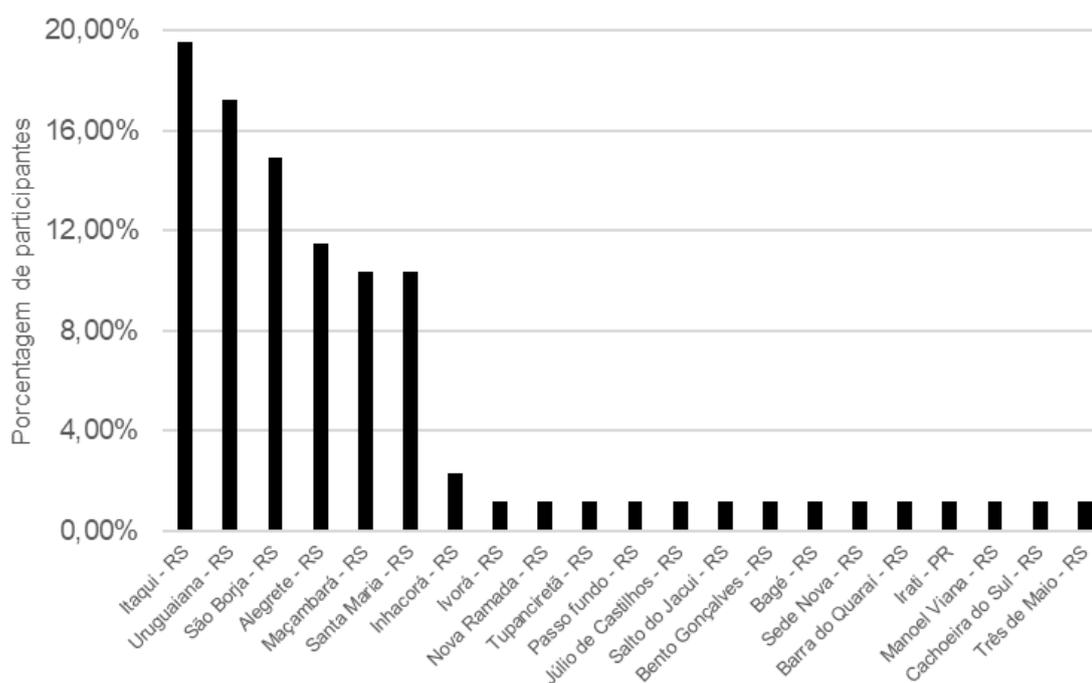
^E Formação de espuma; ^D Ocorrência de sedimentação; ^S Ocorrência de separação de fases; R: avaliado antes de agitação; A: avaliado após 10 minutos de repouso após agitação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Levantamento de dados sobre o uso de misturas agrotóxicos em tanque

Ao total foram contabilizadas 56 respostas através do formulário aplicado, sendo este considerado um número representativo, visto que, um único profissional pode atender várias propriedades. Os resultados que estão descritos a seguir, refletem a realidade do uso de misturas em tanque na prática, permitindo caracterizar sua utilização em alguns municípios do Rio Grande do Sul, em especial a Fronteira Oeste do estado (Figura 1).

Figura 1 - Cidades de atuação dos entrevistados.



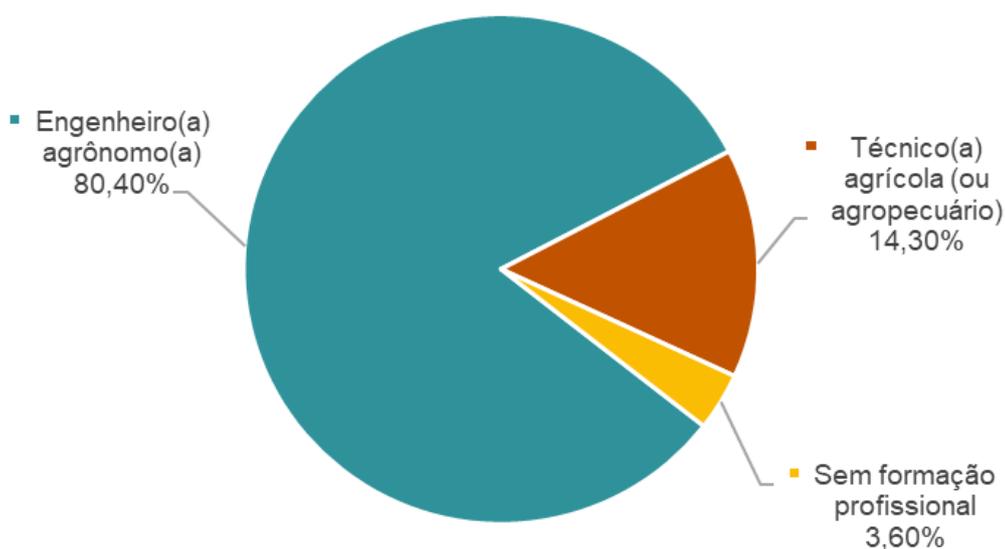
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

4.1.1 Caracterização dos entrevistados

A maioria dos entrevistados são engenheiros agrônomos (80,40%) e técnicos agrícolas ou agropecuários (14,30%) (Figura 2). Os participantes atuam em diferentes áreas, onde 32,10% são produtores rurais, 26,80% trabalham em empresa privada apenas com assistência técnica, 23,20% trabalham em empresa

privada com assistência técnica e comercialização de insumos, 14,30% são funcionários de empresa/repartição pública de extensão, 1,80% trabalham em cooperativa com assistência técnica e 1,80% trabalham em cooperativa com assistência técnica e comercialização de insumos.

Figura 2 - Distribuição percentual da formação profissional dos participantes da pesquisa.

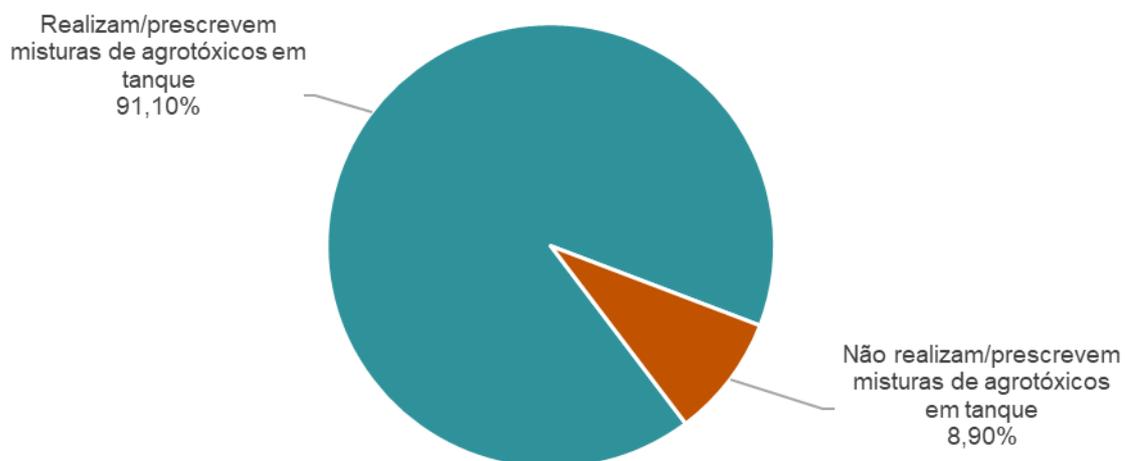


Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Aos produtores rurais foi questionado como obtinham assistência técnica, 52,38% afirmou que tem graduação na área agropecuária e realiza as decisões técnicas da propriedade, 23,81% obtém assistência através de funcionários de empresa privada ou cooperativa a qual adquire os insumos, 14,28% não tem nenhum tipo de assistência técnica e 9,52% obtém assistência por meio de um profissional contratado para esta função no empreendimento.

Grande parte dos profissionais que participaram da pesquisa responderam que realizam ou prescrevem misturas de agrotóxicos em tanque (91,10%) e apenas 8,90% não realizam ou prescrevem está prática (Figura 3), o que demonstra a alta adesão às misturas em tanque pela maioria e ressalta a importância de novos dados sobre o assunto.

Figura 3 - Porcentagem de uso de misturas de agrotóxicos em tanque.

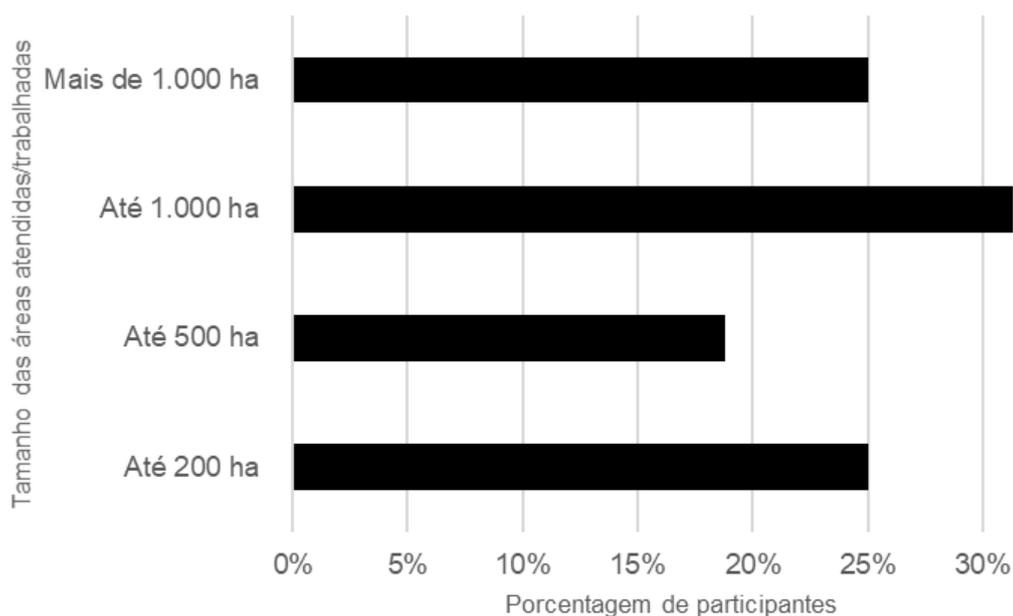


Fonte: Elaborado pela autora (2021).

4.1.2 Dos que responderam que realizam/prescrevem misturas de agrotóxicos em tanque

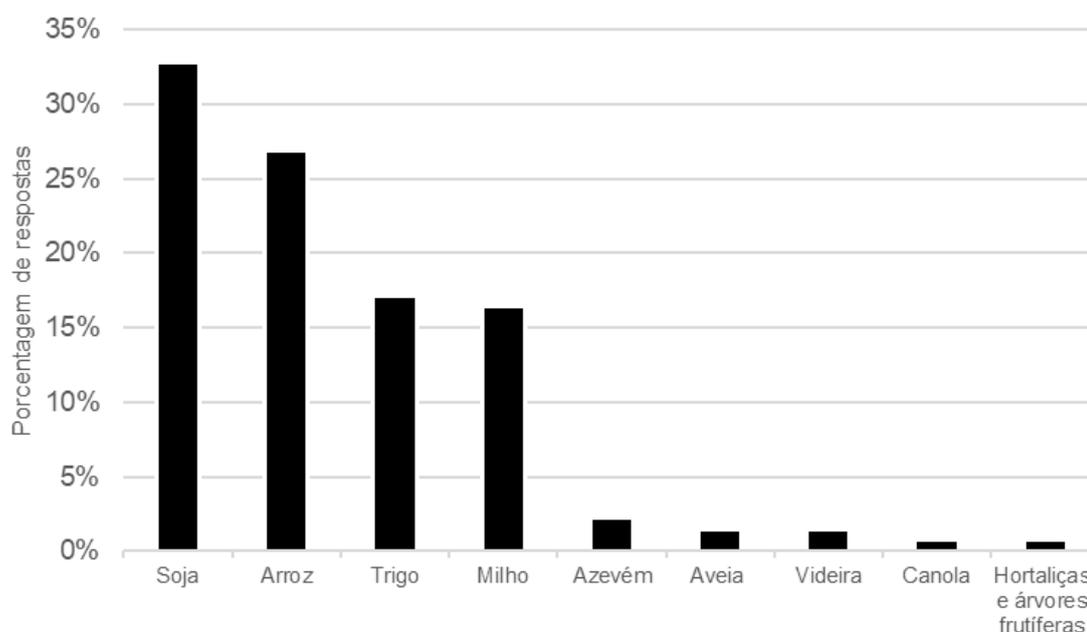
Em relação ao tamanho das áreas atendidas ou trabalhadas, verificou-se que 31,30% dos profissionais se envolvem com até 1.000 hectares, 25% com mais de 1.000 hectare, 25% com até 200 hectares e 18,80% com até 500 hectares (Figura 4). Sobre as culturas trabalhadas destacam-se soja, arroz, trigo e milho e em percentuais menores azevém, aveia, videira, canola, hortaliças e frutíferas (Figura 5), confirmando uma diversidade de culturas e a grande extensão de área em que se é trabalhado com aplicações de misturas de agrotóxicos em tanque.

Figura 4 - Tamanho das áreas atendidas ou trabalhadas em que são realizadas aplicações com mistura de agrotóxicos em tanque.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Figura 5 - Culturas em que são aplicadas misturas de agrotóxicos em tanque.

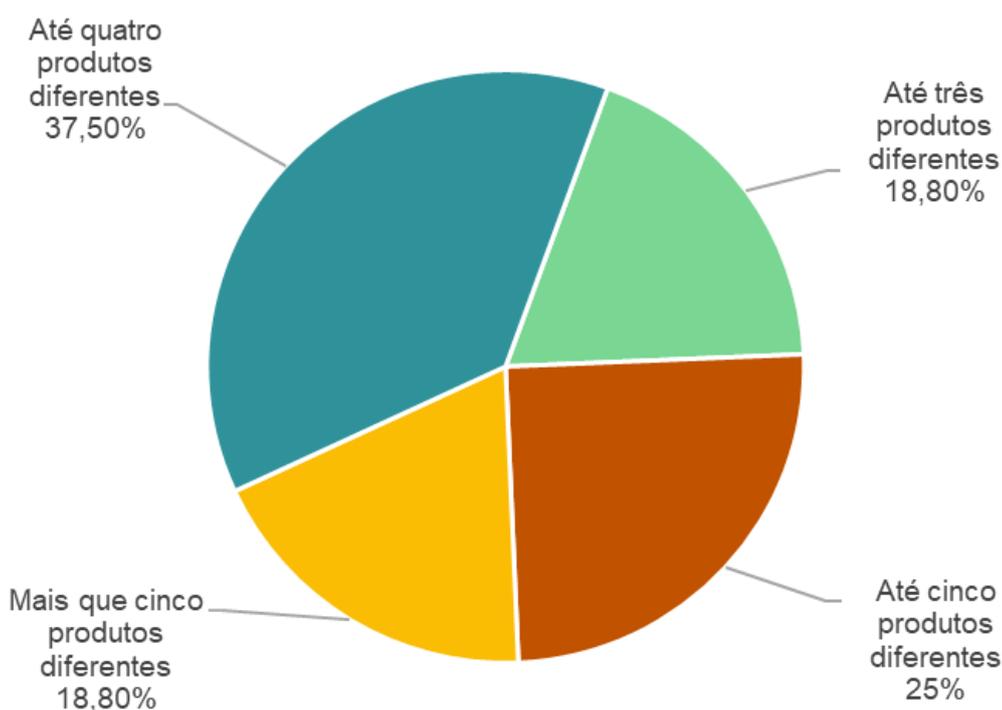


Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Quando solicitado o número de produtos que costumam ser misturados para uma mesma operação, observou-se que 37,50% utiliza até quatro produtos diferentes em uma mesma aplicação, 25% utiliza até cinco produtos, 18,80% utiliza

mais que cinco e 18,80% utiliza até três produtos diferentes em uma única mistura (Figura 6), o que caracteriza o uso de um grande número de produtos por aplicação. O mesmo foi contatado por Gazziero (2015), através de uma pesquisa feita em 17 estados brasileiros onde 97% dos entrevistados afirmaram que realizavam misturas em tanque e que em 95% destas utilizavam de dois a cinco produtos em uma única aplicação. Entretanto, o uso de volumes de aplicação menores e o aumento da quantidade de produtos na mistura acaba resultando em grande concentração destes produtos em volumes de água reduzidos, gerando desafio técnico complexo para a ciência da tecnologia de aplicação (RAETANO e CHECHETTO, 2019).

Figura 6 - Quantidade de produtos que costumam ser utilizados em uma única mistura de tanque.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

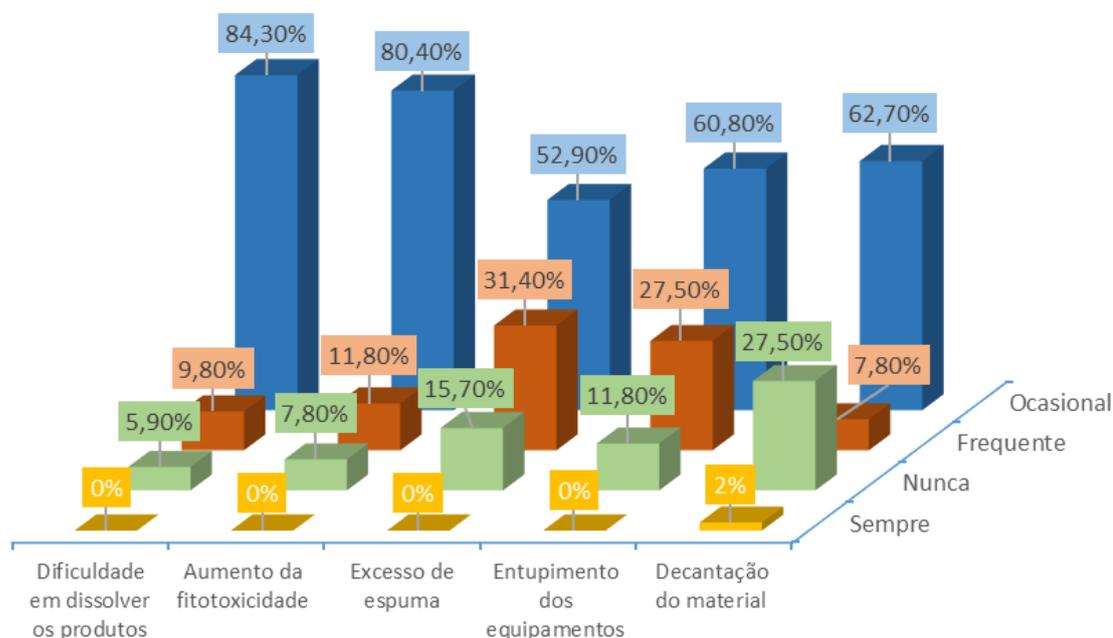
Quando questionado quais são os parâmetros levados em consideração na hora da escolha dos produtos e misturas, 32,55% respondeu que antes de preparar a calda faz um teste em menor escala e observa se há compatibilidade. Em condições de campo a realização de testes prévios, conhecidos como “testes de jarra” ou “teste de garrafa”, é recomendada para avaliar antecipadamente qual será o comportamento da mistura na calda para pulverização. Este teste busca simular a

sequência de adição dos produtos e suas proporções exatamente como seria realizado no tanque do pulverizador (RAETANO e CHECHETTO, 2019; WHITFORD et al., 2018), com isso podem ser testadas as combinações sem utilizar grandes volumes de produto. Demais respostas mostraram que 30,23% só realiza ou prescreve as misturas que já fez anteriormente e que apresentaram compatibilidade, 19,76% respondeu que sempre pergunta para alguém que já utilizou a referida mistura em tanque, 13,95% afirmou que sempre pesquisa em materiais científicos que atestem a compatibilidade da mistura em tanque e 3,48% apenas segue as orientações do técnico que prescreveu a mistura.

Sobre a utilização de pré-misturadores de calda, 62,50% alegou que realiza a mistura em um pré-misturador, porém 37,50% afirma que a mistura dos produtos é feita diretamente no tanque do pulverizador, sendo que a pré-mistura é recomendada para verificar a existência de reações indesejadas e auxiliar na melhor fluidez da calda (DECARO JÚNIOR, 2019; GAZZIERO, 2015)

A Figura 7 apresenta a distribuição percentual sobre os problemas com as misturas em tanque no que se refere a dificuldade de dissolver os produtos misturados, aumento da fitotoxicidade, excesso de formação de espuma, entupimento de bicos e decantação de produtos no tanque. Pode-se observar que na maioria das vezes esses problemas ocorrem de forma ocasional, sendo dificilmente observados em todas aplicações, isso pode ser reflexo das respostas anteriores que mostram que a maioria realiza teste antes de preparar a calda ou só utiliza misturas que tenham seus efeitos conhecidos. Entretanto, cabe ressaltar que para a ocorrência de entupimento dos bicos 27,50% respondeu que observa este problema frequentemente, ao relacionarmos este dado a prática esta ocorrência de entupimento frequente interfere diretamente no tempo de aplicação, por ocasionar maior número de paradas para limpeza dos equipamentos, ou em caso de não limpeza a redução de controle do alvo refletindo diretamente no aumento de custos.

Figura 7 - Frequência de ocorrência de problemas quando utilizada mistura de agrotóxicos em tanque.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Ao final do formulário foi solicitado que os participantes relatassem algumas misturas que usualmente realizam no campo, nesta questão obteve-se diversidade de respostas com misturas que abrangiam todas classes de agrotóxicos (fungicidas, inseticidas e herbicidas), adubos foliares, condicionadores de calda e adjuvantes, para diferentes culturas.

4.1.3 Dos que responderam que não realizam misturas de agrotóxicos em tanque.

Os participantes da pesquisa que responderam que não realizam ou não prescrevem misturas de agrotóxicos em tanque relataram que as razões pelas quais não adotam esta prática são: observação de maior fitotoxicidade na cultura cultivada, como relatado por alguns autores algumas associações de agrotóxicos podem vir a causar danos para as culturas (BASSO et al., 2018; NONEMACHER et al., 2017; SILVA et al., 2005); aumento de casos de entupimento de bicos e filtros de pulverizadores, causadas por incompatibilidades físico-químicas que proporcionam

obstrução destes equipamentos (OLIVEIRA et al., 2021); e por pensarem que a realização de misturas em tanque é proibida por lei, onde podemos perceber que ainda existe uma carência de informação que ressalta a importância e necessidade da desmistificação do uso desta prática.

4.2 Resultados da avaliação de compatibilidade de misturas de herbicidas para a cultura do arroz irrigado

4.2.1 Misturas com simulação de volume de calda de 100 L ha⁻¹

Observou-se a ocorrência de separação de fases para imazapir + imazapique + profoxidim a partir dos 10 minutos após preparo da calda (APC), de glifosato + clomazona e glifosato + clomazona + imazapir + imazapique após 30 minutos APC e de imazapir + imazapique + quincloraque depois de 2 horas APC (Tabela 6). Porém quando ensaiados individualmente os herbicidas profoxidim, clomazona e quincloraque apresentaram separação de fases (Tabela 4), evidenciando que esta interação não foi causada pela associação com os demais herbicidas.

Tabela 6 - Interações de misturas de herbicidas com volume de aplicação de 100 L ha⁻¹.

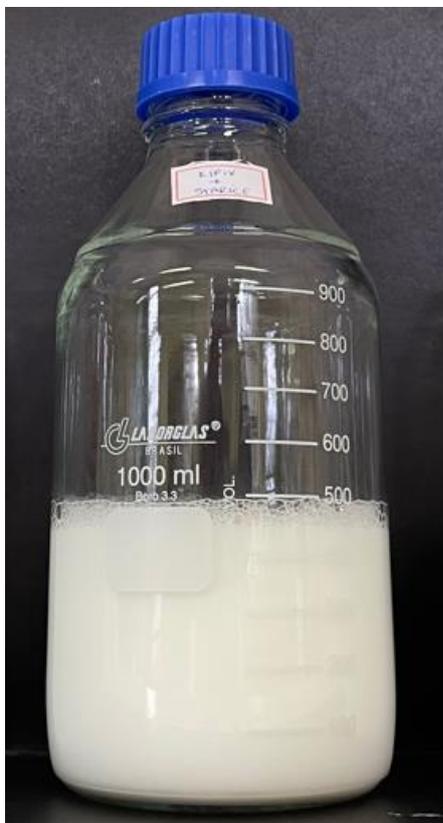
TRATAMENTO	Estabilidade de calda no tempo (minutos)					2 h		6 h		24 h	
	0	1	5	10	30	R	A	R	A	R	A
¹ ROM + Imazetapir Nortox	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ROM + Gamit [®] 360	5	2 ^D	2 ^D	2 ^D	D/S	D/S	D	D/S	D	D/S	D
ROM + Kifix [®] + Gamit [®] 360	5	2 ^D	2 ^D	2 ^D	D/S	D/S	D	D/S	D	D/S	D
ROM + Kifix [®]	5	5	5	5	5	D	5	D	5	D	5
Kifix [®] + Sirius 250	5	5	5	5	5	5	E	5	E	5	E
Kifix [®] + Ricer [®]	5	5	5	5	5	D	5	D	5	D	5
Kifix [®] + Imazetapir Nortox	5 ^E	5 ^E	5 ^E	5 ^E	E	E	E	D	E	D	E
Kifix [®] + Basagran [®] 600	5	5	5	5	5	5	E	D	E	D	E
Kifix [®] + Stampir BR	5	2 ^E	2 ^E	2 ^E	E	E/D	E	E/D	E	E/D	E

Kifix [®] + Facet	5	5	5	D	D	D/S	5	D/S	5	D/S	5
Kifix [®] + Starice [®]	5 ^E	5 ^E	5 ^E	5 ^E	E	D	E	D	E	D	E
Kifix [®] + Aura [®] 200	5	5	5	4 ^S	S	S	5	S	5	S	5
Kifix [®] + Clincher [®]	5 ^E	5 ^E	5 ^E	5 ^E	E	E	E	E	E	5	E

¹ Roundup Original[®] Mais; ^E Formação de espuma; ^D Ocorrência de sedimentação; ^S Ocorrência de separação de fases; R: avaliado antes de agitação; A: avaliado após 10 minutos de repouso após agitação.

Misturas de imazapir + imazapique + imazetapir, imazapir + imazapique + propanil + triclopir, imazapir + imazapique + fenozaprope-p-etílico e imazapir + imazapique + cialofope butílico apresentaram formação de espuma recorrente em quase todos tempos avaliados mesmo com a calda em repouso. Entretanto, os herbicidas cialofope butílico e propanil + triclopir apresentaram o mesmo comportamento quando ensaiados individualmente. Portanto apenas as misturas de imazapir + imazapique + fenozaprope-p-etílico e imazapir + imazapique + imazetapir resultaram em um aumento da ocorrência de espuma na calda (Figura 8). Com a associação de imazapir + imazapique + pirazossulfurom-etílico e imazapir + imazapique + bentazona ocorreu a formação de espuma, porém somente após processo de agitação da calda, dispersando-as após curto período de repouso.

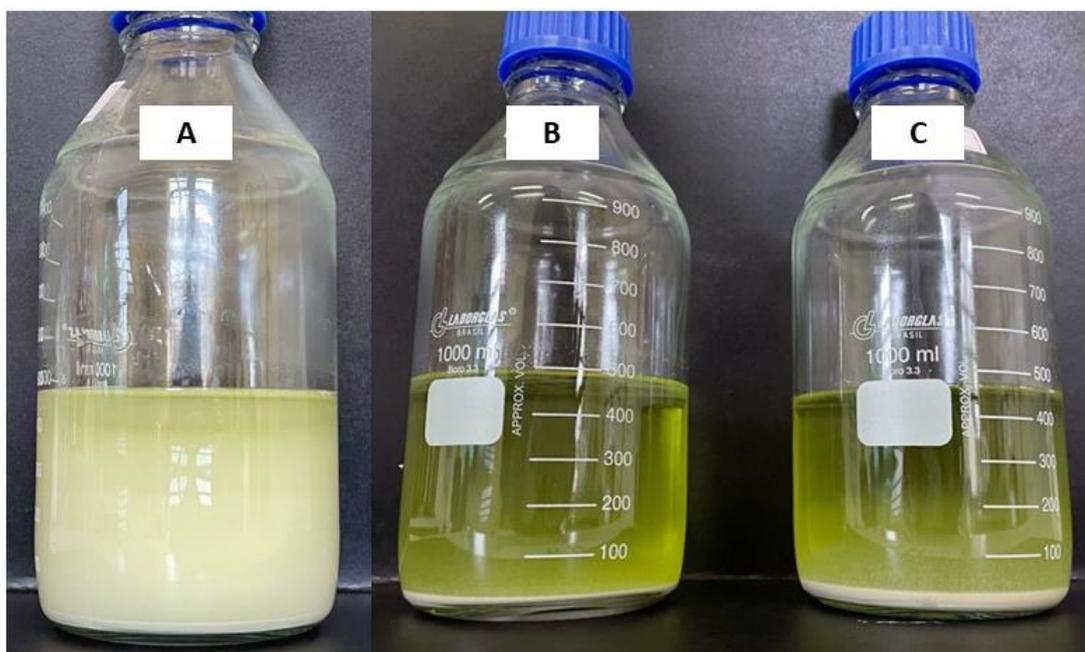
Figura 8 - Formação de espuma na calda de imazapir + imazapique + fenoxapropé-
p-etílico 30 minutos após preparo de calda (APC) com simulação de volume de
calda de 100 L ha⁻¹.



Fonte: Própria autora (2021)

A ocorrência de sedimentação pode ser visualizada nas misturas de glifosato + clomazona e glifosato + clomazona + imazapir + imazapique desde 1 minuto APC, entretanto o herbicida clomazona quando ensaiado individualmente apresentou ocorrência de sedimentação, porém com a associação dos demais herbicidas este processo apresentou aceleração passando de 2 horas para 1 minuto APC (Figura 9). Nestas condições a realização de mistura com estes herbicidas não é recomendada, de acordo com a Tabela 6, pois as interações podem ser observadas logo após o preparo da calda.

Figura 9 - (A) Avaliação do ensaio individual com o herbicida clomazona 6 horas após preparo de calda (APC); (B) Avaliação do ensaio de mistura com glifosato + clomazona 6 horas APC; (C) Avaliação do ensaio de mistura com glifosato + clomazona + imazapir + imazapirique, com simulação de volume de calda de 100 L ha⁻¹.



Fonte: Própria autora (2021).

A mistura de imazapir + imazapirique + quincloraque apresentou sedimentação depois de 10 minutos APC, já misturas de glifosato + imazapir + imazapirique, imazapir + imazapirique + penoxsulam, imazapir + imazapirique + propanil + triclopir e imazapir + imazapirique + fenoxaprope-p-etílico apresentaram sedimentação depois de 2 horas APC e misturas com imazapir + imazapirique + imazetapir e imazapir + imazapirique + bentazona após 6 horas. Os herbicidas imazapir + imazapirique e propanil + triclopir apresentaram sedimentação quando ensaiados individualmente e podem ter causado aumento deste processo quando adicionados aos demais produtos. As recomendações destes tratamentos ficam restritas a condição de agitação contínua da calda desde o momento de seu preparo até a aplicação buscando minimizar o efeito observado, visto que formulações do tipo WG exigem sistemas de agitação eficientes.

Estes dados são relevantes pois há casos onde a prática de pulverização é interrompida no campo por diversas razões como, por exemplo, condições climáticas inadequadas para aplicação, deixando a calda em repouso por longo período de

tempo e, por ocorrência do processo de sedimentação, ocasionando a redução da eficiência de controle do produto. Ou então, em sistemas de utilização de calda pronta, onde a mistura é preparada previamente e armazenadas em tanques e posteriormente transferida para pulverizadores no campo, resultando em longo tempo de armazenamento sem agitação que pode levar ao aumento de incompatibilidade e também a alteração química dos componentes.

A mistura que apresentou estabilidade perfeita em todos tempos avaliados foi glifosato + imazetapir, isso se deve provavelmente por serem dois produtos com formulação concentrado solúvel, pois os componentes inertes de formulações iguais geralmente apresentam similaridades. Caldas com estabilidade perfeita sob agitação foram observadas com misturas de glifosato + imazapir + imazapique, imazapir + imazapique + pirazossulfurom-etílico e imazapir + imazapique + bentazona.

4.2.2 Misturas com simulação de volume de calda de 25 L ha⁻¹

Algumas misturas tiveram o mesmo comportamento quando comparadas a simulação de volume de calda de aplicação de 100 L ha⁻¹, como glifosato + imazetapir e glifosato + imazapir + imazapique, que apresentaram estabilidade de calda perfeita em todos tempos avaliados e estabilidade de calda sob agitação contínua, respectivamente.

A associação de imazapir + imazapique + profoxidim resultou em separação de fases logo após os 5 minutos APC, assim como glifosato + clomazona e glifosato + clomazona + imazapir + imazapique resultaram em separação de fases depois de 10 minutos APC, imazapir + imazapique + propanil + triclopir depois de 30 minutos APC, imazapir + imazapique + quincloraque depois de 6 horas APC imazapir + imazapique + fenoxaprope-p-etílico, imazapir + imazapique + penoxsulam e imazapir + imazapique + pirazossulfurom-etílico depois de 24 horas APC (Tabela 7). Entretanto, como citado acima, os herbicidas profoxidim, clomazona, quincloraque e propanil + triclopir apresentaram separação de fases no ensaio individual e, portanto, está é uma característica dos produtos e não foi causada pela interação da mistura.

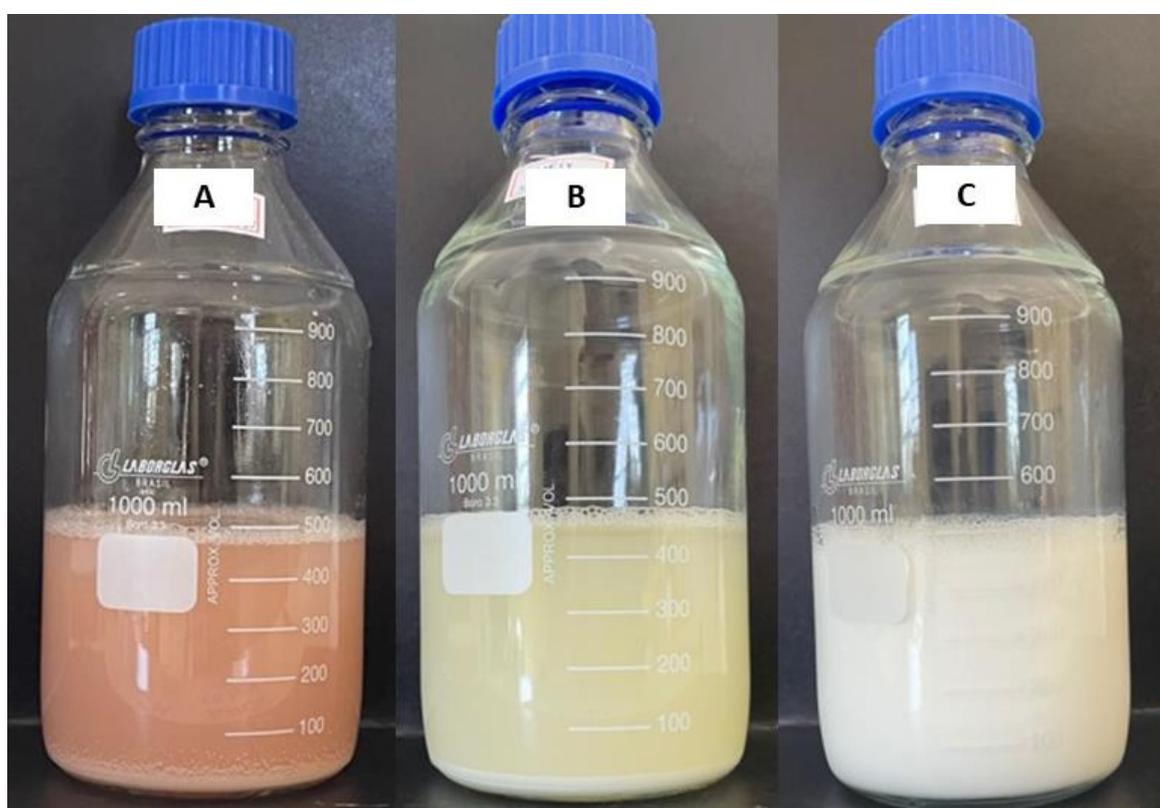
Tabela 7 - Interações de misturas de herbicidas com volume de aplicação de 25 L ha⁻¹.

TRATAMENTO	Interações na calda no tempo (minutos)					2 h		6 h		24 h	
	0	1	5	10	30	R	A	R	A	R	A
¹ ROM + Imazetapir Nortox	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ROM + Gamit [®] 360	5	2 ^D	2 ^D	2 ^{D/S}	D/S	D/S	D	D/S	D	D/S	D
ROM + Kifix [®] + Gamit [®] 360	5	2 ^D	2 ^D	2 ^{D/S}	D/S	D/S	D	D/S	D/S	D/S	D
ROM + Kifix [®]	5	5	5	5	5	D	5	D	5	D	5
Kifix [®] + Sirius 250	5	5	5	5	D	D	D	D	D	D/S	D
Kifix [®] + Ricer [®]	5	5	5	5	D	D	E	D	E	D/S	E
Kifix [®] + Imazetapir Nortox	5 ^E	5 ^E	5 ^E	5 ^E	E/D	E/D	E	D	E	D	E
Kifix [®] + Basagran [®] 600	5	5	3 ^D	3 ^D	D	D	E/D	D	E/D	D	E/D
Kifix [®] + Stampir BR	5 ^E	5 ^E	5 ^E	5 ^E	D/S	D/S	E	D/S	E	D/S	E
Kifix [®] + Facet	5	5	5	D	D	D	D	D/S	D	D/S	D
Kifix [®] + Starice [®]	5 ^E	5 ^E	5 ^E	5 ^E	D	E/D	E	D	E	D/S	E
Kifix [®] + Aura [®] 200	5	5	3 ^S	3 ^S	S	S	S	S	S	D/S	S
Kifix [®] + Clincher [®]	5 ^E	5 ^E	5 ^E	5 ^E	D	D	E	D	E	D	E

¹ Roundup Original[®] Mais; ^E: Formação de espuma; ^D: Ocorrência de sedimentação; ^S: Ocorrência de separação de fases; R: avaliado antes de agitação; A: avaliado após 10 minutos de repouso após agitação.

A calda de imazapir + imazapique + bentazona apresentou formação de espuma apenas após agitação, entretanto imazapir + imazapique + imazetapir, imazapir + imazapique + propanil + triclopir, imazapir + imazapique + fenoxaprope-p-etílico e imazapir + imazapique + cialofope butílico resultaram em formação de espuma durante maioria dos tempos avaliados (Figura 10). Os herbicidas cialofope butílico e propanil + triclopir apresentaram formação de espuma quando ensaiados individualmente e, portanto, a ocorrência de espuma nas misturas com estes herbicidas não foi causada pela interação com os demais herbicidas.

Figura 10 - (A) Ocorrência de espuma e sedimentação na mistura de imazapir + imazapique + bentazona 30 minutos após preparo de calda (APC); (B) Ocorrência de espuma e sedimentação na mistura de imazapir + imazapique + imazetapir 2 horas APC; (C) Ocorrência de espuma e sedimentação na mistura de imazapir + imazapique + fenoxaprope-p-etílico 2 horas APC, com simulação de volume de calda de 25 L ha⁻¹.

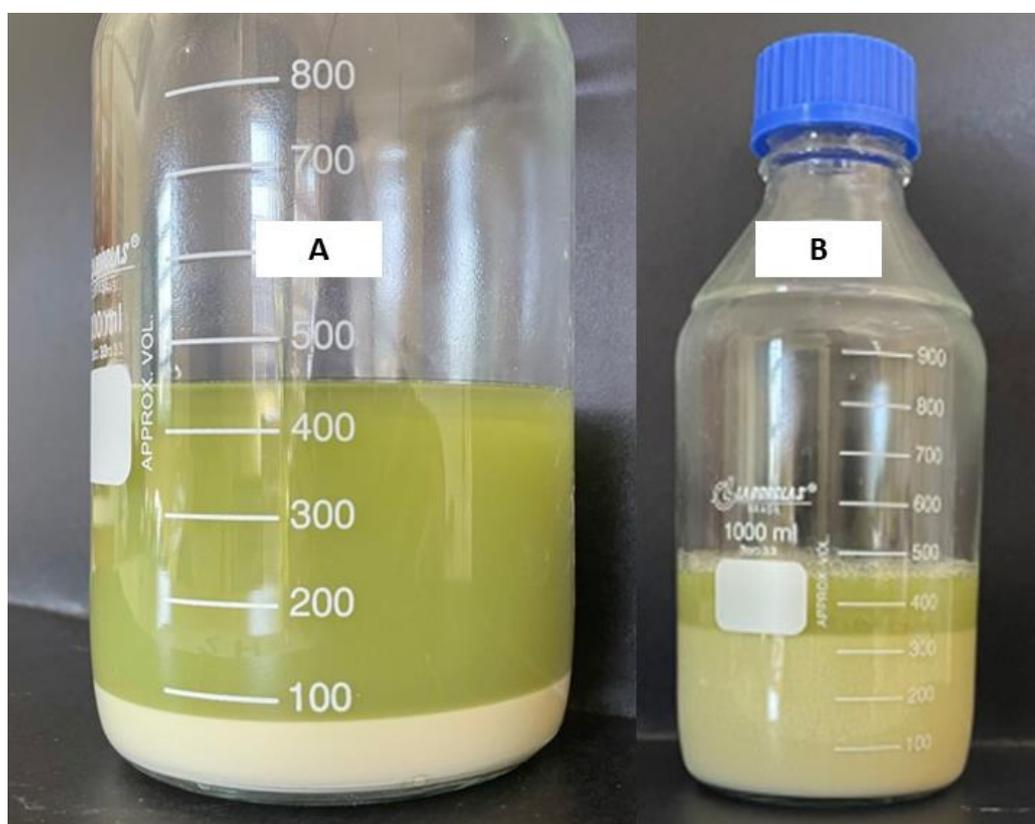


Fonte: Própria autora (2021).

Para misturas com glifosato + clomazona e glifosato + clomazona + imazapir + imazapique (Figura 11) foi relatado a ocorrência de sedimentação como no volume de 100 L ha⁻¹, porém neste caso a deposição de produto por sedimentação foi maior mesmo após 10 minutos de repouso após agitação, assim como para a associação de imazapir + imazapique + bentazona, imazapir + imazapique + quincloraque e imazapir + imazapique + pirazossulfurom-etílico que resultaram em sedimentação desde os 5, 10 e 30 minutos APC, respectivamente. Para estas misturas mesmo após agitação a calda se manteve com produtos sedimentados, concluindo que

estes tratamentos não são recomendados nestas condições pois, segundo Petter et al., (2013), a presença de sedimentos no fundo do tanque do pulverizador pode resultar em menor eficácia no controle do alvo preconizado devido a concentração desuniforme do produto na aplicação.

Figura 11 - (A) Ocorrência de separação de fases e sedimentação na mistura de glifosato + clomazona + imazapir + imazapique depois de 2h após preparo de calda (APC) sem agitação; (B) Ocorrência de separação de sedimentação na mistura de glifosato + clomazona + imazapir + imazapique depois de 2h APC e 10 minutos após agitação, com simulação de volume de calda de 25 L ha⁻¹.



Fonte: Própria autora (2021).

Para as misturas de imazapir + imazapique + imazetapir, imazapir + imazapique + propanil + triclopir, imazapir + imazapique + fenoxaprope-p-etílico e imazapir + imazapique + cialofope butílico a sedimentação ocorreu depois dos 30 minutos APC, porém após agitação a calda se manteve homogênea. No caso das misturas de imazapir + imazapique + propanil + triclopir, imazapir + imazapique + fenoxaprope-p-etílico e imazapir + imazapique + cialofope butílico os emulsificantes da formulação EC podem ter sido adsorvidos nas partículas presentes em

formulações WG ocasionado a sedimentação (RAETANO e CHECHETTO, 2019). Rakes et al. (2017) relataram que a mistura de imazapir + imazapique + cialofope butílico não causou incompatibilidade na calda, entretanto relacionam este resultado ao longo período de agitação da mistura, que corrobora com o que pode ser observado neste caso.

O mesmo ocorreu para a associação de imazapir + imazapique + propanil + triclopir onde pode ser relatado que o processo de sedimentação ocorreu mais acelerado para este volume de calda, sendo visualizado após 30 minutos APC, porém após agitação a calda tornou-se homogênea. O processo de sedimentação de partículas em líquidos em repouso pode ocorrer nestes casos, no entanto sabe-se da importância de agitação contínua da calda no tanque de pulverização para que haja redispersão a fim de se obter melhor controle do alvo.

Estes dados evidenciam que a mudança do volume de calda para aplicação modifica, em alguns casos, a concentração dos produtos podendo atuar na solubilidade dos produtos. O mesmo foi relatado por Morais et al. (2018) em que a estabilidade de misturas diferiu em relação ao volume de calda utilizado. Diante destes resultados ressalta-se a importância de utilizar volumes de calda indicados na bula para cada produto, pois os volumes testados não contemplam o recomendado para todos produtos utilizados e pode ter causado interferência nos resultados obtidos, por mais que sejam usualmente empregados nas aplicações realizadas na cultura.

4.3 Potencial hidrogeniônico das caldas (pH) e constante de dissociação eletrolítica (pKa) dos herbicidas

A solubilidade dos herbicidas iônicos depende do pH da solução. O grau de ionização dos ácidos é dado pelo pKa, ou seja, o valor de pH no qual 50 % das moléculas estão na forma molecular e 50 % na forma dissociada. Quando o pH de determinada solução excede em uma unidade o pKa do ácido fraco, considera-se que 90% das moléculas estão na forma favorecida pela alteração do pH (CHRISTOFFOLETI e LÓPEZ-OVEJERO, 2005).

Os valores de pH das misturas para os volumes de 100 e 25 L ha⁻¹ estão descritos na Tabela 8. No caso dos herbicidas penoxsulam, quincloraque e profoxidim podemos observar que os valores de pKa de suas moléculas (Tabela 2)

são maiores que o de pH das caldas com a associação com imazapir + imazapique (Tabela 8), evidenciando que nestes casos a maioria das moléculas dos herbicidas se encontram na forma não dissociada (molecular) e em menor quantidade moléculas na forma dissociada (iônica), podendo resultar em redução de eficiência de controle.

A água utilizada nos ensaios apresentava pH neutro, porém nestes casos, como o herbicida imazapique + imazapir foi adicionado primeiramente na calda resultou em acidificação do meio, causada pelas características do produto. Assim os herbicidas citados acima foram adicionados posteriormente em uma calda com pH mais ácido, abaixo do pKa dos respectivos produtos, evidenciando que a maioria das moléculas se apresentam na forma associada. Portanto, sugere-se novos estudos com estas misturas a fim de avaliar a eficiência de controle destas quando aplicadas no alvo biológico.

Tabela 8 - Valores de pH das caldas em mistura para os volumes de calda para simulação de aplicação terrestre (100 L ha⁻¹) e aérea (25 L ha⁻¹).

TRATAMENTO	pH	
	Volume 100 L ha ⁻¹	Volume 25 L ha ⁻¹
¹ ROM + Imazetapir Nortox	6,0	6,6
ROM + Gamit [®] 360	6,0	6,5
ROM + Kifix [®] + Gamit [®] 360	5,9	6,4
ROM + Kifix [®]	6,1	6,5
Kifix [®] + Sirius 250	3,1	3,1
Kifix [®] + Ricer [®]	3,1	3,1
Kifix [®] + Imazetapir	3,3	4,0
Kifix [®] + Basagran [®] 600	3,9	4,8
Kifix [®] + Stampir BR	4,1	4,6
Kifix [®] + Facet	3,1	3,3
Kifix [®] + Starice [®]	3,4	3,2
Kifix [®] + Aura [®] 200	3,0	3,1
Kifix [®] + Clincher [®]	3,0	3,3

¹ Roundup Original[®] Mais.

Para os demais herbicidas, os valores de pH excederam o pKa, ou seja, a maioria das moléculas herbicidas apresentam-se na forma dissociada e em menor porcentagem na forma não dissociada, aumentando a solubilidade e favorecendo a ação das mesmas. O mesmo pode ser observado no ensaio individual dos herbicidas, onde os valores de pH dos produtos para os volumes de 100 e 25 L ha⁻¹ estão descritos na Tabela 9.

Tabela 9 - Valores de pH das caldas dos herbicidas ensaiados individualmente para os volumes de calda para simulação de aplicação terrestre (100 L ha⁻¹) e aérea (25 L ha⁻¹).

TRATAMENTO	pH	
	Volume 100 L ha ⁻¹	Volume 25 L ha ⁻¹
Aura [®] 200	6,7	6,8
Basagran [®] 600	6,6	7,3
Clincher [®]	5,1	4,9
Facet	3,8	4,0
Gamit [®] 360	7,3	7,3
Imazetapir Nortox	7,0	7,0
Kifix [®]	2,8	2,6
Ricer [®]	6,45	6,1
Roundup Original [®] Mais	6,0	6,1
Sirius 250	6,2	6,2
Stampir BR	5,5	5,3
Starice [®]	6,8	7,2

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada com profissionais da área pode caracterizar a realidade sobre o uso de misturas de agrotóxicos em tanque, principalmente na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. Pode ser constatado que há uma grande extensão de área e diversidade de culturas onde está prática é aplicada e que nestas aplicações são utilizados, em sua maioria, até quatro produtos por operação.

A mistura de glifosato + imazetapir apresenta estabilidade perfeita em todos tempos avaliados e nos dois volumes de calda testados, sendo recomendada para uso sem nenhuma restrição.

Alguns herbicidas apresentam características de alteração da calda mesmo quando testados individualmente e, portanto, as interações não foram causadas pela associação com os demais herbicidas nestes casos.

Para o volume de 100 L ha⁻¹ as misturas de glifosato + clomazona e glifosato + clomazona + imazapir + imazapique não são recomendadas nestas condições. O mesmo cabe para as misturas de glifosato + clomazona, glifosato + clomazona + imazapir + imazapique, imazapir + imazapique + bentazona, imazapir + imazapique + quincloraque e imazapir + imazapique + pirazossulfurom-etílico para o volume de 25 L ha⁻¹. Estas misturas de herbicidas são frequentemente empregadas na cultura orizícola e por isso sugere-se a realização de novos estudos a fim de gerar mais informações, visto que fisicamente pode ser observado que há a ocorrência de incompatibilidade.

Para o volume de 100 L ha⁻¹ a utilização das misturas de imazapir + imazapique + quincloraque, glifosato + imazapir + imazapique, imazapir + imazapique + penoxsulam, imazapir + imazapique + propanil + triclopir, imazapir + imazapique + fenoxaprope-p-etílico, imazapir + imazapique + imazetapir e imazapir + imazapique + bentazona fica condicionada a um sistema de agitação contínua para que os efeitos de incompatibilidade sejam minimizados. O mesmo se aplica para o volume de 25 L ha⁻¹ para as misturas de imazapir + imazapique + imazetapir, imazapir + imazapique + propanil + triclopir, imazapir + imazapique + fenoxaprope-p-etílico e imazapir + imazapique + cialofope butílico.

As misturas com os herbicidas penoxsulam, quincloraque e profoxidim apresentam valores de pH menores que o pKa dos mesmos, evidenciando que

nestes casos a maioria das moléculas dos herbicidas se encontra na forma não dissociada. Isso provavelmente foi ocasionado pela acidificação da calda causada pela adição do herbicida imazapir + imazapique antes dos demais, por isso sugere-se novos estudos para avaliar a eficiência de controle com estas misturas.

Além disso, a água utilizada nos ensaios apresenta pH neutro, entretanto nas aplicações a campo raramente há um controle da qualidade da água e por vezes são utilizadas águas com pHs distintos, bem como com presença de sais e íons e de sedimentos em suspensão (matéria orgânica e partículas de argila), micronutrientes, entre outros, que podem vir a interferir nestes resultados.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13875:2014**. Agrotóxicos e afins – Avaliação de compatibilidade físico-química. Rio de Janeiro: 2014. 12 p.
- AZEVEDO, L. A. S. **Mistura de tanque de produtos fitossanitários: Teoria e prática**. 1ed, Rio de Janeiro: IMOS Gráfica e Editora, 2015, 230 p.
- BASSO, F. J. M. et al. Manejo de plantas daninhas em milho RR[®] com herbicidas aplicados isoladamente ou associados ao glyphosate. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, p. 148-157, 2018.
- BOLLER, W.; FORCELINI, L. A.; HOFFMANN, L. L. Tecnologia de aplicação de fungicidas – Parte I. In: LUZ, W. C.; FERNANDES J. M.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. (Org.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 15, p. 243-276, 2007.
- BRASIL. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 46, de 24 de julho de 2002. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 24 de jul. 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 67, de 30 de maio de 1995. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 30 de maio 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 40, de 11 de outubro de 2018. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 11 de out. 2018. Seção 1, p. 3.
- CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada & Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. (2020). **PIB do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: < <https://cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx> >. Acesso em: 14 jul. 2021.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: BASF, 2005. 49p.
- COLBY, S. R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicides combinations. **Weed Science**, v. 15, p. 20-22, 1967.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Safra 2010/21. v. 11, 2021. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos?limitstart=0> >. Acesso em: 10 de jul. 2021.

DECARO JÚNIOR, S. T. Dinâmica da calda fitossanitária no reservatório do pulverizador. In: COSTA, L. L.; POLANCZYK, R. A. **Tecnologia de aplicação de caldas fitossanitárias**. 1 ed. Jaboticabal: Funep, 2019.

FERREIRA, L. A. I. **Armazenamento de misturas de herbicidas nas características físico-químicas e no controle de plantas daninhas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Bandeirantes, 2019.

GAZZIERO, D. L. P. et al. **Manual técnico para subsidiar a mistura em tanque de agrotóxicos e afins**. Londrina: Embrapa Soja, 2021. 23 p. - (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 437).

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

GOUGE, T. Understanding Pesticide Formulations, 2010 [Apresentação de slides] Disponível em: <http://visordocs.sic.gov.co/documentos/Docs029/docs24/2015/2015008406OF/2015008406OF0000000003.PDF?239> >. Acesso em: 10 ago. 2021.

HEWIT, H. G. Fungicides in crop protection. **Cambridge: CAB Internacional**, 1998. 221 p.

KISSMANN, K. G. **Adjuvantes para caldas de produtos agrotóxicos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DECIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 1997, Caxambu. Palestras e mesas redondas. Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 61-77.

LIMA, L. C. F. **Produtos fitossanitários: misturas em tanque**. Cascavel: Oepar/Coodetec/Associação Nacional de Defesa Vegetal, 1997. 13 p. (Relatório Técnico)

LYR, H. Modern selective fungicides: properties, applications, mechanisms of action. **Edt. Gustav Fischer Verlag**, Jena. 1995. 595 p.

MATZENBACHER, F. O. et al. Distribution and analysis of the mechanisms of resistance of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) to imidazolinone and quinclorac herbicides. **The Journal of Agricultural Science**, v. 153, p. 1044-1058, 2015.

MORAES, H. M. F. et al. Physical compatibility and stability of pesticide mixtures at different spray volumes. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.

NONEMACHER, F. et al. Associação de herbicidas aplicados para o controle de plantas daninhas em soja resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, p. 142-151, 2017.

OLIVEIRA, R. B. et al. Formulações e misturas de herbicidas em tanque. In: BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. Jaboticabal: Fábrica da Palavra, 2021. 547 p.

OLIVEIRA, R. B. et al. Misturas em tanque. **Revista Agro DBO**, p. 23. 2017.

OZKAN, H.E. Herbicide formulations, adjuvants, and spray drift management. In: SMITH, A. E. (ed.). **Handbook of weed management systems**. Georgia, Maecel Dexker, nc, 1995. p. 217-43.

PETTER, F. A. et al. Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e inseticidas. **Planta Daninha**, v. 30, p. 449-457, 2012.

PETTER, F. A. et al. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, v. 4, p. 129-138, 2013.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, v.24, p.8-19, 2008.

RAETANO, C. G.; CHECHETTO, R. G. Misturas em tanque. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOOLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2ª ed. rev. amp. - Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2019. p.49-66.

RAKES, M. et al. Physicochemical compatibility of agrochemical mixtures in spray tanks for paddy field rice crops. **Planta Daninha**, v. 35, 2017.

RAMOS, H. H.; ARAÚJO, D. de. **Preparo da calda e sua interferência na eficácia de agrotóxicos**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em:< http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/V2/index.htm>. Acesso em: 05 ago. 2021.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**. 7. ed. Londrina, 2018.

ROSS, M. A.; LEMBI, C. A. Applied weed science. 2. ed. New Jersey: **Prentice Hall**, 1999. 452 p.

ROSO, A. C. et al. Regional scale distribution of imidazolinone herbicide-resistant alleles in red rice (*Oryza sativa* L.) determined through SNP markers. **Field Crops Research**, v. 119, p. 175-182, 2010.

SILVA, A. A. et al. Aplicações sequenciais e épocas e doses e aplicação de herbicidas em mistura com chlorpirifos no milho e em plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.23, p. 527-534, 2005.

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**. 2007, p. 118-154.

SPADONI, A. B. D. **Propriedades Físico-Químicas e Primórdios Da Perda de Estabilidade de Calda Inseticida em Misturas com Fungicidas e Adjuvantes**.

2019. Dissertação (Mestrado em agronomia). Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2019.

STUMM, W.; MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters**. 3. ed. New York: J. Wiley, 1996. 1022 p.

ULGUIM, A. R. et al. Status of weed control in imidazolinone-herbicide resistant rice in Rio Grande do Sul. **Advances in Weed Science**, v. 39, 2021.

UNIVERSITY OF HERTFORDSHIRE. **PPDB: Pesticide Properties DataBase**. Disponível em: < <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>>. Acesso em: 08 set. 2021.

WHITFORD, F. et al. **Avoid tank mixing errors. A guide to applying the principles of compatibility and mixing sequence**. Purdue University, 2018, 44 p.

ZHANG, J.; A.S. HAMILL; S.E. WEAVER. Antagonism and synergism between herbicides: trends from previous studies. **Weed Technology**. v. 9, p. 86–90, 1995.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Formulário aplicado para os participantes da pesquisa sobre mistura de agrotóxicos em tanque.

Pesquisa sobre o uso de misturas de agrotóxicos em tanque

Este trabalho tem como objetivo realizar um levantamento sobre a utilização de misturas de agrotóxicos em tanque em áreas de produção na metade sul do Rio Grande do Sul, em consonância com a Instrução Normativa n° 40 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de 11 de outubro de 2018.

O questionário faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da discente Shirlei Pezzi Fehndrich do Curso de Agronomia da Unipampa Campus Itaqui sob orientação do Prof. Dr. Glauber Monçon Fipke pelo Grupo de Pesquisa em Manejo Agropecuário Integrado e Sustentável em Terras Baixas (MAIS Várzea).

Sua participação nesta pesquisa é anônima e nenhum dado pessoal será divulgado.

Agradecemos desde já pela sua participação e colaboração em nosso trabalho!

***Obrigatório**

1. Qual é a sua formação profissional? *

Marcar apenas uma oval.

- Engenheiro(a) agrônomo(a)
- Engenheiro(a) florestal
- Técnico(a) agrícola (ou agropecuário)
- Outro: _____

2. Qual é a sua área de atuação profissional? *

Marcar apenas uma oval.

- Funcionário(a) de empresa privada (assistência técnica + comércio de insumos)
- Funcionário(a) de empresa privada (somente assistência técnica)
- Funcionário(a) de empresa/repartição pública de extensão (ex.: IRGA, EMATER, universidades, etc.)
- Funcionário(a) de cooperativa local (assistência técnica + comércio de insumos)
- Funcionário(a) de cooperativa local (somente assistência técnica)
- Produtor(a) rural

3. Se na questão anterior você respondeu que é produtor(a) rural, como você obtém assistência técnica em sua atividade agropecuária (lavoura, pomar, horta, pastagem, etc.)?

Marque todas que se aplicam.

- Não tenho assistência técnica
- Tenho formação acadêmica na área agropecuária, portanto, eu mesmo realizo decisões técnicas
- Por meio de funcionários de empresa/repartição pública de extensão (ex.: IRGA, EMATER, universidades, etc.)
- Por meio de funcionários de empresa privada (ou cooperativa) à qual eu compro insumos (fertilizantes, agrotóxicos, etc.)
- Por meio de um profissional da área agropecuária que contratei para tomar decisões técnicas referente ao meu empreendimento

Outro: _____

Ativar c

4. Em qual(is) cidade(s) você trabalha? *

Marque todas que se aplicam.

- Itaqui - RS
- Maçambará - RS
- Uruguaiana - RS
- Alegrete - RS
- São Borja - RS

Outro: _____

5. Você realiza (ou prescreve) misturas em tanque envolvendo agrotóxicos? (Ex.: herbicida A + herbicida B; herbicida + inseticida; herbicida + fungicida, etc.) *

Marcar apenas uma oval.

- Sim *Pular para a pergunta 7*
- Não *Pular para a pergunta 19*

6. Caso tenha interesse e deseje receber o trabalho com os dados após a finalização do estudo deixe aqui seu e-mail ou telefone para contato.

7. Qual tamanho da área em que são realizadas aplicações com produtos em misturas de tanque? *

Marcar apenas uma oval.

- Até 200 ha
- Até 500 ha
- Até 1.000 ha
- Mais de 1.000 ha

8. Até quantos produtos (herbicidas, fungicidas, inseticidas, fertilizantes foliares, etc) você utiliza em mistura, por aplicação? *

Marcar apenas uma oval.

- Até dois (2) produtos diferentes
- Até três (3) produtos diferentes
- Até quatro (4) produtos diferentes
- Até cinco (5) produtos diferentes
- Mais que cinco (5) produtos diferentes

9. Se você fosse preparar uma calda de pulverização com 10 itens diferentes, indique a sequência de adição de produtos no tanque que você faria. Enumere a sequência marcando o número 1 (o primeiro que adicionaria) até o número 10 (o último que adicionaria) conforme as opções abaixo.

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Água	<input type="radio"/>							
Adjuvantes	<input type="radio"/>							
Solução concentrada (SL)	<input type="radio"/>							
Concentrado Emulsionável (CE)	<input type="radio"/>							
Suspensão concentrada (SC)	<input type="radio"/>							
Pó molhável (PM)	<input type="radio"/>							
Grânulos dispersíveis (WG)	<input type="radio"/>							
Condicionador de água	<input type="radio"/>							
Redutor de espuma	<input type="radio"/>							
Fertilizantes foliares	<input type="radio"/>							

10. Quando você utiliza uma mistura em tanque, o que você leva em consideração para garantir que ela será compatível?

Marque todas que se aplicam.

- Sempre pergunto para alguém que já utilizou a referida mistura em tanque
- Sigo as recomendações do funcionário que prescreveu a mistura em tanque
- Pesquiso em materiais científicos que atestem a compatibilidade da mistura em tanque
- Antes de preparar a calda eu faço um teste em menor escala e observo se haverá compatibilidade
- Só realizo (ou prescrevo) as misturas que eu já fiz anteriormente e apresentaram compatibilidade

Outro: _____

Ativar

11. Nessas aplicações são utilizados pré-misturadores ou a mistura é feita diretamente no tanque de pulverizador? *

Marcar apenas uma oval.

- Utiliza-se pré-misturadores
 Mistura é realizada direto no tanque do pulverizador

12. Com que frequência você observa dificuldade em dissolver os produtos, quando utilizados em mistura? *

Marcar apenas uma oval.

- Ocasional
 Nunca
 Frequente
 Sempre

13. Com que frequência você observa um aumento da fitotoxicidade na cultura cultivada, quando utiliza produtos em mistura? *

Marcar apenas uma oval.

- Ocasional
 Nunca
 Frequente
 Sempre

14. Com que frequência você observa excesso de espuma, quando utiliza produtos em mistura? *

Marcar apenas uma oval.

- Ocasional
 Nunca
 Frequente
 Sempre

15. Com que frequência você observa entupimento dos equipamentos (bicos, filtros, etc), quando utiliza produtos em mistura? *

Marcar apenas uma oval.

- Ocasional
 Nunca
 Frequente
 Sempre

16. Com que frequência você observa decantação do material (deposição no fundo do tanque), quando utiliza produtos em mistura? *

Marcar apenas uma oval.

- Ocasional
 Nunca
 Frequente
 Sempre

17. Em qual(is) cultura(s) você realiza (ou prescreve) aplicação(ões) em mistura de tanque? *

Marque todas que se aplicam.

- Arroz
 Soja
 Milho
 Trigo

Outro: _____

18. Baseado na sua resposta quanto a(s) cultura(s) que você trabalha, informe as misturas de produtos que você tem utilizado ultimamente. Se preferir, informe pelo nome comercial de cada um destes produtos (Ex.: Roundup + 2,4-D; Kifix + Gamit; Engeo Pleno + Certero + Fox; etc.). Ficaremos gratos se puder contribuir com a maior quantidade de combinações que você tem conhecimento. *

19. Por que você não realiza/prescreve misturas em tanque de agrotóxicos? *

Marque todas que se aplicam.

- Porque penso que seja proibido por lei
- Porque observei menor eficiência dos produtos quando utilizados em mistura
- Porque observei fitotoxicidade da cultura quando utilizei misturas
- Porque ocorreu entupimento de equipamentos (bicos, filtros, etc) quando utilizei misturas
- Porque vi/soube de casos de outros profissionais que não tiveram boa experiência com a utilização de misturas

Outro: _____

20. Relate algum caso de insucesso na utilização de misturas em tanque de agrotóxicos que você vivenciou ou ficou sabendo de outro profissional.
