

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS LONDRINA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**MARCELA ARFELLI SILVA**

**ALTERAÇÕES NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE SOLOS  
TRATADOS COM DIFERENTES DOSES DO HERBICIDA GLIFOSATO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**LONDRINA**

**2013**

**MARCELA ARFELLI SILVA**

**ALTERAÇÕES NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE SOLOS  
TRATADOS COM DIFERENTES DOSES DO HERBICIDA GLIFOSATO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Eduardo Freres Stipp

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tatiane Cristina Dal Bosco

**LONDRINA**

**2013**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**MARCELA ARFELLI SILVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Câmpus Londrina.

Prof. Dr. Marcelo Eduardo Freres Stipp  
Orientador

Prof. Dr<sup>a</sup>. Tatiane Cristina Dal Bosco  
Co-orientadora

Prof. Dr. Alexandre Sordi  
Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

Londrina, abril de 2013.

## AGRADECIMENTOS

À Deus primeiramente, por ter traçado meu caminho de forma tão magnífica, sempre colocando pessoas em minha vida que me ajudam a compreender que os momentos difíceis são apenas fases de aprendizado.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina pelo espaço cedido para realização do experimento.

Ao Prof. Dr. Marcelo Eduardo Freres Stipp, por todo apoio e conhecimento oferecido, não só na orientação desse trabalho, mas também em boa parte da minha vida acadêmica. Agradeço carinhosamente toda a amizade, pelos momentos de incentivo, as palavras de conforto e a companhia durante todo esse período.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Tatiane Cristina Dal Bosco, por disponibilizar seu tempo para poder compartilhar seus conhecimentos que foram essenciais no desenvolvimento dessa pesquisa. Agradeço por todo carinho, confiança, incentivo e principalmente pela amizade e por se mostrar sempre um exemplo de profissionalismo e de dedicação.

Ao Prof. Reginaldo Fidelis pela atenção, dedicação e importante colaboração durante as análises estatísticas do experimento.

Aos meus pais, meus exemplos de determinação, para os quais sou eternamente grata pelo apoio, incentivo e compreensão, não só durante a execução desta TCC, mas por toda a faculdade.

Especialmente à minha irmã, Carolina Arfelli Silva, pela colaboração na execução do experimento, por ser mostrar sempre tão compreensiva, acolhedora, amorosa e amiga nos momentos de dificuldade.

Ao Caio Nasser Mancini, por todo apoio que foi fundamental nessa etapa da minha vida. Agradeço imensamente pela compreensão, carinho, pelos momentos de incentivo, pela ajuda nas pesquisas, e principalmente por ser o mais fiel companheiro e cúmplice, sou eternamente grata ao seu amor e dedicação.

À todos meus amigos pelo apoio e incentivo, mas principalmente ao meu amigo Vitor Álvares pela amizade verdadeira, e à minha amiga Mônica Hirata Bertachi, por toda ajuda no desenvolvimento da pesquisa, pelos momentos de desabafo e de descontração que tornaram essa fase muito mais simples.

À todos que colaboraram na realização desse trabalho, meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

ARFELLI-SILVA, Marcela. Alterações nas propriedades químicas de solos tratados com diferentes doses do herbicida glifosato. 2013. 106p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

A grande necessidade pela alta produtividade nas lavouras tem causado o uso intensivo e frequente de agrotóxicos, que muitas vezes são aplicados de maneira indiscriminada, gerando riscos para o meio ambiente e, conseqüentemente, graves danos à saúde do homem. Dessa forma, objetivo desse trabalho foi avaliar as alterações físico-químicas do solo, no controle de plantas daninhas, causadas pela aplicação de diferentes concentrações do herbicida glifosato. O experimento foi instalado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina, onde foram delimitadas 15 parcelas de 1m<sup>2</sup> e identificadas as plantas daninhas presentes. Em cada parcela foram aplicadas concentrações de glifosato T1(0,96 kg i.a.ha<sup>-1</sup>); T2(1,92 kg i.a.ha<sup>-1</sup>); T3(3,84 kg i.a.ha<sup>-1</sup>) e durante 14 dias após a aplicação foi analisado a mortalidade das plantas daninhas. Uma amostra inicial de solo e uma amostra coletada 14 dias após aplicação foram encaminhadas a um laboratório comercial para análise de cálcio, magnésio, potássio, matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo, capacidade de troca catiônica (CTC), pH (em CaCl<sub>2</sub> e em H<sub>2</sub>O). Simultaneamente, em dias intercalados, eram coletadas amostras de todas as parcelas para análises físico-químicas individuais no laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Londrina, para determinar teores de cálcio, magnésio, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e fósforo. Esses testes eram realizados com a utilização do Polikit de Solo do Fabricante Alfakit os quais foram submetidos a análise de variância, com comparação pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Para as espécies: *Emilia fosbergii* Nicolson, *Croton glandulosus*, *Sida rhombifolia* L., *Rhynchelytrum repens*, *Richardia brasiliensis* Gomes, Planta exótica e *Brachiaria plantaginea* o controle pode ser considerado satisfatório. Já as espécies *Parthenium hysterophorus*, *Ipomoea hederifolia*, *Sonchus oleraceus* e *Cenchrus echinatus* L., apresentaram resistência ao glifosato. Todos os tratamentos com glifosato causaram alterações, nas propriedades físico-químicas do solo. Todos os parâmetros propostos para análise com o Polikit de Solo apresentaram diferença significativa em relação aos momentos de coleta, mas não diferiram significativamente em relação aos tratamentos aplicados. Pode-se afirmar que as análises propostas no estudo podem ser instituídas como parâmetros de monitoramento na modificação das características físico-químicas do solo.

**Palavras-chaves:** Controle, monitoramento, plantas daninhas.

## ABSTRACT

ARFELLI-SILVA, Marcela. Changes in chemical properties of soils treated with different doses of the herbicide glyphosate. 2013. 106p. Tese de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

The great need for high productivity in crops has caused frequent and intensive use of pesticides, which are often applied indiscriminately, generating risks for the environment and, consequently, severe damage to human health. Thus, the aim of this study was to evaluate the physical and chemical changes in soil, weed control, caused by different concentrations of glyphosate. The experiment was conducted at Universidade Federal Tecnológica do Paraná - Campus Londrina, where 15 plots of 1m<sup>2</sup> and identified the weeds. In each plot were applied concentrations of glyphosate T1(0.96 kg i.a.ha<sup>-1</sup>); T2(1.92 kg iaha<sup>-1</sup>); T3(3.84 kg iaha<sup>-1</sup>) and during 14 days after the application was analyzed mortality weed. An initial sample and a soil sample collected 14 days after application, were sent to a commercial laboratory for analysis of calcium, magnesium, potassium, organic matter, total nitrogen, phosphorus, cation exchange capacity, pH (in CaCl<sub>2</sub> and in H<sub>2</sub>O). At the same time, in the intercalary days, samples were collected from all the plots for individual physical-chemical analysis in the laboratory of the Universidade Federal Tecnológica do Paraná - Campus Londrina, to determine levels of calcium, magnesium, ammonia, nitrite, nitrate, phosphorus. These tests were conducted using the methods of Soil Test Kit Polikit (Manufactured by Alfakit) which were subjected to analysis of variance, with comparison by Tukey test at 5% significance. It was possible to obtain satisfactory control in species *Emilia fosbergii* Nicolson, *Croton glandulosus*, *Sida rhombifolia* L., *Rhynchelytrum repens*, *Richardia brasiliensis* Gomes, exotic plant and *Brachiaria plantaginea*. Already species, *Parthenium hysterophorus*, *Ipomoea hederifolia*, *Sonchus oleraceus*, *Cenchrus. echinatus*, were resistant to glyphosate. All treatments with glyphosate caused changes in physico-chemical soil. All parameters proposed for analysis with Polikit Soil significant difference in relation to collections, but did not differ significantly with respect to the applied treatments. It can be stated that the analysis proposed in the study can be instituted as monitoring parameters in modifying physical and chemical characteristics of the soil.

**Key-words:** Control, monitoring, weed.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fórmula do glifosato.....	22
Figura 2: Localização da área experimental.....	30
Figura 3: Croqui da delimitação das parcelas. ....	31
Figura 4: Distribuição dos tratamentos nas parcelas.....	33
Figura 5: Visualização do experimento. ....	33
Figura 6: Montagem do experimento finalizado.....	34
Figura 7: <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson. ....	37
Figura 8: <i>Parthenium hysterophoru</i> . ....	38
Figura 9: <i>Ipomoea hederifolia</i> .....	39
Figura 10: <i>Croton glandulosus</i> . ....	39
Figura 11: <i>Sida rhombifolia</i> .....	40
Figura 12: <i>Cenchrus echinatus</i> L.....	41
Figura 13: <i>Rhynchelytrum repens</i> . ....	42
Figura 14: <i>Sonchus oleraceus</i> .....	42
Figura 15: <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes. ....	43
Figura 16: Planta denominada como exótica. ....	44
Figura 17: <i>Brachiaria plantaginea</i> .....	44
Figura 18: Registros fotográficos antes da aplicação do herbicida e do último dia de análise do tratamento 1.....	48
Figura 19: Registros fotográficos antes da aplicação do herbicida e do último dia de análise do tratamento 2.....	50
Figura 20: Registros fotográficos antes da aplicação do herbicida e do último dia de análise do tratamento 3.....	52
Figura 21: Espécie <i>Parthenium husterophorus</i> , no 12° dia (foto à esquerda) e no 14° dia (foto à direita). ....	56
Figura 22: Espécie <i>Parthenium husterophorus</i> , na parcela T3R1 no 14° dia.....	57
Figura 23: <i>Ipomoea hederifolia</i> presente na parcela T1R1 no 14° dia. ....	59
Figura 24: <i>Ipomoea hederifolia</i> presente na parcela T2R5 no 14° dia. ....	59
Figura 25: <i>Ipomoea hederifolia</i> presente na parcela T3R1 no 14° dia. ....	59
Figura 26: Espécie <i>Croton Glandulosus</i> na parcela T2R4. ....	61
Figura 27: Região de predominância da espécie <i>Croton Glandulosus</i> na parcela T3R4, controlada no 14° dia.....	61

Figura 28: Incidência da espécie <i>Cenchrus echinatus</i> L. na parcela T2R5.....	63
Figura 29: Parcela T1R1 com grande incidência de <i>Sonhus oleraceus</i> .....	66
Figura 30: Parcela T2R com a presença da espécie <i>Sonchus oleraceus</i> L. ....	67
Figura 31: Parcela T3R2 com enfoque na <i>Sonchus oleraceus</i> L, ainda verde no 14° dia. ....	67
Figura 32: Parcela T1R2 antes da aplicação e ao final do 14° dia. ....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Identificação e contagem de espécies de plantas daninhas por parcela...	46
Tabela 2: Porcentagem de controle de espécies de plantas daninhas por parcela...	54
Tabela 3: Porcentagem de controle da espécie <i>Emília fosbergii</i> .....	55
Tabela 4: Porcentagem de controle da espécie <i>Parthenium husterophorus</i> .....	55
Tabela 5: Porcentagem de controle da espécie <i>Ipomoea hederifolia</i> L.....	58
Tabela 6: Porcentagem de controle da espécie <i>Croton Glandulosus</i> .....	60
Tabela 7: Porcentagem de controle da espécie <i>Sida rhombifolia</i> L.....	62
Tabela 8: Porcentagem de controle da espécie <i>Cenchrus echinatus</i> L.....	63
Tabela 9: Porcentagem de controle da espécie <i>Rhynchelytrum repens</i> .....	65
Tabela 10: Porcentagem de controle da espécie <i>Sonchus oleraceus</i> L.....	66
Tabela 11: Porcentagem de controle da espécie <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes.....	68
Tabela 12: Porcentagem de controle do <i>Brachiara plantaginea</i> .....	70
Tabela 13: Porcentagem de controle da espécie exótica.....	70
Tabela 14: Resumo da Análise Granulométrica emitida pelo Laboratório de Análises de Solo .....	71
Tabela 15: Resumo dos laudos das análises iniciais e finais das parcelas.....	71
Tabela 16: Classes de interpretação de fertilidade do solo.....	72
Tabela 17: Resultado do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de cálcio considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta .....	87
Tabela 18: Resultado do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de magnésio considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta.....	88
Tabela 19: Resultado do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de nitrogênio amoniacal considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta .....	88
Tabela 20: Resultado do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de nitrito considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta .....	89
Tabela 21: Resultado do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de nitrato considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta.....	90

Tabela 22: Resultado do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de fósforo considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta .....	91
--	----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Concentração de cálcio ao longo dos tratamentos. ....	72
Gráfico 2: Concentração de magnésio ao longo dos tratamentos. ....	74
Gráfico 3: Concentração de potássio ao longo dos tratamentos. ....	76
Gráfico 4: Concentração de CTC ao longo dos tratamentos. ....	77
Gráfico 5: Concentração de matéria orgânica ao longo dos tratamentos. ....	79
Gráfico 6: Concentração de nitrogênio ao longo dos tratamentos. ....	81
Gráfico 7: Concentração de fósforo ao longo dos tratamentos. ....	83
Gráfico 8: Comportamento do pH em relação ao longo dos tratamentos. ....	85

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2.OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1.OBJETIVO GERAL .....	15
2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3.REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
3.1.DEFINIÇÃO DE AGROTÓXICOS .....	16
3.2.CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS .....	17
3.3.PLANTAS DANINHAS .....	18
3.4.MECANISMOS DE AÇÃO DOS HERBICIDAS .....	20
3.5.CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E AGRONÔMICAS DO HERBICIDA GLIFOSATO.....	22
3.6.POLUIÇÃO DO SOLO POR AGROTÓXICO.....	25
3.7.CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS POR AGROTÓXICO .....	28
<b>4.MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>30</b>
4.1.CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO .....	30
4.2.IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	31
4.3.DISTRIBUIÇÃO DOS TRATAMENTOS .....	31
4.4.IDENTIFICAÇÃO DAS PLANTAS DANINHAS.....	34
4.5.APLICAÇÃO DO GLIFOSATO .....	34
4.6.ANÁLISE DA MORTALIDADE DAS PLANTAS DANINHAS .....	35
4.7.ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS PELO LABORATÓRIO COMERCIAL DE ANÁLISE DE SOLO .....	35
4.8.ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS COM O POLIKIT DE SOLO .....	36
4.9.DELINEAMENTO ESTATÍSTICO.....	36
<b>5.RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>37</b>
5.1.ANÁLISE DAS PLANTAS DANINHAS .....	37
5.1.1.Identificação das plantas daninhas existentes .....	37
5.1.2.Identificação das plantas daninhas por parcelas.....	45
5.1.3.Análise da mortalidade das plantas daninhas .....	47
5.2.ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS EM LABORATÓRIO COMERCIAL DE SOLO.....	70
5.3.ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS COM O POLIKIT DE SOLO .....	87
<b>6.CONCLUSÃO</b> .....	<b>92</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>93</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>105</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento populacional e o crescente comércio de importações de grãos têm exigido cada vez mais dos agricultores produtos em grandes volumes com alta qualidade. Essa grande demanda por alimentos resultante da alta produtividade e da diminuição de perdas nas lavouras reflete no uso de práticas intensivas, em que os agrotóxicos são considerados peça fundamental.

Os agrotóxicos são produtos químicos que têm por função proteger as culturas agrícolas das pragas, insetos, plantas daninhas e doenças. Entre todos os agrotóxicos, tem-se que um dos mais vendidos no mundo é o herbicida glifosato (MONSANTO, 2013). O sucesso de vendas desse herbicida deve-se ao fato de que este é muito eficiente no combate de plantas daninhas e apresenta baixa toxicidade quando comparado a outros herbicidas.

O uso intensivo de agrotóxicos nas lavouras tem, cada vez mais, tornado espécies resistente a esses produtos, o que leva o produtor a usar dosagens mais altas para controle eficiente. Essa aplicação frequente e muitas vezes indiscriminada gera sérios riscos para o meio ambiente e, conseqüentemente, graves danos à saúde do homem.

A grande consequência da utilização de agrotóxicos são os resíduos que se acumulam nos lugares e nas proximidades em que são empregados, tanto em sua forma química original, quanto sob a forma de produtos da degradação.

O solo pode receber os agrotóxicos não só por aplicação direta, antes ou depois do plantio, mas também, por incorporação dos restos de cultura tratada, pela ação do vento, pela lavagem das plantas pela água da chuva ou no processo de irrigação.

Os efeitos indesejáveis ao meio ambiente que os agrotóxicos causam estão ligados diretamente com a destruição de espécies que não estão relacionadas às lavouras, desenvolvimento de imunidade por essas espécies, acumulação na cadeia alimentícia persistindo em vários ecossistemas, e, principalmente, a contaminação de solos e águas subterrâneas ou superficiais.

O solo é um recurso finito e não renovável necessário à sobrevivência de todos, pois dele depende a produção de alimentos. Considerando sua importância

perante a sociedade, esse recurso deve ser preservado e monitorado para que sua capacidade de produção não seja alterada.

Apesar do potencial risco associado à presença de agrotóxicos em solo e águas, o monitoramento desses recursos ainda é uma prática pouco aplicada no Brasil. Tem-se ainda que as legislações sobre contaminação do solo são pouco específicas e falhas quando se trata destes compostos. São escassos também os estudos que tratem da contaminação no solo com agrotóxicos e que possam sugerir metodologias de fácil acesso para análise das alterações que esses elementos podem causar.

Dessa forma, esse estudo se justifica pela necessidade de preservar os recursos ambientais, mais especificamente nesse caso, o solo, uma vez tendo suas características físico-químicas alteradas pode diminuir sua capacidade produtiva com o tempo, o que conseqüentemente acarretaria na diminuição da produção de alimentos enquanto a população tende a aumentar.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar as alterações químicas do solo, no controle de plantas daninhas, causadas pela aplicação de diferentes concentrações do herbicida glifosato.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar o levantamento das plantas daninhas existentes no local do experimento;
- Analisar a mortalidade das plantas daninhas nas diferentes concentrações de glifosato 14 dias após sua aplicação;
- Verificar as alterações químicas decorrentes dos diferentes tratamentos no solo com base em análises realizadas em laboratório comercial de análise de solo;
- Avaliar as alterações químicas decorrentes dos diferentes tratamentos no solo com base em análises realizadas no laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Londrina com o uso do Polikit de Solo;
- Averiguar se as análises propostas no estudo podem ser instituídas como parâmetros de monitoramento na modificação da estrutura química do solo.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. DEFINIÇÃO DE AGROTÓXICOS

De acordo com a Lei Federal 7.802 de 11 de julho de 1989, Artigo 2º, Inciso I e II (BRASIL, 1989), define-se agrotóxicos como:

“Produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, assim como substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, desseccantes, estimuladores e inibidores de crescimento”.

Após grande mobilização da sociedade civil organizada, em vez de “defensivo agrícola” passou a ser utilizado o termo “agrotóxico” para denominar os “venenos” agrícolas. Esse termo evidencia a toxicidade desses produtos para o meio ambiente e à saúde humana. São ainda utilizados termos genéricos, como praguicidas ou pesticidas (SIQUEIRA; KRUSE, 2008).

A problemática dos agrotóxicos é um assunto milenar, tendo os primeiros registros de utilização na Roma antiga. Segundo relatos, os romanos utilizavam a fumaça proveniente da queima de enxofre para controlar os pulgões que atacavam as plantações de trigo e sal para controlar plantas daninhas. A partir do século XIX, os chineses passaram a usar arsênio misturado à água no controle de insetos. No início do século XX descobriram-se derivados de plantas, com os quais se desenvolveu uma formulação líquida para ser utilizada no controle de doenças causadas por fungos e tratamento de sementes (BARREIRA; PHILIPPI JÚNIOR, 2002).

A partir da Segunda Guerra Mundial, com o objetivo de aumentar a produção de alimentos para atender uma explosão demográfica mundial decorrente, houve necessidade de buscar produtos mais eficientes. Foi por volta de 1900 que surgiram os primeiros herbicidas, e após grandes investimento tecnológicos, em 1940 ocorreu o grande avanço no desenvolvimento dos agrotóxicos, a descoberta do DDT

(diclorodifeniltricloroetano, inseticida mais conhecido do grupo dos organoclorados) e toda a gama de organoclorados (VEIGA et al., 2006). E o advento destes agrotóxicos mais elaborados serviu como base para a expansão da capacidade produtiva das culturas agrícolas hoje verificadas.

No Brasil, o consumo de agrotóxicos tem sido crescente. Entre 2001 e 2008 o Brasil assumiu a posição de maior consumidor mundial, quando as vendas de agrotóxicos no país passaram de US\$ 2 bilhões para mais de US\$ 7 bilhões. Em 2009 houve novamente o aumento no consumo, sendo este de 1 milhão de toneladas – o que representa 5,2 kg de veneno por habitante (LONDRES, 2011).

No ano de 2011, as indústrias terminaram o ano atingindo o recorde de vendas de agrotóxicos, sendo este de US\$ 8,5 bilhões, 16,3% mais do que as de 2010 (SINDAG, 2012).

### 3.2. CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS

Os agrotóxicos podem ser classificados quanto ao seu modo de ação no organismos alvo, em relação a sua estrutura química e quanto aos efeitos que causa a saúde humana (SAVOY, 2011).

De forma geral, em relação ao modo de ação os agrotóxicos podem ser classificadas como: inseticidas (controle de insetos), fungicidas (controle de fungos), herbicidas (controle de plantas invasoras), desfolhantes (controle de folhas indesejadas), fumigantes (controle de bactérias do solo), rodenticidas ou raticidas (controle de roedores/ratos), nematicidas (controle de nematóides) e acaricidas (controle de ácaros) (RIBAS; MATSUMURA, 2009).

Segundo Castro (1999) quando classificados de acordo com o grupo químico a que pertencem, os agrotóxicos podem ser classificados em organofosforados, organoclorados, carbamatados e piretróides.

Outras características também devem ser consideradas quando se trata de agrotóxicos, sendo estas, a toxicidade, que representa o grau de virulência de qualquer substância nociva para um organismo; a seletividade, que é o direcionamento na utilização de um agrotóxico de modo que este não prejudique outro fator não desejado no controle; e a persistência, que diz respeito a

durabilidade das propriedades tóxicas no solo. Como resultante do descaso em relação a essas propriedades e do uso indiscriminado do solo, esses resíduos vêm sendo encontrados no meio ambiente, em quantidades cada vez maiores (MARQUES, 2005).

### 3.3. PLANTAS DANINHAS

Na literatura agrícola, diversos são os conceitos que definem as plantas daninhas. Também denominadas “ervas daninhas”, “plantas ruderais”, “plantas invasoras” e “plantas silvestres”, estas plantas apresentam em comum a característica de serem indesejadas na atividade agrícola humana. Shaw (1956) conceitua de forma ampla as plantas daninhas, definindo-as como "toda e qualquer planta que ocorre onde não é desejada". Blanco (1972) já restringe sua definição de forma mais voltada às atividades agropecuárias, que define como planta daninha, "toda e qualquer planta que germine espontaneamente em áreas de interesse humano e que, de alguma forma, interfira prejudicialmente nas atividades agropecuárias do homem”.

Na agricultura, as plantas daninhas são consideradas o maior fator causador de danos econômicos. Causam danos muito maiores que pragas e doenças e em muitas regiões do mundo constituem-se como sendo a maior barreira à produção de alimentos (MUZIK, 1970). A perda global da produção de alimentos devido às ervas daninhas foi estimada em 287 milhões de toneladas por ano, totalizando 11,5% do total da produção mundial de alimentos (PARKER; FRYER, 1975). Em termos médios, 30 a 40% de redução de produção agrícola mundial são atribuídos à interferência das plantas daninhas (LORENZI, 1991). Já os insetos, as doenças e pragas e outras causas, respondem por 30%, 20% e 5% de perdas, respectivamente, segundo estudo do Singh (2009). Estima-se que a perda nos trópicos possa ser 50% maior que a média global. Sem controle de plantas daninhas, as perdas de produção variam de 10-100%, dependendo da capacidade competitiva da cultura (FROUD-WILLIAMS, 2002).

De acordo com Almeida (2009), a grande variabilidade genética das plantas daninhas se deve a características particulares desses organismos, como rápido

crescimento, alta capacidade de florescimento, alta produção de sementes, grande habilidade de dispersão, adaptação constante às práticas de manejo e também tolerância à variação ambiental.

O controle de plantas daninhas com herbicidas é prática comum na agricultura, entretanto o uso recorrente de herbicidas na mesma área tem levado a formação de populações de plantas daninhas resistentes a certos grupos químicos. A aplicação de doses elevadas de herbicidas proporciona o controle da maior parte ou toda a população de plantas suscetíveis, fazendo com que apenas as plantas resistentes se multipliquem e produzam descendência (OLIVEIRA JR et al., 2011).

De acordo com Christoffoleti (2008) a resistência das plantas daninhas à herbicidas é definido como a capacidade inerente e herdável de alguns biótipos dentro de uma determinada população, de sobreviver e se reproduzir após a exposição à dose de um herbicida, que normalmente seria letal a uma população suscetível da mesma espécie. A resistência pode ainda ser denominada como cruzada ou múltipla, sendo a primeira quando biótipos de plantas daninhas são resistentes a dois ou mais herbicidas que apresentam um mesmo mecanismo de ação e a segunda refere-se a situações em que a resistência das plantas daninhas acontece em relação a dois ou mais mecanismos de ação distintos.

A resistência ocorre por seleção natural de biótipos já existentes dentro de uma população de plantas, estando ligada a fatores genéticos, biotecnológicos e agronômicos, acrescenta-se que a alta densidade de infestação das plantas daninhas também favorece o rápido desenvolvimento da resistência, porque há maior probabilidade de que alguns indivíduos estejam presentes (OLIVEIRA JR et al., 2011).

Christoffoleti (2008) cita que pelo menos três mecanismos que podem explicar o desenvolvimento da resistência à herbicidas, sendo estes: a perda de afinidade do herbicida pelo local de ação na enzima; metabolização ou desintoxicação do herbicida a substâncias menos fitotóxicas, que se trata de um mecanismo de resistência em que a planta degrada o herbicida antes mesmo que este cause danos irreversíveis a ela; a redução da concentração do herbicida no local de ação ocasionado em plantas que tem a capacidade de sequestrar os herbicidas sem que este alcance o local de ação na planta em concentrações suficientes para promover controle.

### 3.4. MECANISMOS DE AÇÃO DOS HERBICIDAS

Os herbicidas são substâncias químicas que apresentam como função selecionar populações de plantas e tal seleção se refere à atuação desses produtos especificamente sobre as plantas daninhas e não em outras plantas (OLIVEIRA JR., 2011).

Nas últimas décadas os herbicidas tem apresentado crescente utilização na agricultura, apresentando o maior crescimento de comercialização, que passou de R\$ 4.380 milhões em 2007 para R\$ 5.764 milhões em 2008, aumento de 32% (SINDAG, 2009).

A identificação dos herbicidas é realizada de acordo com seu mecanismo de atuação nas plantas daninhas juntamente com sua estrutura básica. Como cita Oliveira Jr. (2011) a classificação dos herbicidas sofre modificações constantes tanto em função da descoberta de novos herbicidas assim como pela elucidação dos sítios de atuação nas plantas. Como consta o autor, a classificação internacionalmente aceita atualmente é a proposta pelo Herbicide Resistance Action Committee (HRAC), em que os herbicidas são classificados por ordem alfabética de acordo com seus sítios de atuação e classes químicas. Entre todos os herbicidas classificados, os principais mecanismos de ação citados pelo autor são:

- Mimetizadores da Auxina;
- Inibidores Fotossistema II;
- Inibidores Fotossistema I;
- Inibidores da PROTOX;
- Inibidores da enzima Acetil Coa Carboxilase;
- Inibidores da enzima Aceto Lactato Sintase;
- Inibidores da enzima 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato (EPSP Sintase);
- Inibidores da Glutamina Sintetase;
- Inibidores da Síntese de Lipídeos;
- Inibidores da dihidropteroato (DHP) sintase;
- Inibidores da síntese de celulose;
- Desacopladores;
- Inibidores do transporte de auxinas;

- Mecanismos de ação desconhecido.

Oliveira Jr. (2011) ainda comenta que agregado ao mecanismo de ação dos herbicidas, outras formas de classificação dos herbicidas também são utilizadas, diante desse fato, para entender o controle químico é necessário também o conhecimento dos seguintes aspectos:

- Classificação quanto à seletividade

- Herbicidas seletivos: matam ou restringem severamente o crescimento de plantas daninhas, sem prejudicar as espécies de interesse.

-Herbicidas não seletivos: são aqueles de amplo espectro de ação, capazes de matar ou injuriar severamente maior parte das plantas, quando aplicados nas doses recomendadas.

- Classificação quanto a translocação

- Herbicida com ação de contato: Não se translocam ou se translocam de forma muito limitada. Só causam danos nas partes que entram em contato direto com os tecidos das plantas, necessitando de uma boa cobertura por ocasião da aplicação. O efeito é rápido e agudo, podendo se manifestar em questão de horas.

- Herbicida com ação sistêmica: normalmente são caracterizados pelo efeito mais demorado, crônico. A translocação pode ocorrer pelo xilema, pelo floema, ou através de ambos, dependendo do herbicida e da época de aplicação. Em aplicações na parte aérea, as condições de clima e de umidade do solo são fatores importantes que interferem no resultado final observado.

- Classificação quanto a época de aplicação

- Pré-plantio e incorporado (PPI): produtos que são aplicados ao solo e posteriormente precisam de incorporação mecânica ou por meio de irrigação.

-Pré-emergência (PRÉ): a aplicação é realizada após a semeadura ou plantio, mas antes da emergência da cultura e das plantas daninhas.

-Pós-emergência (PÓS): nas aplicações em pós-emergente, as plantas daninhas encontram-se emergidas, mas a cultura nem sempre. Um exemplo típico de aplicação em PÓS sem a presença da cultura é a aplicação realizada para a dessecação antes do plantio direto.

Os efeitos biológicos de determinado herbicida, ou de seus metabólitos, sobre uma planta são governados por suas características de absorção, translocação, metabolismo, além da sensibilidade da planta a ele. Desta forma, não basta apenas que o herbicida chegue as folhas e, ou, atinja o solo para que se

garanta a sua efetividade. Deve-se garantir que ele penetre na planta, para ocorrer o processo de translocação e que este chegue à organela onde exercerá seus efeitos. Vários processos metabólicos vegetais podem ser influenciados por um mesmo herbicida, porém, se caracteriza como seu mecanismo de ação a primeira lesão biofísica ou bioquímica. Dessa mesma forma, seu modo de ação é caracterizado pela sequência de todas as reações ocorridas, até a ação final do produto na planta (FERREIRA et al., 2005).

### 3.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E AGRONÔMICAS DO HERBICIDA GLIFOSATO

O glifosato é um herbicida pertencente ao grupo químico dos derivados da glicina, de fórmula molecular  $C_3H_8NO_5P$  (Figura 1). Introduzido pela Monsanto nos anos 70, esse herbicida é classificado como não seletivo, sistêmico, de amplo espectro e de ação pós-emergente. Sua comercialização se dá sobre três apresentações: glifosato-isopropilamônio, glifosato-sequisódio (patenteado pela MONSANTO, vendido com o nome comercial Roundup) e glifosato-treimesium (patenteado pela SYNGENTA).

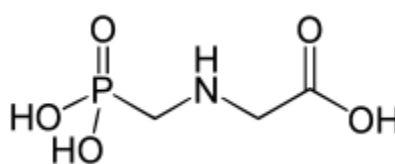


Figura 1: Fórmula do glifosato.  
Fonte: Toni (2006).

Sua atuação baseia-se na inibição da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-fosfato sintase. Esta enzima é responsável pela síntese de três aminoácidos considerados essenciais para as plantas (triptofano, fenilalanina e tirosina). Com a inibição da biossíntese desses aminoácidos ocorre uma paralisação do crescimento das plantas e posteriormente sua morte por deficiência metabólica. Nesse processo, os animais não são afetados pois eles não possuem essa enzima e são incapazes de sintetizar esses aminoácidos (NAVARRO, 2011).

Na maioria dos casos, o glifosato não é metabolizado pela planta, razão pela qual não apresenta seletividade. Dessa forma, praticamente toda a concentração do ingrediente ativo aplicado chega ao solo na sua forma original. Entre os processos que determinam o destino desse herbicida no solo, destaca-se a formação de complexos em água com íons metálicos de cálcio e magnésio, sorção com sedimentos ou partículas suspensa em água e solo, absorção, metabolismo e biodegradação por microrganismos (PRATA et al., 2002).

Prata et al. (2002) afirmam que a sorção do glifosato é instantânea, extremamente alta e está relacionada principalmente a fração mineral do solo, sendo que a matéria orgânica desempenha papel secundário no caso de solos oxídicos. Entretanto, em solos com baixo conteúdo de óxidos, a matéria orgânica é fundamental na sorção dessa molécula. Os mesmos autores citam que quando os níveis de fosfato no solo são extremamente altos, o glifosato compete com essas moléculas pelos sítios de sorção, porém, cita-se que tais níveis são impossíveis de ser atingidos em condições reais de campo.

Analisando a adsorção de glifosato sobre solos e minerais, Toni (2006) afirma que fração inorgânica apresenta maior importância no processo, e que a adsorção desse composto pode ocorrer devido à presença de matéria orgânica, óxidos de ferro e alumínio e, também, devido às argilas que compõem os solos. O grupo fosfato do glifosato está envolvido na interação de metais constituintes dos solos e argilas. Concluiu também em seu estudo que a dessorção do glifosato pelo fosfato nos solos depende de diversos fatores, tais como CTC, quantidade de argilas presentes, quantidade de fosfato e pH do solo.

Uma vez adsorvido, o glifosato pode permanecer no ambiente como resíduo ligado até sua completa mineralização, que pode durar dias ou meses, dependendo das características do solo (textura, pH, conteúdo de carbono orgânico, dentre outras) (TONI, 2006). Prata et al. (2002) estudando o comportamento do glifosato em Latossolo Vermelho Argiloso, da região de Ponta Grossa, PR, sob 23 anos de plantio direto e convencional, analisaram que os valores de meia vida de mineralização do glifosato variaram entre 252,6 e 782,1 dias, sendo mais elevados no plantio direto e com a utilização da molécula no carbono do grupo fosfonometil. Os autores ainda citam que o tempo de meia-vida de degradação do glifosato varia com o tipo de solo, e principalmente, devido à formação de resíduos ligados e a biodegradação.

Estudos em solos brasileiros realizado por Araújo (2002) demonstraram que a meia vida do glifosato em argissolo vermelho-amarelo de textura média, foi de 8 a 9 dias, não apresentando influência do histórico de uso do produto. E em latossolo argiloso, a meia vida do produto foi de 12 dias no solo sem aplicação prévia de glifosato de 22 dias no mesmo solo, após 11 anos de aplicação do produto.

O padrão de degradação da molécula de glifosato no solo é muito variável, dependendo do grupo de microrganismos presentes e suas exigências nutricionais e sistema enzimático. Entretanto a ação dos microrganismos é dificultada quando esse composto não se encontra livre no solo, mas adsorvido a alguma molécula (ARAÚJO, 2002).

Araújo (2002) analisou a biodegradação do glifosato em dois tipos de solo, sendo estes, o solo argissolo vermelho-amarelo (PV) e o latossolo vermelho (LV), e afirma que a biodegradação desse composto foi maior nas amostras de solos que apresentam histórico de aplicação, fato explicado devido à adaptação da microbiota para utilização do herbicida. Afirma também, que o grupo predominante e provável degradador do composto são os fungos.

De acordo com Amarante Júnior et al. (2002), devido à alta capacidade de adsorção no solo, o glifosato não é facilmente lixiviado, sendo pouco provável a contaminação de águas subterrâneas. Gazziero et al. (2012) analisaram o potencial de lixiviação do glifosato no latossolo vermelho eutroférico. O experimento foi conduzido em colunas de PVC contendo 3925 cm<sup>3</sup> de solo, com a aplicação de diferentes doses de glifosato (1 mL, 3 mL, 5 mL e 9 mL) acrescido de diferentes quantidade de água (37,5 mL; 112,5 mL; 187,5 mL e 337,5 mL respectivamente). O autor observou que nessas condições o glifosato não foi lixiviado.

De forma geral, os principais fatores determinantes da lixiviação de pesticidas no solo são a solubilidade em água da molécula, a textura e a estrutura do solo e o índice pluviométrico da região em questão. Assim, moléculas com elevada solubilidade em água ( $S_w > 300 \text{mg.l}^{-1}$ ), em solo arenoso e em região com elevado índice pluviométrico apresenta um considerável potencial de lixiviação. Entretanto, a formação de resíduos-ligados denota maior importância no sentido de retardar a lixiviação, pois a maior parte desta fração apresenta-se em forma pouco solúvel (PRATA et al. 2002)

Se comparado com o solo, a persistência do glifosato em água é mais curta, pois as formulações desse herbicida são solúveis em água por se dispersar

rapidamente e não se acumular em altas concentrações no perfil hídrico (COX, 1995; MORAS; ROSSI, 2010).

As principais vias de dissipação desse herbicida na água são por degradação microbiológica e união com sedimentos. Apesar do glifosato não se degradar rapidamente na água, quando há presença da microflora esse composto é decomposto em ácido aminometilfosfônico (AMPA) e eventualmente em dióxido de carbono (AMARANTE JÚNIOR et al., 2002). Tem-se observado também a degradação desse composto em AMPA, e posteriormente em fosfato inorgânico e  $\text{CH}_3\text{-NH}_3$ .

Paterson (2007) afirma que a persistência do herbicida glifosato em ambientes aquáticos pode ser determinada por valores de meia-vida entre 7 e 21 dias. O mesmo autor também afirma que a dissipação do glifosato é mais rápida em águas superficiais, pois as moléculas do glifosato são adsorvidas pelos sedimentos e degradadas por microrganismos.

### 3.6. POLUIÇÃO DO SOLO POR AGROTÓXICO

Como citado por Santos (2007), o solo pode ser considerado como um recurso renovável, desde que seja utilizado e conservado de maneira adequada e apropriada após avaliação de suas características, porém se explorado de maneira exaustiva e sem adoção de medidas ou tratos conservacionistas, esse recurso também se esgota.

É possível notar essa displicência no Brasil, país com grandes extensões de áreas agricultáveis, mas com sérios problemas de degradação do solo, resultante muitas vezes da falta de informação sobre as potencialidades e limitações de uso desse recurso natural (CORREIA et al., 2004).

Ao estudar as alterações das propriedades físicas e químicas relacionadas ao uso do solo em diferentes sistemas agrícolas, Santos (2007) verificou que a degradação causada pelo uso agrícola pode comprometer a continuidade das atividades de horticultura no local. Estudos realizados por Rodrigues (2007) também confirmaram efeitos negativos resultantes da atividade agrícola, tanto pelo uso de agrotóxicos quanto pelos fertilizantes.

Apesar dos agrotóxicos serem utilizados apenas com o propósito de controlar alguns dos fatores que alteram a produtividade, essas substâncias causam efeitos indesejáveis ao meio ambiente, atuando especificamente na destruição de espécies não-alvo, na contaminação do solo e de águas subterrâneas ou superficiais, no desenvolvimento de imunidade contra os agrotóxicos e na acumulação dessas substâncias na cadeia alimentícia, repassando-a a vários ecossistemas (RODRIGUES, 2007).

A contaminação no solo por agrotóxicos pode ser realizada de forma direta ou indireta, sendo as principais fontes de contaminação direta evidenciadas no ato da aplicação, quando o produto é lançado diretamente no solo ou quando há vazamentos ou derramamento do equipamento por má conservação ou uso inadequado. Já a contaminação realizada de forma indireta pode ocorrer por meio da percolação, processo de arrasto mecânico do agrotóxico ou outro composto pela água, chegando aos lençóis freáticos; e também através da volatilização dos compostos aplicados nos cultivos e formação de poeira do solo contaminado pela pulverização de agrotóxicos, que podem ser transportados por correntes aéreas e se depositarem no solo e na água, distantes das áreas onde foram originalmente usados (BARREIRA; PHILIPPI JÚNIOR, 2002).

A presença dos agrotóxicos no solo pode ocorrer por apenas alguns dias, assim como podem fixar-se por alguns anos e, por vezes, por décadas. De acordo com Castro (1999), o efeito residual de um produto no solo surge em função da natureza físico-química e/ou biológica deste substrato, assim como da sua formulação ou quantidade aplicada. O destino dos agrotóxicos no ambiente é governado por processos de retenção (adsorção, absorção), de transformação (degradação química e biológica) e de transporte (deriva, volatilização, lixiviação e carreamento superficial), e por interações desses processos (SPADOTTO et al., 2006). Dessa forma, as propriedades do solo podem ser modificadas devido às reações com as composições dos agrotóxicos, e na maior parte das vezes o solo não é afetado pelo próprio agrotóxico, mas sim pelos produtos resultantes de sua decomposição ou transformação (OLIVEIRA JR., 2011).

Dessa forma, como citado por Kraemer (2009) quando um herbicida é aplicado na lavoura, uma proporção atinge o solo, seja por contato direto, por escorrimento das folhas, ou quando a planta morre e é incorporada ao solo. Uma vez no solo, esse herbicida pode ser absorvido pelas raízes das plantas, sorvido aos

coloides do solo, dissolvido em sua solução, sofrer fotólise, hidrólise ou degradação microbiana, mas também pode ser transportado para fora da região de absorção das raízes, por lixiviação ou escoamento superficial.

As características do solo onde é aplicado o agrotóxico apresenta muita influência no impacto que este último pode causar ao meio ambiente. Algumas propriedades presentes no solo, como teores de argila, concentração de óxidos e matéria orgânica, pH, capacidade de troca de cátions, área superficial específica, porosidade, teor de umidade e diversidade microbiana presente, são fatores físico-químicos que interferem na degradação e na retenção de pesticidas em solos (PRATA et al., 2002).

As propriedades químicas são afetadas devido à relação da matéria orgânica e a fertilidade do solo, pois esta é a principal fonte de nitrogênio, potássio e enxofre, também regula a disponibilidade de cálcio, magnésio, zinco, entre outros e interfere na mobilidade de outras moléculas como: herbicidas, inseticidas, e metais pesados (MEURER, 2000; apud CASTRO, 2005).

Ao estudar as alterações das propriedades físicas e químicas relacionadas ao uso do solo, na Bacia do Córrego Cabeleira, Santos (2007) verificou que as características físicas e químicas do solo de agricultura são as que sofreram maior alteração ao serem comparadas com as características de solo sob mata, principalmente no que se refere a sua estrutura.

O tipo de solo também interfere no comportamento dos pesticidas, solos mais argilosos possuem muitas partículas com compostos ativos que funcionam como sítios de captura dos agrotóxicos. Quando os agrotóxicos se aderem às partículas de solo ou a matéria orgânica, eles se tornam mais sujeitos a degradação pela ação da decomposição, a qual ocorre principalmente nas camadas superficiais do solo com temperatura, umidade e teor de matéria orgânica elevados, e com boas condições de aeração. Porém, tem-se que altas concentrações de agrotóxicos são pouco prováveis de serem totalmente decompostas pelo solo (BARRIGOSI, 2003).

Por outro lado, os solos arenosos apresentam muito espaço entre as suas partículas e pouca matéria orgânica, o que facilita a percolação da substância, a qual pode atingir o reservatório de água do subsolo.

Apesar do glifosato não ser persistente no meio ambiente, o conhecimento detalhado sobre sua biodegradação em solos brasileiros é relativamente pequeno. Além disso, com o surgimento da soja transgênica resistente ao glifosato, tem

aumentado a preocupação ambiental devido, principalmente, à possibilidade do uso maior do herbicida em campos cultivados, sendo necessários vários estudos sobre o comportamento do glifosato em solos de países tropicais. (ARAÚJO, 2002; PRATA et al., 2011).

### 3.7. CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS POR AGROTÓXICO

As contaminações das águas superficiais são ocasionadas pelo escoamento superficial dos agrotóxicos dissolvidos na água da chuva, sendo estas substâncias levadas às partes mais baixas da topografia, podendo chegar até os rios, córregos, lagos e açudes. O lançamento dessas substâncias em cursos d'água é responsável por inúmeros episódios de mortalidade da fauna aquática, principalmente de peixes (VEIGA et al., 2006).

Já a contaminação do aquífero é decorrente do transporte vertical da água carreando os contaminantes, podendo atingir as águas subterrâneas (SPADOTTO et al., 2006). O volume, a intensidade e a frequência das chuvas tem uma grande influência no transporte e na perda de agrotóxicos por meio do escoamento superficial e da percolação da água no solo. Dentre os problemas de contaminação das águas subterrâneas por agrotóxicos destaca-se o fato de ser utilizada para consumo humano, o que poderá acarretar sérios problemas de saúde pública.

Dutra da Silva (2003) realizou análises em água superficiais de 15 pontos distribuídos entre a nascente e a foz de uma micro bacia em Pelotas-RS. O autor detectou a presença do herbicida glifosato em metade dos pontos analisados, 30 dias após a aplicação do produto, afirma ainda que foi possível observar a presença do herbicida mesmo 60 dias após a aplicação.

Amaral (2009) realizou um estudo em açudes e rios localizados próximos a área agrícola composta por pequenas propriedades, as quais têm como culturas principais o chuchu, abobrinha, banana, aipim, jiló e quiabo. O autor afirma que os locais analisados apresentam grande exposição ao glifosato sendo possível detectar a presença dessa substância na água mesmo após cerca de 20 dias após a aplicação do princípio ativo nas culturas.

Queiroz et al., (2011) analisou o transporte do glifosato por escoamento superficial e por lixiviação em um solo agrícola, e observou que concentrações de glifosato nas águas escoadas superficialmente são superiores às escoadas no perfil do solo. O autor consta que o transporte foi avaliado em termos das cargas do herbicida, sendo que no escoamento superficial o glifosato foi detectado no primeiro dia e nas primeiras amostragens do segundo dia de simulação de chuva, enquanto na lixiviação o herbicida foi detectado na simulação realizada no primeiro dia. Entretanto a quantidade transportada na lixiviação foi cerca de 9 vezes superior à do escoamento superficial.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O experimento foi realizado no mês de dezembro de 2012 em uma área determinada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina.

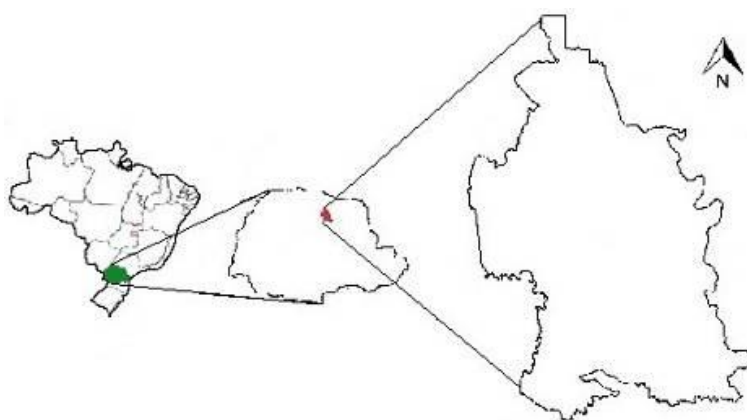


Figura 2: Mapa representativo da localização de Londrina no Estado do Paraná.  
Fonte: Google Maps (2013).

Na Figura 3 é demonstrada a localização da área e delimitada a região onde foi instalado o experimento, com coordenadas  $23^{\circ} 18' 25''$  S e  $51^{\circ} 6' 47''$  W.



Figura 3: Localização da área experimental.  
Fonte: Google Maps (2013).

#### 4.2. IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

Como citado por Pimentel Gomes (1987), o número de graus de liberdade do resíduo ( $K[r-1]$ ) em um experimento deve ser maior que 10 quando o número de tratamentos for maior que 2 ( $k>2$ ). Para esse experimento, utilizou-se 3 tratamentos, o que requereu 5 repetições para cada tratamento, resultando dessa forma, em 15 parcelas no total.

A delimitação do local, foi realizada com a utilização de 4 estacas de ferro, em uma área de  $35\text{m}^2$  ( $6\text{m} \times 7\text{m}$ ), a qual foi subdividida em 15 parcela de  $1\text{ m}^2$  (Figura 4), com espaçamento de 50 cm entre colunas e 20 cm entre linhas, a fim de evitar a mistura dos tratamentos aplicados nas parcelas.

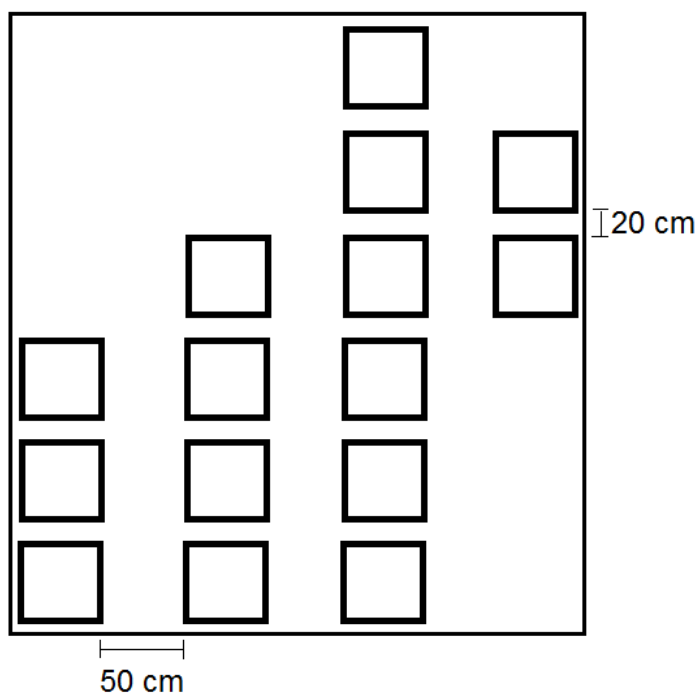


Figura 4: Croqui da delimitação das parcelas.  
Organização: A Autora (2013).

#### 4.3. DISTRIBUIÇÃO DOS TRATAMENTOS

Os tratamentos aplicados às parcelas foram sorteados aleatoriamente. A escolha da dose a ser aplicada foi baseado na quantidade indicada pela bula

glifosato Nortox®, tomando por base a planta daninha que apresentou maior incidência no experimento.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, constituído de 3 tratamentos com Glifosato com 5 repetições. Os tratamentos foram divididos em:

T1: aplicação da metade da dose de glifosato recomendada pela bula;

T2: aplicação da dose de glifosato recomendada pela bula;

T3: aplicação do dobro da dose de glifosato recomendada pela bula.

A espécie que apresentou maior incidência no experimento foi a *Richardia brasiliensis*. Dessa forma, como consta na bula Nortox®, a quantidade estabelecida neste caso é de 4 Litros de Glifosato para 300 Litros de água em 1ha, que corresponde a dose de  $1,92 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$ .

Dessa forma, tem-se que os tratamentos utilizados se basearam nas seguintes quantidades:

T1 =  $(0,96 \text{ kg i.a.ha}^{-1})$ : 0,2mL de glifosato para 15 mL de água por parcela;

T2 =  $(1,92 \text{ kg i.a.ha}^{-1})$ : 0,4mL de glifosato para 30 mL de água por parcela;

T3 =  $(3,84 \text{ kg i.a.ha}^{-1})$ : 0,8mL de glifosato para 60 mL de água por parcela.

A título de facilitar a visualização a campo, as parcelas foram delimitadas com barbantes de cores diferentes representando os diferentes tratamentos, sendo o T1, T2 e T3 representados pelo vermelho, amarelo e verde, respectivamente (Figura 5). Nas Figuras 6 e 7 pode-se visualizar o experimento na Universidade.

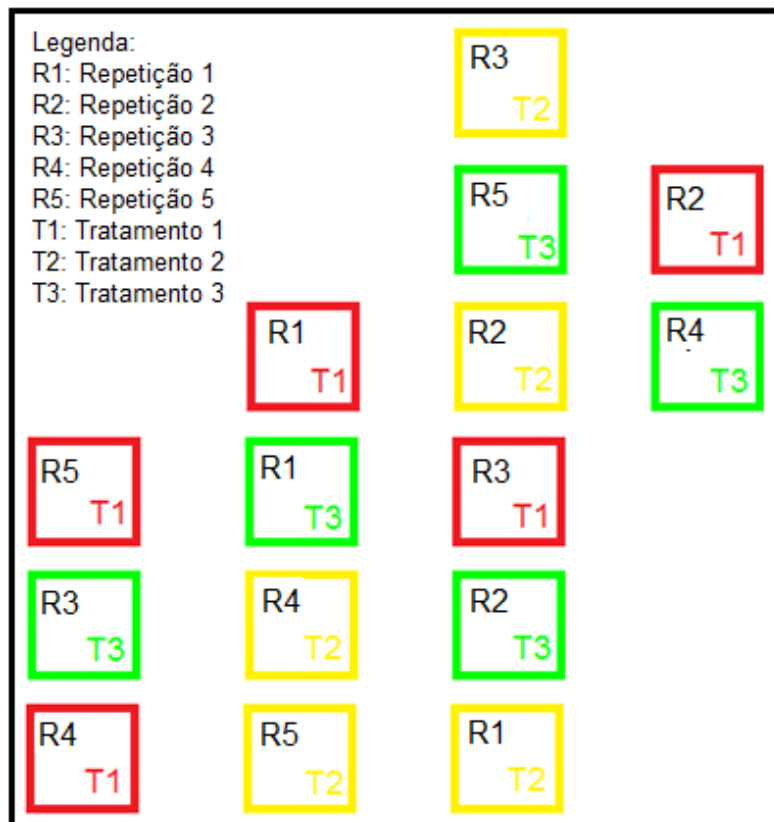


Figura 5: Distribuição dos tratamentos nas parcelas.  
 Organização: A Autora (2013).



Figura 6: Visualização do experimento.  
 Organização: A Autora (2013).



Figura 7: Montagem do experimento finalizado.  
Organização: A Autora (2013).

#### 4.4. IDENTIFICAÇÃO DAS PLANTAS DANINHAS

Anteriormente à aplicação do glifosato, realizou-se a identificação das plantas daninhas existentes no local com o auxílio do Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas (LORENZI, 2006).

Posteriormente realizou-se a contagem das plantas daninhas existentes em cada parcela. Estabeleceu-se que essa contagem seria baseada na quantidade de plantas enraizadas, sendo estas separadas por espécie. Exceto as gramíneas e a espécie *Richardia brasiliensis* Gomes, planta rasteira, que foram contabilizadas em forma de porcentagem de área ocupada por parcela.

#### 4.5. APLICAÇÃO DO GLIFOSATO

A aplicação do glifosato foi realizada em pós-emergência tardia, quando as plantas daninhas estavam em pré-florescimento. Utilizou-se um borrifador, pulverizando a uma distância média de 30 cm da superfície do alvo. Iniciou-se a aplicação das doses menos concentradas para as mais concentradas.

Obedeceu-se às normas de segurança, com a utilização dos EPIs exigidos.

#### 4.6. ANÁLISE DA MORTALIDADE DAS PLANTAS DANINHAS

O experimento teve duração de 14 dias. Durante esse período realizou-se registros fotográficos diários de cada parcela, para acompanhamento da mortalidade das plantas daninhas, e no 14º dia analisou-se a porcentagem de plantas daninhas que foram controladas pelos tratamentos.

#### 4.7. ANÁLISES QUÍMICAS REALIZADAS PELO LABORATÓRIO COMERCIAL DE ANÁLISE DE SOLO

Antes da aplicação do herbicida glifosato, obteve-se uma amostra de solo inicial, a qual é resultante da homogeneização de amostras aleatórias das parcelas, retiradas a aproximadamente 10cm de profundidade. Esta foi encaminhada para um laboratório comercial de análise de solo do Município de Londrina/Pr, para análise granulométrica do solo de acordo com as especificações para o tipos de solos contido na Instrução Normativa N°2, de 9/10/2008 e identificação dos seguintes parâmetros:

- Cálcio;
- Magnésio;
- Potássio;
- Matéria Orgânica;
- Nitrogênio Total;
- Fósforo;
- Capacidade de Troca Catiônica (CTC);
- pH (em CaCl<sub>2</sub> e em H<sub>2</sub>O).

A título de comparação, no 14º dia definiu-se aleatoriamente uma amostra final de cada tratamento para realização das mesmas análises, sendo estas as parcelas T1R3, T2R2, T3R4.

#### 4.8. ANÁLISES QUÍMICAS REALIZADAS COM O POLIKIT DE SOLO

Em dias alternados, eram coletadas amostras de todas as parcelas para análises químicas individuais no laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Câmpus* Londrina, para determinar teores de cálcio, magnésio, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e fósforo. Esses testes eram realizados com a utilização do método (ANEXO 1) do Polikit de Solo do Fabricante Alfakit.

#### 4.9. DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

Considerando que nas análises físico-químicas realizadas com o Polikit de Solo houve 3 tratamentos com 5 repetições por tratamento e 7 coletas ao longo do experimento, o delineamento estatístico para todos os parâmetros baseou-se na análise de variância (ANOVA), com comparação pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Para cada parâmetro analisou-se a variabilidade dos diferentes tratamentos utilizados e a variabilidade dos diferentes momentos de coleta.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. ANÁLISE DAS PLANTAS DANINHAS

#### 5.1.1. Identificação das plantas daninhas existentes

No total foram identificadas no total 10 espécies distintas de plantas daninhas, e uma espécie exótica, sendo estas:

➤ *Emilia fosbergii* Nicolson

Também denominada como falsa-serralha, bela-emília, pincel, serralhinha e brocha (Figura 8).



Figura 8: *Emilia fosbergii* Nicolson.  
Fonte: A autora e Google Imagens (2013).

Apresenta-se como planta anual, herbácea, geralmente ereta e possui reprodução por sementes. Incide em diversas lavouras perenes e anuais de verão como milho, algodão, soja e outras. Ocorre também em terrenos baldios e beira de estrada (LORENZI, 2006).

➤ *Parthenium hysterophorus*

Também denominada como losna-branca, fazendeiro e coentro-do-mato (Figura 9). Caracterizada como planta anual, herbácea, muito ramificada, ereta, apresenta de 50-90cm de altura. Possui reprodução por sementes (LORENZI, 2006).

Esta espécie é nativa no continente americano, com centro de origem no nordeste do México, e introduzida acidentalmente em vários países como Índia, Austrália, EUA, Brasil, China, Taiwan, Pasaquistão e partes da África (EMBRAPA, 2005).

Encontra-se entre as dez piores plantas daninhas do mundo, pois causa diversos problemas à saúde humana, aos agroecossistemas e à biodiversidade. Invadem principalmente áreas urbanas, pastagens degradadas próximas às cidades e eventualmente invade culturas (EMBRAPA, 2005).



Figura 9: *Parthenium hysterophoru*.  
Fonte: A autora e Google Imagens (2013).

➤ *Ipomoea hederifolia*

Também, denominada como jetirana, corda-de-viola, corriola, capainha (Figura 10), é caracterizada como planta anual, trepadeira, podendo atingir até 3m de comprimento, robusta e esparsamente pubescente. Possui folhas de forma bastante irregular e apresenta reprodução por sementes. Considerada como uma planta extremamente agressiva é forte competidora com culturas anuais (LORENZI, 2006).



Figura 10: *Ipomoea hederifolia*.  
Fonte: A autora e Google Imagens (2013).

➤ *Croton glandulosus*

Também, denominada como gervão branco e malva vermelha (Figura 11) é caracterizada como planta anual, sublenhosa na base, monoica e ereta, de 30-60cm de altura. Tem folhas com glândulas estipitadas pela base, e apresenta reprodução por sementes. A planta que se desenvolve em todo o Brasil. Prefere solos secos arenosos ou arenoargilosos profundos. Considerada como planta medicinal (LORENZI, 2006).



Figura 11: *Croton glandulosus*.  
Fonte: A autora e Google Imagens (2013).

➤ *Sida rhombifolia* L

Também denominada de guanxuma, mata-pasto, vassourinha e relógio (Figura 12). Caracterizada como planta anual ou perene, ereta, de 30-80 cm de altura. Apresenta suas folhas com a face inferior mais clara e com pubescência pronunciada, sua reprodução ocorre por sementes. Caracterizada como uma planta nociva e infestante em pastagens e culturas diversas, o caule e ramos produzem fibras resistentes que pode ser usadas industrialmente (LORENZI, 2006).



Figura 12: *Sida rhombifolia*.  
Fonte: A autora e Google Imagens (2013).

➤ *Cenchrus echinatus* L.

Também conhecida como capim-carrapicho, capim-amoroso e timbete (Figura 13) é caracterizada como planta anual, herbácea, ereta, de 20-60 cm de altura. Apresenta folhas rijas, de 10-30 cm de comprimento, com espiga espinhenta. Sua reprodução é realizada por sementes (LORENZI, 2006).

Gramínea altamente competitiva com as culturas em condições favoráveis de água, nutrientes e luz. Espécie infestante em diversas culturas e em pastagens onde o pisoteio foi intenso em época diversa (SYNGENTA, 2013).



Figura 13: *Cenchrus echinatus* L.  
Fonte: A autora e Google Imagens (2013).

➤ *Rhynchelytrum repens*

Também denominada como capim-favorito, favorito, capim-molambo e capim-natal (Figura 14).

Originária da região de Natal na África do Sul apresenta hábito tanto anual quanto perene. Desenvolve-se bem em solos arenosos, pobres e ácidos, suportando bem as condições de seca, sendo dessa forma, considerada como indicador de acidez (ANASTÁCIO, 2012). Possui reprodução realizada por sementes, que ocorre na primavera e florescimento no inverno. Apresenta grande incidência em lavouras, beiras de estradas e terrenos baldios (LORENZI, 2006).



Figura 14: *Rhynchelytrum repens*.

Fonte: A autora e Google Imagens (2013).

➤ *Sonchus oleraceus* L.

Também denominada como serralha, chicória-brava, serralha-lisa, serralheira (Figura 15), é caracterizada como planta anual, herbácea, de 40-110cm de altura. Apresenta folhas de formas e tamanhos variados, e sua reprodução ocorre por sementes (LORENZI, 2006).



Figura 15: *Sonchus oleraceus*.

Fonte: A autora e Google Imagens (2013).

➤ *Richardia brasiliensis* Gomes

Também denominada como poaia-branca, poaia, poaia-do-campo (Figura 16, é caracterizada como planta anual, herbácea, com caule densamente hirsuto de

20-50cm de comprimento. Sua reprodução é realizada por sementes (LORENZI, 2006).



Figura 16: *Richardia brasiliensis* Gomes.  
Fonte: A autora e Google Imagens (2013).

➤ Planta Exótica

Entre as plantas daninhas, encontrou-se também uma planta a qual não foi possível classifica-la de acordo com as plantas presentes no Livro de Plantas Daninhas (LORENZI, 2006). Dessa forma, esta foi denominada como planta exótica (Figura 16).



Figura 17: Planta denominada como exótica.  
Fonte: A autora (2013).

➤ *Brachiaria plantaginea*

Também conhecido como marmelada (Figura 17), capim guatemala, milhã-branca ou milhã. É uma planta herbácea, em touceiras, ereta de 50 a 80 cm de altura. Colmos enraizados nos nós em contato com o solo. Seu ciclo é anual e a reprodução por sementes (LORENZI, 2006).



Figura 18: *Brachiaria plantaginea*.  
Fonte: A autora e Google Imagens (2013).

### 5.1.2. Identificação das plantas daninhas por parcelas

De acordo com a Tabela 1, é possível perceber que a planta daninha que apresentou maior incidência no experimento, foi a *Richardia brasiliensis* Gomes. Dessa forma, os tratamentos se basearam na quantidade indicada pela bula Nortox® para essa espécie.

Tabela 1: Identificação e contagem de espécies de plantas daninhas por parcela

	ESPÉCIES PRESENTES EM CADA PARCELA														
	T1R1	T1R2	T1R3	T1R4	T1R5	T2R1	T2R2	T2R3	T2R4	T2R5	T3R1	T3R2	T3R3	T3R4	T3R5
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	2			1	4						1				
<i>Parthenium husterophorus</i>	1								3						
<i>Ipomoea hederifolia</i> L. (ramos)	1		1						1	1	4	1	2		
<i>Croton glandulosus</i>						1	2	2	2		4				
<i>Sida rhombifolia</i> L.	5		3				4	4	3		4	5		2	2
<i>Cenchrus echinatus</i> L.										3					
<i>Rhynchelytrum repens</i>	2			6	3		2		3	3	4		3		1
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	3			1	10		2		2	1		1	6		
<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes (%)		95	75			30	75	75	25			95	15	75	30
<i>Brachiaria plantaginea</i> (%)	5	4	3	10	10	5	3	25		50	15	50		25	20
<i>Exótica</i>		1					1								

Nota: T1 (0,96 kg i.a./ha), T2 (1,92 kg i.a./ha), T3 (3,84 kg i.a./ha), R1 (Repetição 1), R2 (Repetição 2), R3 (Repetição 3), R4 (Repetição 4), R5 (Repetição 5).

### 5.1.3. Análise da mortalidade das plantas daninhas

O experimento teve duração de 14 dias e para análise da evolução da mortalidade das plantas daninhas em cada parcela, realizaram-se registros fotográficos diários, sendo apresentado o registro inicial e final de cada parcela (Figuras 19, 20 e 21).



T1R1 – Antes da Aplicação



T1R1 – 14° Dia



T1R2 – Antes da Aplicação



T1R2 – 14° Dia

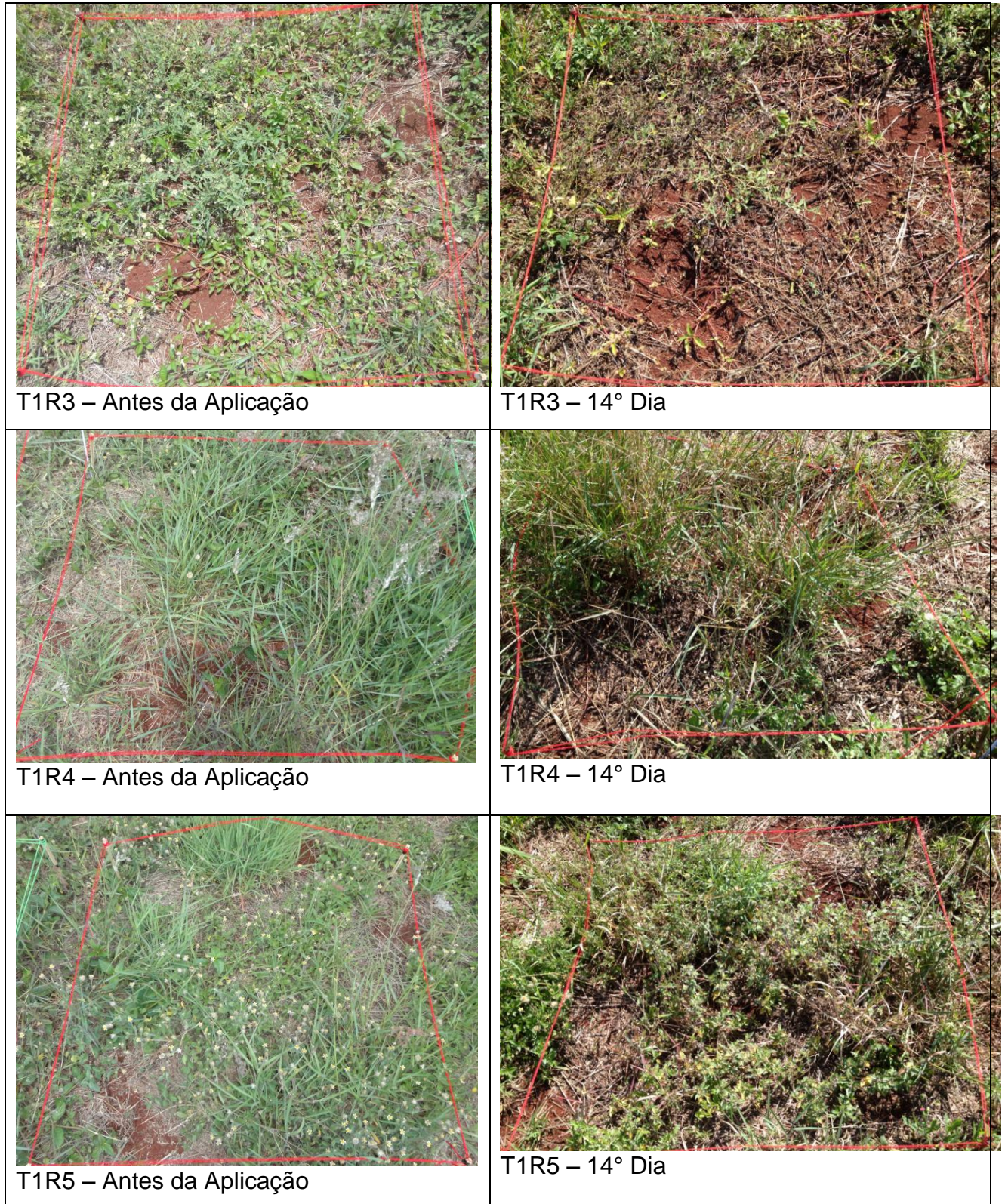


Figura 19: Registros fotográficos antes da aplicação do herbicida e do último dia de análise do tratamento 1.

No tratamento 1, que corresponde a menor quantidade de herbicida aplicado, nota-se que as repetições, R1, R2, R4 e R5 apresentaram pouca ou nenhuma espécie totalmente controlada. Nota-se, em comparação a fase inicial, que

as plantas apresentaram leve dessecação, e muitas se encontram amareladas. A repetição R3 é a que apresenta maior quantidade de plantas daninhas secas. É possível observar na R5 que as plantas daninhas perderam completamente as flores, permanecendo apenas as folhas com um tom diferenciado do tom inicial.



T2R1 – Antes da Aplicação



T2R1- 14° Dia



T2R2 – Antes da Aplicação



T2R2 – 14° Dia



Figura 20: Registros fotográficos antes da aplicação do herbicida e do último dia de análise do tratamento 2.

Em relação ao tratamento 2, que corresponde a quantidade indicada de herbicida a ser aplicado, nota-se que poucas plantas foram resistentes ao herbicida.

Na R1 e na R3 observa-se praticamente por completo a parcela seca. Essa semelhança se deve ao fato de que essas duas repetições apresentavam em suma a mesma composição de espécies. A parcela R2 foi a que apresentou maior resistência ao herbicida, tendo grande parte da espécie *Sonchus oleraceus* L. ainda amareladas e algumas espécies *Croton glandulosus* ainda verdes também. Porém, pode-se afirmar que esse tratamento foi melhor para exterminar as plantas do que o tratamento 1.



T3R1 – Antes da Aplicação



T3R1 – 14° Dia



T3R2 – Antes da Aplicação



T3R2 – 14° Dia

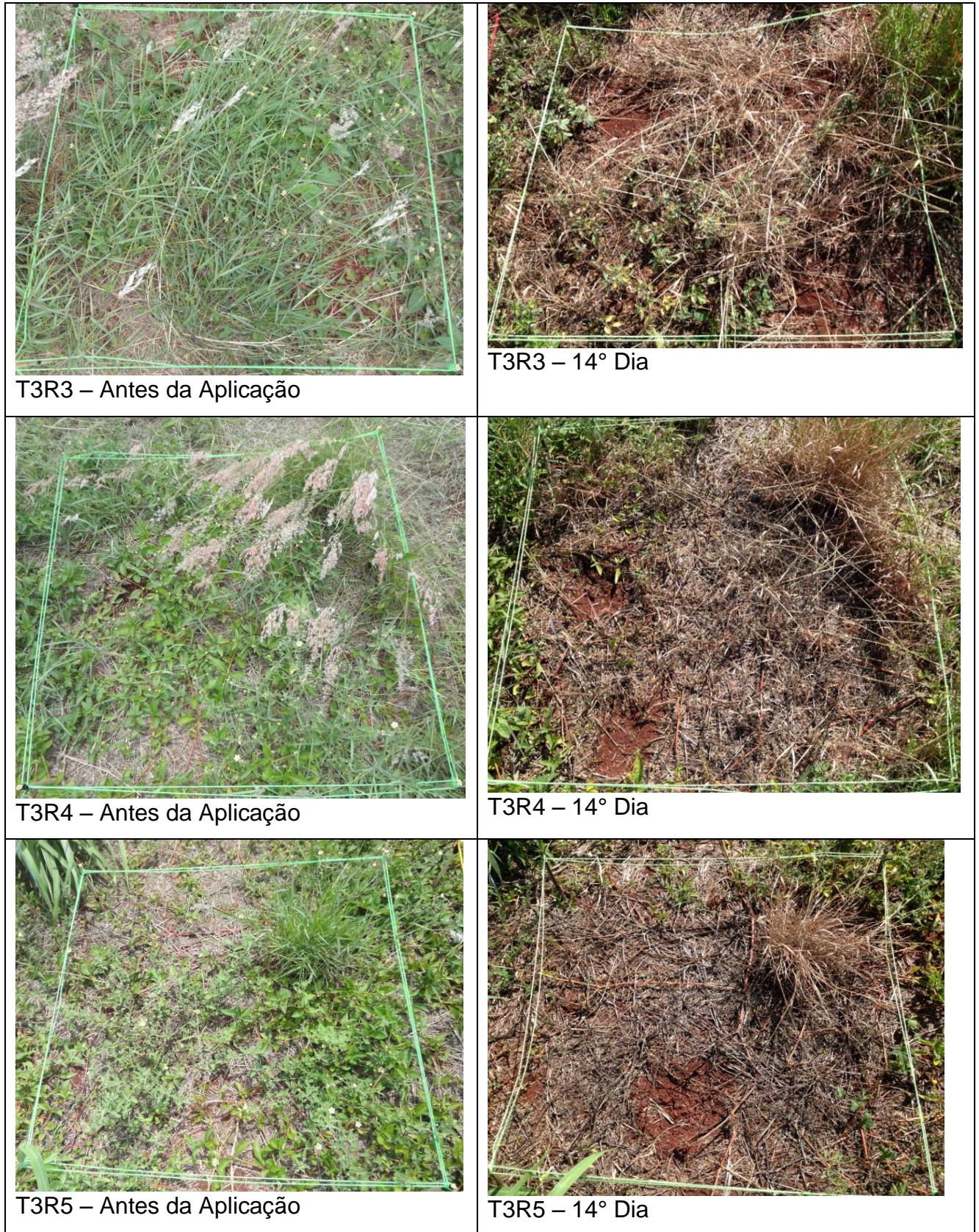


Figura 21: Registros fotográficos antes da aplicação do herbicida e do último dia de análise do tratamento 3.

Em relação ao tratamento 3, que corresponde ao dobro da quantidade indicada de herbicida a ser aplicado, nota-se total mortalidade das plantas daninhas,

com exceção de apenas da espécie *Ipomoea hederifolia* L. na R1, R2 e na R3. Comparado aos outros tratamentos, esse corresponde a melhor resposta, porém é possível notar que esse tratamento provocou uma coloração mais escura, chegando ao preto, semelhante de locais que recebem queimadas. Isso pode ser observado com maior clareza nas repetições R1, R4 e R5, o que pode ter sido determinado devido a alta quantidade de herbicida aplicado, uma vez que em nenhum outro tratamento nota-se tal aspecto.

Realizou-se também, 14 dias após a aplicação (14DAA), a análise da mortalidade das plantas daninhas por parcela por meio de observações visuais, onde foi estabelecido notas por espécie de planta de 0 a 100%, onde 0% representa nenhum controle e 100% o controle total (Tabela 2).

Tabela 2: Porcentagem de controle de espécies de plantas daninhas por parcela

	ESPÉCIES PRESENTES EM CADA PARCELA														
	T1R1	T1R2	T1R3	T1R4	T1R5	T2R1	T2R2	T2R3	T2R4	T2R5	T3R1	T3R2	T3R3	T3R4	T3R5
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson*	2			1	4						1				
Porcentagem de controle (%)	100			100	100						100				
<i>Parthenium husterophorus</i> *	1								3						
Porcentagem de controle (%)	0								0						
<i>Ipomoea hederifolia</i> L. (ramos)*	1		1						1	1	4	1	2		
Porcentagem de controle (%)	0		0						0	0	0	0	0		
<i>Croton glandulosus</i> *						1	2	2	2		4				
Porcentagem de controle (%)						0	0	0	0		100				
<i>Sida rhombifolia</i> L.*	5		3				4	4	3		4	5		2	2
Porcentagem de controle (%)	0		80				100	100	100		100	100		100	100
<i>Cenchrus echinatus</i> L.*										3					
Porcentagem de controle (%)										0					
<i>Rhynchelytrum repens</i> *	2			6	3		2		3	3	4		3		1
Porcentagem de controle (%)	100			100	100		100		100	100	100		100		100
<i>Sonchus oleraceus</i> L.*	3			1	10		2		2	1		1	6		
Porcentagem de controle (%)	0			0	30		50		80	80		0	90		
<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes (%)*		95	75			30	75	75	25			95	15	75	30
Porcentagem de controle (%)		20	100			100	100	100	100			100	100	100	100
<i>Brachiara plantaginea</i> (%)*	5	4	3	10	10	5	3	25		50	15	50		25	20
Porcentagem de controle (%)	0	0	100	100	100	100	100	100		100	100	100		100	100
<i>Exótica</i> *		1					1								
Porcentagem de controle (%)		50					100								

Nota: T1 (0,96 kg i.a./ha), T2 (1,92 kg i.a./ha), T3 (3,84 kg i.a./ha), R1 (Repetição 1), R2 (Repetição 2), R3 (Repetição 3), R4 (Repetição 4), R5 (Repetição 5).

\*Significa contagem inicial de plantas daninhas enraizadas por parcela (idem à Tabela 1).

Como observado na Tabela 3, a espécie *Emília fosbergii*, pode ser observada em parcelas contendo os tratamentos 1 e 3. Nota-se que a espécie não apresenta resistência alguma aos tratamentos. Esta foi 100% controlada, tanto no tratamento de menor dose quanto no tratamento de maior dose.

Tabela 3: Porcentagem de controle da espécie *Emília fosbergii*

Tratamentos	Dose	Repetição	Quantidade de Plantas Enraizadas	<i>Emília fosbergii</i> Nicolson
				Porcentagem de Controle (14DAA)
1 - Glifosato	0,96 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	1	2	100
		4	1	100
		5	4	100
3 - Glifosato	3,84 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	1	1	100

Nota: DAA: Dias após aplicação.

De acordo com a bula do Glifosato Nortox®, a quantidade de glifosato indicada para essa espécie, é a metade da quantidade indicada para a espécie *Richardia brasiliensis*, fato esse que explica a mortalidade dessa espécie já no tratamento 1.

De acordo com FOLONI et al. (2011), os herbicidas trifloxysulfuron+ametrina (720 g.i.a.), mesotrione (182,8 ou 292,6 g.i.a.), metribuzin (2680 g.i.a.), hexazinone+diuron (1320 g.i.a.), amicarbazone (45 g.i.a.) e sulfentrazone (700 g.i.a.) usados de forma isolada ou associados às taxas utilizadas, aplicados em pós-emergência, também são altamente eficientes no controle da espécie *Emília Fosbergii*.

Como observado na Tabela 4 a espécie *Parthenium husterophorus*, pode ser observada em parcelas que contêm os tratamentos 2 e 3.

Tabela 4: Porcentagem de controle da espécie *Parthenium husterophorus*

Tratamentos	Dose	Repetição	Quantidade de Plantas Enraizadas	<i>Parthenium husterophorus</i>
				Porcentagem de Controle (14DAA)
2 - Glifosato	1,92 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	4	3	0
3 - Glifosato	3,84 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	1	1	0

Nota: DAA: Dias após aplicação.

Nota-se a partir da Figura 22, que na parcela T2R4, a espécie apresenta resistência à quantidade utilizada. Ao lado esquerdo tem-se um registro fotográfico retirado no 12º dia, e ao lado direito, tem-se o registro fotográfico do 14º dia. No 12º dia, a espécie permanecia verde, podendo ser observado algumas flores brancas, caule (envolto por um círculo preto) e alguns ramos (envoltos por uma linha preta). No 14º dia, notou-se que as flores caíram, o caule permaneceu da mesma maneira, mas os ramos se encontravam parcialmente amarelados.



Figura 22: Espécie *Parthenium hysterophorus*, no 12º dia (foto à esquerda) e no 14º dia (foto à direita).

Essa espécie pode ainda ser observada no tratamento 3, na repetição 1. Nota-se a partir da Figura 23 que essa foi a única espécie nessa parcela que permaneceu verde, ou seja, foi resistente ao herbicida.



Figura 23: Espécie *Parthenium hysterophorus*, na parcela T3R1 no 14º dia.

De acordo com a bula Consus Glyphosate, a atuação desse herbicida é visível na maioria das ervas daninhas anuais dentro de 2 a 4 dias, e nas ervas daninhas perenes pode não ocorrer durante 7 dias ou mais. Cita também que clima frio ou tempo nublado pode desacelerar a atividade deste produto e desenvolvimento de atraso de sintomas visuais. Já a bula do Glyphosate 360, cita que os sintomas visíveis desenvolvem-se de 3-7 dias, mas a dessecação completa pode levar de 20-30 dias em condições de clima mais frio.

De acordo com a bula do glifosato Nortox®, a quantidade indicada para controle dessa espécie é menor que a quantidade usada nos tratamento 2 e 3. Dessa forma, essa espécie não deveria ter apresentado resistência a esse herbicida. Estudos realizados por Rosario et al. (2009) na Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colômbia, com dois biótipos *Parthenium hysterophorus*, "La Rioja" (suspeita de ser resistente) e "A Ilha" (sensível ou normal), trouxe o primeiro caso no mundo de resistência ao glifosato nessa espécie, confirmando que o biótipo *Parthenium hysterophorus*, "La Rioja", tem resistência ao glifosato.

Como consta no International Survey of Herbicide Resistant Weeds (2013), na Colômbia essa espécie apresenta resistência ao grupo G, conhecido como inibidores da enzima 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato (ESPS sintase), dessa forma, esse biótipo específico é resistente ao glifosato e podem ser também multirresistente a outro herbicida do grupo G.

No Brasil, essa espécie de planta daninha apresentou o primeiro caso de resistência em 2004 aos herbicidas do grupo B, aqueles conhecidos como inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS). Estudos genéticos demonstram que a resistência a esse grupo é determinada por um traço de gene desconhecido. Esses biótipos específicos são resistentes à chlorimuron-ethyl, cloransulame-metilo, foramsulfuron, imazethapyr, iodosulfuron-metil-sódico e podem ser multirresistentes também a outros herbicidas do grupo B (INTERNATIONAL SURVEY OF HERBICIDE RESISTANT WEEDS, 2013).

Gazziero et al. (2006) também afirmam que essa espécie é resistente aos herbicidas pertencentes aos grupos químicos das imidazolinonas (imazethapyr), triazolopirimidinas (cloransulam-methyl) e sulfoniluréias (chlorimuron-ethyl e iodosulfuron-methyl-sodium mais foramsulfuron). Já o herbicida 2,4D que apresenta mecanismo de ação diferente dos demais, promoveu o controle dessa espécie (GAZZIERO et al., 2006).

Como observado pela Tabela 5, a espécie *Ipomoea hederifolia* L. foi identificada em todos os tratamentos (Figuras 24, 25 e 26), e nota-se que essa espécie apresentou resistência à todos os tratamentos.

Tabela 5: Porcentagem de controle da espécie *Ipomoea hederifolia*

Tratamentos	Dose	Repetição	Quantidade de Plantas Enraizadas	<i>Ipomoea hederifolia</i> L.
				Porcentagem de Controle (14DAA)
1 - Glifosato	0,96 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	1	1	0
		3	1	0
2 - Glifosato	1,92 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	4	1	0
		5	1	0
3 - Glifosato	3,84 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	1	4	0
		2	1	0
		3	2	0

Nota: DAA: Dias após aplicação.

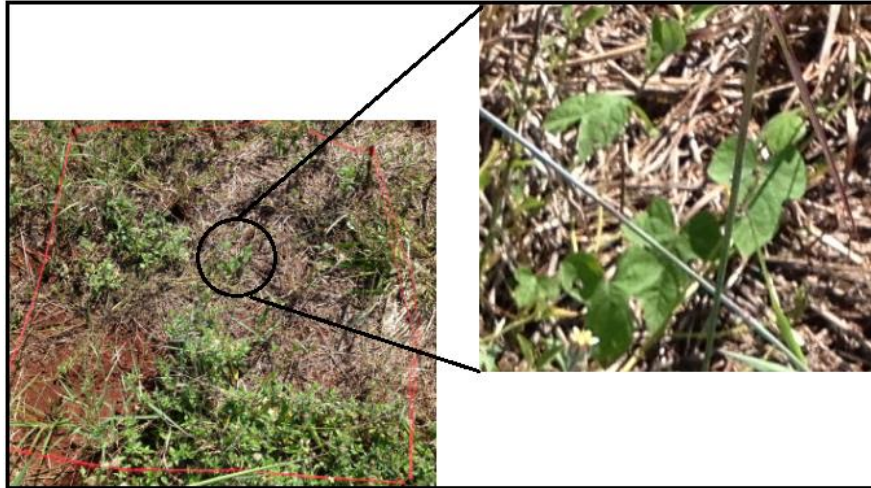


Figura 24: *Ipomoea hederifolia* presente na parcela T1R1 no 14° dia.

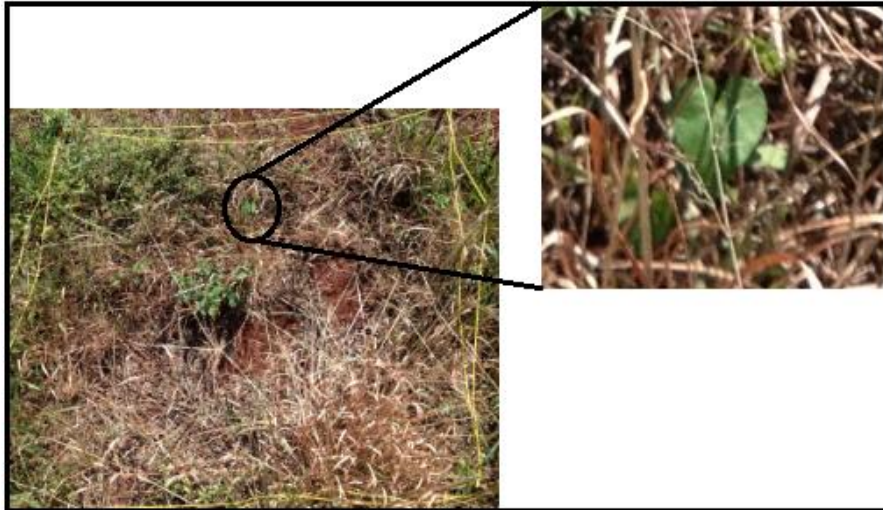


Figura 25: *Ipomoea hederifolia* presente na parcela T2R5 no 14° dia.



Figura 26: *Ipomoea hederifolia* presente na parcela T3R1 no 14° dia.

Em estudo realizado por Monquero et al. (2005), analisando o controle por diferentes doses de glifosato, observou-se que não é possível promover o controle da planta daninha *Ipomoea hederifolia* utilizando baixas doses desse herbicida (0,36 kg i.a.ha<sup>-1</sup>), pois estas voltam a se recuperar em 28 dias, infestando novamente o local. A partir de doses de 0,9 kg i.a.ha<sup>-1</sup>, notou-se aumento no percentual de controle da espécie, e em doses de 1,44 kg i.a.ha<sup>-1</sup> o controle da espécie foi de 70%, porém, somente em doses maiores (2,16 kg i.a.ha<sup>-1</sup>) que foi possível obter o controle satisfatório dessa espécie de planta daninha.

Nicolai et al. (2010) realizando a avaliação da suscetibilidade de *Ipomoea spp* ao glifosato por meio de curvas de dose-resposta, comprovou o controle dessa espécie em doses menores ainda que as observadas por Monquero et al. (2005), promovendo o controle satisfatório da espécie em concentrações de 1 kg i.a.ha<sup>-1</sup>.

Em comparação com o presente estudo, nem as maiores doses foram suficientes para o controle dessa espécie. Isso pode ser justificado pelo fato de que havia poucas plantas dessa espécie enraizadas, e na maioria das parcelas estas se encontraram sob as demais plantas daninhas, podendo não ter sido atingidas pelo herbicida na aplicação.

Como observado na Tabela 6, a espécie *Croton Glandulosus* foi encontrada apenas no tratamento 2 e 3.

Tabela 6: Porcentagem de controle da espécie *Croton Glandulosus*

Tratamentos	Dose	Repetição	Quantidade de Plantas Enraizadas	<i>Croton glandulosus</i>
				Porcentagem de Controle (14DAA)
2 - Glifosato	1,92 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	1	1	0
		2	2	0
		3	2	0
		4	2	0
3 - Glifosato	3,84 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	1	4	100

Nota: DAA: Dias após aplicação.

Nota-se que em todas as repetições do tratamento 2 a espécie permaneceu verde, como exemplo T2R4 (Figura 27), enquanto no tratamento 3, na repetição 4, estas se encontram secas (Figura 28).



Figura 27: Espécie *Croton Glandulosus* na parcela T2R4.

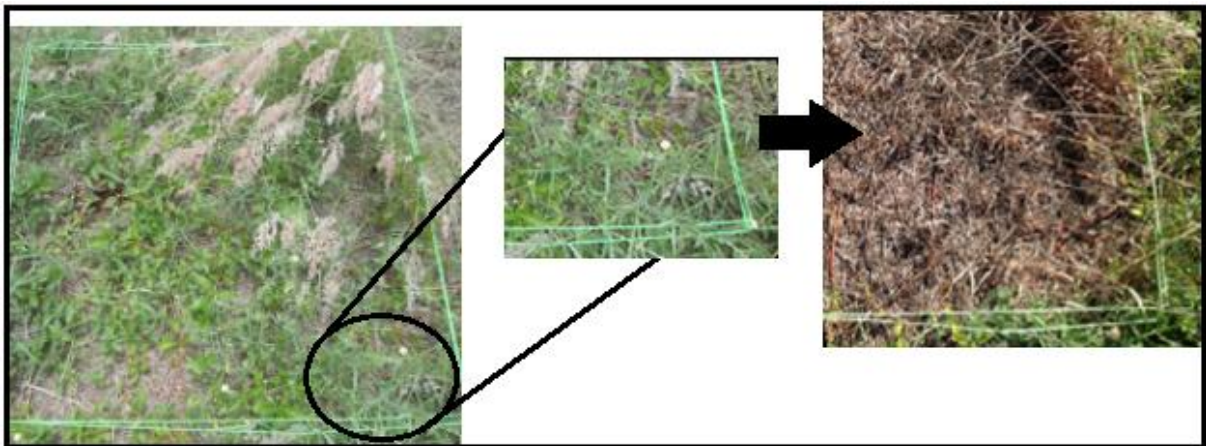


Figura 28: Região de predominância da espécie *Croton Glandulosus* na parcela T3R4, controlada no 14º dia.

Como pode ser observado pela bula do Glifosato Nortox®, não há recomendação do uso desse produto para o controle da espécie, mas estudos realizados por Pereira, Yamauti e Alves (2012), demonstraram que 20 dias após aplicação de glifosato ( $0,72 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$ ) isolado e combinado com isoxaflutole ( $0,75 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$ ) o controle da planta daninha *Croton grandulosus* foi próximo de 80% acompanhado de emissão de folhas novas.

Nota-se no presente estudo que 14 dias após aplicação, utilizando dosagens menores de glifosato ( $1,92 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$ ) não foi possível obter o controle da espécie, porém, utilizando doses maiores desse herbicida ( $3,84 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$ ) o controle dessa espécie foi satisfatório.

Na Geórgia, estudos demonstraram que essa espécie pode ser efetivamente controlada em culturas de algodão com aplicações de glifosato em pré-emergência

seguido por aplicações pós-emergência. Esse herbicida pode ser utilizado de maneira isolada ou combinado com outros herbicidas, como fluometuron, lactofen, prometrina, diuron. Tais herbicidas também podem ser utilizados de forma isolada para controle da espécie *Croton Glandulosus* desde que esta tenha menos que 7 cm. Se no ato da aplicação a espécie apresentar mais que 7 cm, misturas com glifosato são mais eficientes (PROOSTKO; CULPEPPER, 2012).

Observa-se a partir da Tabela 7 que a espécie *Sida rhombifolia* L. apresentou grande incidência nos 3 tratamentos. Foi possível perceber ao final do 14º dia que na parcela T1R1, essa espécie apresentou-se amarelada enquanto na parcela T1R3 do mesmo tratamento nota-se que essa espécie se apresentou de duas maneiras: uma raiz amarelada e duas raízes secas. Nos tratamentos 2 e 3, todas as plantas dessa espécie obtiveram controle completo, sendo possível encontrar todos os enraizamentos secos.

Tabela 7: Porcentagem de controle da espécie *Sida rhombifolia*

Tratamentos	Dose	Repetição	Quantidade de Plantas Enraizadas	<i>Sida rhombifolia</i> L.
				Porcentagem de Controle (14DAA)
1 - Glifosato	0,96 Kg i.a.ha <sup>-1</sup>	1	5	0
		3	3	80
		2	4	100
2 - Glifosato	1,92 Kg i.a.ha <sup>-1</sup>	3	4	100
		3	3	100
		1	4	100
3 - Glifosato	3,84 Kg i.a.ha <sup>-1</sup>	2	5	100
		4	2	100
		5	2	100

Nota: DAA: Dias após aplicação.

De acordo com a bula do Glifosato Nortox®, a quantidade indicada para controle da espécie *Sida rhombifolia* L., é exatamente a quantidade encontrada no T1. Isso justifica o fato dessa planta apresentar controle de 100% nos tratamentos 2 e 3. No tratamento 1 nota-se que essa espécie foi controlada em 80% na repetição 3, e na repetição 1 não foi observado porcentagem de controle para essa espécie, o que pode ser ocorrência da falta de homogeneidade no ato da aplicação do herbicida.

Estudos realizado por Rodrigues et al. (2012), demonstraram que essa espécie é altamente susceptível ao glifosato. Todos os tratamentos utilizados em

seu estudos, Glifosato + Oxyfluorfen (3+960 g.L ha<sup>-1</sup>), Glifosato + Diclosulam (3+88 g.L ha<sup>-1</sup>), Glifosato + Oxyfluorfen + Diclosulam (3+720+53 g.L ha<sup>-1</sup>), Glifosato + Flumioxazin (3+15 g.L ha<sup>-1</sup>), Glifosato (3 g.L ha<sup>-1</sup>) proporcionaram níveis excelentes de controle da espécie *Sida rhombifolia*, de 95 a 100% de controle, não havendo diferença significativa entre os tratamentos, e permanecendo essa situação de controle até 60 dias após a aplicação.

Godoy et al. (2007) também comprovam a suscetibilidade dessa espécie para o herbicida metribuzin, herbicida sistêmico seletivo do grupo das triazinonas usado em pré e pós-emergência no controle de muitas gramíneas. Os mesmos autores afirmam que 21 dias após aplicação desse herbicida foi possível notar controle de 100% da espécie.

Observa-se com base na Tabela 8, que a espécie *Cenchrus echinatus* L. apresenta incidência apenas no tratamento 3 em uma repetição. Nota-se que essa única planta não foi controlada pelo glifosato, permanecendo verde no 14° dia (Figura 29).

Tabela 8: Porcentagem de controle da espécie *Cenchrus echinatus*

Tratamentos	Dose	Repetição	Quantidade de Plantas Enraizadas	<i>Cenchrus echinatus</i> L.
				Porcentagem de Controle (14DAA)
2 - Glifosato	1,92 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	5	3	0

Nota: DAA: Dias após aplicação.



Figura 29: Incidência da espécie *Cenchrus echinatus* L. na parcela T2R5.

Estudos realizados por Almeida Jr. et al. (2010), demonstram a utilização do glifosato associado a herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura de soja. Todos os tratamentos, glifosato ( $0,96 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$ ), glifosato + Agrus 200 ( $0,96 + 0,2 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$ ), glifosato + chlorimuron-ethyl ( $0,96 + 0,25 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$ ), glifosato + lactofen ( $0,96 + 0,096 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$ ) apresentaram controle abaixo dos níveis adequados aos 3 dias após aplicação, entretanto os tratamentos glifosato + Agrus 200® e glifosato + chlorimuron-ethyl diferiram dos demais tratamentos com 52 e 50% de controle, respectivamente, durante esse período inicial. Ainda nesse estudo, tem-se que aos 14 dias após aplicação, os tratamentos glifosato + Agrus 200®, glifosato + chlorimuron-ethyl e glifosato + lactofen obtiveram 97%, 100% e 100% de controle de *C. echinatus*, respectivamente, diferindo significativamente do glifosato aplicado isolado (75 %).

Maciel et al. (2011) realizaram um estudo com tratamentos constituídos de: glifosato (180; 360; 540 e  $720 \text{ g ha}^{-1}$ ); glifosato em sequencial (180/360; 360/360 e  $540/360 \text{ g ha}^{-1}$ ); glifosato + chlorimuron-ethyl (360+10; 540+10; 360+5/ 360+5  $\text{g ha}^{-1}$ ); glifosato + lactofen (360+120; 540+120; 360+60/ 360+60  $\text{g.ha}^{-1}$ ); glifosato + cloransulam-methyl (360+30; 540+30; 360+16,9/ 360+12,9  $\text{g.ha}^{-1}$ ); glifosato + carfentrazone (360+4  $\text{g.ha}^{-1}$ ); glifosato + imazethapyr (360+50  $\text{g.ha}^{-1}$ ); glifosato + imazethapyr (177,8+30  $\text{g.ha}^{-1}$ ). Todos os tratamentos apresentaram eficácia máxima no controle da espécie *Cenchrus echinatus L.* aos 24 dias após aplicação com exceção do glifosato ( $180 \text{ g.ha}^{-1}$ ) e glifosato + imazethapyr (360+50 e 177,8+30  $\text{g.ha}^{-1}$ ).

No presente estudo, nota-se que o tratamento 2 que corresponde a dose de  $960 \text{ g i.a.ha}^{-1}$  não proporcionou controle dessa espécie, o que pode ter sido causado pelo fato da parcela apresentar grande quantidade de plantas daninhas mais altas que serviram como bloqueio na passagem do glifosato para espécies mais baixas, fenômeno conhecido como efeito guarda-chuva.

Observa-se de acordo com a Tabela 9, que a espécie *Rhynchelytrum repens*, apresentou incidência nos 3 tratamentos. Nota-se que essa espécie não apresentou resistência a nenhum tratamento utilizado. Em todas as repetições esta foi controlada com eficiência.

Tabela 9: Porcentagem de controle da espécie *Rhynchelytrum repens*

Tratamentos	Dose	Repetição	Quantidade de	<i>Rhynchelytrum repens</i>
			Plantas Enraizadas	Porcentagem de Controle (14DAA)
1 - Glifosato	0,96 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	1	1	100
		4	6	100
		5	3	100
2 - Glifosato	1,92 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	2	2	100
		4	3	100
		5	3	100
3 - Glifosato	3,84 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	1	4	100
		3	3	100
		5	1	100

Nota: DAA: Dias após aplicação.

De acordo com a bula do Glifosato Nortox®, a dose indicada para o controle da espécie *Rhynchelytrum repens* é de 0,48-0,96 kg i.a.ha<sup>-1</sup>, o que explica o fato dessa espécie ter sido controlada em todos os tratamentos.

Analisando o controle de plantas daninhas, entre estas a espécie *Rhynchelytrum repens*, com o uso do glifosato em uma cultura de banana, Santos-Silva et al. (2012), afirmam que a partir dos tratamentos utilizados, glifosato (0,36 g i.a ha<sup>-1</sup>) e glifosato (0,72 g i.a ha<sup>-1</sup>), foi possível obter o controle de 95% aos 7 dias após aplicação. Aos 28 dias após aplicação, os autores citam que o controle com o herbicida glifosato nas espécies de banana nanica e prata ultrapassam 90%, sendo considerado satisfatório.

Perim et al. (2010) também confirmaram a susceptibilidade da espécie analisando a eficácia do Secafol (Paraquat) na dessecação de plantas daninhas utilizando os herbicidas Secafol (1,5, 2,0, 2,5 e 3,0 L.ha<sup>-1</sup>); Paradox (2,5 L.ha<sup>-1</sup>) e Gramoxone (2,5 L.ha<sup>-1</sup>). Analisando estatisticamente, foi observado pelos autores que os resultados médios que proporcionaram maior período de plantas dessecadas, entre 86 e 94%, foi aos 18 dias após aplicação, utilizando as doses de 2,5 e 3,0 L ha<sup>-1</sup> de Secafol e doses 2,5 L.ha<sup>-1</sup> dos produtos Paradox e Gramoxone.

O controle em pós-emergência em culturas de verão pode ser realizado com os herbicidas otembotrione (75,6 L.ha<sup>-1</sup>) associado à atrazine (1000 L.ha<sup>-1</sup>) e óleo metilado de soja (720 L.ha<sup>-1</sup>), para cultura de milho, glifosato (750 L.ha<sup>-1</sup>) para soja convencional e clorimuron-ethyl (40g.ha<sup>-1</sup>) associado com cletodim (84 L.ha<sup>-1</sup>) e carfentrazone-ethyl (6 g.ha<sup>-1</sup>) para cultura de soja RR. Esses tratamentos também

apresentam eficácia no controle da espécie *Rhynchelytrum repens* (ANASTÁCIO, 2012).

Observa-se com base na Tabela 10 que a espécie *Sonchus oleraceus* L, teve incidência em todos os tratamentos, e apresentou-se mais resistente ao T1 (Figura 30). O controle dessa espécie no T2 foi maior, porém ainda não de forma satisfatória como observado na Figura 31. No T3 na repetição 2, a única planta enraizada dessa espécie permaneceu verde até o 14º dia (Figura 32). A parcela T3R3 foi a única que apresentou controle satisfatório.

Tabela 10: Porcentagem de controle da espécie *Sonchus oleraceus*

Tratamentos	Dose	Repetição	Quantidade de Plantas Enraizadas	<i>Sonchus oleraceus</i> L.
				Porcentagem de Controle (14DAA)
1 - Glifosato	0,96 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	1	3	0
		4	1	0
		5	10	30
2 - Glifosato	1,92 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	2	2	50
		4	2	80
		5	1	80
3 - Glifosato	3,84 kg i.a.ha <sup>-1</sup>	2	1	0
		3	6	90

Nota: DAA: Dias após aplicação.

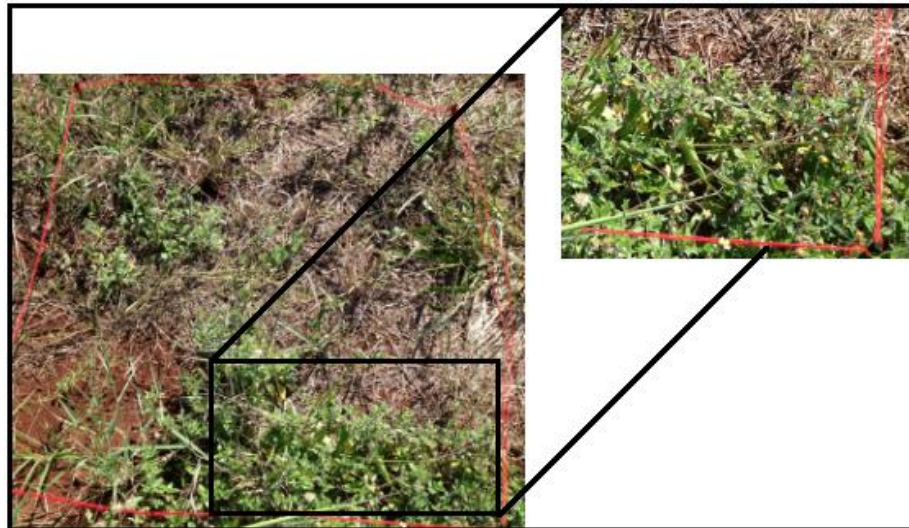


Figura 30: Parcela T1R1 com grande incidência de *Sonchus oleraceus*.



Figura 31: Parcela T2R com a presença da espécie *Sonchus oleraceus* L.



Figura 32: Parcela T3R2 com enfoque na *Sonchus oleraceus* L, ainda verde no 14º dia.

Como consta na bula do Glifosato Nortox®, a quantidade indicada para o controle dessa espécie é de 0,96-1,92 kg.i.a.ha<sup>-1</sup>. Zarpellon et al. (2012) estudaram a aplicação do herbicida glifosato no manejo de plantas daninhas e afirmam que aos 7 dias após a aplicação de glifosato na concentração de 2,88 kg i.a.ha<sup>-1</sup> foi possível atingir 58% de controle, e 14 dias após aplicação, o controle foi de 77%. Porém, somente 21 dias após aplicação que foi possível obter o controle satisfatório (100%) para essa espécie.

Como consta no International Survey of Herbicide Resistant Weeds (2013), a espécie *Sonchus oleraceus* apresentou o primeiro caso de resistência em Queensland na cultura de trigo aos herbicidas do grupo B, mais conhecidos como

inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS). A resistência dessa espécie a esses herbicidas são causados por um traço de gene desconhecido.

Nota-se que o T1 possibilitou o controle da espécie apenas na R5, repetição com maior quantidade de plantas daninhas dessa espécie. No T2, houve um controle menor na R2 e um controle aceitável no R4 e R5. Mas no T3R2, a única planta presente dessa espécie não foi controlada. Já na R3 que apresenta maior número de plantas enraizadas dessa espécie o controle foi satisfatório (90%). Na parcela T3R2 a espécie *Sonchus oleraceus* se encontrava próximo à linha de delimitação da parcela, dessa forma pode não ter sido controlada devido à falta de homogeneidade na aplicação.

A espécie *Richardia brasiliensis* Gomes foi a planta daninha que apresentou maior incidência no experimento. Observa-se de acordo com a Tabela 11, que a única parcela que não foi obtido o controle da espécie foi na T1R2 (Figura 33), resultado justificável devido ao fato do tratamento 1 ser a metade da quantidade indicada para essa espécie e dessa parcela conter uma grande densidade dessa espécie.

Tabela 11: Porcentagem de controle da espécie *Richardia brasiliensis* Gomes

Tratamentos	Dose	Repetição	Porcentagem da <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes (%)	
			Espécie na Parcela	Porcentagem de Controle (14DAA)
1 - Glifosato	0,96 kg i.a./ha	2	95	20
		3	75	100
		1	30	100
2 - Glifosato	1,92 kg i.a./ha	2	75	100
		3	75	100
		4	25	100
		2	95	100
3 - Glifosato	3,84 kg i.a./ha	3	15	100
		4	75	100
		5	30	100

Nota: DAA: Dias após aplicação.



Figura 33: Parcela T1R2 antes da aplicação e ao final do 14º dia.

Cechin et al. (2012) afirmam que não foi possível ultrapassar de 17,66% de controle aos 21 DAA utilizando dose de 2,88 g i.a.ha<sup>-1</sup> de glifosato. De acordo com Monquero (2003), aos 14 dias após o tratamento, o glifosato promoveu o controle em 90%. Fato este, segundo o autor, que só ocorre quando o herbicida é aplicado em condições de pós-emergência inicial da planta daninha, não recomendando dessa forma, a aplicação desse herbicida sobre as plantas adultas.

O mesmo autor relatou que o uso intenso do glifosato pode modificar a flora daninha e favorecer a predominância de espécies tolerantes, sendo a espécie *Richardia brasiliensis* uma destas.

No presente estudo notou-se que o controle dessa espécie foi obtido em todas as concentrações, fato que pode ser justificado pelo fato de que a área não recebera esse herbicida anteriormente a esse estudo. Dessa forma, as espécies de *Richardia brasiliensis* presentes não seriam tolerantes ao glifosato.

Observa-se, de acordo com a Tabela 12, que a espécie *Brachiara plantaginea* só não foi controlado em duas repetições do tratamento 1. No 2DAA já era possível notar que a espécie já se encontrava controlado em algumas parcelas, sendo a primeira espécie a ser atingidas pelo herbicida.

Tabela 12: Porcentagem de controle do *Brachiara plantaginea*

Tratamentos	Dose	Repetição	Porcentagem da	<i>Brachiara plantaginea</i> (%)
			Espécie da Parcela	Porcentagem de Controle (14DAA)
1 - Glifosato	0,96 Kg i.a./ha	1	5	0
		2	4	0
		3	3	100
		4	10	100
		5	10	100
2 - Glifosato	1,92 Kg i.a./ha	1	5	100
		2	3	100
		3	25	100
		5	50	100
3 - Glifosato	3,84 Kg i.a./ha	1	15	100
		2	50	100
		4	25	100
		5	20	100

Nota: DAA: Dias após aplicação.

Observa-se, de acordo com a Tabela 13, que a espécie exótica estava presente em apenas duas parcelas, nos tratamentos 1 e 2. Apesar dessa espécie não ser identificada como planta daninha, estas foram totalmente controladas com a utilização do glifosato.

Tabela 13: Porcentagem de controle da espécie exótica

Tratamentos	Dose	Repetição	Quantidade de	Exótica
			Plantas Enraizadas	Porcentagem de Controle (14DAA)
1 - Glifosato	0,96 kg i.a./ha	2	1	50
2 - Glifosato	1,92 kg i.a./ha	2	1	100

Nota: DAA: Dias após aplicação.

## 5.2. ANÁLISES QUÍMICAS REALIZADAS EM LABORATÓRIO COMERCIAL DE SOLO

De acordo com a análise granulométrica (Tabela 14), resultando em Solo tipo 3 que são denominados como solos de textura argilosa, com teor de argila maior ou igual a 35%.

Tabela 14: Resumo da Análise Granulométrica emitida pelo Laboratório de Análises de Solo

Composição Granulométrica		
Areia	Silte	Argila
2,96%	12,00%	85,04%

De acordo com Mendonça (1992) o solo do município é caracterizado como Nitossolo. Esse tipo de solo, originado pela decomposição basáltica, possui textura argilosa e alta fertilidade natural.

Na Tabela 15 observa-se o resumo do laudo inicial e laudos finais das parcelas T1R3, T2R2 e T3R4.

Tabela 15: Resumo dos laudos das análises iniciais e finais das parcelas

Elementos	Teor Inicial	T1R3	T2R2	T3R4
	( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ )	( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ )	( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ )	( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ )
Cálcio	5,51	5,75	5,86	6,09
Magnésio	1,54	1,62	1,54	1,89
Potássio	0,08	0,81	0,86	0,93
CTC	10,5	11,13	11,28	12,03
	$\text{g}.\text{dm}^{-3}$	$\text{g}.\text{dm}^{-3}$	$\text{g}.\text{dm}^{-3}$	$\text{g}.\text{dm}^{-3}$
Mat. Orgânica	12,38	29,23	15,83	13,8
Nitrogênio Total	0,62	1,46	0,79	0,69
	$\text{mg}.\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}.\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}.\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}.\text{dm}^{-3}$
Fósforo Disponível	3,06	8,89	7,27	5,96
<b>pH</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>	<b>Final</b>	<b>Final</b>
pH em $\text{CaCl}_2$	5,77	5,74	5,96	5,89
pH em $\text{H}_2\text{O}$	6,33	6,30	6,67	6,62

De acordo com a Gráfico 1, nota-se que o teor de cálcio obteve um leve aumento na concentração quando aumentada as doses aplicadas de glifosato.

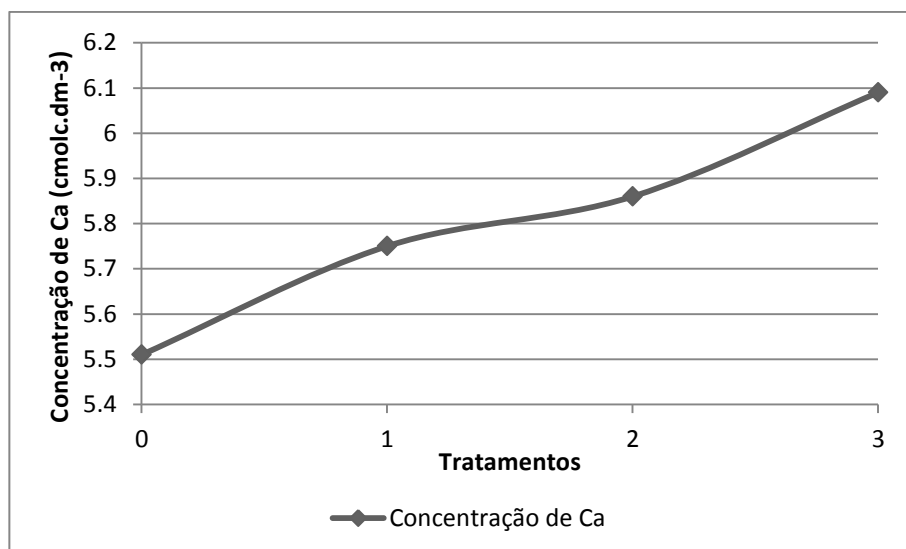


Gráfico 1: Concentração de cálcio ao longo dos tratamentos.

De acordo com as classes de interpretação de fertilidade de solo (Tabela 16), proposta por Alvares et al. (1999) *apud* Lopes e Costacurta (2011) e Falkoski Filho et al. (2010), o teor de cálcio inicial está “Muito Bom”, assim como nas parcelas T1R3, T2R2 e T3R4.

Tabela 16: Classes de interpretação de fertilidade do solo

Classes de Interpretação	P	MO	Ph	Ca	Mg	K	Al	CTC
	mg.dm <sup>-3</sup>	g.dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>			cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>		
Muito Baixo	<4,00	<7,00	<4,50	<0,40	<0,15	<0,004	<0,20	<1,60
Baixo	4,10-8,00	7,10-20,00	4,51-4,90	0,41-1,20	0,16-0,45	0,041-0,10	0,21-0,50	1,61-4,30
Médio	8,10-12,00	20,10-40,00	5,00-5,90	2,21-2,40	0,46-0,90	0,11-0,18	0,51-1,00	4,31-8,60
Bom	12,10-18,00	40,10-70,00	6,00-6,50	2,41-4,00	0,91-1,50	0,19-0,30	1,01-2,00	3,61-15,00
Muito Bom	>18,00	>70,00	>6,50	>4,00	>1,50	>0,30	>2,00	>15,00

Fonte: Alvares V. et al (1999) *apud* Lopes (2011); Falkoski Filho (2010).

Nota-se que com o aumento da dose do herbicida glifosato aplicado, maior é a concentração de cálcio observada. De acordo com a Tabela 16, poderíamos pensar que quanto maior o teor de glifosato utilizado, maiores seriam as concentrações de cálcio, e, assim, mais fértil seria o solo. Todavia, tal afirmação é errônea.

Segundo Cakmak et al. (2009), conforme aumenta-se a concentração de glifosato utilizada em uma cultura, menores são as concentrações do íon cálcio nos tecidos das plantas estudadas (nas folhas e sementes). Resultados deste estudo mostram que a aplicação de pequenas concentrações de glifosato em uma cultura

de soja, podem reduzir o conteúdo tecidual de cálcio na ordem de 39,59% (quando comparados os grupos controle e o grupo que recebeu apenas 0,6% da dose comercial recomendada de glifosato).

Afirma-se que as causas para a redução dos conteúdos de cálcio nos tecidos vegetais, se dão por mecanismos de redução do aporte deste íon através das raízes, além da redução de sua translocação das raízes às folhas destes vegetais (DUKE et al., 1983).

Diversos relatos (SUNDARAM, 1997; SCHOENHERR; SCHREIBER, 2004; COUTINHO; MAZO, 2005) tratam das interações ocorridas entre os cátions bivalentes de cálcio e a molécula de glifosato. Afirmam que quando em contato no solo, os íons de cálcio e as moléculas de glifosato formam precipitados brancos, complexos quimicamente estáveis e insolúveis em água. Tais complexos ficam retidos em solo, impossibilitando a planta de absorver o cálcio.

A atividade do herbicida glifosato é muito sensível à presença de cálcio nas soluções de pulverização ou nos tecidos de plantas, pois a presença do íon limita a eficácia do glifosato em exterminar as ervas daninhas, uma vez que a ligação destes compostos inativa a ação do glifosato (THELEN et al., 1995; SCHOENHERR; SCHREIBER, 2004; GAUVRIT et al., 2001).

Por conseguinte, seguindo os principais relatos encontrados na literatura, aqui é proposto que o aumento das concentrações de cálcio no decorrer do tratamento, deva-se à interação dos íons de cálcio com as moléculas do glifosato, gerando compostos insolúveis que ficaram retidos no solo. A geração desses compostos promove o bloqueio da captação e do transporte desses íons pela planta, contribuindo para o aumento das concentrações de cálcio no solo (DUKE et al., 1983). Dessa forma, conforme se aumenta as concentrações de glifosato presente nos tratamentos, maior será a quantidade de princípio ativo desse herbicida presente no solo, disponível para formar mais complexos com íons de cálcio, retendo estes no solo.

A elevação progressiva das concentrações de cálcio no solo, e não a sua estabilização nos níveis basais encontrados na primeira análise, deve-se, possivelmente, ao fato deste íon ser continuamente “renovado” no solo, mesmo que em pequenas quantidades, através do chamado “ciclo do cálcio”, por diversas fontes, como a água da chuva (por transporte direto ou por arrasto de solos vizinhos), a desestruturação de minerais primários do solo ou também os restos de

vegetais, animais e microrganismos ali presentes (ZELENSKY et al., 1997; XU et al., 2003; TEIR et al., 2006; ICHIKUNI, 1978; PERAKIS et al., 2006; BAILEY et al., 2003; CROMACK JR et al., 1973; CAPO e CHADWICK, 1999; JACKS et al., 1989; POSZWA et al., 2000).

É válido ressaltar aqui que, conforme se aumentam as concentrações de glifosato aplicadas sobre as culturas, maior é a mortalidade das espécies vegetais que ocorre naquele espaço. Sendo assim, eventualmente, a maior presença de restos vegetais mortos presentes no solo, aumentou a quantidade de cálcio disponível para se associar às moléculas de glifosato presentes ali em maior abundância, explicando a tendência da curva encontrada no Gráfico 1.

Assim como encontrado nos dados relativos ao cálcio, os íons de magnésio apresentaram um comportamento com tendência ao aumento de suas concentrações, quando do aumento das concentrações de glifosato às quais a cultura estava exposta, como pode ser observado no Gráfico 2. Quando se compara a análise inicial do solo com a concentração encontrada no solo que recebeu maior concentração de glifosato, percebe-se uma variação positiva de 22,72%.

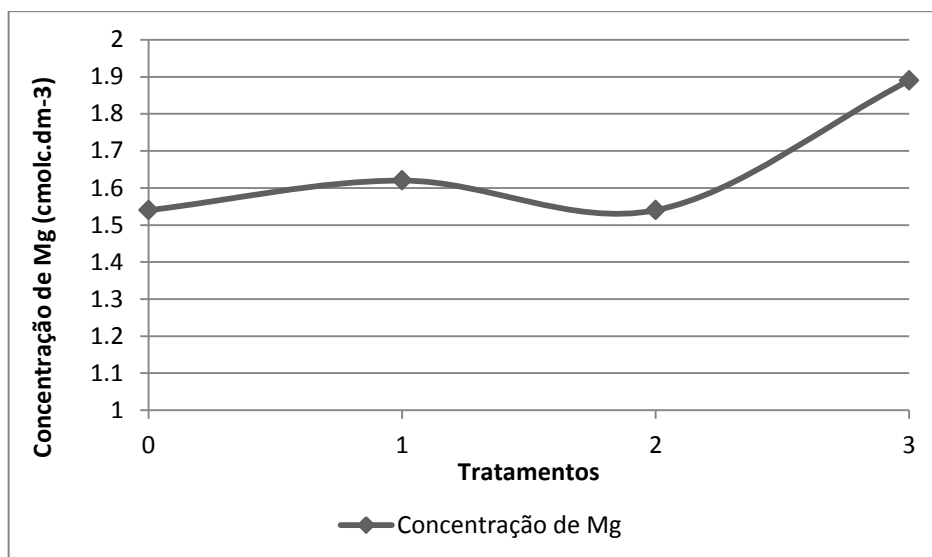


Gráfico 2: Concentração de magnésio ao longo dos tratamentos.

De acordo com as classes de interpretação expostas anteriormente, a concentração de magnésio em todas as parcelas, incluindo o teor inicial, é denominada como “muito bom” (ALVARES et al., 1999 apud LOPES, 2011; FALKOSKI FILHO, 2010).

Todavia, assim como o que foi previamente descrito para o íon cálcio, o glifosato causa a diminuição dos conteúdos de magnésio presentes em folhas e sementes de plantas em que este foi aplicado, de forma diretamente proporcional a sua concentração. Mesmo concentrações muito inferiores às preconizadas para uso comercial do glifosato, como doses de 0,6% da usual, levaram à redução de 39,59% das concentrações teciduais de magnésio (CAKMAK et al., 2009).

Tais achados também são explicados de forma similar ao que ocorre para o cálcio, uma vez que os íons magnésio também ficaram retidos no solo, complexados com o glifosato. O magnésio é também um cátion bivalente, o qual tem uma elevada afinidade de ligação com o glifosato (COUTINHO; MAZO, 2005). Portanto, formam-se complexos Mg-glifosato insolúveis em água, cujo produto de solubilidade é discretamente menor do que a do complexo Ca-glifosato. Outro mecanismo contribuinte para a constatação é o fato do glifosato causar transporte restrito de Mg no tecido vegetal (CAKMAK et al., 2009).

Por fim, vale ainda ressaltar que vários estudos relatam a ocorrência de uma limitação da efetividade do glifosato em matar plantas daninhas conforme se aumentam as concentrações de cálcio e magnésio presentes nas soluções de pulverização (NALEWAJA E MATYSIAK, 1991; SUBRAMANIAM E HOGGARD, 1988; THELEN et al, 1995; MUELLER et al, 2006; THELEN et al., 1995; SCHOENHERR e SCHREIBER, 2004; GAUVRIT et al., 2001) ou no próprio tecido vegetal (HALL et al., 2000; NALEWAJA et al., 1992). Deve-se atentar para tal fato, uma vez que esta pode ser a causa de insucesso no controle de plantas daninhas.

O discreto decaimento da concentração de magnésio no tratamento 2 pode ser explicado pelo fato que a parcela correspondente apresentava quantidade superior de plantas daninhas, servido como barreira e impedindo a deposição do glifosato no solo, fazendo com que este não possa formar complexo com os cátions bivalentes.

As concentrações de potássio presentes nas amostras apresentaram um comportamento peculiar (Gráfico 3). A aplicação do herbicida glifosato causou um grande aumento nas concentrações desta molécula, da ordem de 10,625 vezes.

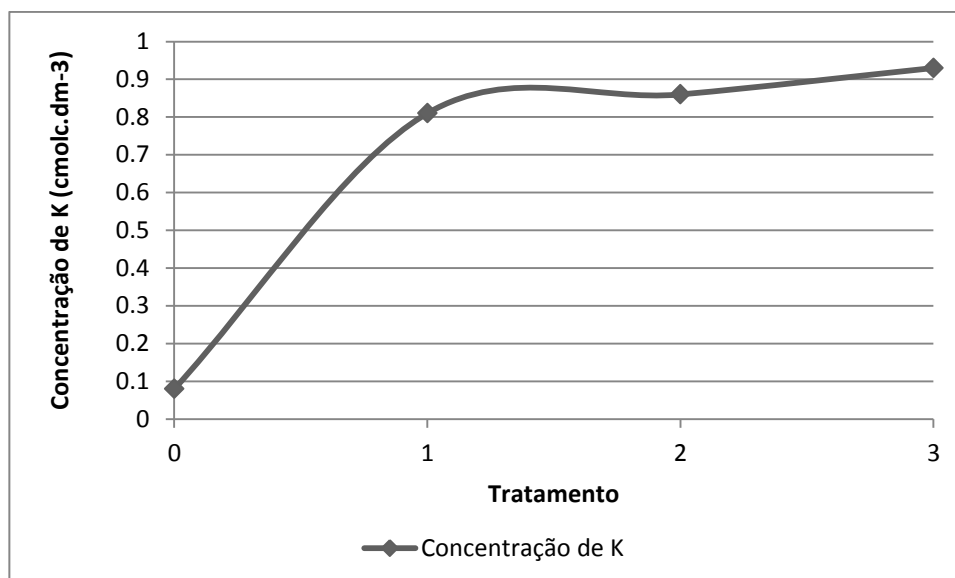


Gráfico 3: Concentração de potássio ao longo dos tratamentos.

Este comportamento explica-se simplesmente pelo fato de que nesse estudo foi utilizado como herbicida o glifosato na forma de seu sal de potássio, o glifosato potássico.

A utilização de glifosato em sua forma de glifosato potássico se mostrou não ser mais eficiente do que nas formas de outros sais comercialmente disponíveis, como glifosato-isopropilamônio e glifosato-diamônio (MUELLER et al., 2006). Todavia, diferentemente do que ocorre com os íons cálcio e magnésio, o glifosato não forma complexos estáveis e insolúveis com o potássio, sendo que este parece ser o cátion que menos interage com o glifosato, segundo estudo de Nalewaja e Matysiak (1991). Nenhum relato de interferência na ação do glifosato pelo potássio foi encontrado durante a elaboração deste estudo, diferentemente dos vastos relatos que são encontrados no que se refere a íons como cálcio, magnésio, ferro, alumínio e zinco (BUHLER; BURNSIDE, 1983; HATZIOS; PENNER, 1985; SANDBERG et al, 1978; SHILLEVG; WALLER, 1989).

De acordo com a Tabela 16, inicialmente a quantidade de potássio presente se encontrava em baixas concentrações para fertilidade do solo (ALVARES V. et al., 1999 apud LOPES, 2011; FALKOSKI FILHO, 2010). A partir da parcela T1R3, T2R2 e T3R4, à medida que aumentava as doses de glifosato, as concentração de potássio se elevaram também, a ponto de se tornar “muito bom” para a fertilidade do solo (ALVARES et al., 1999 apud LOPES, 2011; FALKOSKI FILHO, 2010). Entretanto, deve-se estar atento ao uso do sal de glifosato potássico. Este sal se apresenta na forma equimolar, havendo, portanto, 1 mol de potássio para cada 1

mol de glifosato (PESTICIDE DATABASE, 2013). Desta forma, para cada 100 g de princípio ativo de glifosato aplicado sobre a cultura, há também uma adição de 23,07 g de potássio ao solo da lavoura. Tal fato deve ser observado, a fim de se manter as concentrações de potássio dentro dos níveis adequados.

Segundo informativo do College Of Agriculture - Penn State University de autoria do Dr. Beegle (2001) alguns estudos apontam que concentrações mais elevadas de potássio podem levar a alterações na qualidade dos produtos advindos da cultura. Isto possivelmente se deve ao fato que altas concentrações de potássio tem efeito negativo sobre as propriedades de captações de cálcio e magnésio pelas plantas, e este antagonismo causaria a diminuição da concentração destes íons nos vegetais e, portanto, da qualidade das culturas.

Observa-se a partir do Gráfico 4 o comportamento dos teores da capacidade de troca catiônica (CTC), os quais apresentaram discreta elevação com o aumento da quantidade de glifosato aplicado.

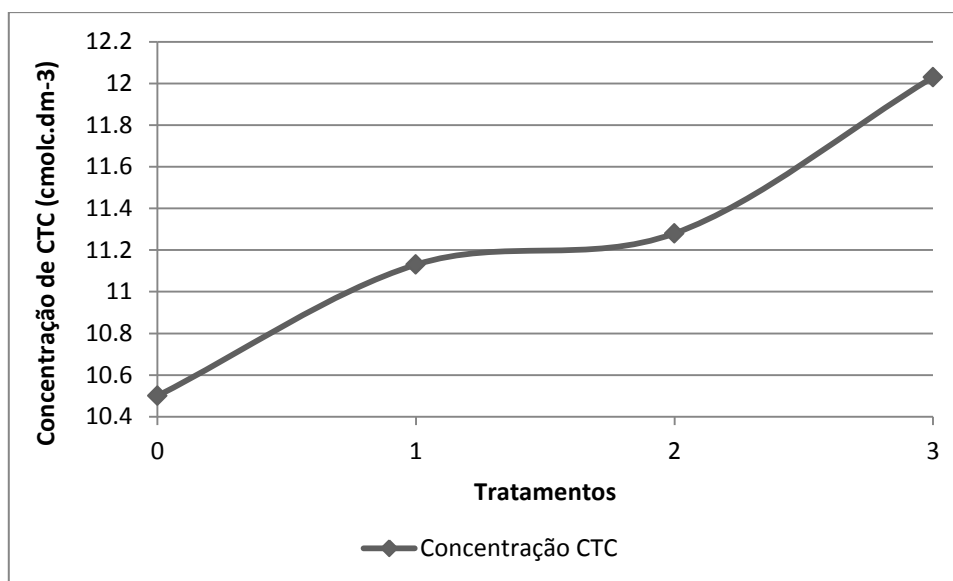


Gráfico 4: Concentração de CTC ao longo dos tratamentos.

A capacidade de troca catiônica (CTC) é um termo usado para descrever a capacidade de um solo em reter cátions (elementos carregados positivamente). Esta propriedade também pode ser descrita como a capacidade de um solo para trocar determinados cátions por outros (MIDWEST LABORATORIES, 2012). Além disso, tal capacidade de retenção e troca de íons positivos parece ser uma medida indireta da fertilidade do solo estudado.

De acordo com a Interpretação de Análise de Solo (2004), em suma, o cálculo da capacidade de troca catiônica é realizado com base nos valores encontrados na análise individual de cada um dos cátions presentes no solo (por exemplo, cálcio, magnésio, potássio e hidrogênio), ajustados pelo peso molecular e sua valência. Os valores de capacidade de troca catiônica para cada um dos solos são diretamente proporcionais aos valores destes cátions listados anteriormente presentes nos solos, e, desta forma, quanto maior a concentração de cálcio, magnésio, potássio e hidrogênio presente nas amostras, maior serão as CTCs destes solos.

As associações entre solos com aplicação de glifosato e os efeitos deste herbicida sobre os valores absolutos da capacidade de troca catiônica destes solos são alvos de poucos artigos científicos. Em verdade, a relação entre esses dois fatores é até descrita há algum tempo, porém, apenas se sabe que solos que apresentam maiores valores de CTC levam a uma maior adsorção do herbicida neste (GLASS, 1987; ALEXA et al., 2010; CRUZ et al., 2007).

Somado a isso, Pereira (2009), reconheceu uma diminuição para a adsorção de manganês em solos que se deveu essencialmente ao menor valor de pH conferido ao solo pela adição de soluções contendo glifosato e, portanto, à redução da capacidade de troca catiônica dos solos. Há uma descrição de que os resíduos de degradação do Paraquat/diquat ocupariam uma pequena fração dos sítios de adsorção disponíveis de um solo, e, deste modo, contribuiriam com apenas uma pequena parte da capacidade de troca catiônica deste solo (SYNGENTA, 2013). Talvez o glifosato e seus resíduos comportem-se de forma semelhante, porém não há qualquer relato deste fato na literatura científica disponível.

No presente estudo, os valores encontrados para a CTC foram de 10,50; 11,13; 11,28; e 12,03  $\text{cmol.dm}^{-3}$ . Desta forma, as análises nos mostram uma tendência contínua de elevação dos valores de CTC de forma convergente, diretamente proporcional, com os aumentos nas concentrações de glifosato presentes no solo.

Como dito anteriormente, o valor do CTC é diretamente proporcional às concentrações dos cátions presentes no solo. Ainda, foi evidenciado neste estudo a tendência à elevação consecutiva de vários cátions de forma diretamente proporcional às concentrações de glifosato presentes no solo; entre eles, o cálcio, o magnésio e o potássio. Desta forma, esta parece ser a causa da associação

diretamente proporcional entre os valores de CTC encontrados e as concentrações de glifosato presentes no solo.

De acordo com a classe de interpretação de fertilidade do solo (Tabela 16), o teor de CTC se apresentou “bom” em todo experimento (ALVARES et al., 1999 apud LOPES, 2011; FALKOSKI FILHO, 2010). Desta forma, as concentrações de glifosato presentes no solo possivelmente não causaram efeitos importantes na fertilidade do solo.

Analisando o Gráfico 5, referente à concentração de matéria orgânica no solo, encontra-se um comportamento diferenciado até então dos demais elementos. O maior teor de matéria orgânica foi observado no tratamento 1, apresentando queda nos valores nos tratamentos 2 e 3.

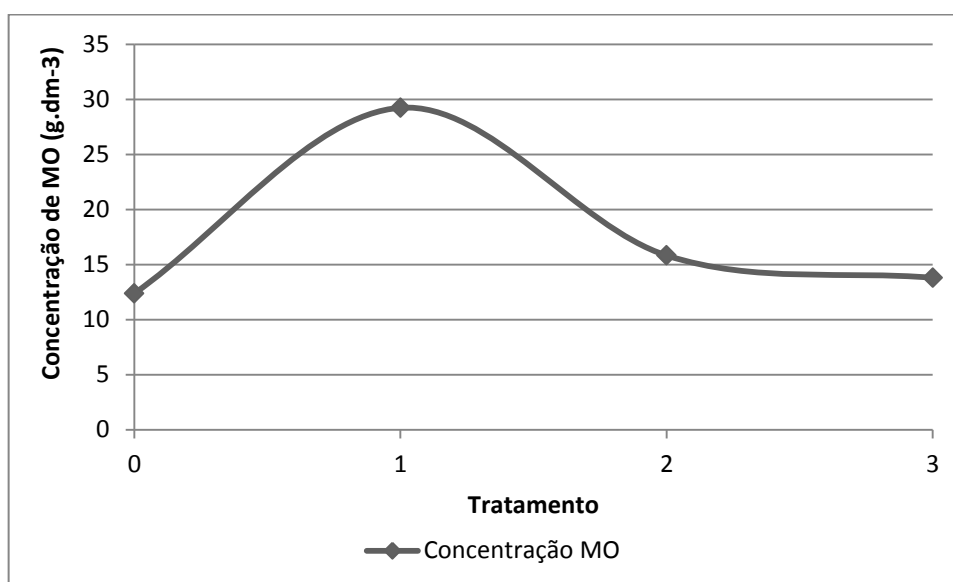


Gráfico 5: Concentração de matéria orgânica ao longo dos tratamentos.

Assim como o dito anteriormente para os outros parâmetros de solo analisados, os estudos mostrando alterações na quantidade de matéria orgânica no solo causadas por diferentes concentrações de glifosato aplicadas são bastante escassos. Há, sim, relatos de que a adsorção do glifosato no solo é influenciada pela concentração de matéria orgânica presente (GLASS, 1987; ALEXA et al., 2010; CRUZ et al., 2007).

Relatos de Zabaloy et al. (2006) evidenciam que microrganismos presentes no solo das mais diversas culturas são a força motriz por trás de inúmeros processos do solo, incluindo a transformação da matéria orgânica. Como já exposto neste trabalho, estudos sobre o efeito inibitório do glifosato sobre estes microrganismos

são vários, e divergentes, na literatura (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004; ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007; BELLALLOUI et al., 2006; JAWORSKI, 1972; GROSSBARD, 1974; QUILTY; GROGHEGAN, 1976; TORSTENSSON, 1978; MARSH et al., 1977). Tais estudos mostraram tanto que espécies importantes para as dinâmicas dos nutrientes nos solos podem, ou não podem, ser inibidas por diferentes concentrações do glifosato.

A possível inibição destas espécies presentes no solo, decompositoras, que atuam no ciclo da matéria orgânica, poderia explicar um comportamento inversamente proporcional entre os valores absolutos encontrados para as análises de matéria orgânica total e as concentrações de glifosato aplicadas no solo. Desta forma, conforme se aumentassem as concentrações de glifosato, menores seriam os valores de matéria orgânica total.

Tal relação foi apenas encontrada neste estudo quando comparados os tratamentos T1, T2 e T3. Estes tratamentos apresentavam concentrações de glifosato crescentes em seus solos, sendo que T1 apresentava metade da dose preconizada pelo fabricante, enquanto T2 apresentava a dose preconizada pelo fabricante e T3 utilizava o dobro da dose usual. As análises de matéria orgânica total nestes grupos apresentaram concentrações de 29,23; 15,83; 13,80 g.dm<sup>-3</sup>, para T1, T2 e T3, respectivamente. Desta forma, estas análises apresentaram a tendência inversamente proporcional, teorizada anteriormente, segundo os dados de literatura disponíveis.

Todavia, o valor encontrado para a análise inicial, cuja amostra de solo era livre de glifosato se mostra incompatível com o que foi teorizado anteriormente. Tal análise revelou uma concentração de 12,38 g.dm<sup>-3</sup>, a de menor valor entre todas as análises. Desta forma, parece haver outros fatores não reconhecidos neste estudo que influenciam a associação entre as diferentes concentrações de glifosato no solo e os valores de Matéria Orgânica Total. Sendo assim, estudos mais direcionados devem ser realizados para se estabelecer os vínculos causais entre os fatores citados anteriormente.

Quando se analisa o Gráfico 6, referente aos valores encontrados de nitrogênio total para as amostras de solo examinadas, percebe-se que os valores encontrados foram de 0,62 g.dm<sup>-3</sup>, para a amostra sem aplicação de glifosato, e de 1,46, 0,79 e 0,69 g.dm<sup>-3</sup> para as amostras T1R3, T2R2 e T3R4, respectivamente.

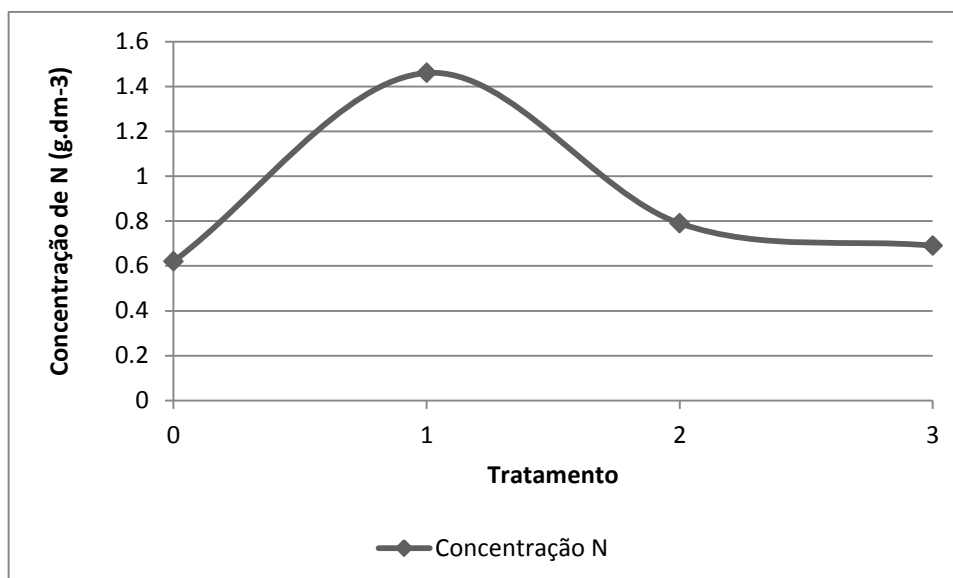


Gráfico 6: Concentração de nitrogênio ao longo dos tratamentos.

Poucas são as fontes científicas que relacionam alterações no conteúdo total de nitrogênio no solo com as diferentes concentrações de glifosato aplicadas neste. Em verdade, muito mais comuns são artigos que tratam do efeito direto sobre a planta, como também sobre bactérias simbióticas que habitam suas raízes, do herbicida, relacionando este com a capacidade de absorção e fixação de nitrogênio.

De acordo com Zablutowicz e Reddy (2007), o glifosato se mostrou tóxico para a espécie *Bradyrhizobium japonicum*, uma bactéria que vive em simbiose com as culturas de soja, habitando suas raízes e realizando a fixação de nitrogênio no solo ao seu redor. Neste trabalho, todos os solos que foram expostos a tratamentos com glifosato originaram plantas com reduzido teor de nitrogênio em suas folhas. Esse estudo indicou ainda que a fixação de nitrogênio e a assimilação deste nutriente pela soja foi pouco afetada, quando utilizadas doses compatíveis com o indicado na bula do glifosato. Todavia, quando utilizadas doses acima do que as estabelecidas pelo fabricante, as taxas de fixação e de assimilação do nitrogênio foram constantemente reduzidas após a aplicação do glifosato.

Outros estudos dos mesmos autores realizados em 2004 indicaram que o potencial de fixação de nitrogênio foi reduzido em culturas de soja resistentes ao glifosato (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004).

Estudos de outros grupos vão ao encontro dos achados citados anteriormente. Em uma revisão recente, a análise conjunta de diversos artigos sugeriu que a assimilação de nitrato e o potencial de fixação de nitrogênio foram significativamente reduzidos pelo glifosato (BELLALLOUI et al., 2006).

Há estudos descrevendo que mesmo pequenas concentrações do herbicida glifosato podem causar a inibição de espécies fixadoras de nitrogênio, de fundamental importância para a agricultura humana, como a *Rhizobium japonicum* (JAWORSKI, 1972) e a *Stackybotrys chartarum* (GROSSBARD, 1974). Entretanto, outros estudos (QUILTY; GROGHEGAN, 1976; TORSTENSSON, 1978; MARSH et al., 1977) apresentaram resultados divergentes daqueles expostos anteriormente. Nestes, mesmo concentrações elevadas de glifosato parecem não inibir o crescimento de espécies fixadoras de nitrogênio.

Os resultados encontrados no presente estudo apontam para uma elevação inicial importante entre o solo sem tratamento com glifosato e o solo que foi tratado com metade da dose preconizada pelo fabricante, seguida pela redução diretamente proporcional do conteúdo de nitrogênio total nas amostras tratadas com doses maiores de glifosato (dose preconizada, e o dobro da dose preconizada, para os tratamentos T2 e T3, respectivamente).

Talvez, a seguida redução nas dosagens de nitrogênio contidas no solo conforme se aumentavam as doses de glifosato aplicadas nos diferentes tratamentos reflita o maior grau de inibição deste herbicida sobre espécies simbióticas fixadoras de nitrogênio presentes no solo. Desta forma, conforme se aumentavam as doses do herbicida, maior era a inibição sofrida por aquelas espécies, e menor seria a quantidade de nitrogênio fixada por elas. Assim, quanto maiores as concentrações de glifosato, menores seriam as concentrações totais de nitrogênio no solo.

Como observado no Gráfico 7, a quantidade de fósforo disponível nos solos estudados apresentou uma tendência à elevação de seus valores em todas as amostras de solo que receberam aplicação do herbicida glifosato.

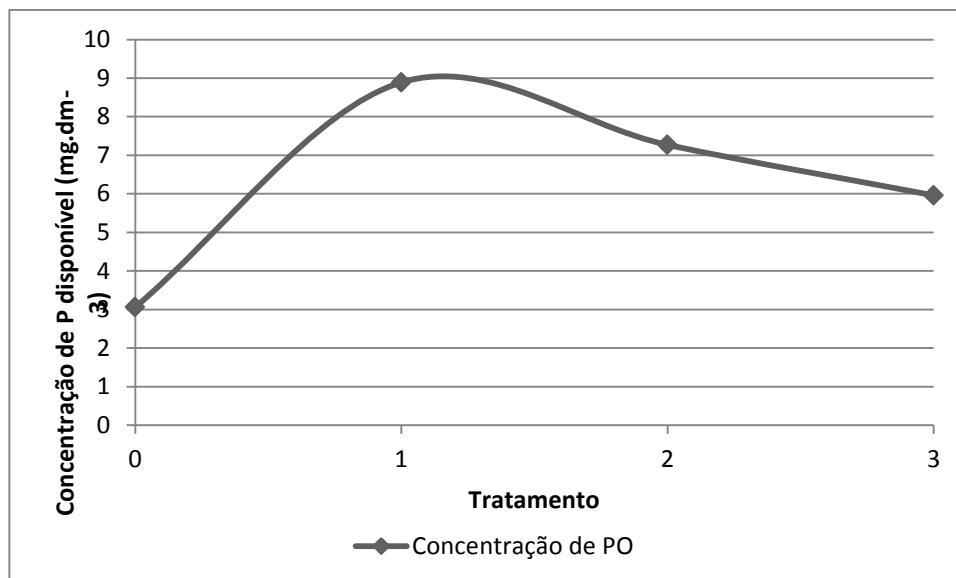


Gráfico 7: Concentração de fósforo ao longo dos tratamentos.

Moreira et al. (1997) cita que na agricultura, as fontes de fósforo são provenientes dos fosfatos solúveis em água tais como os superfosfatos simples e triplo e o fosfato monoamônico.

Como exposto anteriormente neste trabalho, o glifosato é um herbicida classificado segundo a sua composição como um aminoácido fosfonado, um organofosforado, contendo em sua fórmula um átomo de fósforo (AMARANTE JUNIOR et al., 2002; COUTINHO; MAZO, 2005).

Ainda, é importante entender que vários são os estudos publicados na literatura científica acerca dos processos de degradação do glifosato. Estudo de Forlani et al. (1999) mostrou com clareza que o glifosato, contido em amostras de solo e de água em suspensão de culturas, assim como o ácido aminometilfosfônico (AMPA), seu principal metabólito ativo, são degradados, em ácido fosfórico e fosfato. Em outro estudo similar, Pipke e Amrhein (1988) mostram que tanto o glifosato quanto o AMPA são degradados nos mesmos produtos, ácido fosfórico e fosfato, quando aplicados em solos de culturas isoladas.

Em sùmulas de autoria da própria Monsanto (2005), detentora da patente do glifosato (cujo nome comercial é Roundup), consta que o glifosato inicialmente é degradado pelos microrganismos do solo para formar ácido aminometilfosfônico (AMPA) e posteriormente esse composto degrada-se ainda mais por processos microbianos para então formar o dióxido de carbono e fosfato inorgânico, mesmo que a um ritmo mais lento.

Desta forma, seguindo o que foi exposto anteriormente, o aumento encontrado na disponibilidade de fósforo nos solos estudados no presente trabalho, aos quais foi aplicado o herbicida glifosato, deve-se à degradação natural sofrida por este composto a forma de fosfato inorgânico. Tal degradação parece, assim, ser a causa da elevação encontrada nos valores de fosfato das análises realizadas.

Quanto à comparação qualitativa das amostras estudadas, de acordo com a Tabela 16, o teor inicial de fósforo disponível apresenta-se “muito baixo” para a fertilidade do solo (ALVARES V. et al., 1999 apud LOPES, 2011; FALKOSKI FILHO, 2010). Na parcela T1R3 a quantidade de fósforo disponível encontra-se “médio” para a fertilidade do solo, porém nas parcelas T2R2 e T3R4 a queda na quantidade de fosforo disponível torna esses níveis Baixos para a fertilidade do solo (ALVARES V. et al., 1999 apud LOPES, 2011; FALKOSKI FILHO, 2010).

É verdade que o comportamento dos valores encontrados para as análises do primeiro, segundo e terceiro tratamentos (T1R3, T2R2 e T3R4, respectivamente) não apresentaram uma relação de elevação diretamente proporcional com as concentrações de glifosato às quais estavam expostas os solos analisados. Os valores absolutos encontrados foram de 3,06 mg.dm<sup>-3</sup>, para a amostra sem aplicação de glifosato, e de 8,89; 7,27 e 5,96 mg.dm<sup>-3</sup> para as amostras T1R3, T2R2 e T3R4, respectivamente. Como citado anteriormente, os microrganismos são responsáveis pela degradação do glifosato, entretanto o aumento nas doses de glifosato pode reduzir a atividade microbiana para a decomposição, fazendo com que o glifosato permaneça em sua forma original e não em forma de fosfatos. Fato que explicaria o comportamento do Gráfico 7. Quanto menores as doses de glifosato, mais esse composto é degradado em fosfatos, em contrapartida, quanto maiores as doses aplicadas de glifosato, menor a atividade microbiana com consequência de menores concentração de fosfato.

Pouco pode ser encontrado sobre alterações diretas do glifosato nas propriedades físico-químicas do solo em textos científicos. Desta forma, esta ainda parece ser uma área de especial importância em que há ainda escassez de dados. Maiores estudos são necessários para se estabelecer um nexos causal entre as concentrações de glifosato e as concentrações de fosfato presentes nos solos tratados com este herbicida.

O valor do pH, como demonstrado no Gráfico 8, apresentou uma pequena queda quando comparamos a análise inicial com a análise realizada sobre a parcela

T1R3. A diferença entre os valores encontrados na primeira e segunda análises são da ordem de 0,519% e 0,473%, quando utilizados os métodos de quantificação do pH em  $\text{CaCl}_2$  e em  $\text{H}_2\text{O}$ , respectivamente. Em valores absolutos de pH, as diferenças entre os achados foram de 0,03 pontos em ambas as análises. Os valores absolutos das análises realizadas foram de 5,77 e 5,74, em  $\text{CaCl}_2$ , para as amostras da primeira e segunda análise, respectivamente, e de 6,33 e 6,30, em  $\text{H}_2\text{O}$ , para as amostras da primeira e segunda análise, respectivamente.

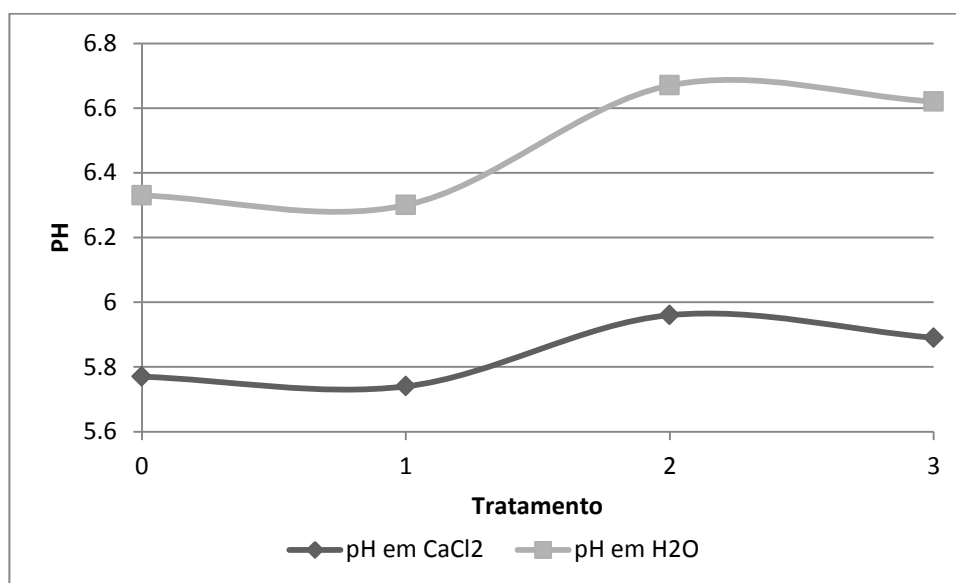


Gráfico 8: Comportamento do pH em relação ao longo dos tratamentos.

De acordo com a Tabela 16, todos os valores do pH classificam-se como Médio para a fertilidade do solo (ALVARES et al., 1999 apud LOPES, 2011; FALKOSKI FILHO, 2010). Entretanto, diversas fontes governamentais e científicas (DEPARTMENT OF AGRICULTURE OF W. AUSTRALIA, 2002; DEPARTMENT OF CROP AND SOIL SCIENCES, COLLEGE OF AGRICULTURE AND LIFE SCIENCES, 2005; MINISTRY OF AGRICULTUR, FOOD and FISHERIES, 2001; BEEGLE, 1996) apresentam valores de referência diferentes do presente na Tabela 16.

Em geral, mesmo que haja variações individuais específicas de cada cultura, os valores ideais de pH encontram-se em torno da faixa de 6,0 a 7,0, aferidos em  $\text{H}_2\text{O}$ . Desta forma, as discretas alterações ocorridas na avaliação comparativa entre a primeira e segunda análise parecem não causar alterações significativas na qualidade do solo para o plantio de culturas.

Quando se interpreta as análises de pH referentes às parcelas T2R2 e T3R4, percebe-se que ambas apresentam valores muito similares. Os valores absolutos encontrados nas análises realizadas foram de 5,96 e 5,89, em  $\text{CaCl}_2$ , para as amostras das parcelas T2R2 e T3R4, respectivamente, e de 6,67 e 6,62, em  $\text{H}_2\text{O}$ , para as amostras das parcelas T2R2 e T3R4, respectivamente.

Entretanto, quando se compara as análises iniciais com as duas últimas, percebe-se uma elevação do pH nestas últimas, demonstrando uma alcalinização destas. Por exemplo, a comparação entre as amostras inicial e a T2R2 mostra uma elevação do pH da ordem de 0,19 e 0,34, em pontos absolutos. Tal elevação se mostra de maior importância, uma vez que os valores de pH se apresentam em escala logarítmica, e elevações em seu valor absoluto da ordem de 0,34, representam pouco mais do que a duplicação da quantidade de íons  $\text{H}^+$  na amostra (aumento de 118%). Mesmo assim, os valores de pH se mantêm dentro da faixa de pH para a grande maioria das culturas agrícolas relatadas na literatura científica (DEPARTMENT OF AGRICULTURE OF W. AUSTRALIA, 2002; DEPARTMENT OF CROP AND SOIL SCIENCES, COLLEGE OF AGRICULTURE AND LIFE SCIENCES, 2005; MINISTRY OF AGRICULTURE, FOOD and FISHERIES, 2001; BEEGLE, 1996).

Possivelmente esse aumento dos valores de pH apresentados nas amostras expostas a uma maior concentração de glifosato reflita efeitos diretos do herbicida sobre o solo, causando sua alcalinização. De Campos et al., (2010) foi relatado que o pH de amostras de solo tratadas com glifosato apresentaram aumento de seus valores. Esta alcalinização, porém, era esperada, uma vez que estas amostras foram obtidas de solos provenientes de áreas de alagamento, para plantio de arroz, e o aumento de pH é esperado neste tipo de cultura. Sendo assim, a importância da aplicação do glifosato para a alcalinização do solo não foi diretamente estabelecida. Outras fontes científicas não foram encontradas na literatura disponível, e parece que estudos complementares sobre a influência das concentrações do glifosato no pH do solo são necessários.

### 5.3. ANÁLISES QUÍMICAS REALIZADAS COM O POLIKIT DE SOLO

Na Tabela 17 são apresentados os resultados do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de cálcio considerando os diferentes tratamentos com glifosato e os momentos de coleta.

Tabela 17: Resultado do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de cálcio considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta

Teste de Tukey para comparações múltiplas								
Valor Significativo								
Tratamentos	Momentos de Coleta							
	0DAA	2DAA	4DAA	6DAA	8DAA	10DAA	12DAA	14DAA
T1	32,00 Aa	42,56 Aa	45,76 Aa	44,16 Aa	35,52 Aa	40,96 Aa	43,20 Aa	39,68 Aa
T2	32,00 Aa	43,52 Aab	66,88 ABb	40,32 Aab	41,28 Aab	45,76 Aab	45,12 Aab	43,52 Aab
T3	32,00 Aa	41,92 Aab	74,88 Bb	47,68 Aab	42,60 Aa	42,24 Aab	40,32 Aa	33,60 Aa
				DF		P(valor)		Significativo
	Fator Momentos de Coleta			7		0,007		Sim
	Fator Tratamento			2		0,4604		Não

As médias apresentadas são as obtidas das observações originais seguidas das letras obtidas na comparação de médias a partir do Teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na coluna e letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de significância. T1, T2, T3 = 0,96, 1,92, 3,84 Kg i.a.ha<sup>-1</sup> de glifosato, respectivamente. 0DAA, 2DAA, 4DAA, 6DAA, 8DAA, 10DAA, 12DAA E 14 DAA: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias após a aplicação. DF indica o número de grupos de amostras.

De acordo com a Tabela 17, observa-se que os tratamentos apresentaram diferença significativa apenas no M2, onde o T1 diferiu significativamente do T3. Nos demais momentos não houve diferença significativa dos tratamentos aplicados. Relacionando os momentos, tem-se que no T2, o M0 diferiu significativamente do M2, assim como no T3, o M0 diferiu do M2 e o M2 diferiu do M4, M6 e M7.

Analisando o valor de P na Tabela 17, afirma-se que a concentração de cálcio variou significativamente apenas em função dos momentos de coleta e não diferiu em função dos tratamentos aplicados.

Na Tabela 18 são apresentados os resultados do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de magnésio considerando os diferentes tratamentos com glifosato e os momentos de coleta.

Tabela 18: Resultado do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de magnésio considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta

Teste de Tukey para comparações múltiplas								
Valor Significativo								
Tratamentos	Momentos							
	0DAA	2DAA	4DAA	6DAA	8DAA	10DAA	12DAA	14DAA
T1	14,40 Aa	38,72 Ab	31,04 Aab	29,44 Aab	25,6 Aab	29,12 Aab	32,64 Aab	39,36 Ab
T2	14,40 Aa	34,88 Aa	12,48 ABa	32,64 Aa	37,44 Aa	24,64 Aa	30,72 Aa	36,16 Aa
T3	14,40 Aa	33,92 Ab	7,68 Ba	27,2 Aab	30,72 Aab	22,4 Aab	26,88 Aab	31,68 Ab
			DF	P(valor)		Significativo		
Fator Momentos de Coleta			7	0,0002		Sim		
Fator Tratamento			2	0,2118		Não		

As médias apresentadas são as obtidas das observações originais seguidas das letras obtidas na comparação de médias a partir do Teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na coluna e letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de significância. T1, T2, T3 = 0,96, 1,92, 3,84 Kg i.a.ha<sup>-1</sup> de glifosato, respectivamente. 0DAA, 2DAA, 4DAA, 6DAA, 8DAA, 10DAA, 12DAA E 14 DAA: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias após a aplicação. DF indica o número de grupos de amostras.

De acordo com a Tabela 18 observa-se que no Tratamento 1, o M0 diferiu significativamente do M1, assim como no T3 o M1 diferiu significativamente do M0 e do M2. Em relação aos tratamentos, tem-se que a única diferença significativa presente foi no Momento 2, no qual, o T1 diferiu significativamente do T2.

Ainda considerando a Tabela 18, afirma-se que o valor de P foi significativo apenas para o fator momento. Isto demonstra que a concentração de magnésio variou em função dos momentos de coleta e não apresentou diferença significativa com a variação das doses de aplicação do herbicida glifosato.

Na Tabela 19 são apresentados os resultados do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de nitrogênio amoniacal considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta.

Tabela 19: Resultado do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de nitrogênio amoniacal considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta

Teste de Tukey para comparações múltiplas								
Valor Significativo								
Tratamentos	Momentos de Coleta							
	0DAA	2DAA	4DAA	6DAA	8DAA	10DAA	12DAA	14DAA
T1	60,70 Aa	242,80 Ab	242,80 Ab	242,80 Ab	195,45 Ab	242,80 Ab	242,80 Ab	242,80 Ab
T2	60,70 Aa	242,80 Ab	242,80 Ab	242,80 Ab	242,80 Ab	242,80 Ab	242,80 Ab	196,67 Ab
T3	60,70 Aa	242,80 Ab	242,80 Ab	242,80 Ab	242,80 Ab	194,29 Ab	242,80 Ab	242,80 Ab
			DF	P(valor)		Significativo		
Fator Momentos de Coleta			7	<0,0001		Sim		
Fator Tratamento			2	0,9994		Não		

As médias apresentadas são as obtidas das observações originais seguidas das letras obtidas na comparação de médias a partir do Teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na coluna e letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de

significância. T1, T2, T3 = 0,96, 1,92, 3,84 Kg i.a.ha<sup>-1</sup> de glifosato, respectivamente. 0DAA, 2DAA, 4DAA, 6DAA, 8DAA, 10DAA, 12DAA E 14 DAA: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias após a aplicação. DF indica o número de grupos de amostras.

De acordo com a Tabela 19, observa-se que os tratamentos aplicados não apresentaram diferença significativa entre si. Em relação aos momentos nota-se que estes apresentaram comportamento semelhante em todos os tratamentos, tendo que o M0 diferiu significativamente do M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7. Ressalta-se que o nitrogênio amoniacal apresentou comportamento igual em todos os tratamentos no M0, M1, M2, M3 e M6. Nos M4, M5, e M7, as médias que diferiram das demais são semelhantes se apresentam em tratamentos diferentes, T1, T3 e T2 respectivamente.

Pode-se afirmar, de acordo com a Tabela 19, que assim como observado nas concentrações de cálcio e magnésio, o valor de P foi significativo apenas para o fator momento. Isto demonstra que a concentração nitrogênio amoniacal também variou apenas em função dos momentos de coleta e não apresentou diferença significativa com a variação das doses de aplicação do herbicida glifosato.

Na Tabela 20 são apresentados os resultados do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de nitrito considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta.

Tabela 20: Resultado do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de nitrito considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta

Teste de Tukey para comparações múltiplas								
Valor Significativo								
Tratamentos	Momentos de Coleta							
	0DAA	2DAA	4DAA	6DAA	8DAA	10DAA	12DAA	14DAA
T1	0,65 Aa	1,18 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa
T2	0,65 Aa	2,10 Bb	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa
T3	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa
				DF		P(valor)		Significativo
Fator Momentos de Coleta				7		0,0237		Sim
Fator Tratamento				2		0,3677		Não

As médias apresentadas são as obtidas das observações originais seguidas das letras obtidas na comparação de médias a partir do Teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na coluna e letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de significância. T1, T2, T3 = 0,96, 1,92, 3,84 Kg i.a.ha<sup>-1</sup> de glifosato, respectivamente. 0DAA, 2DAA, 4DAA, 6DAA, 8DAA, 10DAA, 12DAA E 14 DAA: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias após a aplicação. DF indica o número de grupos de amostras.

De acordo com a Tabela 20, observa-se que apenas o T2 apresentou diferença significativa no M1, diferindo do T1 e também do T3. Nos demais momentos os tratamentos não apresentaram diferença significativa. Em relação aos momentos, apenas no T2 houve variação, onde o M1 diferiu significativamente dos demais momentos. No T1 e no T3 os momentos se apresentam semelhantes sem variação na concentração de nitrito.

Observando o valor de P na Tabela 20, afirma-se que as concentrações de nitrito assim como o cálcio, o magnésio e o nitrogênio amoniacal, apresentaram diferença significativa apenas em relação aos momentos.

Na Tabela 21 são apresentados os resultados do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de nitrato considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta.

Tabela 21: Resultado do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de nitrato considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta

Teste de Tukey para comparações múltiplas								
Valor Significativo								
Tratamentos	Momentos de Coleta							
	0DAA	2DAA	4DAA	6DAA	8DAA	10DAA	12DAA	14DAA
T1	72,61 Aab	28,33 Aa	65,33 Aab	61,99 Aab	65,53 Aab	69,07Aab	74,39 Aab	100,95 Ab
T2	79,70 Aa	10,62 Ab	109,81 Ba	74,39 Aa	74,39 Aa	74,39 Aa	59,33 Aab	58,45 Bab
T3	79,70 Aa	35,42 Aa	79,70 Aba	79,70 Aa	69,08 Aa	79,70 Aa	69,07 Aa	63,76 Aba
			DF	P(valor)		Significativo		
Fator Momentos de Coleta			7	0,001		Sim		
Fator Tratamento			2	0,9236		Não		

As médias apresentadas são as obtidas das observações originais seguidas das letras obtidas na comparação de médias a partir do Teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na coluna e letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de significância. T1, T2, T3 = 0,96, 1,92, 3,84 Kg i.a.ha<sup>-1</sup> de glifosato, respectivamente. 0DAA, 2DAA, 4DAA, 6DAA, 8DAA, 10DAA, 12DAA E 14 DAA: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias após a aplicação. DF indica o número de grupos de amostras.

De acordo com a Tabela 21, observa-se que no M2 e no M7 o T2 apresentou diferença significativa em relação ao T1 e também ao T3. Nos demais momentos os tratamentos não apresentaram diferença significativa. Em relação aos momentos, nota-se que no T1 apenas o M1 apresentou diferença significativa em relação ao M7, já no T2, o M0 diferiu significativamente do M1, assim como o M1 diferiu do M2, M3, M4 e M5. No T3 não foi observado diferença significativa entre os momentos.

Nota-se de acordo com a Tabela 21 que o valor de P foi significativo apenas para o fator momento. Isto indica que a concentração de nitrato variou em função dos momentos de coleta e não apresentou diferença significativa com a variação das doses de aplicação do herbicida glifosato.

Na Tabela 22 são apresentados os resultados do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de fósforo considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta.

Tabela 22: Resultado do Teste de Tukey e resumo da análise de variância para comparação das concentrações de fósforo considerando os tratamentos com glifosato e os momentos de coleta

Teste de Tukey para comparações múltiplas								
Valor Significativo								
Tratamentos	Momentos de Coleta							
	0DAA	2DAA	4DAA	6DAA	8DAA	10DAA	12DAA	14DAA
T1	3,26 Aa	5,71 Ab	4,73 Aab	4,56 Aab	3,50 Aa	3,26 Aa	3,26 Aa	3,26 Aa
T2	3,26 Aa	3,90 Ba	4,70 Aa	4,50 Aa	4,20 Aa	3,91 Aa	3,91 Aa	3,91 Aa
T3	3,26 Aa	3,91 Ba	4,24 Aa	4,24 Aa	4,40 Aa	4,24 Aa	4,24 Aa	4,24 Aa
			DF		P(valor)		Significativo	
Fator Momentos de Coleta			7		0,0009		Sim	
Fator Tratamento			2		0,7633		Não	

As médias apresentadas são as obtidas das observações originais seguidas das letras obtidas na comparação de médias a partir do Teste de Tukey. Letras maiúsculas iguais na coluna e letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey ao nível de 5% de significância. T1, T2, T3 = 0,96, 1,92, 3,84 Kg i.a.ha<sup>-1</sup> de glifosato, respectivamente. 0DAA, 2DAA, 4DAA, 6DAA, 8DAA, 10DAA, 12DAA E 14 DAA: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias após a aplicação. DF indica o número de grupos de amostras.

De acordo com a Tabela 23 observa-se que em relação aos tratamentos, estes obtiveram diferença significativa apenas no momento 1, em que o T1 diferiu significativamente do T2 e do T3. Os demais não apresentaram diferença significativa. Comparando os momentos, tem-se que apenas no tratamento 1 foi possível observar diferença significativa, no qual o M0 diferiu significativamente do M1, assim como M1 diferiu significativamente do M4, M5, M6 e M7.

Dessa forma, observando o valor de P na Tabela 23, afirma-se que este foi significativo para o fator momento e não significativo para o fator tratamento. Isto indica que a concentração de fósforo variou apenas em função dos momentos de coleta.

## 6. CONCLUSÃO

As espécies de plantas daninhas encontradas no local do experimento foram: *Emilia fosbergii* Nicolson, *Parthenium hysterophorus*, *Ipomoea hederifolia*, *Croton glandulosus*, *Sida rhombifolia* L., *Cenchrus echinatus* L., *Rhynchelytrum repens*, *Sonchus oleraceus* L., *Richardia brasiliensis* Gomes, Planta exótica e *Brachiaria plantaginea*.

Exceto as espécies *Parthenium hysterophorus*, *Ipomoea hederifolia*, *Sonchus oleraceus* e *Cenchrus echinatus* L, que apresentaram resistência ao glifosato, foi possível obter controle satisfatório das demais plantas com esse herbicida.

A partir das análises em laboratório comercial, afirma-se que todos os tratamentos com glifosato causaram alterações, de grau variado, nas concentrações de cálcio, magnésio, potássio, matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo, capacidade de troca catiônica (CTC) e pH (em CaCl<sub>2</sub> e em H<sub>2</sub>O).

Todos os parâmetros propostos para análise com o Polikit de Solo apresentaram diferença significativa em relação aos momentos de coleta, mas não diferiram significativamente em relação aos tratamentos aplicados.

Dessa forma, com esse estudo foi possível concluir que as maiores doses de glifosato são as responsáveis pelo controle satisfatório das plantas daninhas, e também são responsáveis pelas maiores alterações nas propriedades físico-químicas no solo. Porém, se analisadas no decorrer do tempo, não há diferença significativa entre as dosagens aplicadas de glifosato, uma vez que todas as doses, sejam elas maiores ou menores, irão causar alterações nas propriedades físico-químicas do solo.

Conclui-se também que as análises propostas no estudo podem ser instituídas como parâmetros de monitoramento na modificação das características químicas do solo.

## REFERENCIAS

ALEXA, E.; et al. Research on the Weed Control Degree and Glyphosate Soil Biodegradation in Apple Plantations (Pioneer Variety). *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie*, v.17, n. 1, p. 5-8. 2010

ALMEIDA J.R. et al. Utilização de glyphosate associado a herbicida aplicados em pós-emergência na cultura de soja geneticamente modificada. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.9, n.3, p.100-108, set/dez.2010.

ALMEIDA, M. T. O agrotóxico como tema problematizador no ensino de química na formação técnico agrícola. 2009, 50p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

AMARAL, E. I. Avaliação da Exposição Ambiental ao Glifosato na Área Agrícola da Serrinha do Mendanha. 2009. 72p. Dissertação (Mestrado). Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2009.

AMARANTE JÚNIOR O. P., et al. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. *Química Nova*, v. 25, n. 4, p. 589-593. 2002

ANASTACIO, L. R.; VASCONCELOS, G. M. P. V. Uso de sistemas de produção para o manejo de *Rhynchelytrum repens*. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na era da Biotecnologia, 28, 2012. Anais do XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na era da Biotecnologia, p.758-764.

ARAÚJO, A. S. F. Biodegradação, extração e análise de glifosato em dois tipos de solos. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. 72 p

BAILEY, S.W.; BUSO, D.C.; LIKENS, G.E. Implications of sodium mass balance for interpreting the calcium cycle of a forested ecosystem. *Ecology*, v. 84, n. 2, p. 471-484. 2003

BARREIRA L. P.; PHILIPPI JUNIOR A. A problemática dos Resíduos de Embalagens de Agrotóxicos no Brasil. In: XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria y Ambiental; 2002; Cancun, México.

BARRIGOSI, J. A. F.; LANNA, A. C.; FERREIRA, E. Agrotóxicos no cultivo do arroz no Brasil: análise do consumo e medidas para reduzir o impacto ambiental negativo. Circular Técnica 67 (EMBRAPA). Santo Antonio de Goiás, Dez/2004.

BEEGLE, D. B. Soil Fertility Management for Forage Crops: Establishment, Agronomy Factsheet .Penn State College of Agricultural Sciences. The Pennsylvania State University, University Park, PA, 2001.

BELLALOU, N. Simulated glyphosate drift influences nitrate assimilation and nitrogen fixation in non-glyphosate-resistant soybean. J. Agric. Food Chem., v. 54, n. 9, p. 3357-3364. 2006.

BLANCO, H.G. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle das plantas daninhas. O Biológico, v. 38, n.10, p.343-50, 1972.

BRASIL. Lei Federal nº 7802 de 11 de julho de 1989. 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.

BUHLER, D.D.; BURNSIDE, O.C. Effect of spray components on glyphosate toxicity to annual rasses. Weed Science, Champaign, v. 31, n. 1, p. 124-130. 1983.

BULA GLIFOSATO NORTOX. Registrado no ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: [http://www.nortox.com.br/imagens/produtos/glifosato\\_bula.pdf](http://www.nortox.com.br/imagens/produtos/glifosato_bula.pdf). Acesso em: 15 de janeiro de 2013.

CAKMAK, I. et al. Glyphosate reduced seed and leaf concentrations of calcium, manganese, magnesium, and iron in non-glyphosate resistant soybean. Europ. J. Agronomy v.31, p.114-119. 2009.

CAMPOS, A.B. et al. Effects of Surface-Applied Glyphosate on the Solution Chemistry of Tropical Wetland Soils. In: VII International Symposium AgroEnviron Cancún, 2010.

CAPO, R.C.; CHADWICK, O.A. Sources of strontium and calcium in desert soil and calcrete. Earth and Planetary Science Letters, v.170, p. 61–72. 1999.

CASTRO, J. S. M. Prática de Uso de Agrotóxicos no Município de Cachoeiras de Macacu, RJ: Um Estudo de Saúde Ambiental. 1999, 159p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1999.

CECHIN, J. et al. Dessecação tardia de *Richardia brasiliensis* na pré semeadura da soja com glifosato e misturas. In: Simpósio de ensino, pesquisa e extensão, 16, 2012. Santa Maria, RS. Anais Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão Unifra. p.1-8.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Aspectos de Resistencia de Plantas Daninhas a Herbicidas. 3ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à resistência de Plantas Daninhas, 2008.

CONSUS GLUFOSATE 41% PLUS. Consus Chemicals. Disponível em: <[http://www.agrian.com/pdfs/Consus Glyphosate 41 Plus Label.pdf](http://www.agrian.com/pdfs/Consus_Glyphosate_41_Plus_Label.pdf)>. Acesso em: 14 de março de 2013.

CORREIA, J. R.; LIMA A. C. S.; ANJOS, L.H.C.dos. O trabalho do pedólogo e sua relação com comunidades rurais: observações com agricultores familiares no norte de minas gerais. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 21, n. 3, p. 447-467, set./dez. 2004.

COUTINHO, C. F. B., MAZO, L. H. Complexos metálicos com o herbicida glifosato: revisão. Quim. Nova, v. 28, n. 6, 1038-1045. 2005.

COX, C. Glyphosate (Round up). Journal of Pesticide, v. 18, n.3, 1998.

CROMACK, K., JR. Litter production and decomposition in a mixed hardwood watershed and a white pine watershed at Coweeta Hydrologic Station, North Carolina. Dissertação de Ph.D., Univ. Georgia, Athens. P. 160. 1973.

CROON, I., D. J. AND TEMU, A. E. M. Maize production in Tanzania's southern highlands: current status and recommendations for the future. Londres, Mexico: Centro International de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT), 1984.

CRUZ, L.H.; SANTANA, H.; ZAIA, C.T.B.V.; ZAIA, D.A.M. Adsorption of Glyphosate on Clays and Soils from Paraná State: Effect of pH and Competitive Adsorption of Phosphate, v. 50, n. 3, p.385-394. 2007.

DEPARTMENT OF AGRICULTURE OF W. AUSTRALIA. Optimum soil pH for crop plants. Farmnote 47/2002.

DEPARTMENT OF CROP AND SOIL SCIENCES, COLLEGE OF AGRICULTURE AND LIFE SCIENCES. Soil pH for Field Crops. Agronomy Fact Sheets Series. Fact Sheet 5, 2005.

BEEGLE, D. B. and D. D. Lingenfelter 1996. Soil Acidity and Agronomy Facts 3, College of Agricultural Sciences, The Pennsylvania State University, University Park, PA

DUKE, S.; WAUCHOPE, R.; HOAGLAND, R.; WILLS, G. Influence of glyphosate on uptake and translocation of calcium ion in soybean seedlings. *Weed Res*, v. 23, p. 133–139. 1983.

DUTRA da SILVA, et al. Determinação de Glifosato e Ácido Aminometilfosfônico em águas superficiais do Arroio Passo do Pilão. *Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, v. 13, p. 19-28, 2003.

EMBRAPA, Comunidade Técnico. A Iosna-branca, *Parthenium hysterophorus L.* (Heliantheae Asteraceae), Planta Invasora Exótica no Brasil. ISSN 1516-8638, Janguariúna, SP. Agosto, 2005.

FALKOSKI FILHO, J. et al. Avaliação da Fertilidade Química dos Solos em Sistema de Produção Leiteira no Território Cantuquiriguaçu, Paraná, Brasil. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 29, 2010. Anais da XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas.p.1-4.

FERREIRA, F. A. et al. Mecanismos de Ação de Herbicidas. In: V Congresso Brasileiro de Algodão. Disponível em: <[http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos\\_cba5/336.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/336.pdf)>. Acesso em: 2 de dezembro de 2012.

FOLONI, L. L.; et al. Avaliação de herbicidas aplicados em pós-emergência sobre e sob a palha em cana crua e o destino ambiental. *Revista Planta Daninha*. Viçosa, v.29, n.2, p.447-455, 2011.

FORLANI, G.; MANGIACALLI, A.; NIELSEN, E.; SUARDI, C.M. Degradation of the phosphonate herbicide glyphosate in soil: evidence for a possible involvement of unculturable microorganism. *Soil Biology e Biochemistry*, v.31, p.991-997, 1999.

FROUD-WILLIAMS, R.J. 1999. Wheat yield is affected by weeds. In *Wheat: a physiological-ecological approach to understand yield and its determining processes at the crop level of organization*. Eds. E.H. Satorre, G.A. Slafer, 161-182.

FROUD-WILLIAMS, R.J. Weed Competition. 2002. In *Weed Management Handbook: 9th Edn.*, Ed. R.E.L. Naylor, Blackwells, 16-38.

GAUVRIT, C., GAUDRY, J., LUCOTTE, T., CABANNE, F. Biological evidence for a 1:1 Ca<sup>2+</sup>:glyphosate association in deposit residuals on the leaf surface of barley. *Weed Res.* 41, 433–445. 2001.

GAZZIERO, A. et al. Potencia de Lixiviação do Glifosato em um Solo da Região Oeste do Paraná. 46p. 2012. Tese (Conclusão de Curso). Curso superior de Tecnologia em Gestão Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianera, 2012.

GAZZIERO, D L. P; et al. Resistência cruzada da losna-branca aos herbicidas inibidores da enzima synthase inhibiting herbicides. *Planta Daninha, Viçosa-MG*, v. 24, n. 1, p. 157-162, 2006.

GLASS, R. L. Adsorption of glyphosate by soils and clay minerals. *J. Agric. Food Chem.* 35, 497-500. 1987.

Glyphosate 360: Titan Herbicide. Disponível em: <[http://www.herbiguide.com.au/Labels/GLY36\\_63078-0508.PDF](http://www.herbiguide.com.au/Labels/GLY36_63078-0508.PDF)> . Acesso em: 14 de março de 2013.

GODOY, M. C. et al. Efeito da cobertura morta de milho (*pennisetum americanum*) sobre a eficácia do herbicida metribuzin no controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*. *Revista Planta Daninha, Viçosa-MG*, v. 25, n. 1, p. 79-86, 2007.

GROSSBARD, E.; MARSH, J. A. P. The effect of seven substituted urea herbicides on the soil microflora. *Pestic. Sci.*, 5: 609–623. 1974.

HALL, G.J., HART, C.A., JONES, C.A. Plants as sources of cations antagonistic to glyphosate activity. *Pest Manage. Sci.* 56, 351–358. 2000.

HATZIOS, K. K.; PENNER, D. Interaction of herbicides with other agrochemicals in higher plants. *Rev. Weed Sci.*, v. 1, p. 1-63, 1985.

ICHIKUNI, M. Calcite as a source of excess calcium in rainwater. *J Geophys Res* v. 83, p.6249–6252. 1978.

INTERPRETAÇÃO DE ANÁLISE DE SOLO: CONCEITOS E APLICAÇÕES. Associação Nacional para Difusão de Adubos. Lavras, MG. Março de 2004. Edição Especial.

JACKS, G.; ÅBERG, G.; HAMILTON, P.J. Calcium Budgets for Catchments as Interpreted by Strontium Isotopes. *Nordic Hydrology*, 20, 85-96. 1989.

JAWORSKI, E. G. Mode of action of N-phosphonomethylglycine: inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. *J. Agric. Food Chem.*, v. 20, n. 6, p. 1195-1198. 1972.

KRAEMER, A.F. Destino Ambiental dos Herbicidas do Grupo das Imidazolinonas. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v.27, n.3, p629-639. 2009.

LIU, C-M.; MCLEAN, P. A.; SOOKDEO, C. C.; CANNON, F. C. Degradation of the herbicide glyphosate by members of family Rhizobiaceae. *Applied Environmental Microbiology*, Washington DC, v.57, n.6, p.1799-1840, 1991.

LONDRES, Flavia. *Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida*. 1 ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2011.

LOPES, André D.; COSTACURTA, Pollyanna S. Avaliação da fertilidade química dos solos em áreas de amoreirais utilizadas na criação do bicho-da-seda no Estado do Paraná. In: *Ciclo de Atualização Agropecuária*, 3, 2011. Anais do III Ciclo de atualização Agropecuária. P.1-5.

LORENZI, Harri. *Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional*. 5. ed., Editora: Plantarum, 2006. 339p.

LORENZI, Harri. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais*. 2.ed. Nova Odessa, SP: Plantarum, 1991. 440p.

MACIEL, Cleber Daniel de Goes, *et al.* Misturas em tanque com glyphosate para o controle de trapoeraba, erva-de-toura e capim-carrapicho em soja RR. Revista Ceres. v.58, n.1, p.35-42, jan/fev, 2011.

MARQUES, J. R. Agrotóxicos. Manual Prático da Promotoria de Justiça do Meio ambiente do Ministério Público do Estado de São Paulo. São Paulo, 2005, P. 805-824.

MARSH, J.; DAVIES, H.A.; GROSSBARD, E. The effect of herbicides on respiration and transformation of nitrogen in two soils I. Metribuzin and glyphosate Weed Res. v. 17. 1977.

MENDONÇA, F. A. Dinâmica dos ventos de superfície na cidade de Londrina - Pr. influência do relevo e estrutura urbana. In: Simpósio Brasileiro De Climatologia Geográfica Rio Claro, 1992.

MIDWEST LABORATORIES, Calculating cation Exchange capacity and the percent base saturation. Disponível em: [https://www.midwestlabs.com/wp-content/uploads/2012/09/168\\_calculating\\_cation\\_exchange\\_cap\\_and\\_percent\\_base\\_saturation.pdf](https://www.midwestlabs.com/wp-content/uploads/2012/09/168_calculating_cation_exchange_cap_and_percent_base_saturation.pdf)>. Acesso em 23 de fevereiro de 2013.

MINISTRY OF AGRICULTURE, FOOD and FISHERIES. Soil pH. Soil Factsheet, 637.100-1. 2001.

MONQUERO, P.A. Dinâmica populacional e mecanismos de tolerância de espécies de plantas daninhas ao herbicida glyphosate . 2003, 99f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

MONQUERO, P.A.; et al. Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galinsoga parviflora*. Planta Daninha, v.23, p.123-132, 2005.

MONSANTO, Backgrounder: Glyphosate does not degrade to phosphorous acid in the environment, 2005.

MONSANTO, Roundap. Disponível em: <http://www.monsanto.com.br/produtos/herbicidas/roundup/roundup.asp>>. Acesso em: 06 de março de 2013.

MORAES, P. V. D.; ROSSI, P. Comportamento ambiental do glifosato. *Scientia Agraria Paranaensis*, v.9, n.3, p. 22-35, 2010.

MOREIRA, A. et al. Avaliação da Disponibilidade do Fósforo no Solo por Métodos Isotópico, Químicos e Biológicos. *Scientia Agrícola*, v.54, n.1-2. Piracicaba, 1997.

MUELLER, T.C.; MAIN, C.L.; THOMPSON, M.A.; STECKEL, L.E. Comparison of glyphosate salts (isopropylamine, diammonium and potassium) calcium magnesium concentrations on the control various weeds. *Weed Technology*, v.20, p.164-171. 2006.

MUZIK, T. 1970. *Weed biology and control*. London, McGraw Hill Book Company, 273p.

NALEWAJA, J.D.; MATYSIAK, R. Salt antagonism of glyphosate. *Weed Science*, Champaign, v. 39, n. 4, p. 622- 628. 1991.

NALEWAJA, J.D.; MATYSIAK, R.; FREEMAN, T.P. Spray droplet residual of glyphosate in various carriers. *Weed Sci.* 40, 576–1576. 1992.

NAVARRO, A.T, Aplicação do herbicida Glyphosate para o controle da Buva. Simpósio Nacional de Iniciação Científica, 1. Anais do 1º Simpósio Nacional de Iniciação Científica. 2011.

NICOLAI, M, et al. Avaliação da suscetibilidade de cordas-de-viola (*Ipomoea spp* e *Merremia aegyptia*) ao glifosato por meio de curvas de dose-resposta. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 27, 2010. Anais do XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, p 253-256.

OLIVEIRA JR. et al. *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*. 1ed. Curitiba: Editora Omnipax, 2011.

OLIVEIRA, F, C. S. Conhecimento botânico tradicional em comunidades rurais do semiárido piauiense. Tese (Mestrado). 136p. 2008. Programa de Pós-Graduação em desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2008.

PERIM, L.; et al. Eficácia do Secafol (Paraquat) na dessecação de plantas daninhas para o cultivo de soja em sistema de plantio direto. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 27, 2010. Anais do XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, p.929-932.

PARKER, C., and F.D. Fryer. 1975. Weed control problems causing major reductions in world food supplies. Food and Agricultural Organization, Plant Protection Bulletin 23, 83–95.

PATERSON, M. Glyphosate Análisis of Risks to Endangered and Threatened Salmon and Steelhead. Disponível em: <http://www.epa.gov/oppfead1/endanger/effects/glyphosate-analysis.pdf>, acesso: 12 março 2013.

PERAKIS, S.S, et al. Coupled nitrogen and calcium cycles in forests of the Oregon Coast Range. Ecosystems. 2006.

PEREIRA, E.L. Influência do glifosato na sorção de manganês em diferentes solos. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo. 2007.

PEREIRA, Fernanda C. M. YAMAUTI, Micheli, S. ALVES, Pedro, L. C. A. Interação entre manejo de plantas daninhas e adubação de cobertura no crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. Revista Árvores, Viçosa, MG, v.36, n.5, p.941-949, 2012.

PESTICIDES DATABASE. Disponível em: [http://www.pesticideinfo.org/Detail\\_Chemical.jsp?Rec\\_Id=PC39644](http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC39644). Acesso em: 23 de fevereiro de 2013.

PIPKE, R.; AMRHEIN, N. Isolation and characterization of a mutant of *Arthrobacter* sp. Strain GLP-1 which utilizes the herbicide glyphosate as its sole source of phosphorus and nitrogen. Applied and Environmental Microbiology v. 54, n.11, p. 2868-2870. 1988.

POSZWA, A.; DAMBRINE, E.; POLLIER, B.; ATTEIA, O. A comparison between Ca and Sr cycling in forest ecosystems. Plant Soil v.225, p. 299–310. 2000.

PRATA, F. Comportamento do glifosato no solo e deslocamento miscível de atrazina. 161p. 2002. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PROOSTKO, Eric P. CULPEPPER, Stanlay, A. Tropic Croton Identification and Control in Cotton and Peanut. College oh Agricultural & Environmental Sciences, C865. 2012.

QUEIROZ, et al. Transporte de Glifosato pelo Escoamento Superficial e por Lixiviação em um Solo Agrícola. *Revista Química Nova*, v.34, n.2, p.190-195, 2011.

QUILTY, S. P.; GEOGHEGAN, M. J. The degradation of glyphosate in peat. *Proceedings of the Society for General Microbiological*, v.3, p. 129. 1974.

RAO, V.S. 1983. *Principles of weed science*. IBH Publishing Company, Oxford.

RIBAS, Priscila, P.; MATSUMURA, Aida, T. S. A Química dos agrotóxicos: impactos sobre a saúde o meio ambiente. *Revista Liberato, Novo Hamburgo*, v. 10, n.14, p.149-158, jul./dez. 2009.

RODRIGUES, Beatriz K.; Avaliação dos impactos de agrotóxicos na região do Alto Mogi-Guaçu (MG) por meio de ensaios laboratoriais com Danio rerio (Cypriniformes, Cyprinidae). 2007, 148p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.

RODRIGUES, M. *et al.* Controle de *Sida cordifolia* e *sida rhombifolia* na cultura de citros. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na era da Biotecnologia, 28, 2012, Campo Grande, MS. Anais do XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. p.575-579.

ROSÁRIO, J; Resistencia de *Parthenium hysterophorus* al herbicida glifosato: un nuevo caso de resistencia a herbicidas en Colombia. *Herbologia e Biodiversidade numa Agricultura Sustentável*. v.2, n.1, p. 455-458. nov,2009.

SANDBERG, C.L.; MEGGITT, W.F.; PENNER, D. Effect of diluent volume and calcium on glyphosate phytotoxicity. *Weed Science, Champaign*, v. 26, n. 5, p. 476-479. 1978.

SANTOS, Jeanne D. Alterações das propriedades físicas e químicas do solo em função de diferentes sistemas agrícolas – São José da Lapa/Mg. 2007. p.88. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

SANTOS-SILVA, Diego; MESCHEDE Dana K.; VENTURI, Carlos A. CARDOZODE, Elquiner B. Controle de plantas daninhas na cultura de banana (*Musa SP.*) utilizando diferentes formulações de Glyphosate. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na era da Biotecnologia, 28, 2012. Anais do XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na era da Biotecnologia, p 663-666.

SAVOY, Vera L. T. Classificação dos Agrotóxicos. Instituto Biológico, São Paulo, v.73, n.1, p.91-92, jan./jun., 2011.

SCHOENHERR, J.; SCHREIBER, L. Interactions of calcium ions with weakly acidic active ingredients slow cuticular penetration: a case study with glyphosate. *J. Agric. Food Chem*, v.52, p. 6546–6551. 2004.

SHAW, W.C. 1982. Integrated weed management systems technology for pest management. *Weed science*, 30(supl. 1): 2-12.

SHILLEVG, D. G.; WALLER, W. T. Interaction effects of diluent pH and calcium content of glyphosate activity on *Panicum repens* L. (torpedograss). *Weed Res*, v.29, p. 441–448. 1989.

SINDAG, Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para defesa Agrícola. Disponível em: <<http://www.sindag.com.br/noticia.php>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2012.

SINGH, R.P. and HELDMAN D.R.. 2009. *Introduction to Food Engineering*, Fourth Edition, Elsevier Publishing, London.

SIQUEIRA, Soraia L.; KRUSE, Maria H. L. Agrotóxicos e saúde humana: contribuição dos profissionais do campo da saúde. *Revista da Escola de Enfermagem USP*. v.42, n.3, p.573-579, 2008.

SPADOTTO, C. A. et al. *Fundamentos e aplicações da modelagem Ambiental de agrotóxicos*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

SUBRAMANIAM, V.; HOGGARD, P.E. Metal complexes of glyphosate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.36, p.1326-1329. 1988.

SUNDARAM, A.; SUNDARAM, K.M.S. Solubility products of six metal-glyphosate complexes in water and forestry soils, and their influence on glyphosate toxicity to plants. *J. Environ. Sci. Health Part. B: Pestic. Food Contam. Agric. Wastes*, v. 32, p. 583–598. 1997.

SYNGENTA. Capim-Carrapicho : *Cenchrus echinatus*. Disponível em: <http://www.servicos.syngenta.com.br/produtos/ProblemDetails.aspx?idPraga=2525&idProblem=130>. Acesso em: 7 de janeiro de 2013.

TEIR, S.; ELONEVA, S.; FOGELHOLM, C.J.; ZEVENHOVEN, R. Energy Conversion and Management, v.47, p. 3059–3068. 2006.

THELEN, K.D.; JACKSON, E.P.; PENNER, D. The basis for the hard-water antagonism of glyphosate activity. *Weed Sci.* v. 43, p. 541–548. 1995.

TONI, L. R. M. et al. Adsorção de Glifosato sobre Solos e Minerais. *Revista Química Nova*, v.29, n.4, p.829-833, 2006.

TORSTENSSON, N.T.L.; AAMISEPP, A. Detoxification of glyphosate in soil. *Weed res.*, v.17, n.3, p.209-212, 1978.

US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, disponível em <http://plants.usda.gov/java/noxiousDriver>, acesso em 03/03/2013

VEIGA, Marcelo M. *et al.* Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.11, n. 22, p. 2391-2399, nov, 2006.

WEED SCIENCE, International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Disponível em: < <http://www.weedscience.com/summary/home.aspx>>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2013.

WERTH, J; THORNBY, D; WALKER, S. 2011. Assessing weeds at risk of evolving glyphosate resistance in Australian sub-tropical glyphosate-resistant cotton systems. *Crop & Pasture Science* 62 : 1002 - 1009.

XU, Z.C.; LI, Y.Y.; XIAO, H.Q. The contents of exchangeable calcium and magnesium in Huan tobacco-growing soils and their effects on tobacco quality. *Acta Ecol Sin.*, v.27, n.11, p. 4425-4433. 2003.

ZABALOY, M.C. et al. A integrated approach to evaluate impacts of the herbicides glyphosate, 2- 4-D and metsulfurom- methyt on soil microbial communities in the pampas region, Argentina, *J. Appl. Soil Ecol.* 40: 1-12. 2006.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Impact of glyphosate on the *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis with glyphosate-resistant transgenic soybean: a minireview. *J. Environ. Qual.*, v. 33, n. 3, p. 825-831, 2004.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K.N. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. *Crop Protection*, v.26, p.370-376, 2007.

ZALAMENA, Jovani. Impacto do uso da terra nos atributos químicos e físicos de solos no rebordo do Palanto – RS. 2008. p.79. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

ZARPELLON, André L., *et al.* Diferentes momentos de aplicação do herbicida glifosato no manejo de plantas daninhas. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na era da Biotecnologia, 28, 2012, Campo Grande, MS. Anais do XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas p.137-141.

ZELENSKÝ, I. ; HYBENOVÁ, A.; KANIANSKY, D. Determination of Ammonium, Sodium, Potassium, Magnesium, and Calcium Cations in Rain Water by Column-Coupling Capillary Isotachopheresis, *Chemical Papers*, v. 51, n. 4, p. 221–225. 1997.

## ANEXO 1


O resultado do Nitrogênio Mineral é a soma do Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Nitrato e o Nitrogênio Nitrato.

**3. EXTRAÇÃO:**

1. Transferir 5,0 mL de amostra de solo, com auxílio do medidor de 5 mL para um frasco com tampa;
2. Adicionar 70 mL de água destilada;
3. Adicionar 30 mL de Solução Extratora 02;
3. Fechar o frasco e agitar por 30 segundos;
4. Deixar o material em repouso para o mesmo sedimentar, ou filtrar e reservar o filtrado para a análise.

**3.1. DETERMINAÇÃO DE CÁLCIO (VOLUMÉTRICA)**

1. Medir 25 mL do filtrado para o frasco com tampa;
2. Adicionar 25 mL de água desionizada;
3. Adicionar 1,0 mL do Reagente 01 e agitar;
4. Adicionar 02 medidas do Reagente 02 e agitar;
5. Encher a bureta com EDTA e gotejar o reagente na amostra agitando a cada gota adicionada, até mudança da coloração rosa para violeta; (veja a figura 6, a seguir)
6. Anotar o volume gasto.

**Figura 6:** 

**RESULTADO**

$$\text{Cálcio (mg Kg}^{-1} \text{ Ca}^{2+}) = Vg \times 16$$

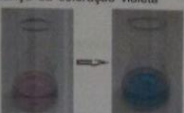
Na qual:  
Vg: Volume gasto na titulação.

**OBSERVAÇÕES:**  
Este volume também será usado para calcular a concentração de Magnésio.

ANÁLISE DE SOLO 13  
ALFAKIT

**3.2. DETERMINAÇÃO DE MAGNÉSIO (VOLUMÉTRICA)**

1. Medir 25 mL de amostra filtrada para o frasco com tampa;
2. Adicionar 25 mL de água desionizada;
3. Adicionar 1,0 mL de Solução Tampão e agitar;
4. Adicionar 02 medidas de Negro E.T e agitar;
5. Encher a bureta com EDTA e gotejar o reagente na amostra, agitando a cada gota adicionada até mudança da coloração violeta para azul (Figura 7);
6. Anotar o volume gasto.

**Figura 7:** 

**RESULTADO**

$$\text{Magnésio (mg Kg}^{-1} \text{ Mg}^{2+}) = [(Vg \times 40) - (Vg \text{ Ca}^{2+} \times 40)] \times 0,24$$

Na qual:  
Vg: Volume gasto na titulação do Magnésio;  
Vg Ca<sup>2+</sup>: Volume gasto na titulação do Cálcio.

**3.3. DETERMINAÇÃO DE ALUMÍNIO**

1. Medir 5 mL do filtrado com auxílio da seringa de 5 mL e transferir para a cubeta de plástico;
2. Adicionar 01 gota do Reagente 01 e agitar;
3. Adicionar 20,0 gotas do Reagente 02 e agitar;
4. Adicionar 04 gotas do Reagente 03 e agitar;
5. Aguardar 45 minutos;
6. Comparar a intensidade de cor desenvolvida com a cartela;

**RESULTADO**

$$\text{Al (mg Kg}^{-1}) = \text{Resultado lido na cartela}$$

ANÁLISE DE SOLO 14  
ALFAKIT

**3.4. DETERMINAÇÃO DE NITROGÊNIO AMONICAL (Amônia método Indotest)**

1. Medir 5 mL do filtrado com a seringa e transferir para a cubeta de plástico;
2. Adicionar 03 gotas do Reagente 01 e agitar;
3. Adicionar 03 gotas do Reagente 02 e agitar;
4. Adicionar 03 gotas do Reagente 03 e agitar;
5. Aguardar 10 minutos;
6. Comparar a intensidade de cor desenvolvida com a cartela.

**RESULTADO**

$$\text{NITROGÊNIO AMONICAL (mg Kg}^{-1} \text{ N-NH}_3) = \text{Resultado lido na cartela}$$

**OBSERVAÇÕES:**  
Se a cor desenvolvida pela amostra ficar totalmente azul, diluir a amostra até desenvolver a cor verde e multiplicar o resultado final pela diluição.  
Os resultados estão expressos em Nitrogênio (N-NH<sub>3</sub>) na forma de amônia.  
Para expressar os valores em NH<sub>3</sub>, multiplica-se o resultado por 1.214.

**3.5. DETERMINAÇÃO DE NITROGÊNIO NITRITO**

1. Medir 5,0 mL do filtrado para uma cubeta de plástico;
2. Adicionar 01 medida do Reagente 01 e agitar bem;
3. Adicionar 01 medida do Reagente 02 e agitar até dissolver;
4. Adicionar 02 gotas do Reagente 03 e agitar;
5. Aguardar 15 minutos;

ANÁLISE DE SOLO 15  
ALFAKIT

6. Comparar a intensidade de cor com a cor da cartela.

**RESULTADO:**

$$\text{NITROGÊNIO NITRITO (mg Kg}^{-1} \text{ N-NO}_2) = \text{Resultado lido na cartela}$$

**OBSERVAÇÕES:**  
Os resultados estão expressos em Nitrogênio (N-NO<sub>2</sub>) na forma de Nitrito.  
Para expressar os valores em NO, multiplica-se o valor por 3.28.

**3.6. DETERMINAÇÃO DE NITROGÊNIO NITRATO**

1. Medir 5,0 mL do filtrado para uma cubeta de plástico;
2. Adicionar 01 medida do Reagente 01 e agitar vigorosamente por 2 minutos;
3. Adicionar 01 medida do Reagente 02 e agitar até dissolver;
4. Adicionar 02 gotas do Reagente 03 e agitar;
5. Aguardar 15 minutos;
6. Comparar a intensidade de cor com a cor da cartela.

**RESULTADO:**

$$\text{NITROGÊNIO NITRATO (mg Kg}^{-1} \text{ N-NO}_3) = (\text{Leitura}) - (\text{N-NO}_2 \times 10)$$

**OBSERVAÇÕES:**  
O valor do Nitrito sempre deve ser descontado da análise de nitrato, aplicando-se o segundo cálculo apresentado.

ANÁLISE DE SOLO 16  
ALFAKIT

## ANEXO 1

**EXTRAÇÃO:**

- 1- Transferir 2,0 mL da amostra de solo para uma cubeta de plástico grande;
- 2- Adicionar 20 mL de **Solução Extratora 03**;
- 3- Fechar a cubeta e agitar invertendo-o por 5 minutos;
- 4- Deixar o material em repouso para o mesmo sedimentar;
- 5- Filtrar e reservar o filtrado para análise;

**4.1. DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO**

**TÉCNICA:**

1. Medir 5 mL do filtrado com auxílio da seringa de 5 mL e transferir para a cubeta de plástico;
2. Adicionar 5 gotas do **Reagente 01** e agitar;
3. Adicionar 01 medida do **Reagente 02** e agitar;
4. Aguardar 10 minutos;
5. Comparar a intensidade de cor desenvolvida com a cartela;

**RESULTADO:**


(mg Kg<sup>-1</sup> PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) = Resultado lido na cartela

**OBSERVAÇÕES:**

Para expressar o resultado em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, multiplicar o valor encontrado em PO<sub>4</sub> por 1,494.

Para expressar o resultado em P, multiplica-se o valor encontrado em PO<sub>4</sub> por 0,3263.

ANÁLISE DE SOLO



19